

AZ IPARI SZAKKÖNYVTÁR

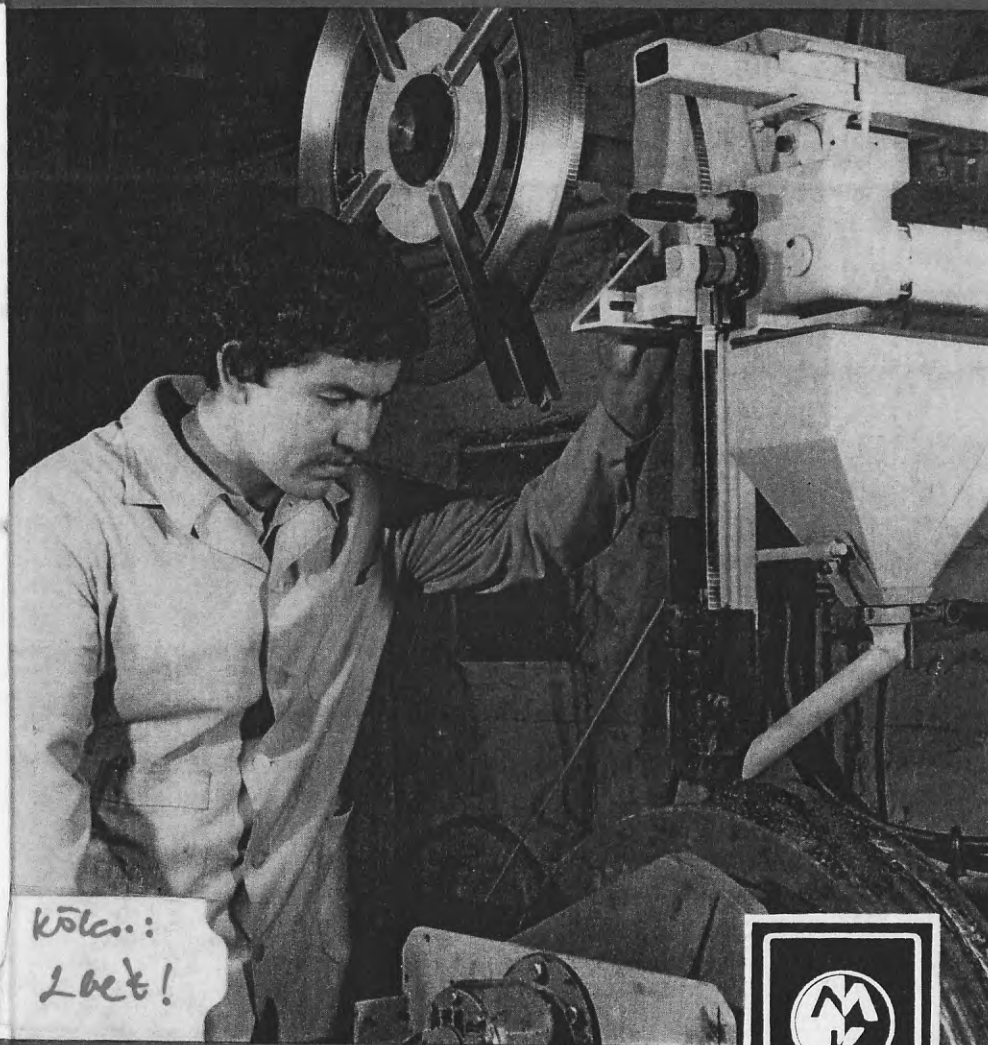
könyvei mindenekelőtt a szakmunkásoknak készülnek. A gyakorlati szakembereknek szükséges ismereteket foglalják össze azzal a céllal, hogy megkönnyítsék a munkát, elősegítsék az ésszerű, gyors és jó minőségű termelést, a korszerű technika helyes alkalmazását, a munkaeszközök és munkamódszerek tökéletesítését, ezeken keresztül a szakmunkások magasabb szakmai felkészültségét.

Az Ipari Szakkönyvtár kötetei tehát a lakatosok, esztergályosok, bádigosok, kovácsok, kohászok, kőművesek, villanyszerelők, asztalosok, víz-, gáz-, központifűtés- és felvonószerelők, ácsok, burkolók, hegesztők, híradástechnikai ipari, műszeripari, vegyipari, élelmiszeripari, textilipari, bőripari, műanyagipari stb. dolgozók részére készülnek. Ott óhajtanak lenni munkahelyeiken és otthonaikban, hogy segítségükre legyenek a gyakorlati, a szakmai problémák megoldásában. Hasznos és megbecsült, különösebb fáradságot nem igénylő olvasmányok kívánnak lenni az otthoni időtöltés alkalmával. Munka közben pedig emlékeztetőként, „utánnéző”-ként kérnek helyet a polcon vagy munkapad sarkán.

OLVASSA

AZ
IPARI SZAKKÖNYVTÁR KÖTETEIT!
MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

JAVÍTÓ ÉS FELRAKÓHEGESZTÉS



kölc.:
Lact!



621.7

R80

621

R.80

Dr. Pál — Dr. Béres Lajos

JAVÍTÓ ÉS
FELRAKÓHEGESZTÉS

DR. ROMVÁRI PÁL—DR. BÉRES LAJOS
JAVÍTÓ- ÉS FELRAKÓHEGESZTÉS

NYOMTATOTT KÖNYV

NYELV GYŰJTEME

ÉRDEKES TUDOMÁNYOK

ÉRTÉKES TUDOMÁNYOK

NYOMTATOTT KÖNYV

NYOMTATOTT KÖNYV

NYOMTATOTT KÖNYV



NYOMTATOTT KÖNYV

NYOMTATOTT KÖNYV

IPARI SZAKKÖNYVTÁR

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG:

BRETZ GYULA

FODOR JÁNOS

IZSÁK SÁNDOR

MOLNÁR JÁNOS

SZENTKUTI KÁROLY

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST, 1984

DR. ROMVÁRI PÁL
OKL. GÉPÉSZMÉRNÖK

DR. BÉRES LAJOS
OKL. GÉPÉSZMÉRNÖK
OKL. HEGESZTŐ SZAKMÉRNÖK

JAVÍTÓ- ÉS FELRAKÓHEGESZTÉS

JPTE Egyetemi Könyvtár



P000350085



MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST, 1984

Szakmailag ellenőrizte

DR. BODORKÓS GELLÉRT

okl. gépészmérnök

A könyv első olvasója

TÖRÖK JÓZSEF

hegesztő szakmunkás



PÓTLACK MIHÁLY MŰSZAKI FŐISKOLA
KÖZPONTI KÖNYVTÁR
PÉCS
LELTÁRI SZ.: B 21383

© Dr. Romvári Pál, Dr. Béres Lajos 1984

ETO 621.791.92

ISBN 963 10 5737 2

ISSN 0324-217X

Felelős szerkesztő: Makk Attila okl. gépészmérnök

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	7
A) A javító- és a felrakóhegesztések eljárásai	9
A.1. Lánghegesztés	9
A.2. Bevontelektródás ívhegesztés	12
A.3. Védőgázos ívhegesztő eljárások	14
A.3.1. CO ₂ -védőgázos ívhegesztés	15
A.3.2. Argonvédőgázos leolvadóelektródás ívhegesztés	17
A.3.3. Keverékvédőgázos leolvadóelektródás ívhegesztés	18
A.3.4. Argonvédőgázos wolframelektródás ívhegesztés	19
A.4. Plazmahegesztés	21
A.5. Fedettívű hegesztés	24
A.5.1. Hegesztés huzalelektródával	24
A.5.2. Hegesztés szalagelektródával	26
A.6. Villamos salakhegesztés	30
A.7. Hegesztés porbeles huzallal vagy szalaggal	32
A.8. Aluminotermikus hegesztés	33
A.9. Termálszórás	35
A.9.1. A szórt réteg megolvasztása nélkül végzett termálszórás	36
A.9.2. A szórt réteg megolvasztásával végzett termálszórás	44
A.10. Egyéb javító és felszóró eljárások	46
A.10.1. Felszórás műanyagporral	46
A.10.2. Bevonatkészítés ráhengerléssel	46
A.10.3. Robbantásos hegesztés	47
A.10.4. Robbantásos felszórás	48
A.10.5. Nagyfrekvenciás felszórás	48
A.10.6. Energiatárolós felszórás	49
A.10.7. Rezgőelektródás hegesztés	49
A.10.8. Indukciós hegesztés	50
A.10.9. Hegesztés zsugorított szalagelektródával	50
A.10.10. Ellenálláshegesztés	50
A.10.11. Öntőhegesztés	51

A.10.12. Fluidizálás	51
A.10.13. Dörzshegesztés	51
B) A javító- és a felrakóhegesztések technológiája	53
B.1. Az acélok és az ötvözetek technológiai sajátosságai	57
B.1.1. Acélok	57
B.1.2. Kobalt- és nikkelalapú lágyötvözetű varratok	68
B.1.3. Keményötvözetű varratok	69
B.2. Erősen ötvözött szerszámok javító- és felrakóhegesztése	72
B.2.1. Forgácsolószerszámok javítóhegesztése	76
B.2.2. Forgácsolószerszámok felrakóhegesztése	78
B.2.3. Hidegalakító- és vágószerszámok javítóhegesztése	81
B.2.4. Hidegalakító- és vágószerszámok felrakóhegesztése	82
B.2.5. Melegalakító- és vágószerszámok javítóhegesztése	88
B.2.6. Melegalakító- és vágószerszámok felrakóhegesztése	89
B.3. Ötvözetlen, gyengén vagy közepesen ötvözött szerszámok javító- és felrakóhegesztése	95
B.4. Gépalkatrészek és szerkezeti elemek javító- és felrakóhegesztése	98
B.4.1. Gépalkatrészek és szerkezeti elemek igénybevétele	98
B.4.2. Kopásnak kitett alkatrészek	99
B.4.3. Erózióknak kitett felületek védelme	116
B.4.4. Védelem kavitációval szemben	119
B.4.5. Korrózióálló szerkezeti elemek hegesztése	120
B.4.6. Hőálló szerkezeti elemek hegesztése	133
B.4.7. Melegszálló szerkezeti elemek hegesztése	135
B.4.8. Hidrogénnyomásálló acélból készült szerkezeti elemek hegesztése	142
B.4.9. Hidegszívós szerkezeti elemek hegesztése	144
B.4.10. Öntvények hegesztése	144
B.4.11. Ötvözetlen és ausztenites króm-nikkel acélok közötti varratok javítása	157
B.4.12. Plattírozott lemezek hegesztése	159
B.4.13. Bronz hegesztése acélra	162
B.4.14. Egyéb javítások	163
Függelék	171
Irodalom	236

BEVEZETÉS

Az utóbbi években a gépipari termékekkel, ezen belül a hegesztett szerkezetekkel szemben is erősen megnövekedtek a minőségi és részben a mennyiségi követelmények. Ezzel egyidejűleg jelentősen megváltoztak a gazdasági feltételek; a piaci lehetőségek romlottak, a nyersanyagok és az ötvözetek ára számottevően emelkedett.

Az ötvözött acélok, elsősorban az erősen ötvözött szerszámacélok igen drágák, áruk gyakran megközelíti, a hegesztőanyagoké pedig meg is haladhatja az ezer forintot kilogrammonként. A velük való takarékoskodik, a kopott szerszámok javítása, ill. újak felrakóhegesztéses előállítására elsőrendű népgazdasági érdek.

Az ötvözött acélok takarékos felhasználása a szinte kizárólag importból beszerezhető ötvözőanyagok mennyiségét csökkenti, a javítóhegesztésekkel feleslegessé váló új alkatrész gyártásának elmaradásával pedig jelentős energia-megtakarítás érhető el.

Ezek az okok még az iparilag élenjáró országokat is arra késztették, hogy a felrakó- és javítóhegesztéseket egyre szélesebb körben alkalmazzák. Ezekben az országokban általában az egyes vállalatokon belül új üzemeket, műhelyeket hoztak létre a különböző járművek, gépek, bányászati, kohászati, mezőgazdasági stb. berendezések új elemeinek takarékos előállítására, ill. kopott vagy tönkrement alkatrészeinek javítására és felújítására.

A felrakóhegesztés ma már elsődlegesen nem az elhasznált gépelemek javítására, hanem az újak előállítására használatos eljárás, mert alkalmazásával az alkatrészek felülete az igénybevétellel szemben megfelelően ellenállóvá tehető, míg a belső részek olcsóbb és esetleg szívósabb anyagból készülhetnek.

Szakemberek véleménye szerint pl. a szerszámok előállításának költségei nálunk kétszer-háromszor nagyobbak mint külföldön. A kopott szerszámok javítása, ill. újak felrakóhegesztéses előállítása — a külföldi példák alapján — az egyetlen út ennek a megváltoztatására, de az ipar más területén is nagy értékek menthetők meg javítással. Ezenkívül érdemes figyelembe venni azt is, hogy a kopott alkatrészek működtetése energiátöbbletet igényel, amely pl. őrleművekben akár 20...30%-ot is elérhet. Nem elhanyagolható az sem, hogy pl. 100 kg tömegű új alkatrész pótlása felújítással 6 m³ víz felforraltatásához elegendő hőenergia-megtakarítást eredményez.

A felrakóhegesztésnek hazánkban nagy múltja van, és egyidős a hegesztés ipari méretű elterjedésével, ami kb. 1930-ra tehető. A szélesebb körű elterjedés hiánya elsősorban a gazdasági ösztönzők hiányosságára vezethető vissza.

Hazánkban ezzel a területtel elsőknek néhai *Dr. Zorkóczy Béla* Kossuth-díjas egyetemi tanár foglalkozott behatóan, aki Miskolcon, a Nehézipari Műszaki Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékén és a Vasipari Kutató Intézetben megvetette az e területtel összefüggő elméleti és gyakorlati munka alapját. Az oktatáson kívül jelentős elméleti munkásságot folytatott és az ipari feladatok megoldásából is tevékeny részt vállalt.

Munkássága révén vált ismertté a hegesztéstechnológia számos előnye, a javító- és felrakóhegesztés alkalmazhatósági területe, ill. az az elv, amelynek alapján a helyes hegesztéstechnológia kidolgozható.

Személyes művezetése mellett a Diósgyőri Lenin Kohászati Üzemekben már három évtizeddel ezelőtt eredményesen javították felrakóhegesztéssel a kb. $2000 \times 500 \times 500$ mm méretű tehergépkocsi-hátsóhid süllyesztékeit, ill. a kisebb méretűeket ún. „takarékkivitelben” gyártották. Útmutatása alapján vezette be Budapesten a volt MÁVAG Szerszámgyára a nagy átmérőjű gyorsacél marók takarékkivitelét is, és oldotta meg egyéb nagyértékű szerszámainak felújítását.

A hegesztés mellett az utóbbi évtizedben jelentősen elterjedtek a *termál-szórások* különböző változatai is. Ezek sok területen eredményesen helyettesíthetik a hegesztést, ezért kitérünk alapvető változataikra jellemző felhasználási területükre és az alkalmazható szóróanyagokra.

A) A JAVÍTÓ- ÉS A FELRAKÓHEGESZTÉSEK ELJÁRÁSAI

A javító- és a felrakóhegesztés gyakorlatilag minden kötőhegesztésre alkalmas eljárással végezhető, de néhány eljárásnak ez a jellegzetes alkalmazási területe. Ez a technológia általában erősen ötvöztött hegesztőanyagot igényel, a hegesztési jellemzőket úgy kell megválasztani, hogy a varratban az *alapanyag-hányad a lehető legkisebb legyen*. Ez nemcsak a drága import ötvözők csökkentése szempontjából előnyös, hanem azért is, mert kevesebb rétegszámmal érhető el a kívánt összetétel, s ezáltal csökken a munkaidő-ráfordítás és a maradéfhézagok nagysága is.

Az eljárások rövid ismertetése során ezért kitérünk a legfontosabb hegesztési jellemzőkre és arra, hogy változtatásuk miként hat a varrat alapanyag-hányadára. Ezeknek, továbbá az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömegének és a réteg vastagságának ismeretében kijelölhető az eljárások gazdaságos alkalmazási területe, amelyet a beszerezhető hegesztőanyagok ára és formája némileg módosítható.

A.1. Lánghegesztés

Hazánkban lánghegesztéshez általában acetilén–oxigén keveréket használunk. Előnye, hogy az alapanyag olvadási folyamata szemmel jól követhető; ezért kellő ügyességgel a varratban az *alapanyag-hányad minimális lehet*. Az erősen ötvöztött alapanyagokat célszerű viszonylag nagy hőbevitellel hegeszteni, mert ezáltal csökken a hűlés sebessége és a beedződés. Az így hegesztett alkatrészek maradó alakváltozása azonban a széles hőhatásővezet miatt jelentős.

Az ötvöztetlen acélok a korrózió és hőálló acélok, acélöntvények, temperöntvények, továbbá a réz, bronz, nikkel, cink, ólom, alumínium és ötvözeik hegesztése *semleges lánggal* végezhető. Az oxidáló láng olyan oxidok keletkezésére vezet, amelyek ezeknek az anyagoknak a hegfürdőjét sűrűfolyóvá teszik, amelyből az oxidok nem képesek kiválni, ezért a varrat rideggé válhat. A redukáló láng a varrat szén- és hidrogéntartalmát növeli, emiatt növekszik a gázpórusok és zárványok mennyisége, jelentősen csökken a szívósság, és nő a repedés veszélye.

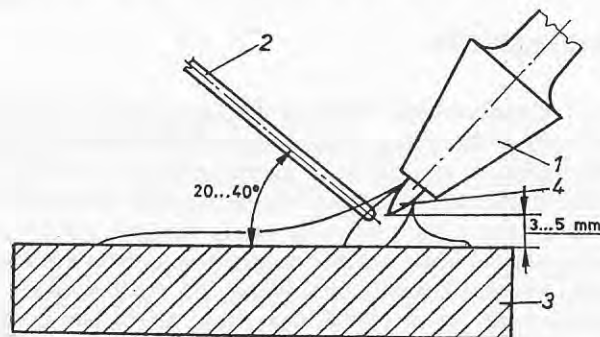
Az öntöttvasakat, a nagy széntartalmú acélokat, továbbá a kobaltalapú

ötvözeteket *redukáló lánggal* hegesztjük, mivel a semleges vagy az oxidáló láng kielegeti a szén, és ez porozitást okoz.

Az acélok hegesztéséhez az oxidáló láng egyértelműen káros, csupán sárga-rézhez előnyös mintegy 20...30% oxigénfelesleg.

Az oxidáló láng a legmelegebb (kb. 3200 °C, a redukáló láng csak 2700 °C), a különböző lángbeállítással végzett hegesztéssel óránként leolvasztott hegesztőanyag mennyiségét azonban nemcsak a lánghőmérséklet határozza meg; az égőből kiáramló gáz áramlási sebességének növelésével a hőátadás jelentősen növelhető. E sebesség növelésének gyakorlatilag a láng ömledéket elfúvó hatása szab határt. Az ilyen, ún. *kemény lánggal* már nehéz kifogástalan varratot hegeszteni. A kiáramlás sebességét ehhez képest kb. 50%-kal csökkentve, jóval kisebb teljesítményű, ún. *lágyláng* állítható be. A gyakorlatban e két szélső eset közötti „normál kemény”, még elfogadható teljesítményű lánggal folyik általában a hegesztés. Normál kemény láng beállítása esetén, az óránként kiáramló acetilén mennyisége a keverőszáron feltüntetett számjegy százszorosa literben, a láng hőteljesítménye pedig jó közelítéssel annyi milliméter vastagságú acéllemez hegesztéséhez elegendő, amekkora ez a szám.

Kifogástalan varrat csak fémtiszta felületen készíthető, erről tehát hegesztés előtt gondoskodni kell. Felrakóhegesztéskor a munkadarab felületét csak egészen vékony rétegben olvasztjuk meg, s ezt követően a pálcát gyors egymásutánban rakjuk le cseppenként, sűrűn egymás mellé. A felrakott réteg gyakran nagy *széntartalmú* pálcák leolvasztásával készül. Ilyenkor az alapanyagot *redukáló lángban*, a lángmagot övező kékes színű pillangó védelme alatt olvasztjuk meg (1. ábra). A pálcát vége ne kerüljön ki e védett övezetből, mert



1. ábra. Felrakóhegesztés erősen ötvözött pálcával, redukáló lángban
1 égő; 2 pálcák; 3 alapanyag; 4 lángmag

ismételt visszavezetés a redukáló hatású kékes lángba levegőt juttat, és oxidképződésre vezet. Kerülni kell továbbá a pálcát fürdőbe merítését is, mert helyileg lehűtve a hegfürdőt, zárványképződést okozhat. A fürdőben esetleg megjelenő oxidokat a láng fúvóhatásával kell olyan helyre úsztatni, ahonnan der-

medés után könnyen eltávolíthatók. Felrakó- és javítóhegesztéshez általában azért alkalmazunk *balrahegesztést*, hogy az előrefutó lángnyelv a nagy tömegű alapanyagot jól előmelegítse. A hegesztést befejezve az égővel néhány másodpercig köröző mozgást végzünk, a még izzó varrat védelme és a végkráter megrepedésének elkerülésére.

A *kobaltalapú* hegesztőpálcák csak erősen redukáló lángban olvaszthatók le hibátlanul; az acetilén mennyisége az oxigénének a 2...3-szorosa. A nagy hőbevitel és a balrahegesztés ellenére a nagyobb tömegű alapanyagot célszerű 400...600 °C-ra előmelegíteni kemencében vagy az égő lángjával. A felületet éppen csak megolvadásáig hevítve elkerülhető a varrat nagyobb mérvű hígulása vassal.

A pálcát nagy cseppekben olvad le. Különösen ügyelni kell arra, hogy a pálcát a pillangó védelme alatt olvadjon le, és a vége a hegfürdővel ne érintkezzen. Ilyen technológiával már az első varrat összetétele is megközelíti a drága hegesztőanyagét, s így nincs szükség újabb réteg lerakására.

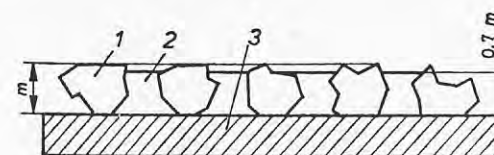
Ötvözetlen vagy *gyengén ötvözött* alapanyagban balrahegesztést végezve az előrefutó láng az előmelegítéssel egyidejűleg némi revésedést is okoz. Ez porusképződésre vezethet, ezért különösen igényes felületekhez a kobaltötvetet lerakása előtt 18/8-as, ausztenites korrózióálló *párnaréteget* készítünk.

A kőolaj- és földgázbányászati fűrészszerzők, havariáfűrészek, kések, görgősfűrészek stb. dolgozófelületeit a legnagyobb élettartam elérése céljából porkohászati úton előállított wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó hegesztőanyaggal rakjuk fel. A szemcsék keményfémlemezre is lehet. A közet forgácsolását a kialakult élek végzik. A szemcséméret 1...15 mm között változhat. A láng erősen redukáló, a pillangó hossza a mag hosszának két-háromszorosa lehet.

Az ilyen pálcák kétféle változatban készülnek

- a szemcséket keményforraszból ágyazzák,
- a szemcséket vékonyfalú acélcsőbe töltik a nagyszilárdságú ötvözetet adó porkeverékkel együtt.

A *keményfémforraszu pálcák* leolvasztása közben a wolfram-karbid a lángban nem olvad meg. A szemcséket a láng védőhatása alatt kell a helyükre igazítani olyképpen, hogy a pálcát alkotó keményforrasz anyagába a 2. ábrán



2. ábra. Keményforrasz alapú pálcával készített réteg
1 wolfram-karbid-szemcsék; 2 forraszanyag; 3 alapanyag

látható módon jól beágyazódhassanak. Az alapanyag természetesen nem olvad meg, tehát az eljárás tulajdonképpen a forrasztás egy sajátos formája. A művelet megkezdése előtt a forrasztásnál megszokott módon az alapanyagot revétől, zsírtól és egyéb szennyezőktől alaposan meg kell tisztítani. A keményfém szemcséket a felületen egyenletesen kell elosztani. Ha a szemcsék közeit kitöltő forrasztóanyag nem elegendő vastag, a hiányt hasonló szilárdságú forrasztóanyaggal pótoljuk úgy, hogy a szemcsék magasságának legfeljebb a 30%-a emelkedjen ki. A hegesztés több rétegű is lehet, de a rétegvastagság a 30...40 mm-t ne lépje túl.

A wolframszemcsékkel töltött vékonyfalú acélcsőpálcával végzett lánghegesztés 650...700 °C-os helyi előmelegítést kíván azért, hogy az alapanyag felületén rövid időn belül határozott fürdő alakuljon ki. Csak ezután következhet a pálcá leolvasztása az erősen redukáló láng védelme alatt. A fürdőbe kerülő szemcsék között így az alapanyag, a cső és a nagyszilárdságú porötözet összeolvadásából keletkező új ötvözet szolgál foglalként. Az alapanyagból származó hányad csökkentésére az égőt a szokásosnál kisebb szög alatt tartjuk. Az így felrakott réteg az előbbinél nagyobb szilárdságú, a foglalat azonban beedződik. A felrakóhegesztés befejezése után az egész munkadarabot fel kell hevíteni 500 °C-ra, majd levegőn vagy homokban lassan lehűteni. Amennyiben gyártástechnológiai okokból az alapanyagot hőkezelní kell, a hűtés legfeljebb olajban végezhető, mert a rétegben a vízedzés repedést okoz. A nagy repedési hajlam miatt csak egy réteget célszerű felrakni.

A lánghegesztéssel óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege kevés, mindössze 0,2...2,5 kg. A varrat alapanyaghányada, a hegesztő kényűgyességétől függ, ezért tág határok (5...50%) között mozog.

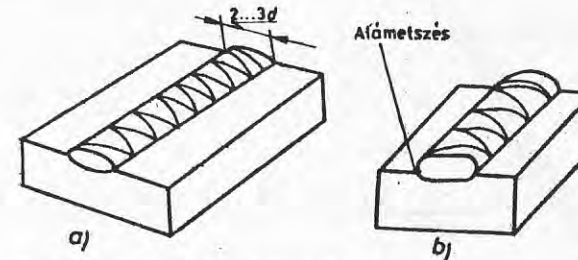
A.2. Bevontelektrodás ívhegesztés

A bevontelektrodás ívhegesztés előnye a többi eljáráshoz képest elsősorban az elektrodák viszonylag könnyű gyárthatósága. A varrat összetétele a bevonatban elhelyezett ötvözőelemekkel igen tág határok között változtatható, ezért a legszélesebb választék ezekből készül. A legtöbb elektrodával kényszerhelyezett varratok is hegeszthetők, a hegesztő áramforrások egyszerű felépítésűek, aránylag olcsók.

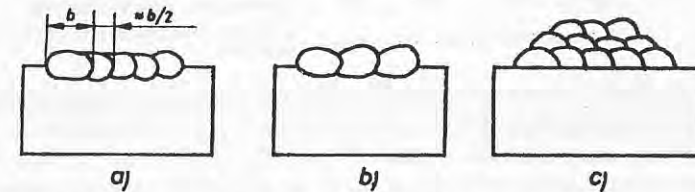
A hegesztés viszonylag kis hőbevitellel folyik, a hegesztést követő lehűlés sebessége és ebből adódóan az edződési hajlam ezért számottevő. Emiatt gyakran kell előmelegítést alkalmazni, amelynek hatása igen jelentős a javító és a felrakóhegesztés minőségére.

Elsősorban nagy felületek felrakóhegesztésekor lehet szükség az elektroda keresztirányú mozgatására a 3. ábrán látható módon olyképpen, hogy a varrat szélessége 2...3 elektrodátmérőnek felel meg. Hegesztéskor ügyelni kell arra, hogy alámetszés vagy hidegráfolyás ne keletkezhesen. Ennek veszélye elsősorban az igen erősen ötvözött, sűrűnfolyó, nagy cseppekben leolvadó elektro-

dáknál áll fenn. Az egymás mellé kerülő varratok a 4. ábra szerint legalább 50%-os túlfedéssel készüljenek, hogy a felület ne legyen nagyon hullámos. Az ötvözetlen alapanyag hányada a varratban oly mértékű, hogy az ötvözött elektrodának megfelelő összetétel jó közelítéssel, csupán a harmadik varratrétegben alakul ki. Az ilyen vastag réteget a 4c ábra szerint célszerű felépíteni,



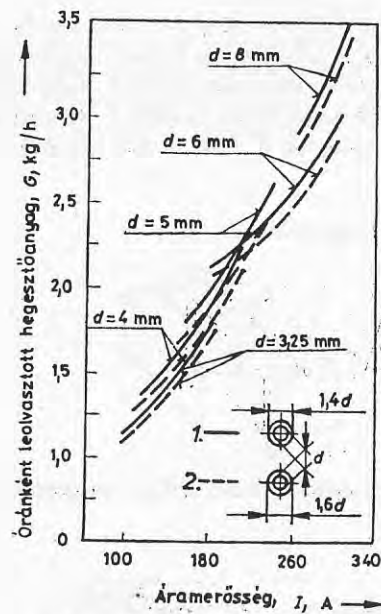
3. ábra. Varratkészítés d átmérőjű elektróda keresztirányú mozgatásával
a) kedvező; b) kedvezőtlen varrat alak



4. ábra. Egymás mellé rakott rétegek elhelyezése
a) célszerű átfedés; b) túlzott hullámosság; c) többretegű felrakás

hogy az egymás fölé helyezett varratok a felületi egyenetlenséget csökkentsék. Az óránként leolvasztott hegesztőanyag az elektrodák bevonatának vastagságától és az alkalmazott áramerősségtől függően tág határok között változhat (5. ábra). Pontosabb számításokhoz a gyártóművek adatait kell figyelembe venni, mert a bevonat típusa és összetétele némileg módosíthatja ezeket az értékeket.

A korrózióálló acélok és az ausztenites mangánacélok hegesztéséhez metallográfiai okok miatt, az ábrából kiolvasható áramerősségnél 20...40%-kal kisebb értéket kell beállítani, de hasonlóan csökkentett áramerősséggel végezhető a szürkeöntvények ún. hideg javítóhegesztése is. A gyártóművek ajánlásai között adatokkal kell továbbá a kobalt- és nikkelalapú elektrodákat is leolvasztani, mert a gyártásuk módja szerint jelentősen különbözhet a legkedvezőbb áramerősség. Gyártási okokra visszavezethetően a bevonattípustól függően még az azonos gyártmányú és azonos összetételű varratot adó elektrodákhoz javasolt áramerősség is eltérhet.



5. ábra. A bevontelektrodás ívhegesztéssel óránként leolvasztott hegesztőanyag
1 közepes bevonatú és 2 vastag bevonatú elektróda

A wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó, zsugorított magrésű elektródák leolvadási tulajdonságai eltérnek a megszokottól. Az áramerősséget az 5. ábrán javasolt alsó határ közelében célszerű megválasztani, hogy az íven áthaladó szemcsék minél kevésbé olvadjanak meg. A csepp tehát meg nem olvadt szemcséket is tartalmaz, ezért sűrűnfolyó, és az elektróda végéről nehezen válik el. A cseppelválás az elektróda gyors ide-oda mozgásával elősegíthető. Az elektródát a függőlegeshez képest 10...15°-os hajlásszög alatt tartva, s 8...10 mm ívhosszal célszerű leolvasztani.

Nagy felületek felrakóhegesztésekor az elektróda keresztirányú lengetésével 20...40 mm széles varrat készíthető. A réteg vastagsága a 3...4 mm-t ne haladja meg, mert jelentős a repedésveszély és ugyanebből az okból már a második varratréteg minősége is kétséges.

Az általánosan használt elektródával végzett hegesztéssel az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege az 5. ábrából olvasható ki, a nagyhozamúval 1...4 kg. Az alapanyag hányada a varratban 40...20%, ill. 30...15%.

A.3. Védőgázos ívhegesztő eljárások

A bevonat helyett védőgázt alkalmazva, huzalektrodák használatával, a hegesztés folyamatossá tehető. A bevontelektrodás hegesztéshez képest jelentősen növelt huzalelőtolási sebesség következtében az áramerősség is növelhető

így nagyobb lesz az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege és ezzel együtt a munka termelékenysége. Védőgázos eljárásokkal a hegesztés jól gépesíthető.

A védőgázos ívhegesztő eljárásoknak, a javító- és a felrakóhegesztések szempontjából lényeges változatai

- a CO₂-védőgázos ívhegesztés,
- az argonvédőgázos leolvadóelektrodás ívhegesztés,
- a keverékvédőgázos leolvadóelektrodás ívhegesztés,
- az argonvédőgázos wolframelektrodás ívhegesztés.

A.3.1. CO₂-védőgázos ívhegesztés

Jellegzetessége, hogy a védőgáz az alapanyag és a huzal között égő ív hőmérsékletén szén-monoxidra és oxigénre bomlik, s ezért erősen oxidáló hatású. Kedvező tulajdonsága, hogy

- a levegőt kiszorítja az ív közvetlen környezetéből és ezért a csepp nitrogénfelvételt megakadályozza,
- a hegesztés folyamán végig közel azonos erősségű oxidálóhatás a huzal mangán és szilícium ötvözésével megbízhatóan ellensúlyozható,
- a varratképzés folyamata jól figyelemmel kísérhető,
- kényszerhelyzetekben is alkalmazható,
- a védőgáz viszonylag olcsó.

Elsősorban a kevésbé ötvözött huzalok felrakóhegesztése terjedt el, az erősebben ötvözöttek használatának a huzalelőállítási lehetősége szab határt. Ilyen anyagokból az általánosan használt 2 mm átmérőjű huzalok gyártása is nehézségekbe ütközik; az átmérő további, pl. 1 mm-re csökkentése pedig az egységárat akár a kétszeresére is növelheti. Ennek ellenére néhány cég még szerszámok felrakóhegesztésére alkalmas huzalokat is gyárt.

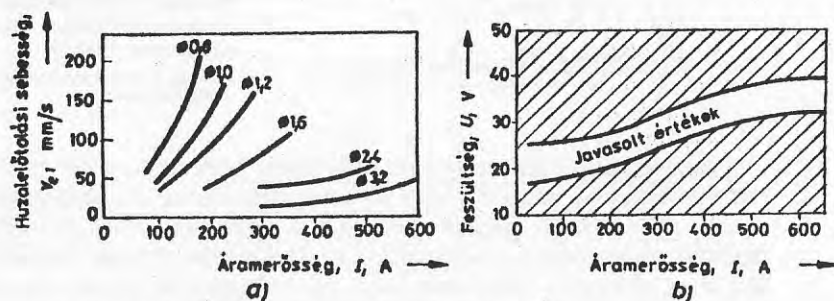
A varrat összetételének számításakor figyelembe kell venni, hogy a huzalba ötvözött elemek átviteli tényezője az 1. táblázatból kiolvashatóan lényegesen kisebb, mint a kevésbé felhevülő alapanyagból származóké. Az áramerősség növelésével ez az érték nő, az ívfeszültség növelésével számottevően csökken. A különböző átmérőjű huzalok használatakor megvalósítható huzalelőtolás, ill. az ívfeszültség javasolt értéke a 6. ábrából olvasható le, a 7. ábra pedig a leolvadási teljesítményt szemlélteti az áramerősség függvényében. A gazdaságosság növelése céljából nagyobb átmérőjű huzalt, és nagyobb áramerősséget használunk. Kényszerhelyzetben az 1 mm körüli átmérőjű huzal használata célszerű, a legkisebb áramerősséggel és feszültséggel.

A felrakóhegesztések szempontjából az alapanyag nagy, 40...60%-os hányada káros a varratban, ezért csak a 4. ábrának megfelelő módon elkészített varratok harmadik rétegének összetétele közelíti meg a hegesztőanyagét. Az alapanyaghányad csökkentése az áramerősség- és feszültségtartományok alsó határ-

1. táblázat

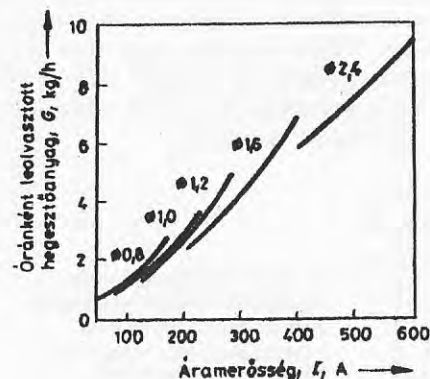
Az átviteli tényező értéke CO₂-védőgáz ívhegesztés esetén

Acélminőség	Ötvözések					
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Ti
Kis széntartalmú acél alapanyag	0,86	0,85	0,73	—	—	—
huzalelektroda	0,51	0,35	0,23	—	—	—
Cr-Mn-Si ötvöztetű szerkezeti acélok						
alapanyag	0,92	0,93	0,97	0,97	—	—
huzalelektroda	0,55	0,64	0,69	0,89	—	—
Stabilizált 18/8 típusú korrózióálló acél						
alapanyag	1,00	1,00	0,81	0,98	1,00	0,78
huzalelektroda	0,92	0,60	0,73	0,89	1,00	0,20



6. ábra. CO₂-védőgáz ívhegesztés jellemzői

a) különböző átmérőjű huzalok előtolási sebessége és az áramerősség kapcsolata;
b) az áramerősség és feszültség összefüggése



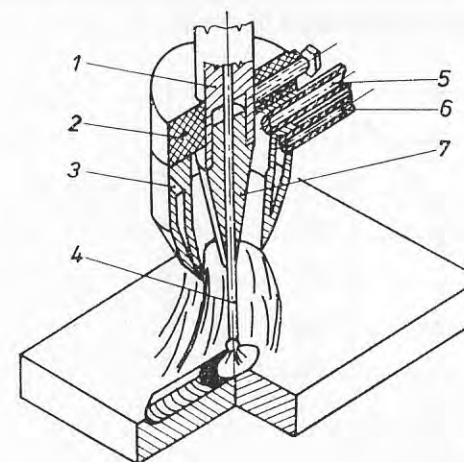
7. ábra. A CO₂-védőgáz ívhegesztéssel óránként leolvasztott hegesztőanyag a huzalátmérő és az áramerősség függvényében

értékei közelében érhető el, ez viszont az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömegét csökkenti, és rontja a gazdaságosságot.

Ez a hátrány árammentes, ún. *hideg póthuzal* használatával küszöbölhető ki, amelyet gépi úton folyamatosan adagolunk az ívtérbe. Ezzel a technológiával az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege mintegy 50...80%-kal növelhető, az alapanyaghányad pedig a varratban közel ilyen mértékben csökkenthető. Az ívenergia nagyrésze ugyanis a póthuzal — és nem az alapanyag — megolvasztását végzi. További előnye a kristályosodási folyamatra gyakorolt kedvező hatása, a varrat szemcseszerkezete finomodik.

A hideg póthuzalos hegesztőberendezések hazánkban nem terjedtek el, az általánosan használt hegesztőpisztoly vázlatát a 8. ábránk szemlélteti.

A CO₂-védőgáz ívhegesztés legfeljebb 1 m/s *szélsebességig* alkalmazható. Ennél erősebb szél a védőgázt elfújja, ezért terepen végzett munka esetén könnyen telepíthető sátor alatt kell hegesztetni.



8. ábra. CO₂-védőgáz hegesztőpisztoly

1 fűvókatartó; 2 szigetelőgyűrű;
3 fűvóka;
4 leolvadó huzalelektroda;
5 gázbevezetés;
6 hűtővíz bevezetése; 7 áramvezető hüvely

A.3.2. Argonvédőgáz leolvadóelektrodás ívhegesztés

Berendezését, technológiáját tekintve a CO₂-védőgáz hegesztéssel rokon, az ív az alapanyag és a huzal talppontja között ég. Előnye a semleges védőgáz használatából adódik, az *ötvözővesztés gyakorlatilag elhanyagolható*. Néhány országban argon helyett héliumot is használnak védőgázként.

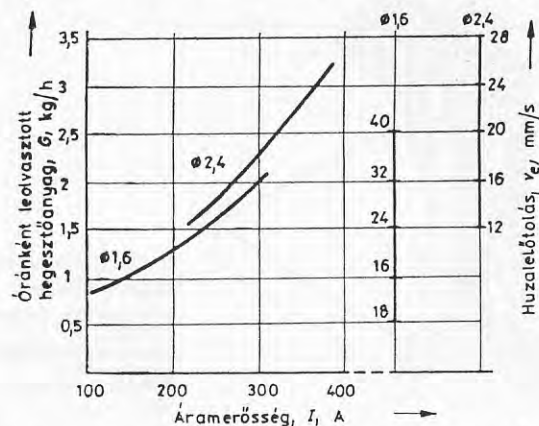
Az argon védőgázt részben a tetszetősebb varratküllem, részben a gáporozítás megelőzésére néhány százalék oxigénnel keverjük a korrózió- és a hőálló acélok hegesztéséhez. A drága argon megtakarítására újabban ún. *kettős védelmű pisztolyok* is készülnek, amelyekben az ív védelmére szolgáló csökkent

tömegű argont egy külső, pl. gyűrűs fúvókából kiáramló CO_2 -köpeny is védi a levegőtől.

Az argonvédőgázos leolvadóelektródás ívhegesztés *áramerőssége* korrózió- és hőálló acélokhoz metallográfiai okokból 10...20%-kal kisebb, mint pl. ötvözetlen szénacélokhoz.

A különböző átmérőjű huzalok leolvasztásához ajánlott huzalelőtolás, ill. áramerősség, valamint az így megvalósuló leolvasztási teljesítmény a 9. ábrából olvasható le. Az első varrat alapanyaghányada az áramerősséggel nő, értéke 50...70%. Ez az érték jelentősen csökkenthető a CO_2 -védőgázos ívhegesztésnél már előírt *hideghuzal alkalmazásával*, amely elsősorban a felrakóhegesztéshez előnyös. Egy huzalelektródás hegesztéssel óránként leolvasztható hegesztőanyag tömege 5...10 kg, a hideg póthuzalos hegesztéssel 8...16 kg. A felrakóhegesztés esetén kedvező, hogy a póthuzalos eljárással az alapanyaghányad a varratban csupán 10...20%.

Az *impulzushegesztés* korrózió- és hőálló acélalkatrészek hegesztésére előnyös, mert kisebb hőbevitellel végezhető a hegesztés.



9. ábra. Az óránként leolvasztott hegesztőanyag, a huzalelőtolás sebessége és áramerősség változása különböző átmérőjű huzalok használata esetén argonvédőgázos fogyóelektródás ívhegesztéskor

A.3.3. Keverékvédőgázos leolvadóelektródás ívhegesztés

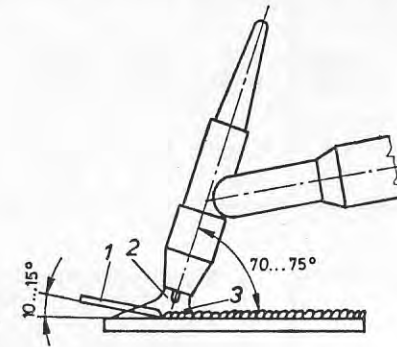
Az eljárás gazdaságosságát növeli az argon védőgáz szükségletének csökkentése, ezért ahhoz max. 50%-ban CO_2 -gázt keverünk. Ez növeli az ötvözőelemek kiegészi veszteségét, de erősen ötvözött kopásálló varratokhoz ennek ellenére gazdaságosan alkalmazható.

A keverékgázban végzett ívhegesztés *jellemzői az argonvédőgázasétól lényegesen nem térnek el*, ezért erre külön nem térünk ki.

A.3.4. Argonvédőgázos wolframelektródás ívhegesztés

Az ív egy nem leolvadó wolframelektróda és az alapanyag között ég, s védelmére a semleges argongáz szolgál. Néhány országban héliumot is használnak e célra.

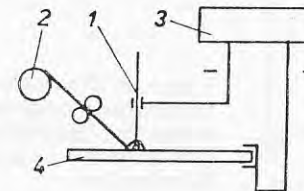
A javító- és a felrakóhegesztésekhez szükséges hegesztőanyagot általában pálcá alakjában kézzel adagoljuk (10. ábra).



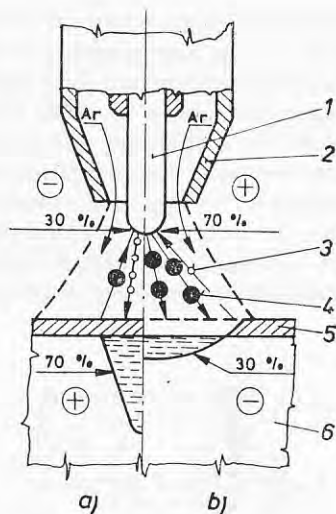
10. ábra. Argonvédőgázos wolframelektródás ívhegesztés elrendezési vázlata
1 pálcá; 2 wolframelektróda;
3 védőgáztakaró

Az acélokat általában *egyenes polaritással* hegesztjük, mivel az elektróda terhelhetősége így nagyobb, mint fordított polaritással. Az alapanyaghányad viszont ilyen esetben meglehetősen nagy a varratban, mivel az ívoszlopban fejlődött hőmennyiség mintegy 70%-a az alapanyagba távozik. Felrakóhegesztéskor ez hátrányos, ezért ilyen célra ún. *hideghuzalos pisztolyt* használunk. Ezzel az ívbe gépi úton adagolt árammentes, ún. *hideghuzalt* vezetünk, ami nemcsak kedvezőbb beolvadást tesz lehetővé, hanem egyben az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömegét is növeli.

Fordított polaritás esetén az alapanyagot a fejlődött hőnek csupán mintegy 30%-a hevíti, az ív stabilitása, a beolvadás mélysége és az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege csökken. Előnye azonban, hogy ilyen kapcsolás esetén a nagy tömegű argonionok becsapódásának hatására még az erősen tapadó alumínium-oxid is megbízhatóan eltávolítható, ezért ez a kapcsolás elsősorban alumínium és ötvözeteinek hegesztésére alkalmas.



11. ábra. Argonvédőgázos wolframelektródás ívhegesztés hideghuzal használatával
1 wolframelektróda; 2 hideghuzal;
3 áramforrás; 4 munkadarab



12. ábra. Az argonvédőgázos wolframelektrodás ívhegesztés jellemzői
a) egyenes; b) fordított polaritás;
1 wolframelektroda; 2 fúvóka; 3 elektronok;
4 argonionok; 5 oxidhártya; 6 alapanyag

A kétféle polaritás sajátosságait a 12. ábra szemlélteti.

A kétféle polaritás előnyét a váltakozóáramú hegesztés egyesíti, amely azonban felrakóhegesztésre nem terjedt el széles körben.

A porkohászati úton készült, 1...2% tórium-oxid-tartalmú elektrodák végét kúp alakúra kell köszörülni, s a csúcsán 0,5...0,8 mm sugarú lekerekítést célszerű kialakítani. A túl tompa csúcs az ív ugrálására, a túl hegyes pedig az elektroda csúcsának túlhevülésére és elcseppenésére vezet.

Hegesztés közben ügyelni kell arra, hogy az elektroda csúcsa a fürdővel ne érintkezzék, mert az varrathibát okoz és az elektroda fokozott elhasználódására vezet. A legkedvezőbb ívhossz 3...5 mm, argonfogyasztás, 350...450 l/h.

Finom élek javításához az ívet külön rézlemezen célszerű keltetni és erről átvezetni a munkadarabra. Nagyobb felületek felrakóhegesztésekor a pisztoly keresztirányban mozgatható, a kellő argonvédelem végett azonban az így készült varrat szélessége a pálcá átmérőjének legfeljebb a háromszorosa lehet, a pálcá végét a védőgázból kihúzni nem szabad, s a pálcát lassan kell mozgatni. A hibátlan varratképzést szolgálja a varratkifutó lemez, amelyen a hegesztés befejeződik. Ha a varratkifutó lemez elhelyezésére nincs lehetőség, akkor a végkráterben a repedés elkerülésére a hegesztőáramot fokozatosan kell csökkenteni, hogy a dermedő végkráter zsugorodásából adódó szívódás feltölthető legyen, s az argonvédelmet a hegesztőáram megszűnése után, még 5...10 s-on át adagolni kell.

A felrakóhegesztésekhez használatos kobalt- és nikkelalapú hegesztőanyagok ömledéke kisebb viszkozitású, mint az acéloké. A viszonylag mély beolvadás miatt a varratban az alapanyaghányad nagy lehet, ezért a varrat vasban

erősebben dúsulhat, mint pl. lánghegesztéskor. Az ív magas hőmérsékletének következménye az is, hogy zsugorított wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó hegesztőpálcák leolvasztásakor a szemcsék erőteljesebben — esetleg teljesen — megolvadnak, s mindez együttesen a repedésveszélyt növeli, a varrat keménységét pedig csökkenti. A kobalt- és a nikkelalapú lágy — 35...40 HRC-nél kisebb keménységű — ötvözetekkel végzett felrakóhegesztés során második réteg repedésveszély nélkül felhegeszthető. A keményötvözetekkel a második varrat már erősen hajlamos repedésre és az ilyen munkák esetén kis áramerősségre, sekély beolvadásra kell törekedni.

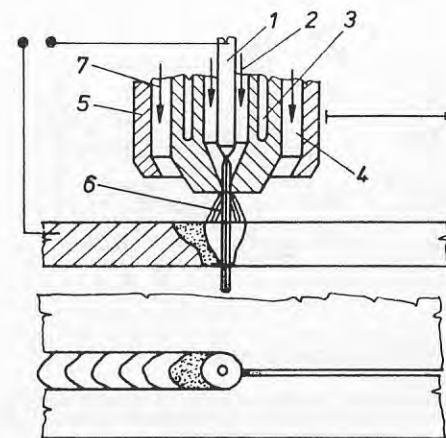
Az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege mindössze 0,3...1,5 kg; a hideg póthuzalos változaté 1...5 kg. Az alapanyaghányad a varratban elsősorban a hegesztő kezűgyességétől függ. Értéke általában 30...10%, hideg póthuzalos eljárás esetén 20...5%.

A.4. Plazmahegesztés

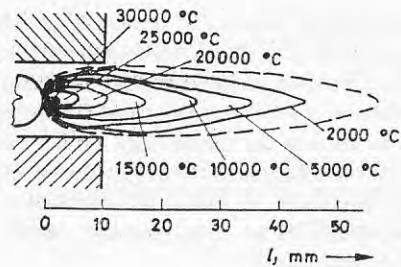
A plazmahegesztés alapváltozatában az ív a wolframelektroda és az alapanyag között ég, az elektroda azonban mélyen a fejben helyezkedik el (13. ábra). Az ív a belső fúvóka szűk nyílásán keresztül éri el az alapanyagot, amelyen át általában argon vagy argon—hidrogéngáz, ill. gázkeverék áramlik. Ez a plazmagáz, amely az ívben disszociál, elektronokra, valamint ionokra bomlik, s atomjai gerjesztett állapotba kerülnek. Ez a plazma.

Visszarendeződésakor energia szabadul fel.

A magas hőmérsékletű plazma hőmérséklet-eloszlását a 14. ábra szemlélteti. A plazma és a hegfürdő védelmére a belső és a külső fúvóka közötti nyíláson át argongáz áramlik, ez a védőgáz.



13. ábra. Plazmahegesztés
1 wolframelektroda; 2 plazmagáz;
3 vízzel hűtött belső fúvóka;
4 védőgáz; 5 külső fúvóka; 6 plazma

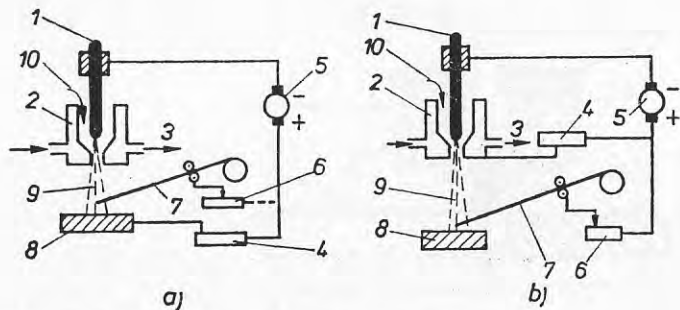


14. ábra. A plazma hőmérséklet-eloszlása argonban

Elsősorban korrózióálló acélok és különféle ötvözetek kötőhegesztésére használatos. Nagyobb teljesítménye vastag lemezek hegesztéséhez előnyös, de az ún. *mikroplazma* változata a néhány tized milliméter vastagságú lemezek egyesítésére is alkalmas.

A plazmahegesztés a 13. ábrán látható ún. *közvetlen ívű* változata esetén az alapanyaghányad 30...10%. Ez felrakóhegesztéshez hátrányos, ilyen célra a kisebb beolvadású ún. *közvetett ívű* változata a célszerű.

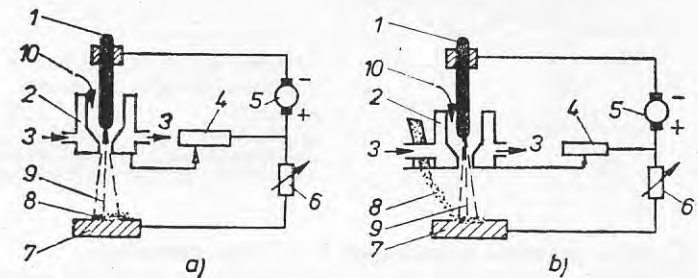
Az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege az égők típusától függően általában 0,5...5 kg. A 15. ábra a felrakóhegesztés céljára elterjedt megoldásokat szemlélteti, amelyeknél tömegének az óránként leolvasztott hegesztőanyag növelésére és az alapanyag megoldásának csökkentésére újabban az ívbe nem egy, hanem az ellentétes oldalról *két* – ellenálláshevíttel előmelegített – *huzalt adagolunk*. Ezzel a megoldással az alapanyaghányad a varratban 5...20 %-ra csökkenthető, és az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege 10...30 kg-ra növelhető. Az egy rétegben elkészíthető varrat magassága 3...6 mm, szélessége a fej keresztirányú lengetésével 20...70 mm.



15. ábra. Huzaladagolású felrakó plazmahegesztés

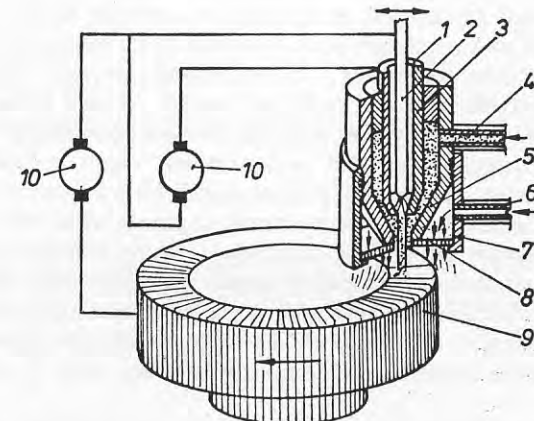
a) közvetlen ívű; b) közvetett ívű égő
1 wolframelektroda; 2 vízzel hűtött fúvóka; 3 hűtővíz; 4 korlátozó ellenállás a segédív szabályozására; 5 áramforrás; 6 változtatható ellenállás a huzalelőtolási sebesség beállítására; 7 hegesztőhuzal; 8 munkadarab; 9 plazma; 10 plazmaképző gáz

Felrakóhegesztéshez gyakran használunk olyan erősen ötvözött hegesztőanyagokat, amelyeket huzal formájában esetleg nem gazdaságos forgalmazni (pl. a wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó anyagokat). Ilyen esetben alkalmazuk a plazmahegesztés *poradagolásos változatát*. A 16. ábrán látható változatok nem terjedtek el. A 16a ábrán az ív a szemcséket helyzetváltoztatásra kényszerítheti és ezért a varrat nem lesz homogén. A gyakorlatban a 17. ábrán látható megoldás vált be. A rétegvastagság 0,5...4 mm, a varratszélesség 3...25 mm között változtatható és mindössze 5...15% a varrat alapanyaghányada. A poradagolásos plazmahegesztéssel óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege a pisztoly kialakításától és a szórt anyag minőségétől függően 5...40 kg.



16. ábra. Poradagolásos felrakó plazmahegesztés

a) felületre előzetesen felszórta porral; b) hegfürdőbe adagolt porral
1 wolframelektroda; 2 vízzel hűtött fúvóka; 3 hűtővíz; 4 korlátozó ellenállás a segédív szabályozására; 5 áramforrás; 6 változtatható ellenállás; 7 munkadarab; 8 por; 9 plazma; 10 plazmagáz



17. ábra. Poradagolásos felrakó plazmahegesztés

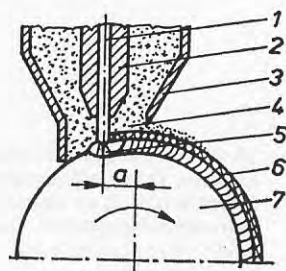
1 plazmagáz bevezetése; 2 wolframelektroda; 3 fúvóka; 4 porbevezetés; 5 belső, főkusztáló fúvóka; 6 védőgáz bevezetése; 7 külső fúvóka; 8 porózus anyag; 9 munkadarab; 10 áramforrások

A.5. Fedettívű hegesztés

Fedettívű hegesztéskor az ív a dobról lefutó huzal vége és az alapanyag között fedőporral takart olvasztótérben ég. A levegőtől való védelem tökéletes s mivel a leolvadó csepp és a megolvadt fedőporból képződő salak nagymértékben keveredik, a fedőpor megfelelő összetételével igen tiszta varrat érhető el. A hegesztőanyagokat előállító cégek, gyártmányaikhoz saját készítésű fedőporokat is szállítanak. Katalógusaikban a fedőporok és a huzalok kombinációjának függvényében tüntetik fel a varratok várható összetételét és szilárdsági tulajdonságait. Ezek ajánlataitól eltérő kombinációk létjogosultságát kísérletekkel lehet eldönteni. Az óránként leolvasztott hegesztőanyag nagy tömege miatt felrakóhegesztési célra gyakran alkalmazzuk a huzal- és a szalagelektrodás változatát.

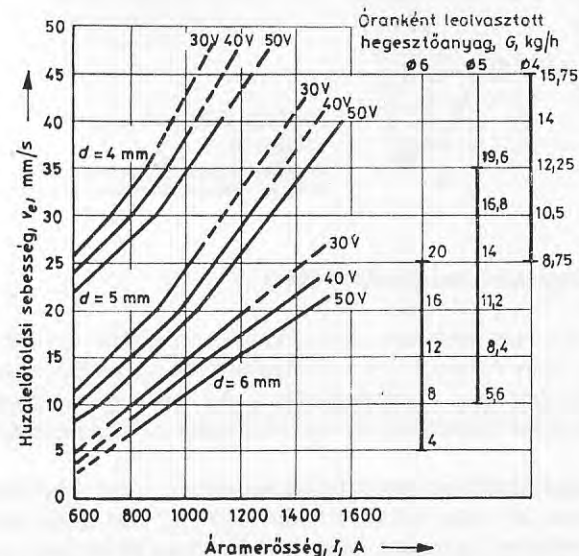
A.5.1. Hegesztés huzalelektrodával

Az egyhuzalos hegesztés a 18. ábrán látható. A különböző huzalátmérőkhöz tartozó huzalelőtolási sebesség és az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömegének tájékoztató értéke az áramerősség függvényében a 19. ábrából olvasható le. A beolvadási mélység a feszültségtől és az áramerősségtől a 20. ábrán, a varrat szélessége pedig a feszültségtől és a hegesztési sebességtől a 21. ábrán látható módon függ. A nagy alapanyaghányad a varratban a felrakóhegesztés szempontjából hátrányos. Értéke az áramerősséggel, a hegesztési sebességgel és az ívfeszültséggel együtt, 70...30% között változtatható. Az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege 5...30 kg. Az alapanyaghányad kedvezőbbé tételére a felrakóhegesztéshez olyan változatok is ismeretesek, amelyekben az ív két huzal között ég (22a ábra), vagy az olvasztótérbe egy második, ún. *hideghuzalt* is adagolunk (22b ábra). Az így készült varratokban az alapanyaghányad mindössze 30...20% és az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege 10...40 kg. Ezek a megoldások azonban viszonylag bonyolultak, egyszerűbb és kedvezőbb megoldást kínál a szalagelektrodás hegesztés.

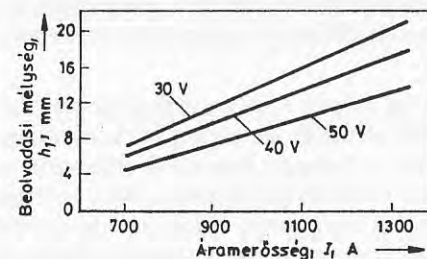


18. ábra. Hengeres testek fedettívű hegesztése

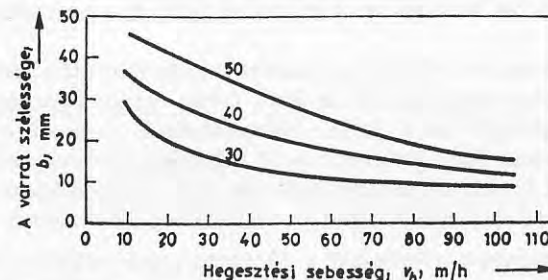
1 huzalelektroda; 2 áramtadó hüvely;
3 fedőportöltés; 4 fedőpor; 5 ív;
6 salaktakaró; 7 munkadarab
a) előretolás a hegfűrdő elfolyásának megakadályozására



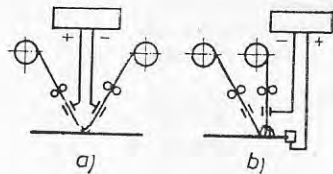
19. ábra. A fedettívű hegesztéssel óránként leolvasztott hegesztőanyag, a huzalelőtolási sebessége és az áramerősség értéke különböző ívfeszültségek esetén a görbékre írt számok az U névleges feszültséget jelentik voltban



20. ábra. A beolvadási mélység változása az I áramerősség és az U ívfeszültség szerint, 5 mm átmérőjű huzallal végzett fedettívű hegesztéskor a görbékre írt számok az U névleges feszültséget jelentik voltban



21. ábra. A v_h hegesztési sebesség és az U ívfeszültség hatása a varrat szélességére fedettívű hegesztés esetén a görbékre írt számok az U névleges feszültséget jelentik voltban



22. ábra. Fedettívű hegesztés változatai

a) fedettívű hegesztés két huzal között égő ívvel; b) hideghuzalos fedettívű hegesztés

A.5.2. Hegesztés szalagelektrodával

A szalagelektrodás hegesztés korrózióálló és kopásálló bevonatok készítésére terjedt el. Nagy előnye, hogy a szalagelektroda hengerléssel könnyebben gyártható és olcsóbb, mint a huzalelektroda. Az atom- és vegyipar számára készülő edények belső felületeinek bevonására széles körben használatos.

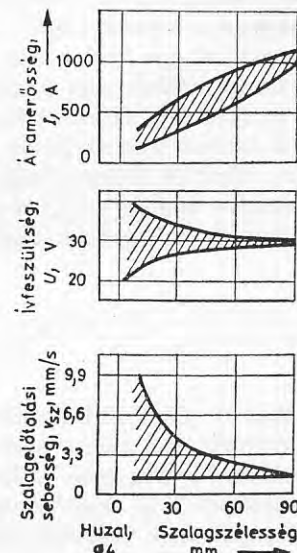
Az egy szalagelektrodával végzett felrakóhegesztés elvileg a huzalektrodás hegesztéssel azonos. A szalag mérete általában $60 \times 0,5$ mm; szélességi méretének további növelésével ugyanis a hegesztési folyamat egyre bizonytalanabbá válik, a beolvadás és a varrat felületének egyenetlensége nő.

Az ív a szalag teljes szélessége mentén soha nem ég egyszerre, hanem csak egy-egy pontban, ahol helyileg az ív kialakulásához szükséges áramerősség és feszültség elegendő. Ezek a helyileg kialakuló ívek rövid ideig égnak, kialszanak, s új helyeken gyulladnak ki, ide-oda cikázva a szalag szélessége mentén. Az ide vonatkozó vizsgálatok szerint:

- Az ív szabályozhatatlanul mozog a szalag szélessége mentén.
- Az egy-egy helyen égő ív létidejét, az esetleg párhuzamosan is létező néhány ív gyakoriságát – azonos hegesztési jellemzők esetén – elektromágneses, kémiai, valamint gázdinamikai erők határozzák meg.
- Az anyagátmenet az ívben cseppszerű, ritkán azonban rövidzárlat is megfigyelhető. Növekvő áramerősséggel a cseppek tömege is jelentősen csökken, az átmenet peremszerűvé válik és a beolvadás egyenletesebb.
- A példaként említett $60 \times 0,5$ mm méretű szalag leolvasztásához 500...700 A áramerősség kell. Ez az érték a vele azonos ketestetszű, 6,2 mm átmérőjű huzal stabil leolvasztásához kevésnek bizonyul. A kisebb áramerősség, valamint az ív folyamatos helyváltoztatása az alapanyagot kisebb mértékben hevíti fel, mint a huzalelektrodás változat, ezért az alapanyaghányad az ömledékben jóval kisebb.

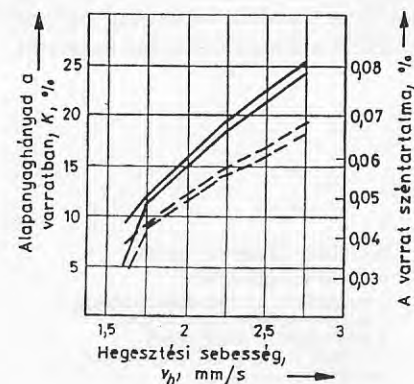
A szalag szélességének növelésével a folyamat egyre szűkebb jellemzőhatárok között stabil, bár a határértékek a fedőpor minőségétől függően valamelyest változhatnak. A 23. ábra nióbbiummal ötvözött, 0,02% széntartalmú, 21/10 típusú ausztenites korrózióálló szalagelektrodával végzett felrakóhegesztés

tés jellemzőit szemlélteti a szalag szélességének függvényében. Figyeljük meg: 60 mm-nél szélesebb szalaggal hegesztve a feszültségtartomány annyira leszűkül, hogy a folyamat már kis ingadozás esetén is elveszti a stabilitását.



23. ábra. A stabil folyamat kialakulásának feltétele fedettívű szalagelektrodás hegesztés esetén

Figyelemre méltó a hegesztési sebesség változásának hatása. A szokásos 1,4...1,5 mm/s hegesztési sebességgel, a folyékony fém egy része az ív alá folyik, lényegesen csökkentve ezzel annak alapanyag-olvasztó hatását. Az ív nyomása minimális, ezért a folyékony fém a felületen szabadon szétfolyhat. Ha azonban a hegesztési sebesség nő, az ív a meg nem olvadt alapanyaggal érintkezik, és a 24. ábrának megfelelően nő az alapanyag beolvadása, azaz hányada az



24. ábra. A hegesztési sebesség hatása a varrat széntartalmára (teljes vonal) és az alapanyag hányadára (szaggatott vonal) fedettívű szalagelektrodás hegesztés esetén

ömledékben. (Az adatok az előző ábra kapcsán említett összetételű hegesztőanyaggal C 20 minőségű alapanyagra végzett felrakóhegesztésre vonatkoznak.)

Míthogy a nagyméretű nyomástartó edények belső felületének felrakása korrózióálló réteggel gazdaságosan csak ezzel az eljárással végezhető, ezen az ábrán fontos összefüggés a hegesztési sebesség változásának hatása a széntartalomra, amely az alapanyaghányad ismeretében számítható ki.

Az egyéb hegesztő eljárásokhoz képest jóval kisebb hegesztési sebesség miatt, a varrattal szomszédos anyagrészek hosszú ideig lehetnek olyan hőmérsékleten, amelyen a korrózióálló acélokban króm-karbid kiválás indulhat meg. A stabilizált acélok használata ezért ehhez az eljáráshoz is indokolt.

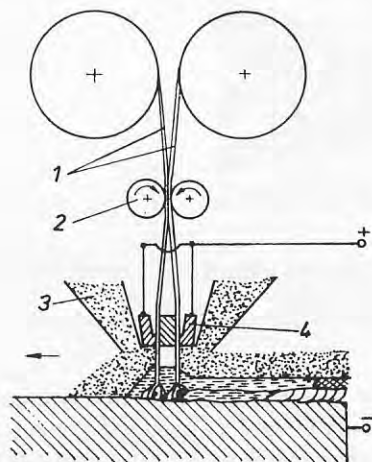
Az egy-szalagelektrodás hegesztés átalakított fedettívű hegesztőberendezésen is elvégezhető. Óránként 0,3...0,4 m² felület felrakására és 10...25 kg hegesztőanyag leolvasztására alkalmas. Figyelemre méltó, hogy a varrat alapanyaghányada kedvező esetben mindössze kb. 10%.

A két szalagelektrodával végzett hegesztést a 25. ábra szemlélteti.

Az óránként leolvasztott hegesztőanyag a feszültségtől és az elektrodák egymás közötti távolságától függ. A legkedvezőbb értékek

- 28...30 V esetén 5...7 mm,
- 40...45 V esetén 8...10 mm.

A szalagelektrodák között – a rajzon jól érzékelhetően – túlhevült, fedőporral nem fedett folyékony salak helyezkedik el, amely az elektrodák megolvadását elősegíti. Mérések bizonyítják, hogy amíg villamos salakhegesztéskor a teljes áram a folyékony salakon át folyik, addig az egy-huzalelektrodás fedettívű hegesztéskor csupán a 10...15%-a. Az egy szalagelektrodával végzett



25. ábra. Két szalagelektrodás hegesztés

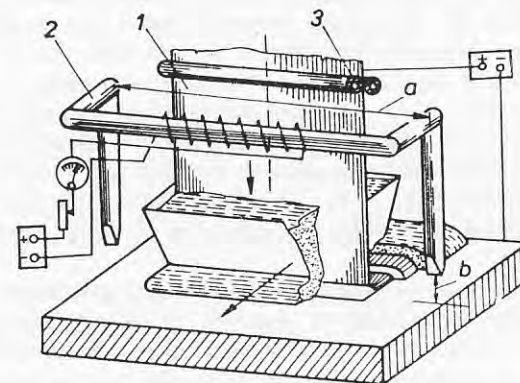
1 szalagelektrodák; 2 előtoló görgők;
3 poradagoló; 4 áramátadók

hegesztés esetén viszont ez az érték kb. 30%-ra nő, egymástól 8 mm távolságra elhelyezett két-szalagelektrodás hegesztés esetén pedig eléri a 60%-ot. Ez természetesen azt jelenti, hogy az ív hőhatása és ennek arányában az alapanyag megolvadási mértéke is csökken. A nagyobb tömegű túlhevített salak gyorsítja a szalag leolvadását, s ezáltal nő a varrat vastagsága az egy-szalagelektrodás változatokhoz képest. A két-szalagelektrodás hegesztés jellemzői:

- Az elektrodákat egymástól 8...10 mm távolságra elhelyezve, az alapanyaghányad a varratban 4...5%-ra is csökkenthető.
- Az elektrodák között elhelyezkedő izzó salak a szalagok középső részét gyorsabban olvasztja. A szélekhez képest 10...15 mm az eltérés, így az ívek kialakulásának valószínűsége a széleken jóval nagyobb. Ez a magyarázata annak, hogy a varrat széleinek beolvadása a középső részeknél valamivel nagyobb, s az egyébként igen sima varratfelületen félkör alakú rajzolatok jelennek meg.
- A szalagelektrodák összetételét helyesen megválasztva, (egymástól eltérők is lehetnek) szinte tetszőleges minőségű felrakott rétegek állíthatók elő.
- A szabad elektrodahossz kb. 40 mm.

A két-szalagelektrodás hegesztéssel óránként kb. 1 m² felület rakható fel, az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege 15...40 kg. Külön célgépet igényel.

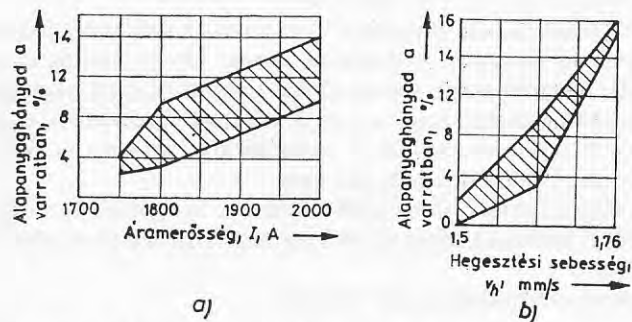
A szélesszalag-hegesztés kiküszöböli azt a káros jelenséget, hogy a 60 mm-t meghaladó szélesség esetén a folyamat egyre bizonytalanabbá válik. Normális méretű szalagelektrodás hegesztés esetén a lemezszélek felé erősen eltorzuló mágnesmező ugyanis egyenáramú tekercssel 180 mm szalagszélességig is kedvezővé tehető. Ez az eljárás az atom- és vegyiparban terjedt el, igen nagyméretű edények belső felületének felrakóhegesztésére (26. ábra). A járom szélessége a



26. ábra. Szélesszalag-hegesztés

1 szalagelektroda; 2 mágneses járom; 3 előtoló görgők
a) járomszélesség;
b) a járom- és az alapanyag közötti távolság

lemezelektróda szélességénél 20...40 mm-rel nagyobb, a járom—alapanyag közötti távolság 1...2 mm. Az alapanyaghányad a varratban a szokásos hegesztési jellemzőkkel hegesztve igen kedvező (27. ábra). Az adatok 0,02% széntartalmú, 23/11 CrNi típusú 180×0,5 mm méretű szalagelektróda leolvasztására vonatkoznak. Az ilyen hegesztéssel óránként 20...60 kg tömegű hegesztőanyag olvasztható le, 1,5 m² felület rakható fel és már az első varratréteg összeállítása is megfelel. Hátránya azonban, hogy célgépet igényel.



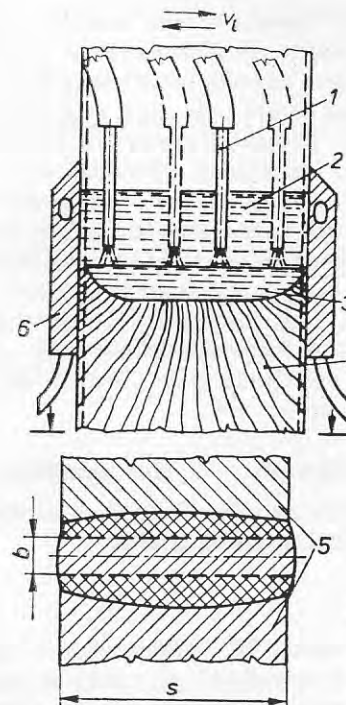
27. ábra. A varrat alapanyaghányada szélesszalag-hegesztés esetén
a) az áramerősség hatása; b) hegesztési sebesség hatása

A.6. Villamos salakhegesztés

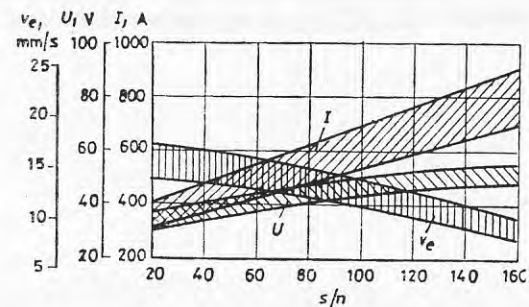
A villamos salakhegesztés (28. ábra) nagyméretű tárgyak kötő- és felrakó-hegesztésére alkalmas. A hegesztés csúszópofák között folyik, s a huzal — az egymástól 20...30 mm-es réssel illesztett homloklapok között — a hegesztés hőhatásától megolvadt, 50...70 mm vastagságú salakfűrdőben olvad le. *Ív tehát nincs.* Az eljárást általában 30...40 mm-nél vastagabb lemezekhez használjuk. Ennél vastagabb lemezek hegesztésekor egymás mellett több huzal- vagy szalagelektródát olvasztunk le, amelyek szükség esetén lengőmozgást is végezhetnek. A huzal szokásos átmérője 3 mm, ettől eltérőt ritkán használunk.

Ha huzal helyett szalagelektródával hegesztünk, akkor a tekercsben szállítható szalagelektródák csupán néhány milliméter vastagok, de — elsősorban nagy keresztmetszetek hegesztéséhez — 10...14 mm vastag, 80...100 mm széles lemezcsíkok is leolvaszthatók. A huzalok legkedvezőbb távolsága egymástól 30...50 mm, a szalagoké 50...100 mm.

A 30...40 mm-nél valamivel vékonyabb lemezek villamos salakhegesztésére újabban kisméretű berendezések is készültek, amelyek javítóhegesztésre is igen alkalmasak. A 29. ábrán a 2 mm átmérőjű huzalokkal megvalósítható hegesztési jellemzők találhatók. A hegesztés sajátosságából adódik, hogy a függőleges



28. ábra. Villamos salakhegesztés
b illesztési rés; s lemezvastagság;
v_l a lengetés iránya
1 hegesztőhuzal; 2 salakfűrdő; 3 hegfűrdő;
4 varrat; 5 lemezek; 6 vízhűtéses csúszó
rézszaluk

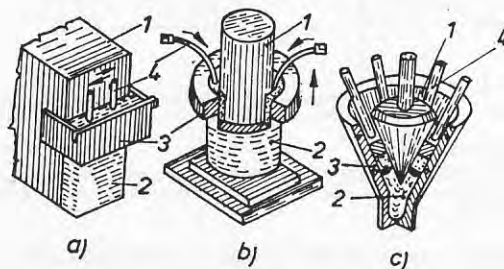


29. ábra. Diagram a villamos salakhegesztés jellemzőinek megválasztásához, d = 2 mm-es hegesztőhuzal használata esetén
s lemezvastagság; n a hegesztőhuzalok száma; v_e huzalelőtolási sebesség; U hegesztési feszültség; I hegesztőáram

varrat mangán- és szilíciumtartalma a varrat hossza mentén egyre csökken, csak fedőpor adagolása esetén nő újból egy kicsit. Ez a sajátosság az ausztenites korrózióálló króm-nikkel acélok hegesztése esetén káros, ezért ezen a területen

(bár ellenpéldák is ismeretesek) nem terjedt el. A felrakóhegesztéshez használatos megoldást a 30. ábra szemlélteti. Nagyméretű sík, hengeres és kúpos felületek javítására vagy kopásálló réteg felrakására gazdaságos. Az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege 20...60 kg, az alapanyaghányad a varratban 20...30%.

Vízszintes salakhegesztéssel nagy felületeket rakunk fel 30...50 mm vastag, erre a célra alkalmas fedőpor védelme alatt. Elsősorban kopásálló rétegek készítéséhez jöhet számításba, de az eljárás általános elterjedése a költséges hegesztőberendezés miatt hazánkban egyelőre nem várható.



30. ábra. Villamos salakhegesztés
a) síkfelület; b) henger és c) kúp felrakása
1 alapanyag; 2 felrakott réteg;
3 kokilla; 4 elektróda

A.7. Hegesztés porbeles huzallal vagy szalaggal

A porbeles elektróda alapvető előnye más hegesztőanyagokkal szemben, hogy az erősen ötvöztött hegesztőanyagok előállítása könnyebben megoldható.

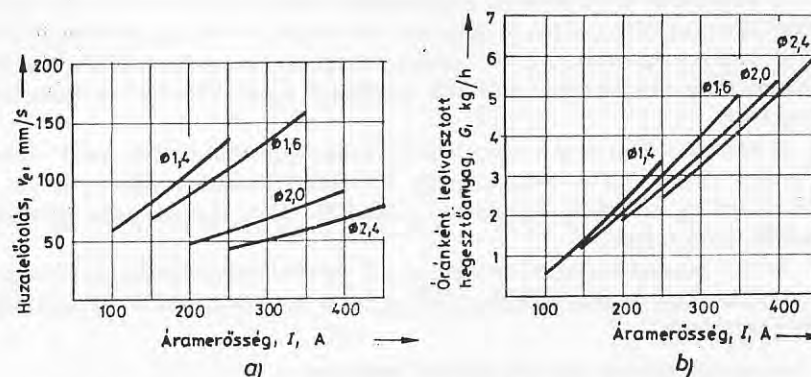
A porbeles huzal vagy szalag általában néhány tized milliméter vastag, kb. 0,1% széntartalmú acélszalagból készül. Keresztmetszete kör vagy négyszög, amelynek belsejében a kívánt összetételű eredményező tömegben ferro-ötvözetek, esetleg salakképző vagy védőgázt fejlesztő anyagok vannak.

A töltet összetételétől függően ismertek az önvédő, a fedőpor vagy általában CO₂-védőgáz alatt leolvasztható huzalok, amelyek átmérője természetesen ennek megfelelően a fedettívű vagy a CO₂-védőgázos hegesztőberendezéseken leolvasztható huzalokéval egyezik. Az önvédő porbeles huzalokat is ez utóbbival egyező, vagy azokhoz hasonló felépítésű berendezésekkel hegesztjük. Gyártástechnológiai okok miatt természetesen a nagyobb méretű huzalok vagy szalagok olcsóbbak, s a huzalelektrodák átmérője ezért általában 2...2,8 mm. A hegesztést rövid ívhosszal kell végezni, hogy a cseppek minél rövidebb idő alatt bejussanak a fürdőbe. A huzalkinyúlás (árammal terhelt huzal) 30...50 mm, az alsó érték vasalapú keményötvöztetű varratok készítéséhez használható.

Helyszíni munkákhoz azonban érthető módon a jól megfigyelhető leolvadású, kényszerhelyzetben is használható, önvédelmű huzalok igen széles választéka terjedt el.

A gazdaságossági számításokhoz figyelembe kell venni, hogy az azonos összetételű huzalok ára az átmérő csökkenésével kissé nő.

Az önvédő és a CO₂-védőgázt igénylő porbeles huzalról óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege 3...10 kg, fedőpor alatt végzett hegesztéssel 5...15 kg (31. ábra). Az alapanyaghányad a varratban 35...20%.



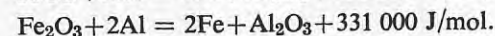
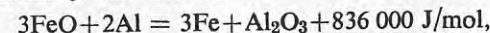
31. ábra. Edződő rétegek felrakóhegesztésére alkalmas különböző átmérőjű porbeles huzalok teljesítményjellemzői

a) a huzalelektrolás változása; b) az óránként leolvasztott hegesztőanyag változása az áramerősség függvényében

A.8. Aluminotermikus hegesztés

Az aluminotermikus hegesztés (röviden AT-hegesztés) hőforrása a vas-oxidoknak (Fe₂O₃, FeO) alumíniummal végzett redukálása közben felszabaduló hőmennyisége.

A vas oxidjai és az alumínium 0,5...2 mm szemcsenagyságú keveréke a termitadag. Ennek reakcióját pl. bárium-oxid-por és alumíniumdara keverékéből álló ún. báriumcseresznyével elindítva 20...30 s alatt a következő alapvető reakciók játszódnak le:



A fejlődött hő a reakció közben keletkezett termitvasat kb. 2800 °C-ra hevíti, de hegesztésre kellő ötvöztetés hiányában még nem alkalmas. A termitadagba ezért néhány milliméter szemcsenagyságúra őrölt ferroötvözetet — s a hegesztéshez legmegfelelőbb hőmérsékletre, kb. 2200 °C-ra hűtés céljából — még ötvöztetlen szénacélt, pl. szegnyiradékot is adagolunk. A túl magas hőmérsékletű termitacél a formahomokból sokat beolvaszthat, s ezért a kötés zárványossá válhat; a túl alacsony hőmérsékletűnek pedig nincs annyi hőtartalma, hogy a homlokfelületeket megbízhatóan beolvassza.

A ferroötvözetekkel bevitt elemek azonban nemcsak ötvözővé válnak, kisebb-nagyobb hányaduk *dezoxidálást* is végez. Az egyenletekből kiszámítható tömegű alumínium hozzáadásakor ezért az alumínium egy része beötvöződik, és ha a varratban a 0,2%-ot meghaladja, csökkent szilárdságú, durvaszemcsés varrat keletkezik.

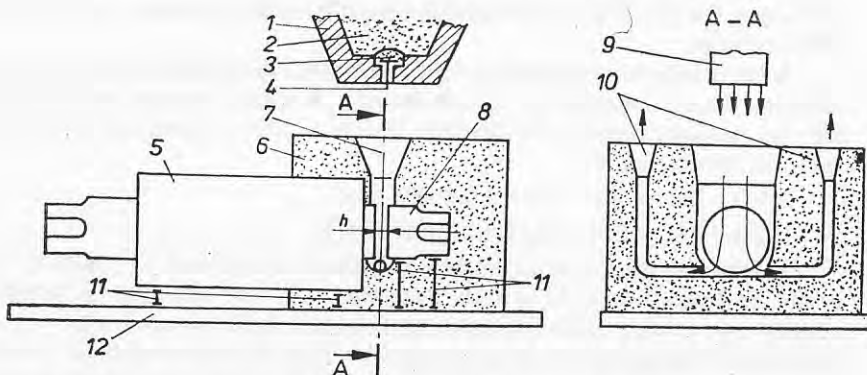
A különböző ötvözőelemek dezoxidációs hatását előre tervezni csak közelítéssel lehet; az adag pontos összetételét ezért minden esetben kísérletekkel kell ellenőrizni. A szénttartalom kívánt értéke petrolkoks adagolásával állítható be. A hegesztésre előkészített felületeket megfelelő réssel illesztjük, s homokba formázzuk.

A reakció külön erre a célra készült, magnezitbélésű üstben megy végbe, és amikor befejeződött, a csapolószeg felütésével szabaddá váló nyíláson át a termitacél a homokba formázott, 800...1000 °C-ra előmelegített homlokfelületek közé folyik.

Az AT-hegesztés a *nagy keresztmetszetű darabok hegesztéséhez gazdaságos*, ill. a kisebb keresztmetszetűekhez akkor, ha a homokformák nagy számban előre gyárthatók.

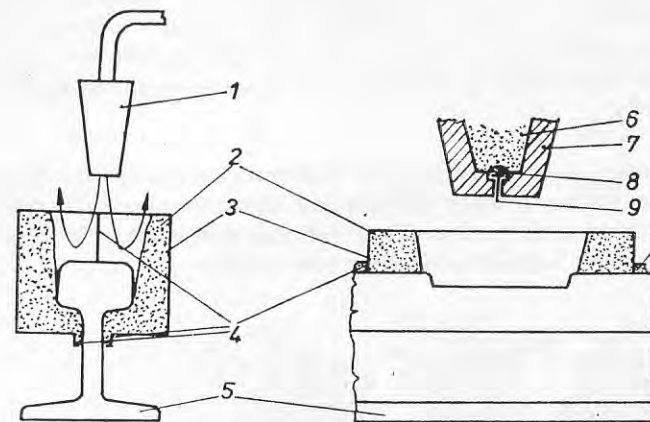
Az eljárás előnye más eljárásokkal szemben:

- a hegesztés formázás után automatikusan megy végbe,
- *beruházási költséget* nem igényel,
- a technológia egyszerű,
- *edződési veszéllyel* gyakorlatilag nem kell számolni,
- a varrat összetételéhez megfelelő alkotókat megvásárolva, az adag a helyszínen összeállítható.



32. ábra. Hengerdei henger törött csapjának javítóhegesztése

1 reakcióüst; 2 termitadag; 3 azbesztömítés; 4 csapolószeg; 5 henger; 6 homokforma; 7 felső részen felöntésnek kiképzett befolyónyílás; 8 hegesztéshez illesztett törött csap; 9 az előmelegítő fej helyzete a reakcióüst helyére emelése előtt; 10 lángvezető és egyben túlfolyónyílások; 11 illesztőtámaszok; 12 alaplap; h illesztési hézag



33. ábra. Sínek felrakó hegesztése

1 előmelegítő fej helyzete a reakcióüst helyére emelése előtt; 2 előregyártott vagy a helyszínen döngölt homokforma; 3 tartólemez; 4 agyagtömítés; 5 sín; 6 termitadag; 7 reakcióüst; 8 azbesztömítés; 9 csapolószeg

A 32. ábrán hengerdei henger törött csapjának javítóhegesztésére látunk példát, a 33. ábrán pedig sínek felrakóhegesztése látható.

Az eljárással óránként leolvastott hegesztőanyag tömege az előkészületi időket is beleszámítva 2...4 kg, a varrat alapanyaghányada 30...10%.

A.9. Termálszórás

Termálszórás során acélok, ötvözetek vagy nemfémes anyagok por, huzal vagy pálcák alakjában beszerezhető anyagát láng, iv vagy plazma hőjével *megolvasztjuk* — szükség esetén porlasztjuk — és nagynyomású levegővel vagy más hordozógázzal a megfelelően előkészített felületre *felszórjuk*. A felszóró réteg szilárdsága a szórással egyidőben vagy utólagosan végzett megolvasztással növelhető.

Az alapanyag felülete a folyamat alatt nem olvad meg és számottevő zsugorodási feszültséggel nem kell számolni. A megolvasztott és porlasztott cseppek repülés közben megdermednek és felületükön vékony oxidhártya keletkezik. Ez a hártya becsapódáskor részben felszakad és így a szemcsék első rétege és az alapanyag, ill. az egymás fölé kerülő szemcsék között bizonyos erősségű tapadás — néhol hegedés — jön létre. Becsapódáskor a szemcsék alatt oxidok és mikroüregek maradnak. *A szóró réteg tehát mindig porózus és ennek mennyiségétől, alakjától nagymértékben függ a tapadó-nyíró szilárdság.*

Az elmondottakból nyilvánvaló, hogy ez az eljárás nem tekinthető hegesztésnek. Tekintettel azonban arra, hogy a felrakóhegesztést számos helyen helyettesítheti és jellegzetesen felrakóeljárás, ismerete a felrakóhegesztést végző szakember számára éppoly fontos, mint a hegesztő eljárásoké.

A.9.1. A szórt réteg megolvasztása nélkül végzett termálszórás

A réteg megolvasztása nélkül végzett termálszórás közben az alapanyag felületének hőmérséklete nem haladja meg az 50...200 °C-ot, ezért a *szövet-szerkezet nem változik* (innen kapta – helytelenül – a „hidegszórás” nevet). A felszórható jellemző rétegvastagság 0,1...2 mm.

Ezzel az eljárással gyakorlatilag minden anyag bevonható. Gyúlékony anyagok termálszórásához természetesen alacsonyabb a becsapódó szemcsék hőmérséklete, mint az acélfelület szórásakor, ezért papír, műanyag vagy porcelán felszórásakor 200...400 mm, acélok és nemvasfémek esetében pedig 100...200 mm a távolság a felület és a szórófej között.

A szórt réteg megolvasztása nélkül acélra vagy öntöttvasra végzett termálszóró eljárások:

- láng-porfelszórás,
- láng-huzalfelszórás,
- láng-pálcafelszórás,
- ív-huzalfelszórás,
- plazma-porfelszórás.

A réteg megfelelő *tapadásának előfeltétele a gondos felületelőkészítés*. Ez általában tisztításból, zsírtalanításból és korund- vagy acélszemcsékkel végzett felületérdesítésből áll, de ismeretesek vegyi, mechanikai vagy villamos felület-előkészítő módszerek is. Minthogy a fémszórásakor kialakuló, csak részben kohéziós kötés erőssége az érintkezés tényleges felületének nagyságától is függ, a mechanikai módszerrel végzett felületérdesítés célszerűbb. Ez olvasható ki a 2. táblázatból is, amelyben A 38 minőségű acélrúdra felszórt, hasonló összetételű acélrétegek tapadó-nyíró szilárdsága található.

2. táblázat

Felszórt rétegek tapadó-nyíró szilárdságának tájékoztató értékei

Eljárás és előkészítés	Szilárdság, MPa
Láng-porfelszórás szállítólevegő nélkül, acélszemcsék szórásával tisztított felületre	10... 30
Láng-huzalfelszórás acélszemcsék szórásával tisztított felületre	30... 50
Ív-huzalfelszórás korundszemcsék szórásával tisztított felületre	80...100
Plazma-porfelszórás acélszemcsék szórásával tisztított felületre	80...120
Láng-porfelszórás szállítólevegővel, acélszemcsék szórásával tisztított felületre, nikkelaluminid párnarétegre	80...100
Láng-huzalfelszórás rovátkolt, acélszemcsék szórásával tisztított felületre, nikkelaluminid párnarétegre	100...150

Itt jegyezzük meg, hogy a *tapadó-nyíró szilárdság az anyagra szórt réteg kötési síkjában ható erőnek a nyírt keresztmetszetre vonatkoztatott hányadosa*.

További jellemző a *réteg szakítószilárdsága*, amelynek méréséhez két, kör keresztmetszetű rudat használunk. Ezek egyik homlokfelülete köszörült, s ezeket egymáshoz illesztve, a palástfelületet az illesztés környezetében felszórjuk. Az így elkészített próbatestet a fel nem szórt két végén szakítógépre fogva és elszakítva a szórt réteg a rudak honlokfelületének síkjában elszakad.

3. táblázat

Acélrúdra felszórt rétegek R_m szakítószilárdsága, MPa

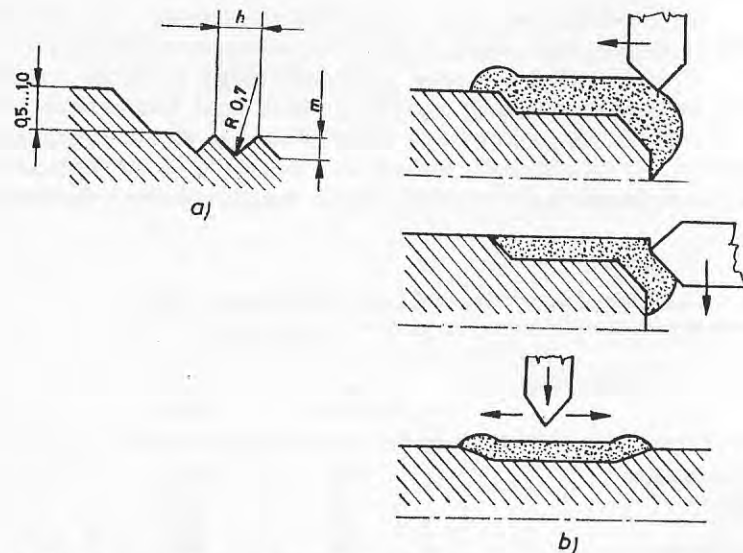
Felszórt réteg	Felszórési mód	
	láng-huzalfelszórás	ív-huzalfelszórás
Alumínium	90	110
Bronz	130	160
Réz	90	110
Sárgaréz	80	100
Ötvöztelen szénacél	170	190
Auszténites króm-nikkel acél	180	205
Molibdén	50	—
Cink	80	—

A 3. táblázat adataiból kitűnik, hogy az ívfelszórással készített rétegek *szakítószilárdsága* lángfelszórással előállítottakénál kedvezőbb. Ez utóbbi természetesen redukáló lángban készül, mert oxigéndús lángban a kiegészi veszteség nagyon megnő. Értéke még így is jelentős; acélok lángfelszórása során pl. 30...40% szénkiégésével kell számolni, ívszórásakor 40...50%-kal. A réteg ötvözőelemeinek oxidációjából eredő keménységcsökkenést edződésre hajlamos rétegekben némileg ellensúlyozza a hideg alapanyag erőteljes hűtőhatása, amelynek következtében jelentős mennyiségű martenzit keletkezhet. A különböző lángbeállítások és a nehezen ellenőrizhető alapanyag-felmelegedés együttes hatása azonban a réteg keménységében nagy szórásra vezethet. A porozus szórt rétegek siklái tulajdonságai a kenőanyag-tárolás következtében kedvezők, ezért ezt az eljárást gyakran alkalmazzuk csapágyak előállítására.

Az eljárások *anyagvesztése viszonylag nagy*, a szórt tárgyak méretétől és az eljárástól függően 20...60%.

A szórt rétegek *tapadó-nyíró szilárdságára kedvező hatású erdesített felület* alakja a 34a ábrán látható. Az alkatrész kifáradási határát számottevően csökkenti az R lekerekítési sugár csökkenése vagy elhagyása.

A kis tapadó-nyíró szilárdság miatt, forgácsoló-megmunkálás közben (ha pl. az esztergakés az alapanyag felől érkezik) a réteg az alapanyagtól elválhat.



34. ábra. Felületéresztés felszórás előtt és a felszört réteg megmunkálása

a) érdesített felület, h értéke acélra 1...1,5 mm, öntöttvasra 2...2,5 mm, m értéke acélra 0,5 mm, öntöttvasra 1...3 mm; b) különböző helyzetű szört rétegek megmunkálása

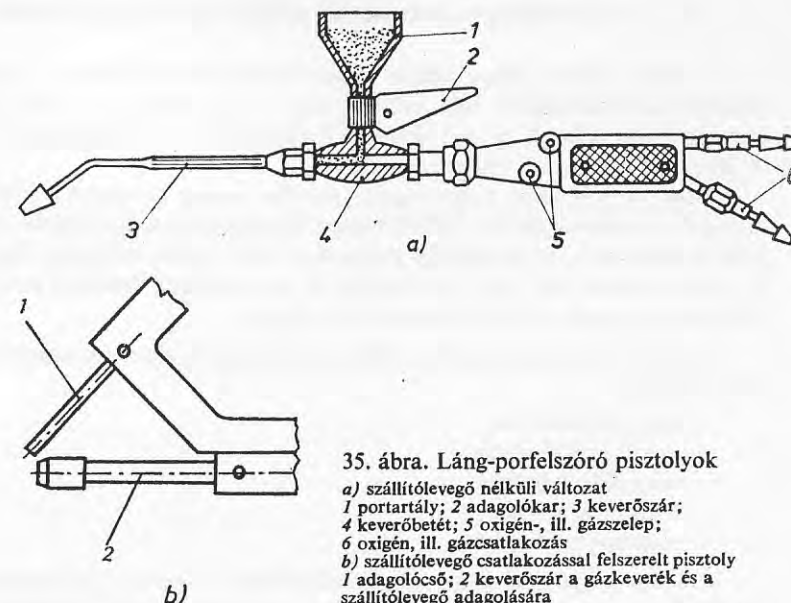
A szört rétegek megmunkálását ezért a 34b ábrának megfelelően a rétegről az alapanyag felé haladva kell végezni.

Az egyes eljárások csak jól körülhatárolt összetételű porok vagy huzalok szórására alkalmasak, ezért a felhasználási területekre az eljárások ismertetésekor térünk ki.

A felszört rétegek kis tapadó-nyíró szilárdságából következik, hogy ütéssel, nagy felületi nyomással szemben nem elég ellenállóak.

A láng-porfelszórás a legrégebbi eljárás, amely egyszerű felépítésű szóró-pisztollyal végezhető. Az ismert lánghegesztő pisztoly markolata és keverőszára között a fémportartályhoz csatlakozó szelepház van (35a ábra). A poradagoló csapot megnyitva az oxigénáram a port magával ragadja, a keverőszárba juttatja, majd a lángon keresztül a teljesen vagy részlegesen megolvadt szemcséket az áramlás a felületre szórja. A keverék kis kiáramlási sebessége miatt a tapadó-nyíró szilárdság kicsi. Ez olyan pisztollyal növelhető, amelyhez nagy nyomású szállítólevégő vezeték csatlakoztatható. Az ilyen kialakítású pisztolyok a 35b ábrán láthatók, amelyek a porkeveréket közvetlenül a lángba adagolják.

A koncentráltabb szórás céljából újabban a 40. ábrán látható pisztoly használata terjed erre a célra is.



35. ábra. Láng-porfelszóró pisztolyok

a) szállítólevégő nélküli változat
1 portartály; 2 adagolókar; 3 keverőszár;
4 keverőbetét; 5 oxigén-, ill. gázszelep;
6 oxigén, ill. gázcsatlakozás
b) szállítólevégő csatlakozással felszerelt pisztoly
1 adagolócső; 2 keverőszár a gázkeverék és a szállítólevégő adagolására

A legkedvezőbb rétegvastagság 0,1...1,5 mm, az eljárás tehát az ilyen kis kopást szenvedett felületek felszórására igen alkalmas. A pisztoly teljesítménye viszonylag kicsi, az óránként felszört anyag tömege mindössze néhány kilogramm.

Szemcseátmérő: 0,07...0,12 mm.

Az egyszerű felépítésű berendezések a következő porok szórására széles körben elterjedtek.

Kobaltalapú, 5...20% wolframtartalmú porok nagy hőigénybevételű helyekre, mint pl. kipufogószelepek, műanyagipari sajtolószerszámok, sugárhajtású motorok stb. A szört réteg keménysége 45...50 HRC.

Nikkelalapú, 10...35% króm és néhány % bór, szilícium valamint esetleg kobalt- és wolframtartalmú porokkal 150...600 HV keménységű rétegek készíthetők. A lágyabbak kipufogószelepek és ülékek bevonására stb. alkalmasak, a közepesen kemény rétegek csúszó- és tömítőfelületek, üvegipari formák, tengelykapcsolók stb. felületének javításához használhatók. A kemény rétegeket sajtolószerszámokhoz, körhagyók felületeihez, cement- és téglaiipari szállító-csigákhoz, hengerdei hengerek felületeihez, szivattyúlapátokhoz stb. használjuk.

Nikkelaluminid (80...95% Ni+5...15% Al) porok alapozásra használatosak, alkalmazásukkal a tapadó-nyíró szilárdság növelhető.

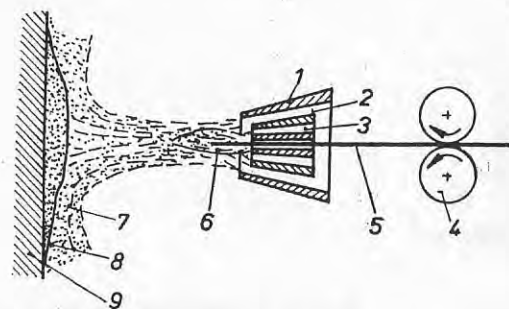
Vasalapú, 20...30% krómtartalmú porok cement- és homokkeverő lapátok, vegyipari örlődobok stb. szórására alkalmasak. A réteg 60...65 HRC keménységű.

Rézalapú, 120...230 HB keménységű réteget adó porokat csúszófelületek, csapágys, fogaskerek fogfelületének javításához, hajócsavarokhoz stb. használnak.

Wolfram-karbid-szemcséket és ágyazó fémeket tartalmazó, 65...72 HRC keménységű felületet adó por, szállítóberendezések nagy koptatásnak kitett felületei, görgősorok stb. szórására alkalmas.

Kerámiákat nagy sugárzó hőhatásnak kitett helyekre, öntőszerszámokhoz, kemencealkatrészekhez, rakéták orr részeihez, sugárhajtású motorok alkatrészeihez stb. használnak.

A láng-huzalfelszórás elve a 36. ábrán látható. A huzal a lángban megolvad, a nagy nyomású levegő finom cseppekre porlasztja, majd a felülethez ütközteti. A cseppek sebessége nagyobb, mint porral végzett szóráskor, ezért a kötés szakítószilárdsága és tapadó-nyíró szilárdsága valamelyest nagyobb, de több a légáramlással oldalirányban eláramló szemcsék tömege, azaz a veszteség is.



36. ábra. Láng-huzalfelszórás elve

1 pisztoly; 2 nagy nyomású szállítólevegő; 3 gáz—oxigén keverék; 4 fokozat nélküli előtöltést megvalósító görgőpár; 5 huzal; 6 láng; 7 szétoszóródó szemcsék; 8 réteg; 9 alapanyag

Az eljárás acetilén-gáz-szükséglete 1000...1500 l/h, az óránként leolvasztott anyag tömege alumínium-, bronz-, réz-, sárgaréz és acélhuzalok használatával 2...20 kg, cinkkel 6...60 kg.

A láng általában semleges, csupán a sárgarézhez kell 50%-os, és a molibdén szórásához 10%-os oxigéntöbbletet beállítani.

A szórási távolság az acélokra és a nikkelre 100...150 mm, kisebb olvadáspontú fémekre és ötvözetekre (pl. réz, bronz stb.) 150...200 mm. A kisebb méretű öntési hibák, szívódási üregek feltöltőszórása 50...100 mm távolságról végezhető.

A huzalelőtöltés sebessége az olvadáspont függvénye; ólomhuzalra pl. 150 mm/s, alumíniumra 50 mm/s, acélra 15 mm/s, molibdénre 5...10 mm/s.

A szórási veszteségek csökkentése és a kötőszilárdság növelése végett

a szórás iránya eltér a merőlegetől. Ez az eltérés alumínium és réz szórása esetén 15°, cink esetén 25°, acél esetén 30°.

A láng-huzalfelszórással felvihető rétegek összetétele és főbb alkalmazási területe:

Az alumínium, az ólom, a cink és az ón elsősorban korrózióvédelmi célokra készülő rétegek készítésére használatos, ezenkívül az alumínium jó hőállósága következtében izzító edények, rostélyok, tüztérlemek stb. bevonására alkalmas; az ólomot pedig gyakran szórjuk fel rádióaktív sugárzásvédelmi célokból épült falak felületére.

Az ónbronzzal, ólombronzzal, nikkelbronzzal, foszforbronzzal és alumíniumbronzzal csúszófelületekhez, csapágysokhoz, szivattyúalkatrészekhez használjuk, elsősorban a csúszási tulajdonságok javítására.

A réz és a sárgaréz tolozárak belső felületei, valamint gép-, textil-, papír- és villamosipari, tengelyek szivattyútengelyek felszórására használatos. A nikkel-réz ötvözet öntvényhibák javítására alkalmas.

A mangánnal, krómmal, vagy króm-nikkel-molibdén ötvözött acélhuzalok az összetételüknek megfelelően általános célokra, pl. hornyok, fogak, tengelyek, ékek stb., továbbá dugattyúrúdok, forgattyús- és bütykös tengelyek, henger-csapok stb. felületeinek javítására, valamint korrózió- vagy hőhatásnak kitett élelmiszer-, ill. konzervipari alkatrészek felújítására szolgálnak.

A molibdén önmagában is alkalmas 500 HB körüli keménységű kopásálló réteg készítésére, de legfeljebb 0,1 mm vastagságban felszórva, kitűnő tapadása folytán az 1 mm-nél vastagabb acélalapú rétegek alá párnaréteggént is általános elterjedt. A molibdén-oxidok ugyanis már kb. 700 °C felett gázhalmazállapotúak, ezért a repülés közben megdermedő és 2000 °C alá lehűlt szemcsék fémtiszta állapotban kerülnek a felületre. Ennek következtében számos helyen jön létre hegedés az alapanyag és a szemcsék között.

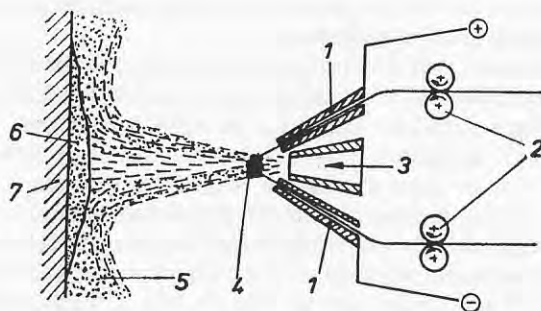
Nikkel felszórásával a molibdénhez hasonlóan, szintén jól tapadó réteg készíthető, amelynek magyarázata abban áll, hogy felületén — kis oxidációs hajlama miatt — csak egészen vékony oxidhártya képződik repülés közben. A nikkel-alumínid megjelenése óta alkalmazása háttérbe szorult.

A nikkel-alumínid tiszta alumíniumból és nikkelből összehengerelt huzal. A lángban megolvadva, a nikkel-oxid és az alumínium között exoterm reakció indul meg, amelynek eredményeképpen a szemcsék majdnem fémtiszta állapotban érik el a felületet, és felütközéskor az alapanyaggal sok helyen összehegednek. A reakció közben keletkezett alumínium-oxid a felütközés pillanatában már elég szilárd ahhoz, hogy ne fröccsenjen szét, így ne rontsa lényegesen a tapadást. A 80% nikkelből és 20% alumíniumból álló ötvözet tapadása jó, ezért párnaréteggént, valamint 220...240 HB keménységű és magas hőmérsékleten is korrózióálló bevonatként gyakran használjuk.

A láng-pálcafelszórás végrehajtását tekintve az előbbivel rokon eljárás, a huzal helyett azonban alumínium-oxid-, cirkonium-oxid-, cirkonium-szilikát-

vagy króm-oxid-tartalmú pálcák anyagát visszük fel a munkadarab felületére óránként 2...10 kg-ot. Ezekből az oxidokból csak műanyagkötéssel lehet pálcákat készíteni. Viszonylag drágák, ridegek, szállítás közben könnyen törnek, ezáltal használhatatlannak válnak, s így nagy a veszteség. A magas hőmérsékleten is jó kopásálló felületek előállítására dolgozták ki, elsősorban az űrhajózás és a hadiipar számára. Az említett oxidokat plazmaszórással célszerűbb a felületre felvinni, a pálcával végzett lángszórás létjogosultságát kis darabszám esetén a plazmaégőhöz képest jóval olcsóbb berendezés indokolja.

Az ív-huzalfelszórás (37. ábra) az ív a két leolvasztandó huzal vége között ég. Jellemzően nagy termelékenységű eljárás, az óránként leolvasztott alumínium 5...20 kg, bronz és acél 10...50 kg, cink 20...150 kg.

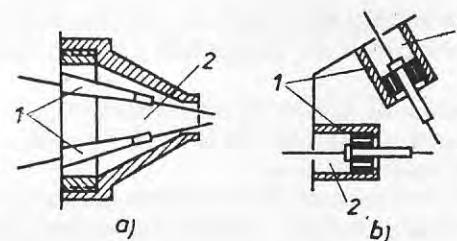


37. ábra. Ív-huzalfelszórás

1 huzal és árambevezető hüvelyek; 2 fokozat nélküli előtolást megvalósító görgőpár; 3 nagynyomású szállítólevegő; 4 ív; 5 szétszóródó szemcsék; 6 réteg; 7 alapanyag

Az eljárás további előnye, hogy a két huzalt megfelelően párosítva gazdag ötvözet sor állítható elő, s a réteg szakítószilárdsága nagyobb, mint a láng-huzalfelszórással készült rétegé (l. a 3. táblázatot). Hátránya a nagyobb szórási veszteség, s az, hogy a levegőáram szélén szálló szemcsék kisebb sebességgel, tehát jobban lehűlve ütköznek a felületbe, csökkentve ezzel az egymást követő rétegek tapadását. A lángnál magasabb hőmérsékletű ív hatásával magyarázható az erőteljesebb oxidáció is, a szén 40...60%-a, a mangán és szilícium 20...40%-a kiég, a réteg keménysége ezért mindig kisebb, mint azonos összetételű huzallal képzett láng-huzalfelszórás esetén.

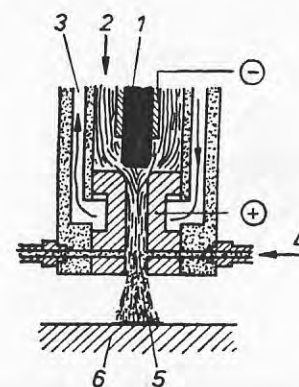
A 37. ábrán látható pisztolytól eltérő felépítésű pisztolyokat szemléltet a 38. ábra. A 38a ábrán látható változatban a huzal- és árambevezető hüvelyeket a szállítólevegő fúvókájában helyezték el, a 38b ábrán a szállítólevegő mindkét huzalhoz az árambevezető hüvelyek furatain áramlik át. A szórandó huzalok összetétele és a felhasználási terület gyakorlatilag azonos a láng-huzalfelszórásnál alkalmazottal.



38. ábra. Ív-huzalfelszóró pisztolyok elvi felépítése

1 huzal- és árambevezető hüvelyek; 2 nagynyomású porlasztó és szállítólevegő

A plazma-porfelszórás elvi alapja és a pisztoly felépítése gyakorlatilag azonos az A.4. alfejezetben megismertekkel, annyi eltéréssel, hogy a felszórandó ötvözet por alakú. A plazmagáz általában argon. A használatos plazmaszóró pisztolyok felépítési és kapcsolási vázlatát a 39. ábra szemlélteti.



39. ábra. Plazmaszóró pisztoly

1 wolframelektroda; 2 plazmaképző gáz bevezetése; 3 vízhűtés; 4 por bevezetése; 5 felszóró réteg; 6 alapanyag

Szemcseátmérő: 0,1...0,25 mm.

A plazma-porfelszórás óránként felszóró tömege a felépítéstől függően 2...15 kg. A következő porok szórására használatos.

Magas hőmérsékleten olvadó oxidok (kerámiák: alumínium-, berillium-, cérium-, cirkonium-, hafnium-, titán-oxid és cirkonium-szilikát) sugárzó hő ellen védő rétegek kialakításához: égőkamrák, hőtárolók, izzítókemencék, reaktorok, dugattyúk stb. felületeinek védelmére, továbbá hőpajzsok készítésére az űr- és repüléstechnikában.

Cermetek (kerámiapor és a tapadó-nyíró szilárdság növelésére adagolt pl. nikkel-aluminid) sugárzó hő elleni védelemre, továbbá égőkamrák, dugattyúk felületének stb. bevonására.

Kalcium- és magnézium-cirkonát olvadt fémeket tartalmazó téglék falának védelmére.

Kobalt-, molibdén-, nikkel továbbá nikkel-aluminid és nikkel-króm porok párnarétegnek a tapadószilárdság növelésére.

Kobalt-króm-karbid porkeverékek melegen üzemelő csapágyfelületek, acél-szerkezetek, ipari kemencék stb. hő- és korrózióvédelmére.

Kobalt-nikkel-króm-bór továbbá kobalt–circonium porok, görgők, csúszófelületek, alakítaszerszámok stb. felületének bevonására.

Kobalt-wolfram-karbid porkeverék szivattyúlapátok és házak védelmére, csúszógyűrűkhöz stb.

Nikkel-wolfram-karbid porkeverékek huzalhúzótarcsák, szállítócsigák, ventillátorlapátok, brikettsajtók, nagy koptatóhatásnak kitett felületek stb. továbbá rakéták orr-résznének, valamint sugárhajtóművek belső felületeinek védelmére.

Nikkel-wolfram-króm-szilícium-bór porkeverékek gőzben, gázban, sósvízben stb. üzemelő acélfelületek védelmére.

Vasalapú porok homok, föld, kerámia stb. koptató hatása ellen.

A plazma-por felszórással készült réteg, a más eljárással készültkéhez képest annyiban különbözik, hogy benne jól megfigyelhető a plazmasugár külső részein áthaladó, s ezért nem vagy csak félig megolvadt szemcsék eredeti, s a sugármagba került megolvadt vagy túlhevült részecskék becsapódáskor ellapult alakja. A réteg ezenkívül mikroüregeket és oxidokat is tartalmaz, a semleges védőgáznak köszönhetően kevesebbet mint más eljárásnál. A szemcsék és az alapanyag között helyi hegedések is bekövetkezhetnek, a 100...150 mm távolságból felszóró rétegek tapadó-nyíró szilárdsága ezért viszonylag jelentős; 100...150 MPa.

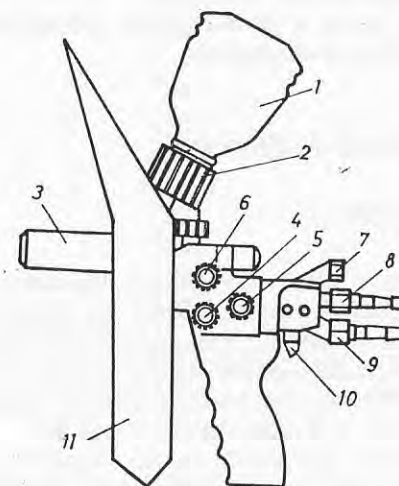
A.9.2. A szórt réteg megolvasztásával végzett termálszórás

A szórt rétegek tapadó-nyíró szilárdsága jelentősen fokozható a szórással egyidőben vagy utólagosan végzett rövid hőntartással. Ennek hőmérséklete a nikkelalapú ötvözetekhez 1000...1100 °C, a kobaltalapúakhoz pedig 1200...1300 °C. A vasalapú rétegek is hasonló módon viselkednek, alkalmazásuk azonban e célra a magasabb olvadáspont miatt nem általános. Ezen a hőmérsékleten a réteg ágyazó anyaga megolvad, a felület „átnedvesedik” és a pórusok nagy része eltűnik, miközben a rétegvastagság 20...25%-kal csökken.

Ezzel egyidejűleg az alapanyag és a réteg között diffúziós folyamatok is végbemennek, amelyek hatására a tapadó-nyíró szilárdság a réteggel azonos összetételű öntvény nyírószilárdságának legalább 40%-ára növekedhet. Ezzel minőségileg olyan új kötés jön létre, amely a szóróhegesztés elnevezés létjogosultságát indokolja (bár eléggé elterjedt a helytelenül használt „melegszórás” kifejezés is).

A szórt réteg összetételéből következően az eljárás szóróanyaga általában por alakú, s kisebb felületekre a láng-porfelszórásra alkalmas pisztollyal végez-

hető. Nagy felületekre csak nagy teljesítményű pisztolyok használata esetén gazdaságos, amelyekkel óránként 5...10 kg anyag szórható, és a szórás befejezésekor elegendő hőmennyiséget adnak a réteg utólagos felmelegítéséhez. A por nagy tömege miatt a 35. ábrán látható adagolási módok nem felelnek meg, helyette a különleges kialakítású, a 40. ábrán látható módon égőfűvókába adagoljuk a porokat. Az eljárás előnye a nagyszilárdságú réteg előállításának lehetősége, de az utólagos megolvasztás az alapanyag szövetszerkezetét is megváltoztatja és hűléskor zsugorodási feszültségek keletkeznek, amelyek a munkadarabot deformálhatják. Az eredetileg nemesített alapanyag kilágyulhat vagy beedződhet a hűlés sebességétől függően, ezért nemesített alkatrészekhez nem alkalmazható. Az utólagos megolvasztás hőmérséklete a porok összetételétől függ; a nikkelalapú porokhoz alacsonyabb mint kobaltalapúakhoz. A legkedvezőbb rétegvastagság 0,5...4,0 mm, a rétegek ellenállása ütéssel, felületi nyomással szemben azonban lényegesen jobb, mint az utólagos megolvasztás nélkülieké.



40. ábra. Szóróhegesztésre alkalmas pisztoly

1 portaltály; 2 rögzítőcsavar; 3 keverőszár; 4 és 5 oxigén-, ill. gázszelvény; 6 szállítólevél, ill. inert gázszelvény; 7 szállítólevél, ill. inert gáz csatlakozása; 8 és 9 oxigén-, ill. gázcsatlakozás; 10 pillanatztároló; 11 védőpajzs

Az utólagos megolvasztás a következő területen terjedt el:

Vas-molibdén-nikkel porok 35...50 HRC keménységű rétegek szórására ekevasakhoz, trágyaszóró gépek szórófejeihez, érc- és szén-csúszdákhoz stb.

Vas-króm-szilícium-bór porok. A 45...60 HRC keménységű réteg ekevasak, téglá- és cserépipari sajtók, cement- és zagyszivattyúk, tépőkarmok stb. szóróhegesztésére.

Kobalt-króm-wolfram porok. A réteg keménysége 30...45 HRC és alkalmas belsőgésű motorok szelepeinek és ülékeinek, gáz- és gőzturbinák eróziós és korróziós igénybevételének kitett felületeinek, továbbá kovácsszerszámok működő felületeinek stb. szóróhegesztésére.

Kobalt-króm-wolfram-szilícium-bór porok 45...60 HRC keménységű réteg kialakítására. Ekevasak, hurokkötő szemek, cement- és kerámiaipari formázó-szerszámok és keverőlapátok, ércpörkölő korongok stb. felületeinek védelmére.

Nikkel-szilícium-bór porok 20...40 HRC keménységű réteget képeznek. Meleg- és hideghengerek, szivattyúk, tolózárak tömítőfelületeihez stb.

Nikkel-króm-szilícium-bór porok. A 40...60 HRC keménységű réteg üvegipari formák, meleg- és hidegszerszámok, szállítócsigák, élelmiszeripari kések, fogaskerek, műanyagipari szerszámok stb. dolgozó felületének készítésére.

Nikkel- vagy kobaltalapú, wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó 70...75 HRC keménységű réteg huzalhúzótarcsák, ventilátorlapátok, üvegipari formák szelepek és szeleplékek, sajtolószerszámok bevonására.

Nikkel-aluminid elsősorban jó tapadású, 200...250 HB keménységű párna-réteg más, keményebb réteg alá. Önállóan is alkalmazható hengerfejek, égőkamrák, öntőformák, üvegszállító utak stb. védelmére.

A cermetporok égőkamrák, dugattyúfejek védelmére.

A szóróhegesztéssel szórható porok a poradagoló felrakó plazma-hegesztés (l. az A.4. alfejezetet) céljára is alkalmasak.

A.10. Egyéb javító és felrakó eljárások

A.10.1. Felszórás műanyagporral

Hőre keményedő műanyagport, — a por összetételétől függően — 200...300 °C-ra előmelegített, fémtiszta felületre szórva kemény, jól tapadó felület jön létre. A néhány tízed milliméter vastagságú réteg tapadószilárdsága megközelíti a szórt réteg minimális értékét. Különleges szóróberendezést nem igényel, a port ugyanis hidegen, általában házilag készített egyszerű adagolócső segítségével szórjuk a felületre, s utána a kívánt méretre esztergáljuk.

A *rilán* műanyagalapú termékek alkalmasak kopott tengelyek golyóscsapágy alatti felfekvő felületeinek vagy fogaskerékszekrények hasonló célú felületeinek felszórására, de légköri korróziónak vagy gyengébb hatású savaknak, lúgoknak is ellenállnak.

A.10.2. Bevonatkészítés ráhengerléssel

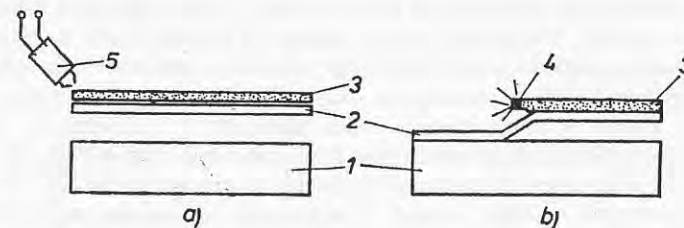
Ráhengerléssel általában ötvözetlen vagy gyengén ötvözött alapanyagra, többnyire vékony korrózióálló acélborítást, ritkábban erősen ötvözött pl. szerszámacélananyagot viszünk fel. A hengerlés hőmérsékletét és az összeszorító erő értékét úgy kell megválasztani, hogy megfelelő oxidoldó porok használatával a két lemez összenyomási helyén a felület oxidmentes legyen. Régebben

ily módon állítottak elő ún. *duplex síneket* ötvözött acélból készült kopásálló fejrészrel és lágyacél talppal; ma legfeljebb vegyipari edényeknél találkozunk ilyen, ún. *plattírozott lemezzel*.

A.10.3. Robbantásos hegesztés

Az eljárás a hideghegesztéssel rokon, mert a felrakásra szánt, 1...30 mm vastag és legfeljebb néhány kiterjedésű ötvözött lemezt a lágy alapra tulajdonképpen a nagy felületi nyomás viszi fel. A nagy felületi nyomást az ötvözött lemez fölé helyezett, vele azonos kiterjedésű robbanóanyag berobbanása adja.

Az ötvözött lemezt az alapanyag fölé a 41. ábrának megfelelően néhány milliméter magasságban kell elhelyezni, s a robbanóanyagot a szélén kell begyújtani.



41. ábra. Robbantásos hegesztés

a) előkészítés; b) robbanás közbeni állapot
1 alapanyag; 2 plattírozólemez; 3 robbanólemez; 4 a robbanás pillanatnyi helye; 5 gyújtószerkezet

A robbanás néhány ezer m/s sebességgel terjed, s az ötvözött lemezt fokozatosan sajtolja az alapanyagra. Ezáltal nyílik lehetőség a két lemez közötti levegő kiáramlására és az alapanyag felületére 10...20°-os szög alatt becsapódó ötvözött lemez súrlódása következtében az oxidok mechanikai porlasztására.

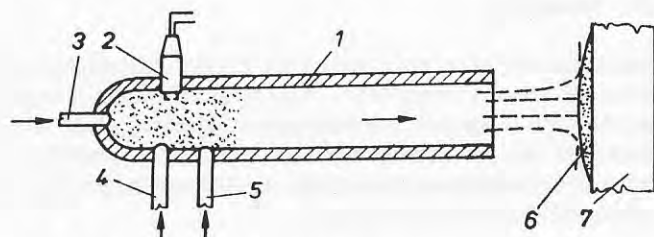
Ebből következik, hogy a felrakólemez a művelet alatt képlekenyen deformálódik, ezért csak olyan ötvözeteket lehet felvinni, amelyek fajlagos nyúlása $A_5 = 5\%$ -nál nagyobb. Mivel diffúziós övezet gyakorlatilag nem alakul ki, tetszőleges anyagpárosítás (pl. acélra acél, alumínium, titán, tantál, cirkonium, réz és egyéb ötvözetek) elképzelhető.

Az eljárás sajátosságából fakadóan a lemezszélek összehegedése néhány milliméter szélességben tökéletlen, más helyeken azonban a tapadó-nyíró szilárdság eléri a kisebb szilárdságú alapanyag nyírószilárdságát. Ritkán alkalmazott eljárás, inkább csak korrózióálló rétegek felvitelére használatos.

A.10.4. Robbantásos felszórás

Robbantással gyakorlatilag minden, az A.9. alfejezetben említett minőségű, de finomabb szemcsézetű por felszórható. A robbantásos szórásra is jellemző, hogy az alapanyag hőmérséklete nem emelkedik kb. 150 °C fölé, és szövetszerkezeti változás az alapanyagban nem következik be. A szórást a robbantás mintegy 3000 m/s sebessége jellemzi, ezért a porok oxidációja elhanyagolható, és a tapadó-nyíró szilárdság az egyéb szóró eljárásokhoz képest nagyobb, a szórási veszteség pedig csekély. A szórásra használatos ún. *ágyú* a 42. ábrán látható. A nagy zaj miatt külön hangszigetelt helyiségben kell elhelyezni.

A hadi- és a rakétatechnikában alkalmazzuk, elsősorban magas olvadáspontú kerámiákat szórunk vele acéltestre.

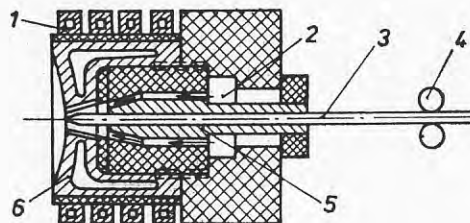


42. ábra. Robbantásos porfelszórás

1 vastagfalú ún. *ágyúcső*; 2 gyújtógyertya; 3 poradagolás; 4 acetilén bevezetése; 5 oxigén bevezetése; 6 felszóró réteg; 7 alapanyag

A.10.5. Nagyfrekvenciás felszórás

A 43. ábrán látható nagyfrekvenciás eljárással huzal és pálca szórható fel. A megolvadt huzal-, ill. pálcavéget sűrített levegő porlasztja és röptíti az előkészített felületre.

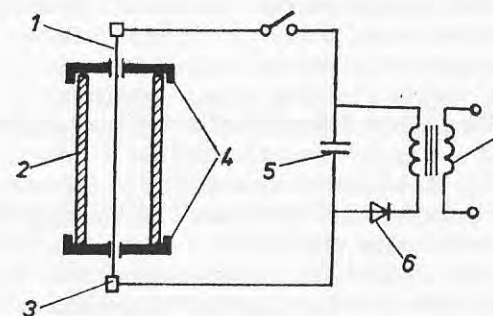


43. ábra. Nagyfrekvenciás huzalfelszórás

1 indukciós tekercs; 2 sűrített levegő bevezetése; 3 huzal; 4 előtöltő görgők; 5 vezetőkúp; 6 vízzel hűtött fűvóka

A.10.6. Energiatárolós felszórás

A felszórandó huzalt vagy rudacsát a cső tengelyébe helyezjük és a kondenzátor tárolt energiájával megolvasztjuk (44. ábra). Az olvasztás sebessége a nagy áramerősség következtében oly gyors, hogy a huzal egy része robbanás-szerűen gőzzé válik és ennek hatására a folyadék állapotú anyagréteg finom permettel vonja be a cső belső felületét, amelyre később a fémgözzök is lecsapódik.



44. ábra. Energiatárolós felszórás kapcsolási vázlata

1 bevonatképző huzal; 2 bevonandó cső; 3 csatlakozás; 4 zárófedelek; 5 kondenzátor; 6 egyenirányító; 7 transzformátor

Elsősorban kis átmérőjű, más eljárással hozzá nem férhető csövek belső felületét vonjuk be legfeljebb néhány ezred milliméter vastagságú wolframmal, molibdénnel és más, magas olvadáspontú karbidokkal vagy nitridekkel.

A.10.7. Rezgőelektrodás hegesztés

A huzalelektrodát olyan készülékben vezetjük a munkadarabhoz, amely a felrakandó felületre merőlegesen rezeg. Ennek eredményeképpen a huzal rövidzárlatba kerül, majd ezt megszakítva ív keletkezik és megkezdődik az olvasztási folyamat. A készülék azonban a csepp leválása előtt az elektróda végét a felülethez érinti, s a csepp az alapanyag igen kis mértékű megolvadt ömledékével varratot képez. A beolvadás csekély, az alapanyaghányad a varratban csupán néhány százalék. A fémátvitel folyamata tehát adott áramerősség és feszültség esetén a rezgés ciklusidejének változtatásával szabályozható, s ezzel a rétegvastagság is változtatható. A rezgések száma általában 30...100 1/s, a löket hossza pedig nem éri el a huzalelektroda átmérőjét.

A rezgőelektrodás hegesztés egyik változatában a munkadarab alakváltozásának és a hőhatásövezet mélységének csökkentésére hűtőfolyadékot juttatunk a felületre, ilyenkor azonban edződéssel kell számolni.

Elsősorban kisméretű tárgyak felrakóhegesztéséhez jöhet számításba. Tekintettel arra, hogy a rétegben apró gázpórusok, repedések előfordulhat-

nak, fárasztó-igénybevételnek kitett helyekre alkalmazni nem célszerű. Hűtővíz helyett argon- vagy szén-dioxid-védelmet használva a réteg tulajdonságai javulnak.

Kis termelékenysége, ill. a varratban mindig előforduló hibák miatt, az eljárás szélesebb körű elterjedése nem várható.

A.10.8. Indukciós hegesztés

A munkadarab felületét nagyfrekvenciás induktorral olvasztjuk meg. Olyankor használható eredményesen, amikor a felületet wolfram-karbid-, króm-karbid vagy kerámia-szemcsékkel akarjuk kopásállóvá tenni. A felületre ezeket rászórva, és ezután végezve a hevítést, a magas olvadáspontú kemény részecskék nem olvadnak meg, hanem belemerülnek a megolvadt alapanyagba. Így igen kopásálló és — az acél ágyazóanyag következtében — viszonylag szívós felület keletkezik, amely pl. bányászati fúrószerszámok, ekevasak, belsőégésű motorok szívó- és kipufogószelepei felrakására kiválóan megfelel.

Az eljárás jól alkalmazható olyan esetekben is, amikor a felvitt anyag olvadáspontja az alapanyagénál alacsonyabb, s tulajdonképpen nem hegesztett, hanem forrasztott kötés jön létre. Ilyenkor a hevítési hőmérséklet az alapfém olvadáspontjánál kisebb, de a védelemre szánt, általában nikkelalapú ötvözet olvadáspontjánál nagyobb.

A.10.9. Hegesztés zsugorított szalagelektrodával

A fémporok hideghengerlésével, majd ezt követő zsugorításával készülnek a zsugorított szalagok. A 0,8...1,2 mm vastag és 25...100 mm széles szalag előnye a porozitásából fakadó nagy villamos ellenállás, ezáltal ugyanis óránként nagyobb mennyiségű hegesztőanyag olvasztható le, mint a tömör szalagból készítettéből. További előnye, hogy — a porbeles huzalokkal összehasonlítva — a varrat homogenitása jobb, és megfelelő alapanyagok felhasználásával a korrózióálló acélok hegesztéséhez a kis széntartalmú hegesztőanyagok előállítását elvileg könnyebben megoldható. A Szovjetunióban eredményesen használják a szén-króm, szén-króm-wolfram ötvözetűeket kopásálló felületek, a kis széntartalmú króm-nikkel-mangán vagy a króm-nikkel-molibdén ötvözetűeket pedig korrózióálló acélok felrakóhegesztésére.

A.10.10. Ellenálláshegesztés

A felhegesztendő anyag lemez, huzal vagy por alakban kerül a munkadarab felületére. Ezután az ellenálláshegesztéseknél ismert módon görgő fut végig a felületen, s a rajta átbocsátott hegesztőáram hatására a hegesztőanyag

és a munkadarab érintkezési helyén ömledék keletkezik. Ez megdermedve képezi a varratot; huzal vagy lemez felhegesztésekor tehát annak a felső része meg sem olvad.

A.10.11. Öntőhegesztés

Elvileg egyszerű, de ritkán alkalmazott eljárás. A munkadarabot 800...1000 °C-a előmelegítjük, majd a kész alaknak megfelelő geometriájú, fémömléket tartalmazó edénybe mártjuk. Ebben addig tartjuk, amíg az alapanyag felületét részben megolvasztva az ömledék rádermed, s ezután innen kiemelve, a kívánt keménységet szabályozott hűtéssel érjük el.

A.10.12. Fluidizálás

A felrakóhegesztést néha pótolhatja a fluidizálás. Zárt edényben hőre keményedő műanyag port tart lebegve az edény alján átfuvarított levegőáram. Ebből a porba 200...300 °C-os acél munkadarabot helyezve, rövid időn belül, a műanyagszóráshoz hasonló vékony bevonat keletkezik. Általában csövek és műszerházak korrózióvédelmére használják, de alkalmas a járművek tengelyén a kopott csapágyhelyek méretjavítására is.

A.10.13. Dörzshegesztés

Korrózív közegbe nyúló tengelyvégeket gyakran nem célszerű felületvédelemmel ellátni. Például nagy méretű szivattyútengelyek esetében gazdaságosabb lehet az ötvözetlen tengelyhez dörzshegesztéssel korrózióálló acélt hegeszteni.

B) A JAVÍTÓ- ÉS A FELRAKÓHEGESZTÉSEK TECHNOLÓGIÁJA

A javító- és a felrakóhegesztéssel az alkatrészek, szerszámok élettartama jelentősen növelhető, és költségmegtakarítás érhető el, mert az alkatrésznek, szerszámnak csak a dolgozófelülete készül a szükséges erősen ötvöztött (pl. kopás-, vagy korrózióálló) acélból, az alapanyag pedig általános rendeltetésű, ötvöztelen vagy gyengén ötvöztött jóval olcsóbb szerkezeti acél. Az ilyen alkatrészek előnyösen egyesítik magukban a drága, ötvöztött, kemény réteg tulajdonságát az olcsóbb, ötvöztelen, szívós alapanyaggal.

A javító- és a felrakóhegesztésnek tehát két nagy csoportját különböztetjük meg:

- teljes keresztmetszetükben egynemű, kopott, elhasználódott alkatrészek felületének javítóhegesztése,
- új alkatrészek takarékgyártása olyképpen, hogy az igénybevételnek megfelelő, általában erősen ötvöztött anyag csak a dolgozófelületre vagy az élre kerül, a keresztmetszet többi része pedig ötvöztelen acél.

A felrakóhegesztéssel készült vagy javított alkatrészek ismételt javítását a varrat összetételéhez igazodva végezzük. Azonos helyen, hegesztést követő normalizálás nélkül két-háromszori javítás még elfogadható, többszöri javítás a szövetszerkezet eldurvulására és a maradófeszültségek növekedésére vezet. Ismételt normalizálással a javítások száma néhányval több lehet.

Gazdaságossági és fémtani okokból egyaránt *előnyös, ha az alapanyag-hányad a varratban kicsi*. Ez általában kis áramerősséggel érhető el, ami viszont az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömegét csökkenti nagymértékben. A felrakóhegesztés során tehát az adott feladat és a hegesztés becsült időtartamának ismeretében olyan jellemzőkkel dolgozunk, amelyek alapanyag-hányada még elfogadható, de az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege már kedvező.

A javító- és felrakóhegesztés anyagának kiválasztása. A javító- és a felrakóhegesztések alkalmazásának lehetőségét és gazdaságosságát tovább növeli, hogy e célra számos olyan összetételű adó hegesztőanyag létezik, amelyhez hasonlót az acélipar nagy tömegben nem gyárt. Az elektródák bevonatalkotói, a porbeles huzalok töltetei, a fedőpor—huzal kombinációk vagy a termálszóró eljárások porkeverékei szinte tetszőlegesen alakíthatók ki. A kereskedelemben

4. táblázat

Jellegzetes ömledékek és fontosabb tulajdonságai

Sor- szám	Tájékoztató összetétel, tömeg %-ban								Keménység, HB, ill. (HRC)
	C	Mn	Cr	Mo	W	Co	Ni	Egyéb	
1.	0,1	1	—	—	—	—	—	—	150
2.	0,2	1	1	—	—	—	—	Si	300
3.	0,4	—	6	2	1	—	—	—	(45)
4.	0,5	1	9	—	—	—	—	Si	(55)
5.	0,4	1	7	1	—	—	—	Nb	(60)
6.	3	1	30	—	—	—	—	Si	(60)
7.	1	—	27	—	5	60	—	—	(45/30)
8.	2	—	27	—	10	55	—	—	(55/35)
9.	0,8	—	13	—	—	—	80	B, Si	(60/40)
10.	—	—	—	—	—	—	20	—	(65)
11.	1	13	—	—	—	—	—	—	240
12.	0,5	12	20	—	—	—	—	—	200
13.	0,8	—	4	—	18	—	—	V	(64)
14.	0,8	—	5	5	6	—	—	V	(62)
15.	0,8	—	10	—	—	—	—	—	(60)
16.	0,4	—	5	5	—	—	—	V	(55)
17.	0,4	—	3	—	10	—	—	—	(50)
18.	0,4	—	3	2	5	—	—	—	(50)
19.	0,5	—	26	6	—	60	—	—	250
20.	0,1	—	16	16	5	—	60	—	300
21.	0,1	—	18	—	—	—	—	—	(35)
22.	0,1	—	19	—	—	—	9	—	200
23.	0,1	—	3a	4	—	—	35	Cu	200
24.	0,1	—	24	—	—	—	13	—	220
25.	0,2	—	16	—	—	—	35	—	200
26.	0,1	4	20	—	—	—	72	—	180
27.	0,1	—	30	—	—	50	—	—	200

* az igénybevételi mérőszám 1, ha az ellenállóképesség igen gyenge, és 15, ha kitűnő

Igénybevételi mérőszám*			Hő- állóság, °C	Ár- szorzó	Megjegyzés
kopás	ütés- állóság	kor- rózió			
1	10	1	200	1	Javításhoz, kitöltéshez
3	8	2	200	1	Edződő ömledékek koptató-igénybevételekkel szemben
5	6	4	400	4	
7	4	5	300	3	
8	4	5	300	6	
14	3	6	200	5	Keményötvözetek kopásálló felületekhez
11	11	10	600	140	
12	10	10	700	145	
12	10	9	700	33	
15	18	9	500	110	80% WC-tartalmú, zsugorított
12	13	2	200	3	Ausztenites ömledékek
10	15	8	300	6	
12	4	4	600	26	Gyorsacéltípusú ömledékek forgácsolószerszámokhoz
11	5	4	600	13	
10	7	6	200	3	Hidegalakító szerszámokhoz
9	8	5	200	5	
9	8	3	500	15	Melegalakító szerszámokhoz, kis hőmérséklet-ingadozású helyekre
8	8	3	500	9	
10	12	10	700	140	Nagy hőmérséklet-ingadozás ellen
8	13	10	700	45	
5	7	7	400	3	Korrózióálló ömledékek vegyipari célokra és tömítőfelületekhez
4	10	11	100	7	
4	11	14	400	20	
4	9	12	1000	9	Hőálló ömledékek
4	12	13	1000	15	
4	14	15	1000	35	
4	10	15	1300	100	

kapható széles választékból az adott feladatra leginkább megfelelő és árban kedvező kiválasztása a hegesztő szakember feladata.

A javító- és a felrakóhegesztések alkalmazásakor a lehetséges anyagpároslítások száma nagy. Ezek ismerete nélkül kifogástalan hegesztés nem végezhető.

Anyagválasztás csak az alkatrészeire ható igénybevételek ismeretében és az anyagok legjellemzőbb tulajdonságainak, valamint hozzávetőleges árának együttes mérlegelésével végezhető. A 4. táblázatban ezért a jellegzetes bevont elektródák hozzávetőleges árszorzója, a velük készített varrat közelítő összetétele és egymáshoz viszonyított jellemző tulajdonsága található. Nyilvánvaló, hogy egy adott varrat nem csupán egyetlen igénybevételi fajta elviselésére használható, pl. a gyorsacél jellegű varratok némelyike forgácsolóélekhez, nagy kopthatóhatásnak kitett felületekhez és melegalakító szerszámokhoz egyaránt alkalmas lehet. A felhasználási terület e lehetséges változatai az *igénybevételi mérőszámok* alapján jelölhetők ki, amely mérőszámokat az ötvözetlentől kezdve a legerősebben ötvözött elektródákig rangsoroljuk. Az *árszorzó* azt fejezi ki, hogy a kérdéses összetételt adó elektróda ára a 4. táblázat 1. sorában feltüntetett ötvözetlenéhez viszonyítva (ami jelenleg 30 Ft/kg körül van) hány-szoros. A táblázat használatakor természetesen figyelembe kell venni azt, hogy a jelzőszámok csak közelítően mutathatják a tulajdonságokat, és az elektródák világpiaci ára is gyakran változik. Az anyagot választó szakember számára azonban a minőség összehasonlításához jó alapot ad, mert az *arányok* kevésbé változnak, mint a termékek árai. Az árszorzó felhívja a figyelmet arra is, hogy a hasonló célokra alkalmas hegesztőanyagok ára között akár negyven-ötvenszeres eltérés is lehetséges; az árak és a várható élettartam-növekedés mérlegelése tehát elsőrendű fontosságú a gazdaságosság érdekében.

Az elektródák világpiaci ára természetesen nemcsak a felhasznált alapanyagok minőségétől, hanem a gyártó cépektől és a pillanatnyi konkurrenciától is függ, ezért a hasonló minőségű és célú hegesztőanyagok árában 20...30%-os eltérés is mutatkozhat.

Az összehasonlító táblázatban a kopásellenállás az ütésállóság, valamint a korrózióállóság szerepel, és megtalálható az a hőmérséklet is, amelyen az adott tulajdonságok még szavatolhatók. A 7...9 sorszámú ötvözeteknél a szám-lálóban levő érték a szobahőmérsékleten, a nevezőben levő pedig a „Hőállóság” oszlopban szereplő hőmérsékleten szavatolt keménység.

Az A.9. alfejezetben szerepelt szóróanyagok sokfélesége, a különböző gyártási eljárások, valamint a piaci viszonyok az árakat oly mértékben befolyásolják, hogy nem láttuk célszerűnek az árszorzók kialakítását s az anyagok és a felszört réteg természetéből adódóan, az igénybevételi mérőszámok ismertetését.

Az azonos összetételű hegesztő- és szóróanyagok közül a porok általában drágábbak, a mérőszámokat pedig a felhasználási területet ismertető tájékoztatás helyettesíti.

A hegesztő- és szóróanyagok konkrét kiválasztását a Függelékben elhelyezett, s márkajelet is tartalmazó táblázatok könnyítik meg.

B.1. Az acélok és az ötvözetek technológiai sajátosságai

A hegesztés közben felmelegedett anyagrészekben jelentős változások mennek végbe. Az ún. hőhatásövezetben az acélok összetételétől függő mértékben keményedés, edződés, esetleg lágyulás következhet be, amely a kötés teherbíró képességét, szívósságát alapvetően megváltoztathatja. Figyelembe kell venni továbbá azt is, hogy a javító- és felrakóhegesztés során egymástól igen eltérő összetételű ötvözetek kerülnek egymás mellé, ezek zsugorodási különbsége jelentős belső feszültség keletkezésére vezet és ezzel számottevően nő a repedés veszélye. A zsugorodás az anyag fizikai tulajdonságától, a hegesztő hőforrás koncentráltaságától, a hegesztés időbeli lefolyásától és az alapanyag előmelegítési hőmérsékletétől függ.

B.1.1 Acélok

Az acél vasnak szénnel alkotott ötvözte, amelyhez a megfelelő mechanikai tulajdonságok elérésére más ötvözőelemeket is adagolhatnak. Az acél szövetszerkezete és ezzel összefüggő keménysége, szilárdsági tulajdonsága stb. szobahőmérsékleten az összetételtől és a hőkezelési állapottól függ. A hőmérsékletet 723 °C fölé (az irodalom ezt A_1 -el jelöli) emelve, új szövetszerkezet az ún. *ausztenit* kezd kialakulni és ez az átalakulás az összetételtől függően különböző hőmérsékleten, de a járatos acélfajtáknál legfeljebb 900 °C-on (a 0,1...0,8% széntartalmúaknál az A_3 -al jelölt hőmérsékleten) be is fejeződik.

Az ausztenit lágy, képlékeny, egynemű szövetszerkezet.

A kb. 900 °C fölé hevült és lassan hűlt, legfeljebb 0,25% széntartalmú (pl. C 10, vagy A 38) acélok túlnyomórészt *ferritesek*, jól alakíthatók (lemezek, idomacélok, mélyhúzott és domborított gyártmányok, csövek stb.), és hegesztésük csak akkor okoz gondot, ha nem csillapítottak.

A 0,25...0,8% széntartalmú acélokban lassú, levegőn bekövetkezett hűlés-kor, azaz normalizáláskor a lágyacélokhöz képest nagyobb tömegben jelenik meg a vasnak és a szénnek egy rideg vegyülete, a *vas-karbid*. Az ilyen összetételű (ún. *nemesíthető*) vagy az általános rendeltetésű acélokban a rideg vas-karbid-lemezkek a lágy ferritbe ágyazódnak be — ezt nevezzük *perlitnek* — és jelenlétük a keménységet növeli, a képlékenységet csökkenti. Ezekből az acélokból (pl. C 45 vagy A 50-es-ből) tengelyek, fogaskerek, ütésnek, fársztásnak kitett gépalkatrészek készülnek.

A C jelű acélok kémiai összetétele, beleértve a szennyezőket is szavatolt; az A jelűeké nem, csupán a szakítószilárdságuk. Az A jelű acélok szennyező-tartalma tehát a C jelűekénél nagyobb, az elhengerelt zárványok mentén ezért az A jelűek hegesztéskor könnyebben megrepedhetnek. Az A és C jelű acélok felhasználási területe emiatt élesen elkülönül. Mind a nemesíthető, mind pedig

az ilyen széntartalmú általános rendeltetésű acélok gyors hűtéskor (pl. vízben hűtve) nagyon felkeményednek, edződnek, ún. *martenzites* szövetszerkezet jön létre. Amennyiben az acél pl. krómmal, mangánnal, wolfrámmal stb. ötvözött, a martenzites szövetszerkezet már lassúbb hűtéskor is megjelenik, az acél keménysége nő, képlékenysége és szívóssága romlik, repedési hajlama jelentősen fokozódik.

Ezeknek az acéloknak előmelegítés nélkül végzett javító- vagy felrakó-hegesztésekor, az alapanyag ausztenitessé vált ún. *hőhatásövezetének* keménysége – a hideg anyagrészek gyors hőelvonása következtében – a 300 HB értéket meghaladhatja, s a tapasztalat szerint repedések keletkezhetnek. A hegesztést követő hűlés sebessége az alapanyag előmelegítésével annyira csökkenthető, hogy veszélyes méretű keményedés ne következzen be; az ilyen acélokat tehát 200...300 °C-os előmelegítés nélkül hegeszteni nem szabad.

A nemesíthető acélokból készült alkatrészeket rendszerint nemesített (edzett és ezt követően 550...600 °C-on megeresztett) állapotban használjuk fel, az általános rendeltetésű gépácélok normalizált szövetszerkezetűek.

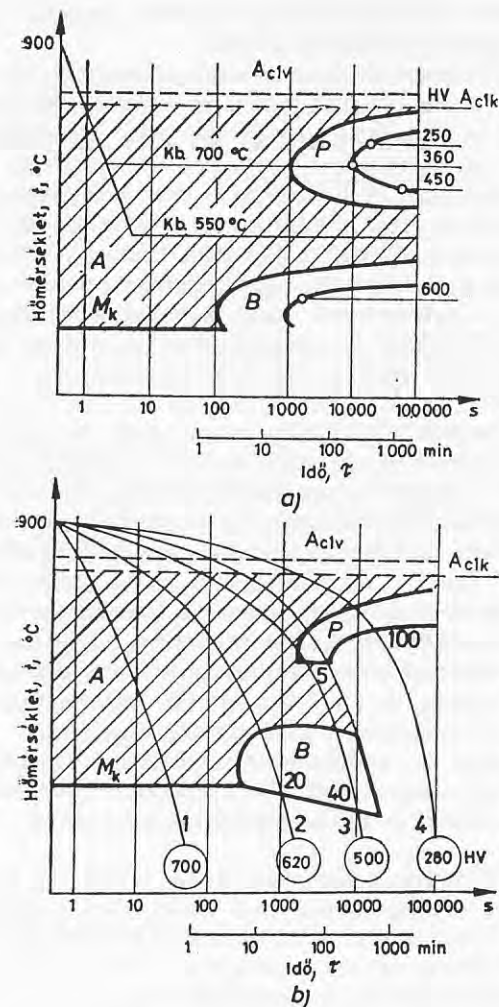
A 0,8...1,3% széntartalmú acélok *szerszámacélok*. A kisebb terhelésű kéziszerszámok ötvöztelen szerszámacélok, a nagyobb terhelésűek krómmal, wolfrámmal, molibdénnel mindig olyan mértékben ötvözöttek, hogy legtöbbjük már levegőn hűtve is edződik (légedzésűek), lágyított szövetszerkezet pedig csak igen lassú (pl. kemencében végzett) hűtéssel érhető el. A szerszámacélok ezért repedés nélkül csak 300...500 °C-ra előmelegített állapotban hegeszthetők, előmelegítés nélkül ugyanis olyan mikro- vagy makrorepedések keletkeznek, amelyekből előbb-utóbb törés indul ki.

Az eredményes munkavégzés szempontjából fontos tudnunk, hogy hűléskor az ausztenit 723 °C alatti hőmérsékleteken nem azonnal, hanem csak bizonyos idő eltelte után alakul át perlitte, martenzitté vagy bénitté. A bénit a martenzitinél valamivel lágyabb szövetszerkezet. Erősen ötvözött, pl. sorjázó szerszámok anyagául a martenzitinél 2...3 HRC-vel lágyabb bénites szövetszerkezet kedvezőbb, mert valamelyest szívósabb, kisebb a repedés, törés veszélye.

Az ausztenit bomlásának megindulásáig eltelt idő 400...600 °C-on az erősen ötvözött szerszámacéloknál több nap is lehet, s mivel az ausztenit lágy, képlékeny, az alapanyag ilyen állapotban repedés veszélye nélkül hegeszthető.

Arról, hogy egy bizonyos összetételű acél ausztenites szövetszerkezete túlhűtött állapotban különböző hőmérsékleteken mennyi ideig marad meg, az átalakulási diagramok (*C-görbék*) tájékoztatnak. A 45. ábrán példaként az erősen ötvözött szerszámacélokra jellemző, elvi átalakulási diagramon látható, hogy az ausztenites szövetszerkezet pl. kb. 700 °C-ra túlhűtve és hőntartva 1000 s-ig változatlanul megmarad. Ezután indul meg bomlása perlitte, amely átalakulás 10 000 s múlva fejeződik be és a kialakult szövet keménysége 360 HV lesz. Az ábra jó közelítéssel a W 3 melegalakító szerszámacélban végbenemő folyamatokat szemlélteti.

Ha az alkatrészt pl. 550 °C-ra hűtjük és ott hőntartjuk, az ausztenit



45. ábra. Erősen ötvözött acél átalakulási diagramja

a) izotermás, b) folyamatos hűtési átalakulási diagram a vonalkázott terület a túlhűtött A ausztenit létidejét jelöli különböző hőmérsékleten B bénites és P perlitites átalakulás hőmérséklet-tartomány, A_{c1k} a perlit ausztenitből való átalakulásának kezdete, az A_{c1v} pedig ennek befejezési hőmérséklete hevítéskor, M_k az a hőmérséklet, amelyen a képlékeny ausztenit rideg martenzitté kezd átalakulni hűléskor

átalakulása még 100 000 s múlva sem indul meg; egy nagyméretű szüllyeszték néhány órás javítása tehát ezen a hőmérsékleten repedés veszélye nélkül elvégezhető. Minthogy a varrat anyaga hasonlóan erősen ötvözött, az elmondottak a varratra is érvényesek, az 550 °C-os alkatrészen végzett javítás után a varrat a hegesztés befejezéséig ausztenites, azaz képlékeny marad.

A 45a ábrán látható diagramból az olvasható ki, hogy a túlhűtött ausztenit bizonyos hőmérsékleten (ún. *izotermán*) tartva hogyan bomlik, milyen kemény lesz. Az ilyen diagramok neve ezért *izotermás átalakulási diagram*.

Hegesztéskor nagy szerepük van az elvileg hasonló felépítésű, ún. *folyamatos hűtésű átalakulási diagramoknak* is, amelyek segítségével a hegesztést követően folyamatosan hűlő varratoknak vagy az alapanyag hőhatásövezetének kialakuló szövetszerkezete és keménysége kísérhető nyomon.

Az ilyen diagramok jellegzetes alakja a 45b ábrán látható. A berajzolt görbék a különböző sebességgel hűlt anyagrészek hűlését szemléltetik, amelyek közül pl. a 3 görbéből leolvasható, hogy az ennek megfelelően hűlt acél 5% perlitet, 40% bénitet és 55% martenzitet tartalmaz, a keménysége pedig 500 HV. Az ausztenit tehát hűlés közben átalakul, s helyette — a hűlés sebességétől függően — változó keménységű szövetszerkezet alakul ki.

Azokban az acélokban, amelyeknek a fő ötvözője a mangán vagy a nikkel, az ausztenit szobahőmérsékleten is stabil lehet. Ilyenek pl. a törőlapokhoz használatos 14% mangántartalmú, vagy a 18% króm- és 8% nikkeltartalmú korrózióálló acélok. Szövetszerkezetük sajátossága miatt ezek az említettektől lényegesen eltérő hegesztéstechnológiát igényelnek; az előmelegítés pl. kimondottan káros.

Az eddigiekből is érzékelhető, hogy a szövetszerkezeti sajátosságok döntően befolyásolják a hegesztéstechnológiát, amelynek kidolgozása közben azonban még egyéb, a zsugorodással kapcsolatos szempontokat is figyelembe kell venni.

A fizikai tulajdonságok hatása a zsugorodásra. A kisebb *fajlagos hőkapacitású* ötvözetek azonos körülmények között gyorsabban hevülnek és hűlnek mint azok, amelyek fajlagos hőkapacitása (fajhője) nagyobb, ezért a hőhatás-övezet szélessége nő. Bár a fajlagos hőkapacitás a hőmérséklettel változik, a hegesztés körülményei között az 5. táblázat közelítő értékei jól használhatók.

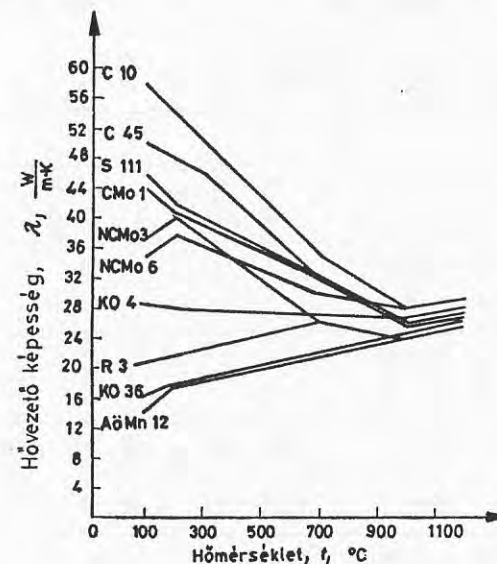
5. táblázat

Vas- és acélanyagok *c* fajlagos hőkapacitása (fajhője) a hegesztés során a hőhatásövezetben fellépő hőmérsékleten, J/(kg·K)

Anyag	A hőhatásövezetben fellépő hőmérséklet, t, °C			
	50	100	650	700
Színvas, lágyacél, ötvözetlen és ötvözött szerkezeti acél	460...494		770...866	
Gyorsacél	460		636	
Ausztenites acél	500...520			
Ferrites króm-acél	450...470			

A hővezető képességnek minél kisebb az értéke, annál nagyobb hőmérséklet-különbség alakul ki a hőhatásövezet egyes pontjai között. A nagyobb hővezető képességű ötvözet hőhatásövezete szélesebb, ezért nagyobb vetemedés és maradófeszültség keletkezik.

A különböző összetételű acélok hőmérséklettől függő hővezető képességét a 46. ábra szemlélteti. Figyeljük meg, hogy 900 °C felett a hővezető képességük közel azonos, de 100 °C-on az ausztenites acélok, valamint a gyorsacélok hővezető képessége az ötvözetlen szénacélénak csupán harmad—negyed része.



46. ábra. Acélok hővezető képessége különböző hőmérsékleteken

Érdemes megjegyezni, hogy az alumínium hővezető képessége a C 10 acélénak mintegy ötszöröse, a réz pedig mintegy hétszerese.

A *hőtágulási együttható* igen nagymértékben hat a maradófeszültség értékére. A 6. táblázatban a felrakóhegesztés területén gyakran előforduló acélok és ötvözetek hőmérséklettől függő hőtágulási együtthatói találhatók. Jellemző az ausztenites korrózióálló acélokra, hogy hőtágulásuk mintegy 30%-kal nagyobb, mint az ötvözetlen szerkezeti acéloké. Ezért ilyen összetételű varratot adó hegesztőanyaggal szerkezeti acélra hegesztve nagyobb vetemedésre kell számítani, mint pl. a gyorsacél összetételével végzett hegesztés esetén.

Hideg alapanyagra hegesztve — a hőtágulási együttható ismeretében — a varratban hűléskor ébredő feszültség közelítő értéke könnyen számítható. Feltételezve ugyanis azt, hogy a 700 °C-nál melegebb gyorsacél varrat már képlékeny, s ezért benne feszültség nem ébred, a 700 °C-ról lehűlő varratban $\sigma = E\varepsilon = E\alpha(T_2 - T_1)$ MPa húzó-

Ömledékek hőágulási együtthatója (tájékoztató értékek)

A	összetétele, tömeg %							A hőágulási együttható, α , (1/K) 10^{-6} 20 °C és az alábbi hőmérsékletek között				
	C	Cr	Mo	W	Ni	Mn		100 °C	300 °C	500 °C	700 °C	800 °C
Ötvözetlen szerkezeti acél	0,4...0,6	15...25	néhány	néhány				11,5	12,5	13,5	14,0	11,3
Edzhető kopásálló acél	0,3...0,5	3...5	0...4	0...9				7,9		11,0		
Erősen ötvözött megalakító acél	1...2	10...12	0...3	16...18				11,5	12,0	12,8		
Erősen ötvözött hidegalakító acél	0,7...0,9	4...5	4...8	2...6				10,0	10,8	11,3	11,6	12,0
Gyorsacél	0,8...1,2							11,5	12,0	12,5	12,9	
Gyorsacél												
Auszténites mangánacél	1	15				12		18,0	19,0	20,0		12,1
- Ferrites korrozioálló acél	0,1	12...18						8,0		11,5		11,5
Ferrites hőálló acél	0,2...0,3	20...25	1...2		4...8			8,0		11,0		14,0
Ferrit-auszténites acél								9,0		13,0		
Auszténites korrozio- és hőálló acél		18...25			8...15			15,0		17,1		18,2
Hűdigen is szívós és egyben hőálló acél		20			70			10,4		14,8		16,3
Vasalapú keményötvözet	3...5	30...40						10,5		12,0	13,0	13,5
Kobaltalapú lágyötvözet	0,3...0,5							10,9	12,0	14,3	15,5	16,0
Kobaltalapú keményötvözet	2								11,0	13,0	14,0	14,5
Nikkel								8,1		13,9	15,0	15,2
Nikkelalapú lágyötvözet		1...7			92...98				14,0	14,5	15,0	15,5
Nikkelalapú keményötvözet		7...30							12,0	12,5	13,0	13,5

feszültség keletkezik. Amennyiben a varrat összetétele pl. az R 6 gyorsacélnek felel meg, a képletben szereplő értékek

$$E = 210\,000 \text{ MPa,}$$

$$\alpha = 12,9 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C,}$$

$$T_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C,}$$

$$T_2 = 700 \text{ }^\circ\text{C.}$$

A húzófeszültség ezekkel az adatokkal számolva 1890 MPa, ami a varrat szakítószilárdságát meghaladja és mikro-, valamint makrorepedések keletkezésére vezet. Ez a közelítő számítás a fázisátalakulásokat figyelmen kívül hagyja, létjogosultságát mégis az adja, hogy a hideg alapanyagra végzett hegesztés miatt edződő varratnak számottevő nyúlása nincs, tehát nem tud megfolyni.

A varratban ébredő feszültség hűléskor általában a 400...200 °C hőmérséklet-tartományban éri el az edződésre hajlamos varratok szakítószilárdságát. Felrakóhegesztéssel készült kopásálló rétegek és szerszámacél élek ezért ebben a hőmérséklet-tartományban repednek meg, akkor ha a technológia nem volt megfelelő.

Az auszténites korrozioálló varratot adó elektródák hideg anyagra végzett hegesztése ilyen nagy feszültséget nem okoz, és ezért a varratban repedés sem keletkezik. Ezeknek az elektródáknak a varratanyaga ugyanis igen nagy ($A = 40...50\%$) fajlagos nyúlású, s a folyáshatárt elérve megfolyik anélkül, hogy repedne. A 12% mangántartalmú, szintén auszténites varratanyag elvileg hasonló módon viselkedik, nagy zsugorodása miatt azonban célszerű rövid varratszakaszokat hegesztetni, s ezekben kalapálással végzett nyújtással a zsugorodást csökkenteni.

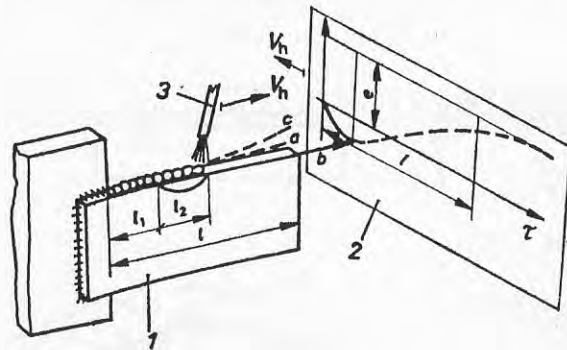
Az alap- és hegesztőanyag annál kevesebb hőmennyiséggel olvasztható meg, minél koncentráltabb és minél magasabb hőmérsékletű a hőforrás, azaz minél nagyobb az alapanyagnak időegység alatt átadott hőmennyiség. A kb. 3000 °C hőmérsékletű láng- és a kb. 4500 °C hőmérsékletű bevontelektródás ívhegesztést összehasonlítva azt találjuk, hogy az utóbbi hőbevitel az előbbinek legfeljebb 50%-a, ezért kisebb tömegű alapanyag melegszik fel, és kisebb alakváltozást okoz.

A bevont elektródán hegesztéskor átfolyó áram növelésével az időegység alatt bevezetett hőmennyiség is nő és ezzel a zsugorodás, ill. a belső feszültség is nagyobb lesz. Ebből a szempontból tehát a legkisebb áramerősséggel célszerű dolgozni, ami viszont a termelékenység rovására megy.

Nagy termelékenységű hegesztés során az időegység alatt bevitt (fajlagos) hő nagyobb, s ez nagyobb anyagtömeg felhevülését, lassúbb lehűlését eredményezi.

A hegesztés időbeli lefolyása jelentősen befolyásolja az alakváltozást, mert az időegység alatt bevitt hő és a saját feszültség jelentősen módosul. Szünetek beiktatásával ugyanis az időegység alatt bevitt csökkenő hőmennyiség egyre kisebb anyagtömeget melegít fel, ezért a hegesztett tárgy vetemedése egyre kisebb lesz.

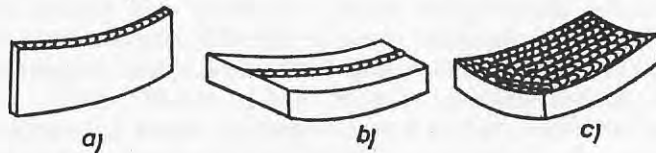
A lemez élére felrakott varrat okozta elhúzóddás a 47. ábrán látható módon alakul az idő függvényében. A hegesztés megkezdésekor a varrattal szomszédos felmelegedett anyagrészek tágulása miatt az eredetileg egyenes lemezél vége az a helyzetből a b -be süllyed. A mozgó hőforrás mögött hűlő, egyre növekvő l_1 hosszúságú anyagrész zsugorodása az állandóan l_2 hosszúságú anyagrész tágulásának hatását ellensúlyozza és végeredményben még hegesztés közben megindul a b helyzetig eljutott lemezél felfelé mozgása. Ez a mozgás a hegesztés befejezése után, a teljes kihűlésig egyre lassul, s végül a c helyzetben megáll.



47. ábra. A lemez élére hegesztett varrat okozta elhúzóddás

1 lemez; 2 v_h sebességgel mozgó diagrampapír; 3 elektróda
 l_1 600 °C alá hűlt anyagrész hossza; l_2 600 °C-nál melegebb anyagrész hossza; a a lemez alakja hegesztés előtt; b a lemez alakja hegesztés közben; c a lemez alakja kihűlés után; e a maradé alakváltozás mértéke; v_h hegesztési sebesség; l a varrat hossza

A lemezek, bordák élére felrakott varrat tehát a 48a ábrán látható állapot kialakulására vezet. Ha a lemez nem elég merev, oldalirányban elhajlik, kidomborodik. Merev alaptesteken kiálló bordák élére készített varratok (pl. örlő-malmok hengerein) természetesen nem okoznak vetemedést. A zsugorodásukban gátolt varratok ezért kihűlés után mintegy „nyújtva” vannak, s csak akkor nem repednek meg, ha fajlagos nyúlásuk nagyobb mint a hőzsugorodás abszolút értéke. Hegesztéskor bizonyos mélységig a hevítés hatására az alap-



48. ábra. Varrat okozta vetemedés

a) lemezek élére; b) felület szimmetriasíkjára és c) teljes felületre végzett felrakás után bekövetkező alakváltozás

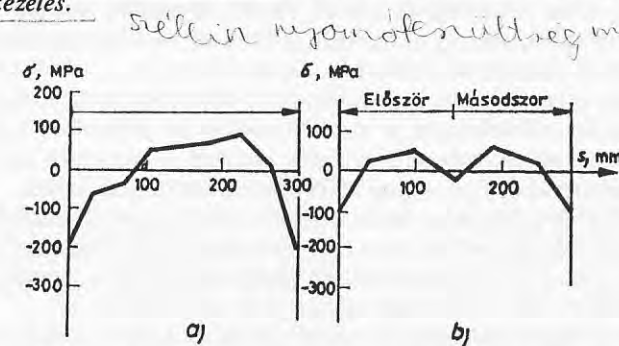
anyag is képlékenyen változik. Hűléskor ezért zsugorodik, s ha ebben valami gátolja, elrepedhet. Az elmondottak tehát a hőhatásövezetre is vonatkoznak. A felrakóhegesztés során a hőhatásövezet keményedési hajlamának ismerete éppoly döntő, mint a varraté. A tapasztalat szerint a 300...350 HB-nél (310...360 HV, ill. 32...47 HRC) keményebb anyagrészek fajlagos nyúlása ugyanis oly csekély, hogy igen könnyen reped.

A nagy felületre felrakott egyetlen varrat és bizonyos vastagságú réteg kétirányú zsugorító hatása a 48b és 48c ábrán látható.

A rétegek kétirányú zsugorodása sokkal nagyobb repedésveszélyt rejt magában, mint pl. az örlőbordák élére felrakott egyetlen varrat hosszirányú méretváltozása. Nagy felületű, igen vastag rétegek hibátlan elkészítése ezért több elővigyázatot igényel.

A keresztirányú sajátfeszültségek a varratban a hegesztési sorrend célszerű megválasztásával csökkenthetők (49. ábra). Bár a mérési eredmények lágyacél bevontelektródás ívhegesztéssel készített tompahegesztésre vonatkoznak, belátható, hogy lemezek, bordák élfelrakó hegesztéséhez is kedvezőbb, ha a varrat az él kezdetétől a végéig nem folyamatosan, hanem pl. középről kiindulva, kétirányban készül el. Figyelemre méltó, hogy a 49a ábra szerint készült varrat két végén folyáshatárt megközelítő feszültség alakul ki. Ez azt jelenti, hogy a hasonló helyzetű, nagy keménységű s ezért kis nyúlású varratok megrepedésével számolni kell. Ezért hosszú, egyenes varratokat — felrakó- és kötőhegesztéssel készültet egyaránt — kb. 150 mm hosszú lépésekben célszerű készíteni, és egy-egy rész elkészülte után a következőt csak a hőkiegyenlítődést követően szabad elkezdni.

Nagy termelékenységu eljárásokkal az előbbi technológia nem valósítható meg. A sajátfeszültségek csökkentésének ilyen esetekben szinte egyetlen útja a fokozott előmelegítés, valamint a hegesztést követő feszültségcsökkentő hőkezelés.



49. ábra. A keresztirányú sajátfeszültségek különböző hegesztési sorrend esetén, 300 mm hosszú, 10 mm vastag lemezek tompavarratában + húzófeszültség, — nyomófeszültség
 a nyílak a hegesztés irányát jelzik

A gondosan elkészített *hegesztési sorrenddel* a munkadarab selejtté válását okozó kritikus méretű alakváltozás, ill. az egyengetési idő csökkenthető számottevően. Jelentősen *csökkenthető a gyártmány vetemedése* azzal, ha

- olyan részegységekre bontható, amelyek a hegesztés után egyengethetők és ezután az egységek igen kevés hegesztéssel vagy anélkül összeszerelhetők,
- a felrakott réteg vastagsága a szükségesnél nem nagyobb,
- hegesztés közben enyhe kalapálással nyújthatók a varratok,
- a hosszirányú zsugorító erők varratnyomatékát helyes hegesztési sorrenddel (50. ábra) kiegyenlítjük (a tengelyre szimmetrikus varratok közül a később elkészített zsugorítóhatása az előzőével körülbelül akkor azonos, ha keresztmetszete a kétszeres),
- a nagy kiterjedésű lapok közepén levő hiba javítóhegesztését az 51. ábra szerint előmelegítve végezzük,
- a hegesztés a lehető legkisebb áramerősséggel készül.

Az elektródán átfolyó áram azonban egy bizonyos határon túl nem csökkenthető az ív kialakulásának veszélye nélkül, a hőbevitel további csökkentése csak a hegesztési folyamat időleges megszakításával érhető el. Ezek a megszakítások annál jobban csökkentik a vetemedést és a feszültséget, minél rövidebb egy-egy hegesztési szakasz és minél hosszabbak a beiktatott várakozási idők. Az 1 m hosszú 40×40 mm méretű négyzetacél felületén 5 mm átmérőjű elektródával folyamatosan készített varrat okozta behajlás pl. 50...60%-kal nagyobb, mint azé a varraté, amely úgy készült, hogy elektródacserekor minden alkalommal 5 min *várakozási időt* tartottak.

Ez a módszer annál jelentősebb, minél ridegebb az anyag. Öntöttvas hideghegesztése, zsugorodásában erősen gátolt alkatrészek hegesztése esetén vagy acélöntvények élein előmelegítés nélkül végzett kopásálló rétegek felrakóhegesztésekor célszerű, sokszor az egyetlen járható út, ha a lépések között vagy az elektródacserekek alkalmával a hőkiegyenlítődést megvárva, a következő varrat hegesztését csak akkor kezdjük, ha a munkadarab teljes tömege kézmelegre hűlt.

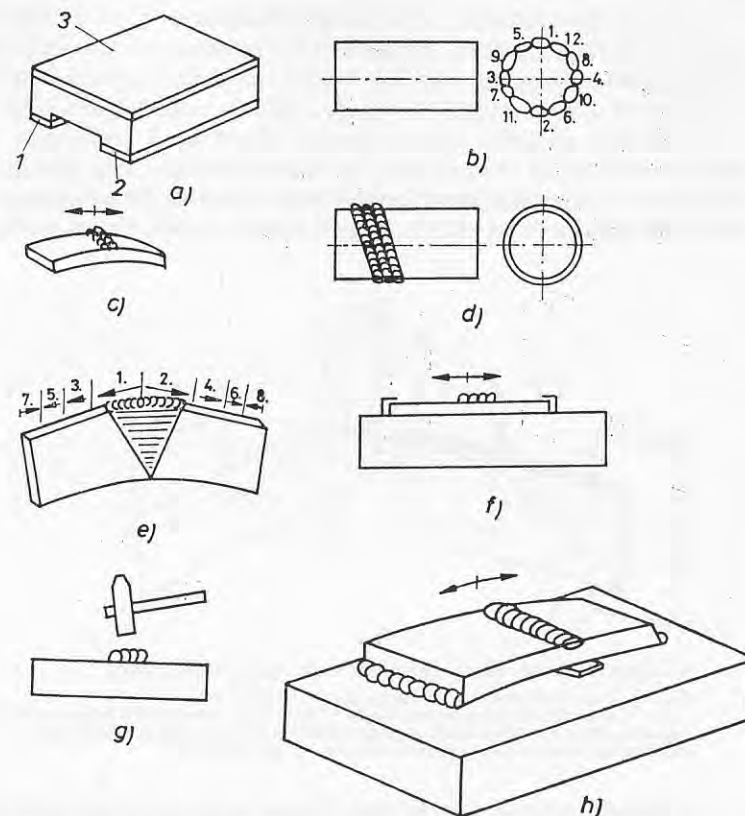
Az alapanyag előmelegítése a maradófeszültséget jelentősen csökkenti, mivel az ömledék az előmelegítés hatására kitágult alapanyagra kerül, és a hegesztés befejezése után a két anyag hűlés közben együtt zsugorodik.

Az előmelegítés jelentősége annál nagyobb, minél nagyobb szilárdságú az alapanyag, s minél keményebb a varrat. Javítóhegesztéshez főleg a sajátfeszültségek csökkentése, a felrakóhegesztéshez pedig elsősorban a kemény, rideg szövetelemek elkerülése céljából kell előmelegítést alkalmazni.

Helyesen elvégzett előmelegítés nélkül edződésre hajlamos acélokat kifogástalan minőségben hegeszteni nem lehet!

Az előmelegítés hőmérséklete acélfajtánként változik, ezért annak értékét az egyes fejezetekben külön-külön ismertetjük.

Minden hegesztett kötésben marad vissza feszültség, amely a szerkezet

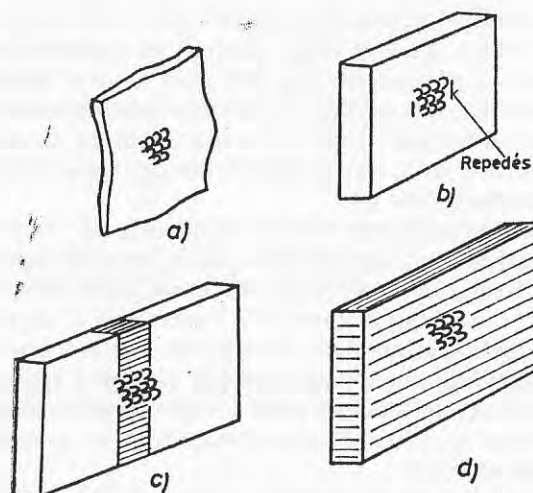


50. ábra. A maradó alakváltozás csökkentési lehetőségei felrakóhegesztés közben

a) síklap két oldalát 1–2–3 sorrendben felrakva; b) tengelyszerű alkatrész felrakásának helyesen megválasztott sorrendjével; c) az alaplap előhajlításával; d) tengelyek csigavonalszerű felrakásával; e) előhajtított lemezen a vonalkázott rész 300...400 °C-os előmelegítésével 1...8 sorrendben hegesztve; f) merev alaplapra vagy készülékben rögzítéssel; g) a varratot kalapácsütésekkel nyújtva; h) széles lapoknál az oldalirányú vetemedést is megakadályozó ideiglenes fűzővarratokkal

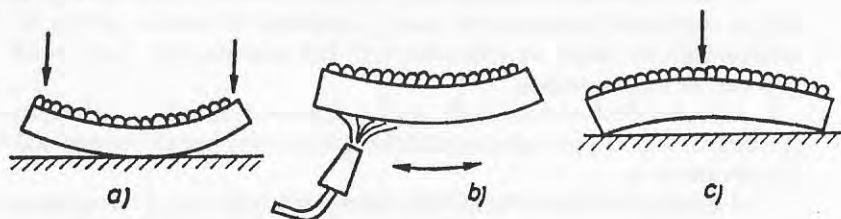
kisebb nagyobb alakváltozást okozza, a hegesztést ezért gyakran *egyengetés* követi. Minthogy a zsugorodó varrat az elgörbült alkatrész belső ívén van, egyengetéskor a varratot nyújtani kell. Az 52a ábrán látható módszer tehát csak olyan varratokhoz alkalmas, amelyek néhány százalék nyújtást elviselnek. A sajtolás kedvezőbb, mint a kalapácsütésekkel végzett egyengetés, mert az utóbbi esetben ellenőrizhetetlen nagyságú feszültségcsúcsok keletkeznek.

Kedvezőtelen feszültségeloszlású az az alkatrész is, amelyet lánggal egyengetünk (52b ábra). Ilyenkor a felmelegített részek hűléskor ébredő húzófeszültsége egyenesíti ki az alkatrészt.



51. ábra. Nagy kiterjedésű lapok közepén levő hiba javítóhegesztése
a) vékony lemezek alakváltozást szenvednek; b) vastag, merev lemezek berepedhetnek;
c) a bevonalkázott sávot 200...300 °C-ra előmelegítve, a sajátfeszültségek jelentősen csökkennek;
d) a teljes lapot 300...500 °C-ra előmelegítve, a sajátfeszültségek értéke gyakorlatilag elhanyagolható

A legkedvezőbb az az eset, amikor az előhajlított alkatrészeken végzett hegesztés után a varrat közel síkba emelkedik, esetleg az 52c ábrának megfelelően az egyengetés sajtolással elvégezhető, s ekkor a varrat húzófeszültsége csökken.



52. ábra. Vetemedett alkatrészek egyengetése
a) nyílak irányában sajtolva és b) lánggal egyengetve a varrat húzófeszültsége nő; c) a varrat közepén egyengetve, a húzófeszültség csökken

B.1.2. Kobalt- és nikkelalapú lágyötvözetű varratok

Lágyötvözeteknek azokat az ötvözeteket nevezzük, amelyek szobahőmérsékleten túlnyomórészt ausztenites szövetszerkezetűek és keménységük legfeljebb 350...400 HB. Ezek az ötvözetek 50...80% kobaltot vagy ugyanennyi

nikkelen kívül mindig tartalmaznak 10...30% krómot. A molibdéntartalom általában 5...20%, a vas legfeljebb néhány százalék, és a szénttartalom nem éri el a 0,5%-ot.

A kobalt- és nikkelalapú lágyötvözetet eredményező hegesztőanyagok széles körű alkalmazása az utóbbi évtizedben terjedt el. Összetételükénél fogva igen drágák, előnyük azonban, hogy nagy biztonsággal kifogástalanul, repedés nélkül hegeszthetők, ausztenites szövetszerkezetükből adódóan igen szívósak és a hőingadozást minden más ötvözetnél jobban viselik.

Tulajdonságuknál fogva megalakító szerszámok, süllyesztékek hőingadozásnak leginkább kitett felületeihez használjuk, alkalmazásukkal a nagy wolframtartalmú acélanyagokhoz képest az élettartam a többszörösére nő. Kedvező közös tulajdonságuk továbbá, hogy nem edződők, ezért hegesztéskor az előmelegítési hőmérsékletet csak az alapanyag összetétele szabja meg. Jellemző összetételüket I. a 4. táblázat 19. és 20. sorában. Keménységük 600...700 °C-ig alig csökken, s ez a felhasználási terület szempontjából igen kedvező.

A tapasztalat szerint a kobaltalapúak kopásellenállása valamivel jobb, s a korrózióállóságuk is kedvezőbb. Ezért nemcsak fémipari, hanem műanyagipari szerszámokhoz is elterjedtek ott, ahol a szerszám agresszív közegben dolgozik. Mindkét ötvözetípust nagy tömegben alkalmazzuk vegy- és atomipari berendezések belső felületeinek szalagelektrodás felrakóhegesztéséhez is.

Egyre növekvő tömegben kerülnek szóróanyagként is felhasználásra. A nikkelalapú porok olvadáspontja általában kisebb, ezért a szóróhegesztés általánosan alkalmazott anyaga.

B.1.3. Keményötvözetű varratok

Keményötvözetű varratoknak nevezzük azokat, amelyekben a nagytömegben előforduló karbidokkal, boridokkal vagy szilicidekkel, a hegesztést követő hűtés hatására 40...70 HRC keménység érhető el. A leggyakrabban előforduló karbidok és keménységük

króm-karbid	1300 HV
wolfram-karbid	(WC) 2400 HV,
wolfram-karbid	(W ₂ C) 3000 HV,
szilícium-karbid	2600 HV,
titán-karbid	3300 HV,
nióbium-karbid	3700 HV,
bór-karbid	3700 HV.

A karbidok a keményötvözetű varratok típusától függően vas-, kobalt- vagy nikkel-ötvözetű alapanyagba ágyazva jelennek meg, s ezért vas-, kobalt- vagy nikkelalapú keményötvözetű varratok ismeretesek.

A varrat keménysége hőkezeléssel csak kevésbé változtatható, s mivel sem hidegen, sem melegen nem alakíthatók, ezért mint öntvény, s mint hegesztőanyag kerülnek forgalomba. (Nem tévesztendő össze a porkohászati úton előállított zsugorított-szinterizált keményfémekkel!)

Az ilyen hegesztőanyagok krómtartalma 10...40%, a kobalt- és a nikkel-alapúakban ezen kívül általában 5...25% wolfram is található. A hasonló összetételű szóróanyagok ezeken kívül még néhány százalék bört és szilíciumot is tartalmaznak.

A pálcák öntöttek vagy a különböző karbid- és az alapul szolgáló vas-, kobalt-, ill. nikkelporok keverékéből zsugorítással készülnek. Ugyanígy készül a bevont elektródák magrésze is, amelyeket a hegesztési tulajdonságok kedvezővé tétele céljából bázikus vagy rutilos bevonattal látnak el.

Az öntött magrésű pálcák, ill. elektródák varratában a karbidok az ömledékből priméren kristályosodnak. A varratban ezért a kifehéredett öntöttvasra emlékeztető ún. *eutektikus*, ill. hipo- vagy hipereutektikus szövetszerkezet keletkezik, amely a benne megjelenő karbidok elhelyezkedése és alakja miatt eléggé rideg.

A zsugorított magrésű pálcák vagy elektródák leolvasztásakor a karbid-szemcsék az ív, ill. a láng hevítő hatására csak részben olvadnak meg. Mint-hogy az öntött magrésű hegesztőanyagok hegfürdőiből priméren elsősorban *egyszerű karbidok* (pl. a ferro-wolframot tartalmazóból wolfram-karbid) keletkeznek, nagy keménységű W_2C -karbid a varratban csak zsugorított és fel nem oldódott szemcsék következtében található. Az ilyen bevont elektródákat kis áramerősséggel hegesztve — vagy a hegesztőpálcákat oly módon leolvasztva, hogy a csepp magas hőmérsékleten hosszan ne időzzön — olyan varratok készíthetők, amelyek az eredeti karbidszemcséket viszonylag lágy alapba ágyazva tartalmazzák és a varrat ezért nagy keménység mellett eléggé szívós.

A magas hőmérsékletű cseppben azonban a karbidszemcsék oldódása megindul és tömegük csökken. Az ágyazóanyag ennek eredményeképpen ötvözőelemekben egyre dúsabb lesz és a karbid az öntött magrésű elektródáknál megismert módon primér kristályok alakjában jelenik meg. Ez a varrat szívósságát jelentősen csökkenti.

A zsugorított keményötvözetű hegesztőanyagok kedvező tulajdonságai tehát csak akkor jelentkeznek, ha leolvasztás közben a csepp nem hevül túl (pl. a hegesztőáram kicsi).

A keményötvözeteket nagy keménységük miatt *kopásálló rétegek készítésére* használjuk. Felhasználási területüket a következő jellemző tulajdonságuk határozza meg.

A 2...5% széntartalmú vasalapú keményötvözetek lényegesen olcsóbbak mint a kobalt- vagy nikkelalapúak, ütéssel és korrózióval szembeni ellenállásuk azonban gyenge. A varrat edződésre rendkívül hajlamos, felhasználási területe elsősorban az ásványi anyagok koptatóhatásának kitett alkatrészek felületi védelme.

A kobaltalapú keményötvözetek igen drágák. Az 1...2% széntartalmúak nagy keménységük mellett azonban eléggé szívósak és korrózióval szembeni ellenállásuk is kitűnő. Keménységük még 600...700 °C-on is jelentős, ezért megalakító szerszámokhoz és belsőégésű motorok szeleppülékeihez egyaránt alkalmasak. Az ennél több szénen tartalmazók alig szívósabbak, mint a hasonló széntartalmú vasalapú ötvözetek, felhasználási területüket elsősorban az azokénál jobb korrózióállóságuk jelöli ki.

A nikkelalapú keményötvözetek hasonló tulajdonságúak, mint a kobalt-alapúak, de árban kedvezőbbek, korrózióállóságuk és kopásállóságuk azonban valamivel gyengébb. E tulajdonságok folytán felhasználási területük is hasonló.

A zsugorítással készült hegesztőanyagok a legkeményebb varratot adják. A vas-, kobalt- vagy nikkel-karbid-szemcsék ágyazóanyaga azonban leolvasztó hegesztéskor az áramerősség növelésével ridegebbé válik és a karbidszemcsék tömege is csökken, a réteg tulajdonságait tehát a hegesztési jellemzők jelentősen befolyásolják. Szóráskor ez a jelenség alig tapasztalható, az ilyen összetételű anyagok szórása ezért elterjedt.

A keményötvözetek meglehetősen ridegek, ezért repedés nélküli hegesztés csak 400...600 °C-ra előmelegített alapanyagon lehetséges. Csupán a 20...30% nikkel- és 70...80% wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó, zsugorítással készült hegesztőpálca kivétel, mert ha az alapanyaghányad a varratban 20...30 %-nál nem több, az ágyazóötvözet nem edződik. Ilyen hegesztőpálcával argon védőgáz alatt lágyacélra hegesztve előmelegítés nem szükséges, sőt a 200 °C fölé hevítés káros. A keményötvözetű pálcák argonvédőgázos ív- és lánghegesztésre általában egyaránt alkalmasak, a védőgázos hegesztés természetesen kedvezőbb.

A keményötvözetek hegesztésénél általános érvényű az a szabály, hogy az *első és legfeljebb még második varrat készíthető el repedés nélkül*. Az ilyen technológiákhoz tehát az alkatrészt úgy kell előmunkálni, hogy ennél több varratra ne legyen szükség.

A keményötvözetű varratok csoportjába soroljuk még a keményfém törmeléket tartalmazó porbeles csőpálcákkal és keményforrasztó anyagokkal készített rétegeket is.

A *porbeles csőpálca* vékonyfalú acélcső, amelybe 0,1...7 mm szemcsenagyságúra őrölt keményfém törmeléket — vagy hasonló méretű wolfram-karbid-szemcséket — és keményötvözet port töltenek. Két változata van, az egyik a csupaszpálca, amely lánghegesztésre, a másik a vastagbevonatú, amely bevontelektródás ívhegesztésre alkalmas.

A *keményforrasztó-alapú pálcák* természetesen csak lánggal olvaszthatók le. A keményforrasztó 1...14 mm szemcsenagyságú keményfém törmeléket — esetleg wolfram-karbid-szemcséket — tartalmaz.

Ezeket az anyagokat elsősorban a bányászatban használjuk koronagörgős-, vagy havariafűrők stb. élének felrakására.

B.2. Erősen ötvözött szerszámok javító- és felrakóhegesztése

Szerszámok céljára az ipar évente több ezer tonna erősen ötvözött acélt használ fel. A teljes keresztmetszetében azonos összetételű szerszám anyagát azonban egyes helyeken egymástól lényegesen különböző igénybevétel terheli, ezért az igénybevételnek helyileg eltérő módon felel meg. A forgácsolószerszám forgácsolóéle pl. igen nagy felületi nyomásnak, homlok- és oldalfelületei erős koptatóhatásnak, nagy helyi felhevülésnek, a szerszámtest és a szár pedig nagy statikus vagy dinamikus igénybevételnek van kitéve.

A megfelelő szerszámkialakítás tehát az lenne, ha az él kemény, kopásálló, szükség esetén melegsziárd anyagból, a test és a szár pedig szívós anyagból készülne. Az élek megfelelő keménységet adó edzett acél vagy komplex karbidok szívóssága ugyanis olyan kicsi, hogy szerszámtest vagy szár anyagának alig felel meg, a szerszámtestnek használható ötvözetlen szénacél viszont forgácsolóélnak alkalmatlan.

Ez a felismerés vezetett a betétkéses, a gyorsacél-, vagy keményfémlapkás szerszámok kialakításához, és ez adja meg a felrakóhegesztéssel kialakított élű szerszámok létjogosultságát is. A felrakóhegesztés előnye a forgácsolólapkás szerszámokkal szemben az is, hogy a réteg összetétele tág határok között változtatható, sőt olyan összetételű szerszámfelület készíthető, amelyet nagy tömegben, kohászati úton gazdaságosan elő sem lehet állítani.

Az erősen ötvözött szerszámacélok csoportjába azok az acélok tartoznak, amelyeknek edzési hőmérsékletéről 400...600 °C közé hűtve és ott tartva hosszú, több napos lappangási időjük van. Ez azt jelenti, hogy e hőmérséklet-tartományban ausztenites szövetszerkezetük révén képlékenyek, ezért ilyen ún. *ausztenites előmelegítést* alkalmazva, a hegesztéskor bekövetkező alakváltozás repedést nem okoz. A helyes hegesztéstechnológiát tehát csak ezen acélok átalakulási diagramjainak ismeretében lehet kidolgozni. Az ebbe a csoportba tartozó hazai acélfajták:

- forgácsolószerszámokhoz: R 1, R 2, R 3, R 6, R 8, R 9, R 10, R 11;
- hidegalakító és vágószerszámokhoz: K 1, K 11;
- melegalakító és vágószerszámokhoz: W 1, W 2, W 3, K 12, K 13, K 14.

Az ilyen szerszámok javítóhegesztését az *alapanyaggal azonos vagy közeli összetételű hegesztőanyaggal* végezzük, ezért már az első varrat összetétele is megfelel.

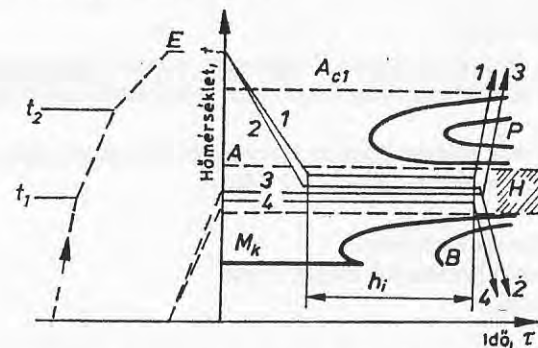
Új, ún. *takarékszerszámok* alapanyaga ötvözetlen vagy csak gyengén ötvözött. Hegesztéskor ezért az alapanyaggal keveredő első varratréteg ötvözöttsége a hegesztőanyagénál jóval kisebb. A gyakorlatban a harmadik – legjobb esetben a második – varrat összetétele kielégítő.

Az erősen ötvözött szerszámacélok hegesztéséhez használatos hegesztő-

anyagokkal készített ömledékek tájékoztató összetételét a 4. táblázat 13...18 sorában találjuk.

Mindhárom szerszámtípushoz használt hegesztőanyagok összetételére jellemző, hogy a klasszikusnak számító nagy wolfram- és krómtartalmúak mellett, megjelentek a közepes vagy kis wolfram- és krómtartalmúak is, amelyekben ezeket az ötvözőket molibdén, esetleg kobalt pótolja. A molibdén és a kobalt a melegsziárdságot növeli, ezért az ilyen összetételű szerszámok élettartama nem csökken, s a molibdéntartalmú gyorsacélok olcsóbbak is.

Az erősen ötvözött acélok hegesztéstechnológiáját az izotermás átalakulási diagram alapján kell megtervezni.



53. ábra. Erősen ötvözött acélok előmelegítésének elve

A ausztenit; P perlit; B bénit; A_{c1} a perlit ausztenitté való átalakulásának kezdeti hőmérséklete hevítéskor; M_K a martenzitképződés kezdetének hőmérséklete; E edzési hőmérséklet; H az ausztenit hosszú lappangási, egyben az előmelegítés, és a hegesztés hőmérséklet-tartománya; h_i a hegesztés időtartama
1 ausztenites előmelegítés és azt követő lágyítás; 2 ausztenites előmelegítés, majd túlnyomórészt bénites szövetszerkezetet eredményező lehűlés; 3 egyszerű előmelegítés, majd lágyítás; 4 egyszerű előmelegítés és bénites lehűtés t₁ és t₂ a lépcsős előmelegítés hőmérséklete

Az 53. ábrának megfelelően a következő négy technológia lehetséges:

1 vonal szerinti technológia:

1. felmelegítés az edzés hőmérsékletére az ausztenites szövetszerkezet kialakítása céljából;
2. lehűtés az ausztenit hosszú lappangási hőmérséklet-tartományába 450...550 °C-ra és e hőmérséklet fenntartása a hegesztés teljes időtartama alatt;
3. felhevítés a lágyítás hőmérsékletére a hegesztés befejezése után azonnal, anélkül, hogy a szerszámtest 400 °C alá hűlne;
4. lágyítás;
5. élek forgácsoló megmunkálása;
6. edzés és ezt követő keményítő megeresztés;
7. finommegmunkálás;
8. ellenőrzés.

2 vonal szerinti technológia:

1. felmelegítés az edzés hőmérsékletére az ausztenites szövetszerkezet kialakítása céljából;
2. lehűtés az ausztenit hosszú lappangási hőmérséklet-tartományába 450...550 °C-ra és e hőmérséklet fenntartása a hegesztés teljes időtartama alatt;
3. lassú lehűtés (levegőn vagy homokba ágyazva) túlnyomóan bénites szövet-szerkezet elérése céljából;
4. keményítő megeresztés;
5. élek megmunkálása;
6. ellenőrzés.

3 vonal szerinti technológia:

1. felmelegítés az ausztenit hosszú lappangási hőmérséklet-tartományába 450...550 °C-ra és e hőmérséklet fenntartása a hegesztés teljes időtartama alatt;
2. felhevítés a lágyítás hőmérsékletére a hegesztés befejezése után azonnal, anélkül hogy a szerszámtest 400 °C alá hűlne;
3. lágyítás;
4. élek forgácsoló megmunkálása;
5. edzés és ezt követő keményítő megeresztés;
6. finommegmunkálás;
7. ellenőrzés.

4 vonal szerinti technológia:

1. felmelegítés az ausztenit hosszú lappangási hőmérséklet-tartományába 450...550 °C-ra és e hőmérséklet fenntartása a hegesztés teljes időtartama alatt;
2. lassú (levegőn vagy homokba ágyazva) lehűtés túlnyomóan bénites szövet-szerkezet elérése céljából;
3. keményítő megeresztés;
4. megmunkálás;
5. ellenőrzés.

A felmelegítés sebességét bonyolult alakú és nagy méretű szerszámokhoz 100...200 °C/h, az egyszerű alakú és kis méretű szerszámokhoz 200...500 °C/h értékre célszerű választani. Lépcsőzetesen kell előmelegíteni. Ajánlott hőmérsékletek:

első lépcső: 500... 600 °C,

második lépcső: 800...1000 °C

Az 1 és 3 technológia edzett és megeresztett, a 2 és 4 pedig túlnyomóan bénites szövetszerkezetet eredményez. Legnagyobb biztonsággal az 1 technológia szerint lehet hegeszteni, a továbbiak a számok növekvő sorrendjében növekvő repedésveszéllyel járnak.

Erősen ötvözött szerszámacélok hegesztésekor előforduló hőkezelések

A varrat tájékoztató összetétele, tömeg % -ban						A hőkezelés megnevezése és hőmérséklet-tartománya °C				Tájékoztató keménység, HRC	Felhasználási terület
C	Cr	W	V	Co	Mo	edzés	keményítő megeresztés	lágyítás	előmelegítés hegesztéshez		
0,8	4	18	1,5	5	0,5	1240...1280	520...580	770...840	380...600	65/55	Gyorsacéltípusú varratok
0,8	4	18	1	5	0,5	1250...1290	500...570	770...840	390...600	65/66	
1,3	4	12	4	5	1,0	1210...1250	550...580	770...840	400...580	65/66	
1,2	5	12	3	10	—	1220...1270	510...550	770...840	400...560	64/65	
1,3	4	10	3	10	4,0	1200...1240	500...560	770...840	320...640	65/68	
0,9	4	6	2	5	5,0	1190...1230	520...560	770...840	350...600	65/67	
0,9	4	7	2	5	5,0	1190...1230	500...570	770...840	370...600	65/66	
1,3	4	7	3	12	5	1200...1240	540...570	770...840	400...600	65/66	
1,0	4	2	1	8	10	1170...1210	500...560	770...840	380...600	64/68	
1,0	4	2	2	9	9	1170...1210	520...580	770...840	400...600	65/66	
2,0	13	—	—	—	—	950...1000	480...510	800...850	380...520	64/60	Varratok hideg-alakító és vágó-szerszámokhoz
1,0	5	—	—	—	1	950...980	480...520	800...850	380...520	65/58	
0,4	5	—	1	—	5	840...870	420...460	630...670	400...550	56/48	
0,5	1	—	—	Ni=4	—	840...870	400...450	610...650	400...500	55/46	Varratok meleg-alakító és vágó-szerszámokhoz
0,4	2,5	10	0,4	—	—	1080...1150	560...620	810...830	460...600	53/58	
0,3	2	5	—	—	—	980...1080	560...620	780...850	480...600	48/50	
0,4	5	1,3	0,3	—	1,5	1000...1050	470...500	750...800	400...600	54/55	
0,4	3	0,2	0,5	3	3	1000...1070	500...570	750...800	450...550	54/53	
0,4	5	0,1	1,0	—	1	1020...1080	480...520	750...800	380...610	54/55	
0,4	5	—	—	—	1	1000...1040	450...500	750...800	460...600	54/53	
0,4	5	—	0,6	—	3	1030...1080	480...520	750...800	440...560	55/54	

Megjegyzés: a keménység rovatban a számlálóba irt számok az edzés utáni, a nevezőbe irtak a keményítő megeresztés utáni keménységi értékek

Kisebb tömegű, a hegesztéssel bevitt hő hatására legfeljebb a hosszú lapangási hőmérséklet-tartomány felső határértékére melegedő szerszámtestek közül azok, amelyek magasabb hőmérsékletre hűlnek, lágyabbak lesznek, mint az alacsonyabbról hűlők. Az azonos hegesztőanyaggal készített varratok azonos keménységét tehát csak a hegesztést követő fél-, egyórás kiegyenlítő hőtartással, és az ezt követő azonos hűlési sebességgel lehet elérni.

A hőmérséklet-tartomány felső határértéke fölé hevülő szerszámok kilágyulhatnak, ezért kis tömegű szerszámok helyes hőmérsékletét a hegesztés időszakos megszakításával kell elérni.

Az erősen ötvöztött szerszámacél varratainak készítésekor alkalmazott hőkezelések hőmérséklet-tartománya a 7. táblázatban található.

A megeresztést a hegesztés után levegőn 150 °C alá hűlt vagy edzett szerszámon legkésőbb egy órán belül el kell végezni a repedésveszély megelőzése végett. A technológiákban szereplő „keményítő megeresztés” arra utal, hogy az erősen ötvöztött szerszámacélok, ill. az ilyen összetételű ömledékek legkedvezőbb tulajdonságai csak többszöri megeresztések érhetők el. A keményítő megeresztés a megadott hőmérsékletre való két-háromszori felmelegítésből és 0,5 h-s hőtartásból áll, ami az edzés után visszamaradó ausztenit tömegének csökkenését és a finom eloszlású karbidok megjelenését eredményezi.

- A gyorsacéltípusú ömledékek a keményítő megeresztés után néhány HRC-vel keményebbek lesznek, mint edzés után voltak, s e keménységüket munka közben is megtartják a megeresztési hőmérséklet alatt.
- A hideg- és melegalakító szerszámokhoz alkalmas ömledékek keménysége keményítő megeresztés után csak a legalább 5% wolframtartalmúaknál éri el az edzés utáni értéket, más összetételek keménysége alatta marad. A többszöri megeresztésük ezeknek is előnyös, bár a gyakorlat számára általában elfogadható az egy alkalommal végzett 1...2 h-s megeresztés is.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a többszöri megeresztés nemcsak az edzett, hanem a hegesztés után bénításra hűlt ömledékek esetén is kedvező.

B.2.1. Forgácsolószerszámok javítóhegesztése

Gyorsacél szerszámok javítóhegesztése az 53. ábrán ismertetett bármelyik technológia szerint végezhető, a 4. táblázatban szereplő 13. és 14. sorszámú varratösszetételt adó hegesztőanyagokkal. Minthogy forgácsolószerszámokról van szó, az edzett, s a gyorsacélok összetételének megfelelően keményítő megeresztést kapott élek jobbakként, mint az általában csak szükségből alkalmazott, néhány HRC-vel lágyabb bénítések. Az elkopott, kicsorbult éleket hegesztéshez köszörüléssel készítjük elő. Az esetleges repedéseket hasonló módon munkáljuk ki.

Amennyiben az 1 és 2 technológiának megfelelő ausztenites előmelegítés nem valósítható meg, legalább lágyítsuk ki hegesztés előtt. Edzett élek hegesztése ugyanis fokozott repedésveszéllyel jár, s csak az egyszerű kialakítású szerszámokon rövid, egyenes éleken végezhető. A lágyítás egyébként a hibás hely forgácsolással való kimunkálhatósága miatt is szükséges lehet.

Ha ausztenites előmelegítést nem végeztünk, a 350...500 °C-ra előmelegített szerszám éle a hegesztés befejezésekor nagyon inhomogén. Azokon a helyeken ugyanis, ahol az élek épek voltak és ezért nem végeztünk felrakást, az eredeti szövetszerkezet és keménység található. A felrakott varrat és hőhatás-övezetének egy része hegesztés alatt ausztenites szövetszerkezetű, s amennyiben a szerszám levegőn hűl le, túlnyomóan bénított alakul át. A varrat és környezete tehát valamivel lágyabb lesz, mint az épen maradt él.

A forgácsolószerszámok javítóhegesztésekor tehát az 53. ábra szerinti 1 vagy 3 technológiát célszerű használni; az utóbbit elsősorban egyszerű alakú, egyenes élű szerszámokhoz.

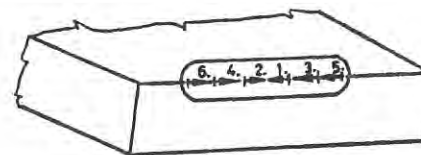
Nagyobb hiányok pótlását az ún. *egytömegű hegesztés módszerét* kell követni, kisebb hiányok pótlására azonban akár egyetlen varrat felrakása is megfelel.

Az egytömegű hegesztés módszere: 40...60 mm hosszúságban, 4...5 mm átmérőjű bevont elektródával az él egy részét teljes magasságban elkészítjük, és csak ezután fogunk hozzá újabb szakaszhoz.

Ha az eredeti él köszörüléssel teljes egészében eltávolítható, és a bénítos szövetszerkezet elegendő, a hegesztés befejezése után a szerszámot lassan, homokba ágyazva kell szobahőmérsékletre hűteni. Az így készült él egy-két HRC-vel lágyabb, mint az eredeti edzett és keményített, előnye azonban, hogy magas hőmérsékletű kemencét nem igényel és a varrat keménysége minden pontban közelítőleg azonos.

A repedésveszély csökkentésére

- kis átmérőjű elektródát és kis áramerősséget célszerű használni;
- a hegesztést az 54. ábra szerint, 20...30 mm hosszú szakaszokban kell végezni, majd egy-egy szakaszt elkészítve és enyhe kalapálással a varratokat megnyújtva, a hegesztés folytatható;
- az elektródát az ív megszakítása előtt a végkráter feltöltése végett kissé visszafelé kell mozgatni;
- az elektródát ne lengessük keresztirányban.



54. ábra. Egyszerű alakú szerszám javítóhegesztésének sorrendje

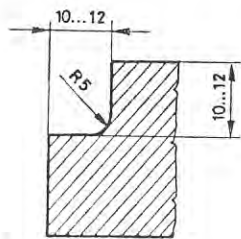
A hőkezelést az ömledékhez hasonló összetételű gyorsacél sajátosságainak megfelelően végezzük, az edzést tehát az előírt hőmérsékleten (l. a 7. táblázatot) keményítő, azaz többszöri megeresztés követi. Ugyanezen a hőmérsékleten a hegesztés után levegőn hűlt varratokat is meg kell eresztetni.

B.2.2. Forgácsolószerszámok felrakóhegesztése

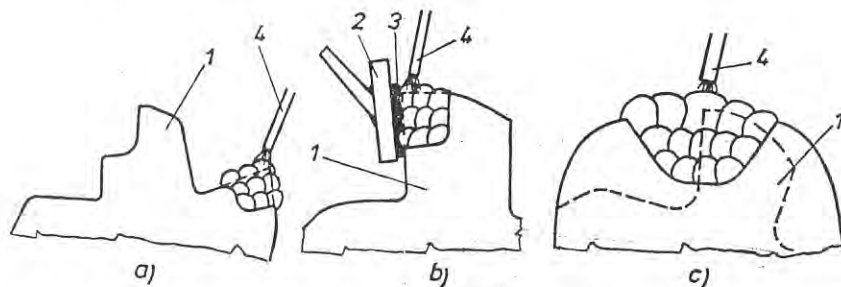
A takarékgörgetűszerszámok ötvözetlen vagy csak gyengén ötvözött alapanyagra, a 4. táblázatban található gyorsacél összetételű varratok felrakóhegesztésével készülnek. Az alapanyag összetétele miatt ausztenites előmelegítés nem valószínű meg, ezért az 53. ábra szerinti 3 vagy 4 technológiát alkalmazunk. A hegesztést így végezve elérhető, hogy annak teljes időtartama alatt a varrat ausztenites állapotú legyen és ezért a repedésveszély minimális.

A takarékszerszámok éle (élei) csak a harmadik, ill. az ezt követő varratból készülhetnek, ezért a szerszámtesten hornyot kell kimunkálni (55. ábra).

A felrakóhegesztés az 56. ábra szerint végezhető szabadon (56a ábra), vagy a drága hegesztőanyag megtakarítása végett rézből vagy grafitból készült támasztólapok, ún. gyámok mellett (56b ábra). Az ún. horonyba rakás módszere (56c ábra), nem igényel nagy ügyességet, mégis ritkán alkalmazzuk, mert nagy tömegű hegesztőanyag kell hozzá.



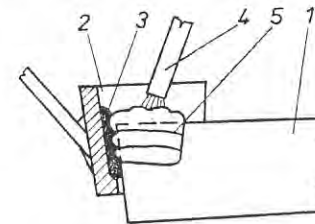
55. ábra. Az ötvözetlen vagy gyengén ötvözött anyagban elkészítendő horony mérete



56. ábra. Nagy átmérőjű marószerszám takarékgörgetűszerszám felrakóhegesztése; a) szabadon; b) gyám mellett; c) horonyba rakás módszerével
1 alaptest; 2 rézgyám hegesztett tartónyelével; 3 salak; 4 elektróda

Egy-egy sor elkészítése után lelkiismeretesen el kell végezni a salakolást, mert a következő sor hegesztésekor a salak bezáródhat és ez szerszámtörésre vezethet.

Kis tömegű szerszámok felrakóhegesztésekor ügyelni kell, hogy a hegesztéssel bevitt hőmennyiség a varrat anyagát a 7. táblázatban feltüntetett előmelegítési hőmérséklet-tartomány felső értékénél nagyobbra ne hevítse fel, mert akkor a varrat kilágyul, s csak edzéssel érhető el a kívánt keménység. A túlhevülés veszélye minden 2...5 kg-nál kisebb tömegű szerszám felrakóhegesztése esetén fennáll, ezért a hegesztést többször meg kell szakítani. Az egészen kis-méretű eszterga- vagy gyalukések felrakóhegesztése rézgyám mellett is végezhető az egytömegű hegesztés módszerével (57. ábra). Ez csak olyan kis tömegű



57. ábra. Esztergakés egytömegű hegesztése

1 készár; 2 az él alakját követő rézgyám ráhegesztett tartónyelével; 3 salak; 4 elektróda; 5 varrat

varrat esetén lehetséges, amelynél a hegesztést megszakítás nélkül végezve a teljes varrat tömeg a hegesztés befejezésekor teljes keresztmetszetében még 900...1000 °C fölötti hőmérsékletű, ezután olajban hűtve edzhető. Ezt többszöri keményítő megeresztés követi. A salakot tehát hegesztés közben nem kell eltávolítani, az elektróda mozgatásával úsztatjuk ki a salakot a gyám mellé. Főleg olyankor alkalmazzuk, amikor a varrat elkészítéséhez egyetlen elektróda is elegendő.

Az így elkészült szerszám elsősorban sima felületű alkatrészek forgácsoló-megmunkálására alkalmas. Kevésbé egyenletes felületű alkatrészek megmunkálására, szívósabb él oly módon készíthető, hogy a hegesztést követően levegőn vagy olajban hűlt szerszámot a varrat összetételének megfelelő, a 7. táblázatban szereplő hőmérsékletre ismételt edzés és keményítő megeresztést alkalmazunk.

Ha a hegesztés befejezésekor már az említett hőmérséklet alá hűlt a varrat, a szövetszerkezete túlnyomórészt bénites lesz, ami forgácsolószerszámnak kevésbé, kivágó- és alakítószerszámoknak azonban megfelel.

Gyámok mellett végzett hegesztés esetén nem csupán a drága hegesztőanyag felhasználása, hanem a hegesztést követő forgácsoló-megmunkálás költsége és időtartama is csökken. A hegesztés után bénites szövetszerkezetre hőkezelt varrat ugyanis nagy keménysége miatt csak köszörüléssel munkálható meg, ezért a lehető legkisebb varratbővítésre kell törekedni. Ilyenkor vigyázni kell arra, hogy köszörüléskor elszíneződés ne lépjen fel, mert ez repedést okozhat. Hasonló okok miatt tilos köszörüléskor a vízűtés is.

Forgácsolószerszámtest-anyagok tájékoztató mechanikai tulajdonságai az erősen ötvözött varratnak megfelelően végzett hőkezelés után

Hőkezelés	1280 °C-ról 240 °C-os olajban edzve, és 3×0,5 h-ig 580 °C-on keményítve				1250 °C-ról 240 °C-os olajban edzve és 3×0,5 h-ig 580 °C-on keményítve			
	R 3	C 55	W 6	CrV 3	S 7	W 6	CrV 3	
Anyag								
Szakítószilárdság, R _m , MPa	2900*	920	1380	1430	1250	1500	1460	
Folyási határ, R _{el} , MPa	—	810	1280	1310	1130	1360	1350	
Fajlagos nyúlás, A ₁₀ , %	—	5	2	4	2	4	4	
Kontrakció, Z, %	—	36	25	15	6	17	14	
Keményiség, HV	800	225	360	380	300	400	400	
Ütőmunka KU 30/2, J	2,5	28	20	12	6	20	16	
Egységár (1982-ben) Ft/kg	380...500	12...15	60...70	16...25	16...22	60...70	16...25	

* Hajlítószilárdság

Ha a szerszám geometriájának kialakításához nagy tömegű varratanyagot kell leforgácsolni, ez csak lágyított állapotban lehetséges, és forgácsolás után edzést és keményítő megeresztést kell végezni.

Az elmondottakat összegezve tehát megállapítható, hogy a szabadon végzett felrakóhegesztést vagy a horonyba rakás módszerét választva 3 technológiát (l. az 53. ábrát) kell követni; abban az esetben viszont, ha csak a 4 technológiát tudjuk megvalósítani, a gyám használata szükségszerű.

A takarékszerszámok előállítása során, ha a felrakóhegesztést edzés követi, annak hőmérsékletét természetesen a varrat összetételének megfelelően kell előírni. Minthogy ez a hőmérséklet lényegesen magasabb az ötvöztelen vagy csak gyengén ötvözött acélok edzési hőmérsékleténél, a szerszámtest túlhevülésével kell számolni.

A 8. táblázat adatai szerint azonban a túlhevülés hatására fellépő szemcsedurvulás ellenére a C 55 acél *ütőmunkája* az R 3-énak több mint tízszerese. *Szakítószilárdsága* ugyan jóval kisebb, de szerszámtesthez ez az érték nemcsak elegendő, hanem *szívóssága* folytán kedvezőbb is. Jellemző továbbá, hogy az így hőkezelt pl. W 6 vagy CrV 3 acél kisebb szakítószilárdsággal szintén szívósabb mint az R 3. A kevésbé ötvözött acélok egységára lényegesen kisebb, mint a gyorsacélé, ezért a felrakóhegesztéssel készült pl. nagy átmérőjű gyorsacél takarékmárók vagy gyalukések nemcsak szívósabbak de olcsóbbak is, mintha teljes keresztmetszetükben pl. R 3-ból készülne.

B.2.3. Hidegalakító- és vágószerszámok javítóhegesztése

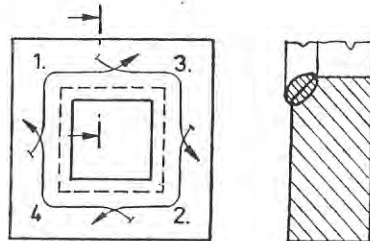
A nagy teljesítményű hidegalakító szerszámokat erősen ötvözött acélból készítjük, s hegesztéstechnológiájukat a B.2.1. pontban ismertetett szempontok szerint kell elkészíteni. Az 53. ábrán szemléltetett technológiákkal kapcsolatos megfontolások itt is maradéktalanul érvényesek, csupán annyi kiegészítés szükséges, hogy elsősorban a hidegalakító szerszámok céljára a bénites szövetszerkezet megfelelőbb mint az edzett martenzites, de a sorjázó- és kivágószerszámok élettartama is kedvezőbb, ha szövetség bénites.

A nagy teljesítményű hidegalakító szerszámok javítóhegesztését a 2 vagy 3 technológia szerint végezzük. A 4 technológiát alkalmazva az eredeti felület és a javítóvarratok találkozási helyén lágyulással kell számolni. Ez a hidegalakító szerszámokon kevésbé jelentős hiba, mint a kivágószerszámokon; az utóbbiakhoz ezért e technológia nem megfelelő.

Szűk tűrésű szerszámok javítása oly nagy alakváltozással és revésedéssel járhat, hogy a hegesztést elvégezve a kívánt méretek nem tarthatók. Ilyenkor a teljes szerszámmélt eltávolítjuk (kiköszöröljük) és lágyítás után a 4 technológia szerint újrahegesztjük. Ez bénites szövetet eredményez, s a varrat köszörülésével a szükséges méret előállítható. A javítóhegesztéshez a 4. táblázatban található 15. és 16. sorszámú varratösszetételeket adó hegesztőanyagokat használ-

juk. A nagy szénttartalmú hegesztőanyagokon kívül a szívósabb molibdéntartalmú hegesztőanyagok bő választékát gyártják, és elsősorban alakítószerszámok céljaira kiválóak a króm-molibdén, ill. a króm-molibdén-wolfram-kobalt ötvözesűek.

A hegesztési sorrend tervezésekor ügyelni kell arra, hogy az egy elektródával lerakható hosszúságú varratszakaszokat az egyes oldalak közepén kell kezdeni és az 58. ábrán látható lépéseket célszerű követni. Ha a varratok kezdő- és végpontja a vágóélbe esik, a vágóél idő előtt kicsorbulhat. Ezért jobb, ha az ívet a szerszámtesten keltjük és ott is fejezzük be oly módon, hogy a csatlakozó varratok egymást átfedjék. A szerszámtest felületén jelentkező varratmaradványok köszörüléssel eltávolíthatók.



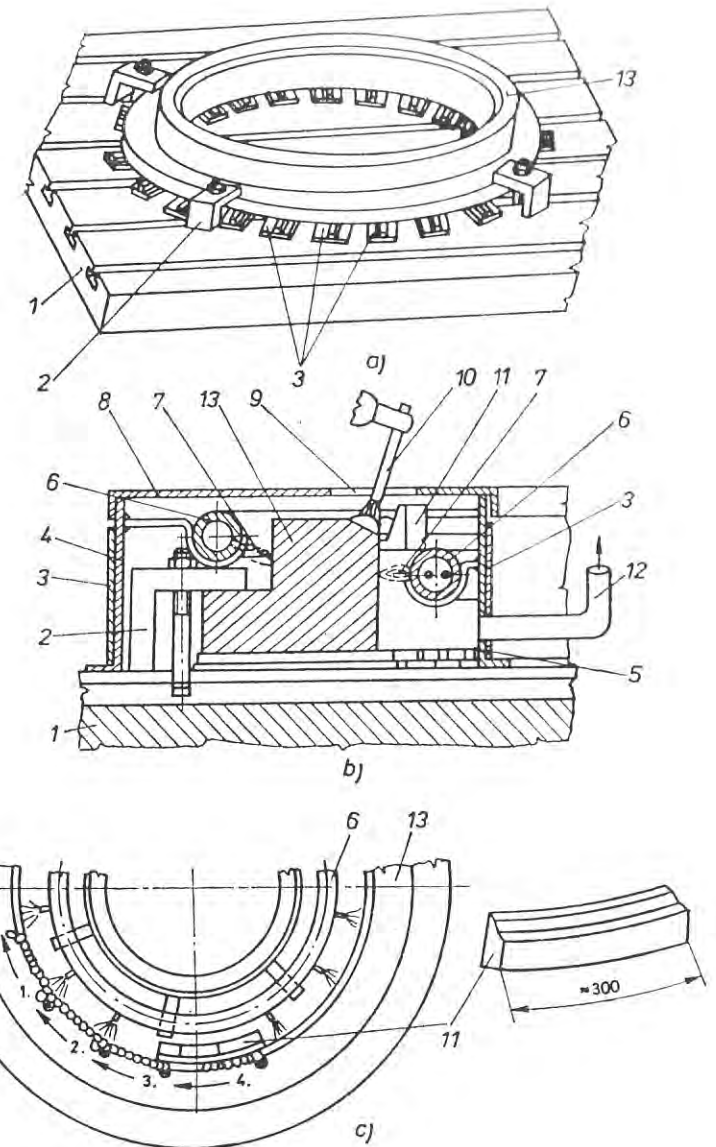
58. ábra. Kivágószerszám lap javítóhegesztésének sorrendje az elkopott él teljes hosszban végzeti kiköszörülése után

Az 59. ábra nagy átmérőjű kivágógyűrű előkészítését, előmelegítését és a hegesztés sorrendjét szemlélteti. A vetemedés megakadályozására a lágyított és a vágóélen végig lemunkált gyűrűt merev alaplagra fogjuk és villamos fűtőlappal vagy gázzal előmelegítjük. A nagy belső átmérő miatt a dobozt gyűrű alakra célszerű kiképezni, s olyan tetőt tenni rá, amelyen több helyen egymástól függetlenül fedhető nyílások vannak. Ezeken egymás után benyúlva a hegesztés elvégezhető. A nyílások közül természetesen mindig csak az van nyitva, amelyen át a hegesztés folyik. Az égéstermékek elvezetését úgy oldjuk meg, hogy az a hegesztőt ne zavarja.

B.2.4. Hidegalakító- és vágószerszámok felrakóhegesztése

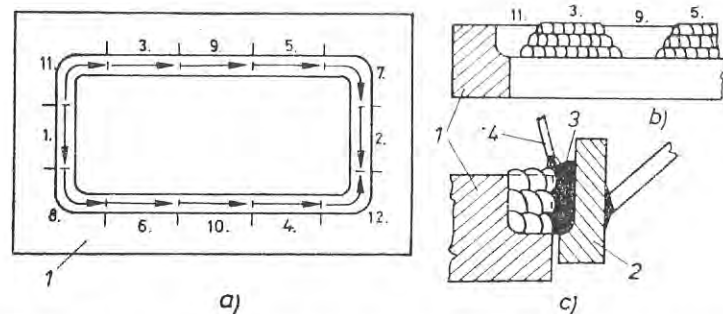
E szerszámok felrakóhegesztésére is elvben a forgácsolószerszámoknál leírt technológiák alkalmasak. Az ausztenites előmelegítés lehetőségének hiányában a 3 vagy 4 technológiát használjuk (l. az 53. ábrát) s a szokásos varratösszetétel a 4. táblázat 15 és 16 sorában található.

A takarékszerszámokat a 60. ábra szerint készítjük. Egy-egy szakaszt, egytömegű hegesztéssel teljes magasságában felrakjuk, de a magasabban fekvő varratokat mintegy 10 mm-rel rövidebbre készítjük, hogy a csatlakozásnál a kezdő és végkráterek ne kerüljenek egymás fölé. A hegesztés rézgáz alkalmazásával



59. ábra. Nagyméretű kivágógyűrű javítóhegesztése

a) a gyűrű rögzítése a merev alaplagra; b) hegesztés; c) hegesztési sorrend
1 alaplap; 2 rögzítőelem; 3 hővezetést csökkentő azbesztlemezek; 4 külső hőszigetelő lemezgyűrű; 5 belső hőszigetelő lemezgyűrű; 6 kör alakban meghajlított perforált rézsívek; 7 előmelegítő láng; 8 fedél; 9 külön lefedhető nyílás; 10 elektróda; 11 rézgáz; 12 füstelszívó cső; 13 kivágógyűrű



60. ábra. Nagyméretű takaré-kivágólap készítése a vágóél helyén kialakított horony feltöltésével

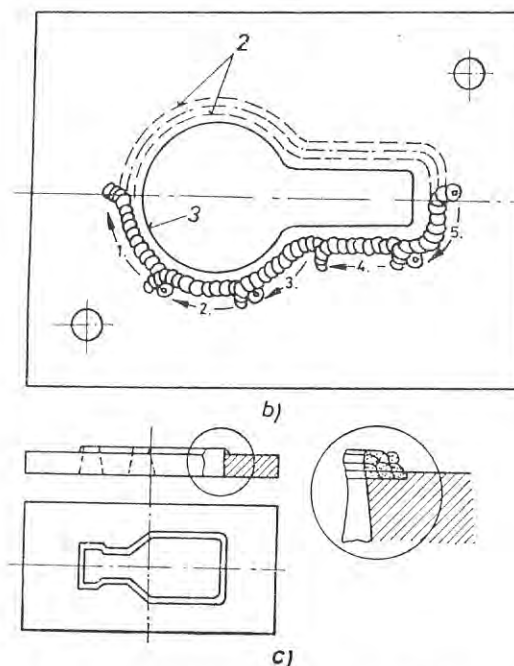
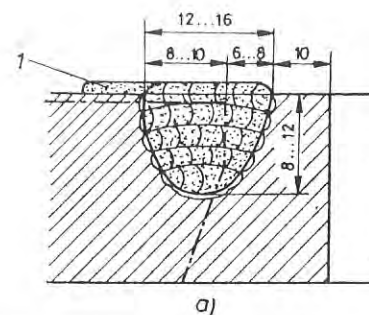
a) hegesztési sorrend; b) a szakaszok elkészítése; c) a felrakóhegesztés elrendezése
1 szerszámtest; 2 rézgyám ráhegesztett tartónyéllal; 3 salak; 4 elektróda

zásával könnyebb és gazdaságosabb. A fedővarrat hegesztését az alapanyagon kezdjük és fejezzük be, majd e nyomokat később köszörüléssel eltávolítjuk, hogy a későbbi vágóél kezdő- és végkrátert ne tartalmazzon. A hegesztést 3 vagy 4 technológiával végezzük. A 3 szerint martenzites, a 4 szerint bénites szövetszerkezetet kapunk. A tapasztalat szerint nagyméretű kivágólapot a 4 szerint célszerű elkészíteni, mert a szívósabb szövetszerkezet kedvezőbb. A hegesztés több órán át tarthat. A szerszámot a hegesztést követően még 0,5...1 h-n keresztül hőkiegyenlítés céljából az előmelegítési hőmérsékleten kell tartani, majd lassan, levegőn hűteni. Ezután keményítő hőkezelés következik.

A 61. ábrán látható nagyméretű kivágólap a horonyba rakás módszerével is készülhet a következő lépésekben:

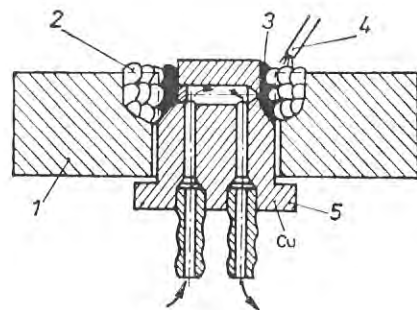
1. A tervezett vágóél helyén horonykészítés marással vagy lánggyaluval.
2. A tervezett vágóéltől 15...20 mm távolságban lángvágóval a belső részt kivágjuk, hogy az egyébként is fölösleges anyagrészek a varrat zsugorodását ne gátolják.
3. Előmelegítés a 6. táblázatban megadott hőmérséklet-tartományban.
4. Hegesztés a horonyba rakás módszerével (l. az 56c ábrát).
5. Lágylítás.
6. Forgácsolómegmunkálás.
7. Edzés és keményítő megeresztés.
8. Finommegmunkálás.
9. Ellenőrzés.

A 62. ábra közepes méretű kivágószerszám vagy húzógyűrű felrakóhegesztését szemlélteti vízzel hűtött rézgyám mellett, a 63. ábrán pedig kisméretű lyukasztószerszám egytömögű hegesztése látható. A rajzon figyeljük meg a szerszámszár előkészítésének javasolt alakját. Abban az esetben, ha a hegesztés be-

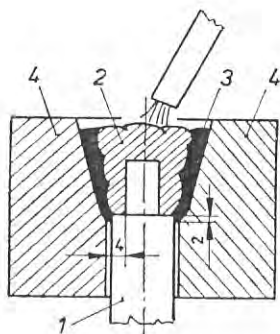


61. ábra. Nagyméretű takaré-kivágólap készítése a horonybarakás módszerével hegesztve

a) varratok elhelyezése és a horony mérete; b) a hegesztés sorrendje; c) hegesztés a lap síkja fölé emelkedő varratokkal
1 kezdő- és végkráterek helye a szerszámtesten; 2 a vágóél számára készített horony; 2 lángvágás helye



62. ábra. Kör alakú kivágószerszám vagy húzógyűrű felrakóhegesztése
1 C 55 minőségű szerszámtest; 2 varrat;
3 salak; 4 elektróda; 5 vízzel hűtött rézgyám



63. ábra. Kisméretű lyukasztószerszám egytömögű felrakóhegesztése
1 C 55 minőségű szerszámszár; 2 varrat;
3 salak; 4 rézgyám, a könnyebb szerelhetőség végett két félből

fejezésekor a varrat 800...850 °C-nál magasabb hőmérsékletű, olajedzés végezhető. Ha a varrat oly nagy tömegű, hogy a hegesztés befejezésekor ez a hőmérséklet nem tartható, a szerszámot levegőn kell hűteni. Ilyenkor a szövetszerkezetben martenziten kívül bénit is keletkezik. Ez a szövetszerkezet keményítő megeresztés után kivágószerszámokhoz és húzógyűrűkhöz alkalmas.

A 9. táblázat adatai szerint, az erősen ötvözött varratnak megfelelően végrehajtott hőkezelés az alapanyagot túlhevíti ugyan, de a kevésbé ötvözött szerszámtestek szívóssága még így is húsz-harmincszorosa a teljes keresztmetszetében K 1 acélból előállítotténak. Szilárdsága természetesen lényegesen kisebb, ez azonban nem követelmény a szerszámtesttel szemben, ennek ugyanis inkább szívósnak, mint keménynek kell lennie.

Tekintettel a viszonylag kis egységárákra belátható, hogy elsősorban a nagyobb keresztmetszetű szerszámoknál mutatkozik meg a felrakóhegesztés gazdaságossága, vagy olyan esetekben indokolt ez a technológia, amikor más módon új szerszám nem szerezhető be időben.

9. táblázat

Hidegalakító szerszámtest anyagok tájékoztató mechanikai tulajdonságai az erősen ötvözött varratnak megfelelően végzett hőkezelés után

Anyag	Hőkezelés	1000 °C-ról 20 °C-os olajban edzve és 2×0,5 h-ig 500 °C-on megeresztve				
		K 1	M 1	C 35	C 55	S 7
Szaktíószilárdság, R_m , MPa		300*	2000*	700	840	1130
Folyási határ, R_{el} , MPa		2000**	—	540	590	790
Fajlagos nyúlás, A_{10} , %		—	—	9	7	5
Kontrakció, Z , %		—	—	50	35	20
Keményiség, HV		600	450	200	240	270
Ütőmunka, KU 30/2, J		2	6	72	40	36
Egységár (1982-ben) Ft/kg		35...45	25...30	12...15	12...15	16...22

* Hajlítósilárdság

** Hajlítás közben mért folyáshatár

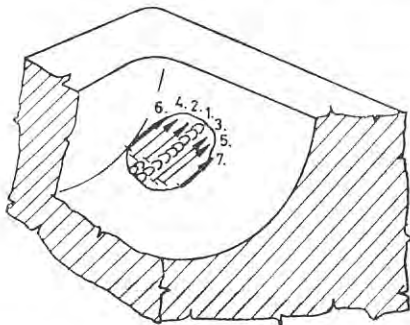
B.2.5. Melegalakító- és vágószerszámok javítóhegesztése

Az ebbe a csoportba tartozó acélokból kis- és közepes méretű szerszámok készülnek, amelyek tömege ritkán haladja meg a 300...400 kg-ot. Drágák, s mivel az alkatrészgyártás szinte minden területén megtalálhatók, javító- és felrakóhegesztésük igen jelentős.

A javítóhegesztéseket az alapanyagnak és az igénybevételeknek megfelelően kiválasztott, a 4. táblázat 17...20. sorában feltüntetett varratösszetételt adó hegesztőanyagokkal végezzük. A megeresztés hőmérsékletét a 7. táblázat szerinti felső határ közelében célszerű kijelölni.

A javítóhegesztést 1 vagy 3 technológiával végezzük (l. az 53. ábra). A kopott élek hegesztési sorrendjére az egyenes élű szerszámok esetében az 54. ábrával a bonyolultabb alakúak esetében pedig az 58. ábrával kapcsolatos megfontolások is mérvadók.

Abban az esetben, ha csak a 4 technológia valósítható meg, a javítóvarrat általában keményebb mint az eredeti, ezért fennáll az él kipattogzásának veszélye, és a kopás nem lesz egyenletes. Az elmondottak fokozottabban érvényesek kopott felületrészek javítására, amikor több irányú zsugorodási feszültséggel kell számolni. Ilyenkor a 64. ábrán feltüntetett hegesztési sorrendet célszerű



64. ábra. Süllyeszték felületén keletkezett kopás javításának hegesztési sorrendje a nyílak a hegesztés irányát jelzik

követni olyképpen, hogy *egyszerre legfeljebb 100 mm hosszú varrat készüljön*, s azt enyhe kalapácsütésekkel addig kell nyújtani, amíg a hőkiegyenlítődés be nem következik. A hegesztés csak ezután folytatható. Jó eredményt ad ilyen esetekben a 4. táblázatban található 19. vagy 20. sorszámú ömledék. A hegesztőanyagok közül azt választjuk, amelyik a szükséges keménységet adja. Drágák ugyan, de a varrat repedés veszélye nélkül elkészíthető. A nagyobb felületek javításához megfelelő összetételű porbeles huzalok is kaphatók. Minthogy a varrat ausztenites szövetszerkezete hőkezelés hatására sem változik, a 2 esetleg a 4 technológiával kell hegesztetni.

Az így kijavított szerszámok felrakott felülete az alapanyagnál mindig lágyabb, de az igénybevétel hatására valamelyest keményedik.

Süllyesztékek kopott vállait, vékony bordáit vagy belső szemeit mindig ilyen kobalt- vagy nikkellalapú (l. a B.1.2. pontot) lágy ötvözzel célszerű javítani, mert a helyi túlhevülést, a hőingadozást ezek jobban elviselik, mint az alapanyag.

Kis sebességgel alakító süllyesztékek nagy koptatóhatásnak kitett felületrészei felújíthatók keményötvözzetű adó (4. táblázat 7. sorszám) hegesztőanyagokkal is, de ezek szívóssága a lágyötvözzetűekét nem éri el.

B.2.6. Melegalakító és vágószerszámok felrakóhegesztése

A felrakóhegesztés kidolgozására vonatkozóan a B.2. alfejezetben eddig leírt megfontolások mérvadók azzal a kiegészítéssel, hogy a varratok keményítő megeresztést kapnak vagy bénites hőkezelést kapnak. A felrakóhegesztést a 4. táblázat 17. vagy 18. sorszámának megfelelő ömledéket adó hegesztőanyagokkal végezzük általában, de a kis sebességgel alakító süllyesztékekhez és vágószerszámokhoz ezenkívül a 7. és 9. sorszámú ömledékek is megfelelnek.

A süllyesztékeknek általában egyszerűbb alakú és igénybevételű *vágó- és darabolószerszámokat* az 55. ábra szerint készítjük elő a hegesztéshez, és a 3 vagy 4 technológiával hegesztjük.

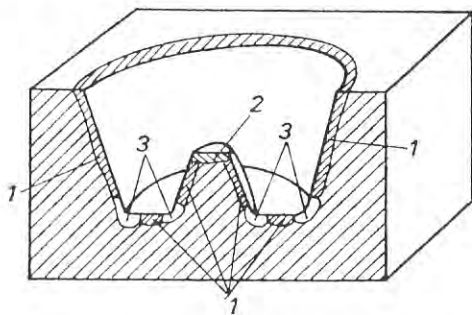
Meleghengerek felrakóhegesztését a megengedhető kopás mértékénél 2...3 varratréteggel vastagabbra tervezzük, hogy a teljes méretcsökkenés közben azonos keménységű legyen a felület. Erre azért van szükség, mert az első réteg a kevésbé ötvözött alapanyaggal keveredve lényegesen lágyabb, mint a későbbiek. Ha azonban az első varrathoz olyan hegesztőanyagot választunk, amelyben az ötvözőelemek mennyisége 40...70%-kal több, mint amennyit a felrakott rétegtől megkívánunk, a keveredés következtében már az első varrat is megfelelő összetételű és a rétegvastagság ennek megfelelően csökkenthető.

Erősen ötvözött hegesztőanyagot használva a 4 technológiával hegesztünk (l. az 53. ábrát), a hengert tehát kb. 500 °C-ra előmelegítjük, s a varrat bénites szövetszerkezetű.

Nagyméretű hengerek előmelegítése körülményes, ezért ha a művelet közben jelentős hőmérséklet-csökkenéssel kell számolni, a *párnaréteg* elkészítésével kezdjük a hegesztést. Az előmelegítés hőmérséklete azonban ilyenkor nem süllyedhet lényegesen az alaptest vagy a hegesztőanyagnak megfelelő M_k vonal, azaz kb. 300...350 °C alá. A párnaréteg ilyen esetben ötvözzetlen szénacél ömledék, amelynek vastagsága két, legfeljebb három varratréteg. Ennek az a feladata, hogy az alaptest és a felhegesztendő keményebb rétegek között a zsugorodási különbségekből származó alakváltozásokat repedés nélkül felvegye.

A süllyesztékek felrakóhegesztésekor vegyük figyelembe, hogy az igénybevétel a geometriai kialakításból következően a szerszám felületén pontról pontra változik.

A 65. ábrán általános alakú süllyeszték látható. A süllyesztékbe helyezett kiindulódarab először az üregből kiálló tüskéket, vállakat éri és azokat melegíti. Alakítás közben az izzó acél a túske és a süllyeszték oldalfelületén lefelé áramlik és kitölti az üreget, majd ezután a két szerszámfél között a sorjacsatornába áramlik. Az alakítás befejezése után a kész munkadarabot kiemeljük, majd a szerszámot levegővel hűtjük.



65. ábra. A süllyeszték jellegzetes igénybevételi helyei
1 melegkopás anyagáramlásból;
2 hőfáradás hőingadozásból;
3 kifáradás mechanikai igénybevételből

A süllyesztéknek tehát három jellegzetes igénybevételi helye különböztethető meg:

- 1 a palástfelületeken és a fenék egy részén nagy a *koptatóhatás*;
- 2 a vállak, tüskék csúcsa koptatásnak kevésbé van kitéve, de más részeknél jobban felmelegszik és hűtésekor gyorsabban hűl, azaz nagy *hőingadozás terheli*;
- 3 az összezáruló süllyesztékben kialakuló nagy nyomás hatására az üreg tágul, a palást- és a fenékfelület találkozásánál ezért jelentős *fárasztóhatás* érvényesül.

A *kovácsolószerszámok* igénybevétele ezenkívül ütésszerű, és a fárasztóhatás jelentősebb, mint a lassú alakítással dolgozó sajtolószerszámoknál.

Belátható, hogy a különböző igénybevételekkel szemben, különböző minőségű acélokat vagy ötvözeteket kellene választani, mert

- a koptatóhatást a wolfram- és a molibdéntartalmú acélok viselik el legjobban,
- a nagy hőingadozással szemben a kobalt vagy nikkelalapú lágy ötvözetek a legkedvezőbbek,
- a fárasztó-igénybevételnek pedig az ausztenites króm-nikkel acélok állnak ellen leginkább.

A süllyesztéket tehát háromféle anyagból kell készíteni, és erre a felrakó-hegesztés nyújt lehetőséget.

1. A palást- és fenékfelületekhez, valamint a sorjacsatornához a 4. táblázat 17. 18. sorszámú wolfram és molibdéntartalmú hegesztőanyagait.

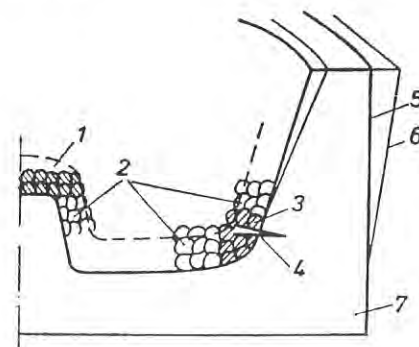
2. A vállak, tüskék csúcsaihoz a kobalt- vagy nikkelalapú hegesztőanyagokat, (4. táblázat 19. és 20. sorszámú ötvözetet).

3. A sarkokba az ausztenites króm-nikkel ömledéket adó hegesztőanyagokat vagy nikkelalapú ötvözeteket (4. táblázat 22., ill. 26. sorszám) válasszuk.

A háromféle hegesztőanyagnak megfelelően, a hegesztéstechnológia a következő:

1. A süllyesztéstest előüregelése a szükséges rétegvastagság (l. később) figyelembevételével.
2. A süllyesztéktest edződési hajlama miatt előmelegítés 300...400 °C-ra, és a sarkok elkészítése ausztenites króm-nikkel összetételű hegesztőanyaggal;
3. Az erősen ötvözött varratok alkalmazása miatt előmelegítés 450...550 °C-ra és az oldalfalak felrakása wolframmal és molibdénnel erősen ötvözött hegesztőanyaggal, majd ugyanezen a hőmérsékleten a kobalt- vagy nikkelalapú lágy ötvözetek felrakása a csúcsokra, vállakra. Ezek a lágy ötvözetek ugyan nem edződnek, de alacsonyabb hőmérsékleten folyó hegesztéskor ott, ahol ez a réteg az erősen ötvözött varrattal találkozik, ez utóbbi repedhet.
4. Hegesztés után hűtés levegőn.
5. Kétszer félórás keményítő megeresztés az erősen ötvözött varrat összetételének megfelelő hőmérsékleten.
6. Készremunkálás.
7. Ellenőrzés.

A különböző összetételű varratok helyét és számát a 66. ábra szerint úgy tervezzük, hogy az igénybevételkor fellépő alakváltozás hatására a 66. ábrán jelölt, várhatóan vízszintesen elinduló repedés irányában képlékeny, ausztenites varratok legyenek, s hogy a csúcsokra, vállakra hegesztett kobalt- vagy nikkelalapú ötvözetek fedjék a wolfram- és molibdéntartalmú erősen ötvözött varratokat.



66. ábra. A különböző összetételű varratok egymásra épülése nagyméretű süllyesztékszerszámban a 65. ábrának megfelelő metszeten

1 kobalt- vagy nikkelalapú ötvözet;
2 wolframmal vagy molibdénnel erősen ötvözött hegesztőanyag;
3 ausztenites króm-nikkel ötvözet;
4 fárasztóigénybevétel hatására kezdődő repedés helye;
5 a süllyeszték alakja terheletlenül;
6 a süllyesztéktest alakja az ütés pillanatában;
7 süllyesztéktest

A bevontelektrodás ívhegesztés 60...80 mm hosszúságú szakaszokban, az 59. ábrán látható lépéseknek megfelelően készül, s egy-egy szakaszon belül a teljes feltöltést el kell végezni. Minden réteget az izzási szín eltűnéséig kell nyújtani kalapácsütésekkel.

Az előzőekben ismertetett munkarenddel az alapanyag hőhatásövezete 3...4 mm mélységben ausztenitessé válik és a hegesztéssel járó zsugorodást repedés nélkül tudja felvenni.

Hegesztés közben ügyeljünk arra, hogy a szerszámtest hőmérséklete ne növekedjék a hegesztést megelőző megeresztési hőmérséklet fölé, mert az szilárdságcsökkenést okoz.

A hegesztés után lassan, levegőn hűlt varrat keménysége 40...50 HRC és ezért nehezen forgácsolható.

Ha a hegesztést rézgyám mellett végezzük, a szerszám kész mérete köszörüléssel is előállítható.

A forgácsoló megmunkáláshoz szükséges lágyítás és azt követő edzés idő- és energiaigényes technológia. Előnye viszont, hogy valamivel nagyobb lesz az élettartam, mert 950 °C-ról fűjt levegőn edzve és 540...560 °C-on 25 mm falvastagságoként fél órán át keményítve, az alaptest 40...42 HRC keménységével szemben, a pl. 5% wolframtartalmú elektródával készült varrat keménysége 45...50 HRC.

Nagyméretű súllyesztékek nagy kiterjedésű felületeinek bevontelektrodás hegesztése nagyon időigényes, ezért célszerűbb a porbeles huzalos ívhegesztés. Az eljárással az óránként leolvasztott hegesztőanyag tömege azonban csak akkor jelentős, ha megszakítás nélkül hegesztünk. A varratok kovácsolásos nyújtását ezért elhagyjuk, és a belső feszültségekből származó repedésveszély miatt a teljes felület felrakóhegesztéséhez a 4. táblázat 19. vagy 20. sorszámu kobalt- vagy nikkelalapú lágyötvözetét használjuk.

Az így elkészült súllyeszték a nagy hőingadozást és a fáradást a nagy wolframtartalmú acélokhoz képest lényegesen jobban elviseli, de az üreg felületei a koptatóhatással szemben kevésbé tudnak ellenállni. Minthogy a súllyesztékek általában hőingadozás és fáradás hatására mennek tönkre; ezeknek a súllyesztékeknek az élettartama a W 1-ből gyártotténál hosszabb.

A súllyesztéktestekhez leggyakrabban használatos acélok szilárdsági tulajdonságát nemesítés után a 10. táblázat tartalmazza. Ebből kitűnik, hogy az erősen ötvöztött acélok folyáshatára alig tér el a többitől, az olcsóbb acélok tehát — amelyek egyébként önmagukban is súllyesztékanyagok — kitűnő szerszámtestanyagok.

Anyagvizsgáló szakemberek mérései szerint a súllyesztéket a 66. ábrán látható módon készítve, az NK acélhoz képest az élettartam mintegy tízszeresére nő. Az ábrán látható repedés terjedési sebessége ausztenites króm-nikkel varratban kb. fele annak, mint amit a wolframmal és molibdénnel erősen ötvöztött varratban mértek. Ez indokolja nagyméretű súllyesztékek a 64. ábra szerinti

10. táblázat

Súllyesztéktestek mechanikai tulajdonságai nemesítés után

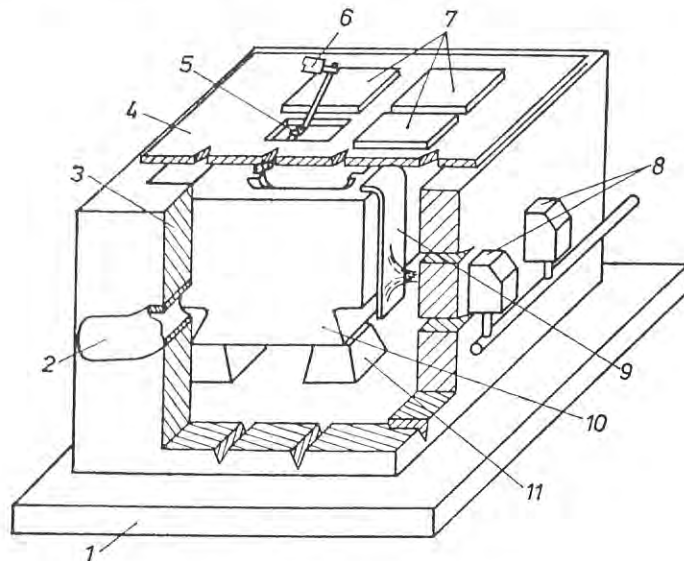
Jellemzők	Hőkezelés: edzés olajban/megeresztés, °C						
	1120/630	1120/630	1040/580	850/610	1040/610	1040/610	1040/610
Anyag	W 1	W 2	W 3	NK	K 12	K 13	K 14
Szakítószilárdság, R_m , MPa	—	1700	1700	1400	1700	1970	1610
Folyási határ, $R_{0.2}$, MPa	kb. 1400	1320	1520	kb. 1100	1440	1630	1400
Keménység, HRC	kb. 50	48	kb. 48	kb. 33	46	47	50
Ütőmunka, $KV_{30/2}$	—	—	—	—	60	19	23
500 °C-on, J	—	—	—	—	—	—	—
Egységár (1982-ben) Ft/kg	250...350	200...230	120...140	35...40	45...50	40...50	55...65

hegesztését, kisméretűeknél természetesen a hozzáférhetetlenség miatt nem oldható meg.

A 10. táblázatban felsorolt, kissé ötvözött szerszámtestanyagok használatát az ötvözetlenekkel szemben az indokolja, hogy a szerszámtest munka közben többszáz °C-ra hevülhet. A két-három rétegű erősen ötvözött hegesztőanyag felveszi ugyan a legnagyobb igénybevételeket és alatta már a hőmérséklet is kisebb mint a felületen, de még így is lényegesen meghaladja azt a hőmérsékletet, amelyen az ötvöztelen szénacél tartósan igénybe vehető.

A felrakóhegesztéssel készülő ún. *takaréksüllyesztékek* tehát NK, K 12, K 13 vagy K 14 acélfajtákat kell választani. Az ily módon elkészített süllyesztékek élettartama hosszabb, mint a teljes tömegében erősen ötvözött pl. W 1 acélból készülté, mert a nagy hőingadozás hatására leghamarabb tönkremenő vállak és tüskék csúcsa ezt az igénybevételt a W 1-nél jobban elviselő kobalt- vagy nikkelalapú ötvözetből áll. Ezenkívül olcsóbb is, mert az alaptest ára legfeljebb tizedrésze a W 1-ének.

További, el nem hanyagolható előnye, hogy a takaréksüllyeszték elkészítése 600 °C-nál magasabb hőmérsékletű kemencét nem igényel. Az előmelegítést — ha arra mód van — célszerű kemencében végezni és a szerszámot erre a célra épített, alulról fűthető hőntartódobozba helyezni hegesztéshez. Nagyobb hőbevitel esetén azonban a 67. ábrán látható *provizórikus kemence* mind előmelegíti-



67. ábra. Melegítőkemence

1 kemencealap; 2 fűtelszívó cső; 3 kemencefal; 4 tető nyílásokkal; 5 készülő varrat; 6 elektroda fogó; 7 nyílászáró lapok; 8 gőzgök; 9 lángterelőlap a süllyeszték helyi túlmelegítésének elkerülésére; 10 süllyeszték; 11 láb

tésre, mind a hegesztést követő egy-két órás hőntartásra, mind pedig a keményítő megeresztésre alkalmassá tehető.

A kemence oldalfalai készülhetnek közönséges vagy tűzálló téglából, amelyre külső azbesztborítást is célszerű tenni a sugárzó hő csökkentésére. A kemencére olyan fedőt képezzünk ki, amelynek nyílásain át a hegesztés elvégezhető, de amely nyílások közül mindig csak az az egy van nyitva, ahol a hegesztés folyik.

Kis méretű süllyesztékek előmelegítése és hőntartása villamos fűtőlapokkal vagy gázégőkkel egyaránt megoldható, a nagyobb méretűeket általában gázégőkkel fűtjük. Gondoskodjunk az égéstermékek elvezetéséről is.

A nagy igénybevétel miatt két hegesztő végezze a munkát negyedórás váltásokban, mert a tapasztalat szerint ennél hosszabb, egyfolytában végzett hegesztés közben, a figyelem a fáradtság miatt nagyon lankad.

A süllyeszték hibás részeit gyakran hornyoló elektródával, esetleg bevont elektróda túlárammal végzett leolvasztásával távolítjuk el. Az ömledéket az iv fúvóhatása tereli el a kívánt részről; az edződés elkerülésére 350...500 °C előmelegítést végzünk.

B.3. Ötvözetlen, gyengén vagy közepesen ötvözött szerszámok javító- és felrakóhegesztése

Ebbe a csoportba tartoznak a szilíciumon kívül, összesen legfeljebb 4...5% ötvözőelemet tartalmazó acélok. *Közös jellemzőjük, hogy nincs olyan hőmérséklet-tartomány, amelyre edzési hőmérsékletre hűtve az acélt, az ausztenites szövetszerkezet huzamosabb időn át megmarad.* Ez azt jelenti, hogy az 53. ábrán látható 1 és 2 jelű technológia nem alkalmazható.

Az ebbe a csoportba tartozó acélok közül a W 5 és W 6 közepes teljesítményű melegsorjázókhoz, műanyagszerszámokhoz és hidegfolyató, valamint éremverő szerszámokhoz, a W 8, W 9, K 3, K 4, K 6, M1 hasonló teljesítményű hidegalakító és kivágószerszámokhoz, hideg- és meglehengerekhez, az S 71...S 131-ig terjedő acélok kis teljesítményű hidegkivágókhoz és kéziszerszámokhoz alkalmasak, az NK acél pedig jellegzetesen a nagytömegű süllyesztékek anyaga.

Az alapanyaghoz azonos összetételű ömledékekkel végzett javítások után a kívánt keménység edzéssel érhető el, amely egyúttal a felületet homogenizálja. Attól függően, hogy a hegesztést megelőzően lágyításra volt-e szükség vagy sem, 3 vagy 4 technológia alkalmazható (l. az 53. ábrát).

Az ötvözetlen, gyengén vagy közepesen ötvözött szerszámacélokból általában kisméretű, legfeljebb néhány 10 kg tömegű szerszámok készülnek. Ha a hegesztés közben bevitt hő több, mint amennyi hővezetéssel és sugárzással eltávozik, káros túlmelegedés keletkezik. A hegesztők ilyen kis szerszámok hegesztésekor gyakran elhagyják az előmelegítést, ez alapvetően hiba. A hegesz-

tés megkezdésekor még hideg alapanyag ugyanis megrepedhet, s ha később a felkeményedett szövet ki is lágyul, a kezdeti repedés az él alatt megmarad.

Alapvető szabály tehát: *hegesztés előtt előmelegítést kell alkalmazni* a repedés elkerülése végett, a kisebb darabok túlmelegedése pedig a hegesztés hosszabb-rövidebb idejű megszakításával elkerülhető.

Vékony élek felrakóhegesztésekor ha az él végén levő varratszakaszt középről kifelé készítjük, az él vége túlhevül, megolvad, elfolyhat. Ezért *az élek végén utoljára készülő varratokat mindig kívülről befelé készítsük el* (l. az 50e ábrát).

Erősen ötvöztött elektródák használata esetén az előmelegítés hőmérséklete 450...600 °C, hogy a hegesztés befejezéséig legalább a varrat anyaga ausztenites szövetszerkezetű maradjon. Kevésbé ötvöztött, s a külföldről nagy választékban beszerezhető elektródákkal, vagy huzalokkal végezve a felrakást, a tapasztalat szerint az ötvöztött alapanyagot 300...400 °C-ra, az ötvöztelen 250...300 °C-ra kell előmelegíteni ahhoz, hogy a hőhatásövezetben veszélyes mértékű (300...350 HV-nél nagyobb) keménység vagy a különböző minőségű acélok hőtágulási különbsége folytán repedés ne keletkezhessek. A varratok hegesztési sorrendjével kapcsolatos megfontolások a B.2. alfejezet ábráin bemutatottakkal azonosak, azzal a különbséggel, hogy az összetétel hasonlósága folytán már az első varrat összetétele is megfelel.

Ha a felületi nyomásnak kitett rétegvastagság meghaladja az 1,5...2 mm-t *bevontelektródás, védőgáz* vagy *fedettívű hegesztés* között választhatunk, a rendelkezésre álló berendezésektől és a felrakásra váró felület nagyságától függően. A *szóróhegesztést* a nagy koptatóhatásnak, de kisebb felületi nyomásnak kitett alkatrészekhez, alakítószerszámokhoz, szerszámelemekhez célszerű alkalmazni, legfeljebb 1...1,5 mm vastag rétegben.

A felrakóhegesztéssel készített vagy javított szerszámok megmunkálása során figyelembe kell venni a nagy keménységű réteg sajátosságait:

- Esztergálást mindig a felrakott rétegben kell kezdeni; az általában lágyabb alapanyag felől indulva, a réteg találkozási helyén a varrat igen könnyen bereped. Az előzők fokozottabban érvényesek szórt felületek megmunkálására.
- Az alapanyag minőségének megfelelő köszörülési technológia a felrakott rétegben edződésre, edzési repedések keletkezésére vezethet.
- A köszörülés futtatási szint ne okozzon.

Az ötvöztelen, gyengén vagy közepesen ötvöztött szerszámacélok hasonló összetételű, azaz legfeljebb közepesen ötvöztött hegesztőanyagokkal végzett javítása vagy felrakása azonban csupán szükségmegoldásként fogható fel. A 4. táblázat 13–20. sorszámú ömledékeiből a felhasználási területnek megfelelően kiválasztott, erősen ötvöztött hegesztőanyagokkal végezve ugyanis a hegesztést, a szerszám élettartama megsokszorozódik.

Ez a hegesztés azonban már tulajdonképpen *takarékszerszám* gyártásának

tekinthető. A hegesztéstechnológia kidolgozásához ezért a B.2. alfejezetben tárgyalta kell figyelembe venni.

Mínhogy a szerszámtest az S 71...S 131 sorozat tagjainak kivételével gyengén ötvöztött, *az élek már a második varratból is kialakíthatók*. Az ötvöztelen S 71...S 131 acélokhoz természetesen három varratréteg szükséges, az így elkészített szerszám élettartama azonban a varrat összetételének megfelelő szerszámával azonos.

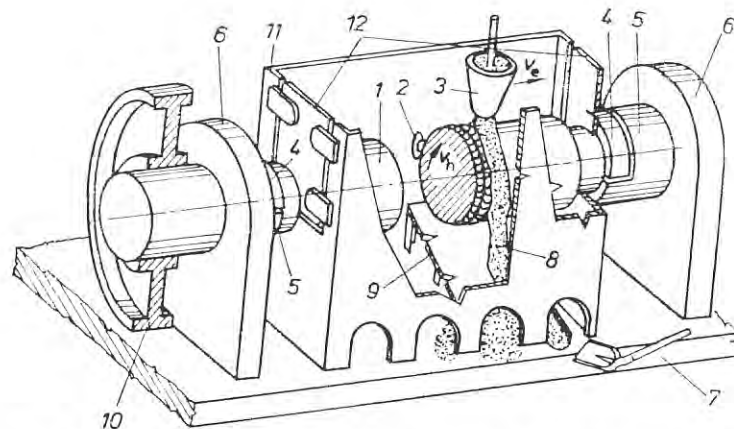
Ha a 3 vagy a 4 technológiával (l. az 53. ábrát) hegesztünk, a hőmérsékleteket az erősen ötvöztött varratanyagának megfelelően választjuk.

Az előzők vonatkoznak a nagy tömegű sülllesztékekhez használt NK acélok hegesztésére is.

A sülllesztékeknek egyszerűbb geometriai kialakítású *hengerek felrakó-hegesztése* előmelegítő kemencében végezhető (68. ábra). Általában fedettívű hegesztést alkalmazunk. A hengert a két csapján támasztjuk fel és a hegesztési sebességnek megfelelően forgatjuk. A fedettívű automata mozgását huzalelektrodát használva pl. úgy kell szabályozni, hogy egy fordulatra az elkészített varratszélesség mintegy 70%-a legyen az előtolás, azaz a két varrat kb. 30%-ban túlfedje egymást.

A forgó hengertest alatt a lepergő fedőport ferdén beállított tálca fogja fel és az egyik oldalfal felé gyűjti azt össze, ahol megfelelő nyíláson eltávolítható.

Helyi túlhevüléstől nem kell tartani, mert a henger forog. Az égők a hengernek azt a felületét melegítik, amely a hegesztési hely alá fordul.



68. ábra. Melegítőkemence tengelyszerű alkatrészek felrakóhegesztéséhez

1 henger; 2 melegítő égő; 3 hegesztőfej; 4 rögzítőbilincs; 5 csapágyazott felfogócsap; 6 állványok; 7 kemencealap; 8 leszóródó fedőpor; 9 terelőlemez; 10 hajtófogaskerék; 11 kemencefal; 12 a henger behelyezésekor kiemelhető ajtó
 v_e hegesztőfej előtolásának iránya; v_h a hegesztési sebességének megfelelő forgatás iránya

B.4. Gépalkatrészek és szerkezeti elemek javító- és felrakóhegesztése

B.4.1. Gépalkatrészek és szerkezeti elemek igénybevétele

A gépalkatrészek és a szerkezeti elemek felületét terhelő igénybevételek

- adhéziós kopás,
- abrazív kopás,
- erózió,
- kavitáció,
- korrózió,
- hőigénybevétel.

Adhéziós kopás akkor következik be, amikor az egymáson csúszó vagy gördülő fémes felületű alkatrészek a nagy nyomás hatására helyenként adhéziós kapcsolatba kerülnek és a relatív elmozduláskor ezek a szemcsék helyükről kiszakadnak. Ez a jelenség az ún. *berágódás*, amelynek elkerülésére — a kenésen kívül — az egymáson csúszó anyagrészeket különböző anyagminőségből vagy különböző keménységű anyagokból kell készíteni (pl. edzett — normalizált, öntöttvas — acél párosítás). Gördüléskor a nagy helyi nyomás hatására gördösödés keletkezhet, amelyet a keményebb anyagok könnyebben elviselnek, mint a lágyak.

Tiszta adhéziós kopás csak hegeszthető — általában oxidmentes felületű — fémek között is csak ritkán fordul elő, elsősorban pl. forgácsolószerszámok felületén ott, ahol a szerszámmal a frissen leválasztott forgács érintkezhet. Sík és a rajta gördülő kerék között vagy lánckerék és csap érintkezési felületén adhéziós kapcsolat csak akkor jelentkezik, ha a nagy felületi nyomás és súrlódás hatására az oxidréteg felszakad.

Abrazív kopást oxidok, ásványi anyagok okoznak az alkatrészek felületén.

- Az apró, kis sebességgel mozgó szemcsék koptatta felület sima, karcmentes. Ezt az igénybevételt a kemény felületek viselik el legjobban.
- Nagy nyomó-igénybevételű őrléskor a felület karcos, keményebb alpanyagnál kipattogzott. Kemény, esetleg edzett réteg kívánatos.
- Nagy nyomó-igénybevétel és közepes ütőhatás kipattogzást okoz a felületen. A legkedvezőbb ellenállás a közepes keménységű varratokkal érhető el.
- Durvaszemcsés anyagok igen nagy ütő- és nyomó-igénybevétele alatt álló felület mélyen barázdált. Az ilyen igénybevételre ausztenites man-gánacél alkalmas.

Erózió a felületre nagy sebességgel áramló finomszemcsés ásványi anyagok okoznak. A koptatott felület kifényesedik és az áramlás irányának megfelelően

hosszabb-rövidebb árkok jelennek meg. Az ilyen igénybevétellel szemben első sorban a keményötvözetű varratok kedvezők vagy az erősen ötvözöttek.

Kavitáció az áramló folyadékokban hirtelen fellépő, igen nagy nyomásváltozások következtében keletkezik. Ezek hatására oly nagy ütések érik pontszerűen az acéltárgy felületét, hogy abból apró részecskék válnak le és a felületen kisebb-nagyobb kráterek keletkeznek. Legkedvezőbbek a szívós, ferrites, vagy ausztenites szövetszerkezetű ötvözetek.

Korróziót vegyi reakciók váltanak ki. Sokfélesége miatt, a korrózióálló acélok és a hegesztőanyagok igen széles skálája ismeretes. Eredményes védekezés csak a korrózió fajtájával szemben helyesen választott alap- és hegesztőanyag használatával érhető el.

Hőigénybevételnek a többszáz — esetenként 1000 °C feletti — hőmérsékleten huzamosan igénybevett alkatrészek vannak kitéve. A hőállóság elsősorban az acél króm tartalmától függ, amelynek értéke legalább 12%. A különböző összetételű gázokkal és égéstermékkel szemben más-más összetételű acél viselkedik megfelelően, ezért erre a hegesztőanyag választásakor is ügyelni kell.

B.4.2. Kopásnak kitétt alkatrészek

A karbantartó szakemberek számára igen nagy gondot okoz a különböző alkatrészek felületének mechanikai elhasználódása. Ez a folyamat általában többféle, egyidejűleg ható igénybevétel következménye. A rendelkezésre álló hegesztőanyagok gazdag választéka lehetővé teszi az adott üzemi viszonyoknak leginkább megfelelő hegesztőanyag kiválasztását az ajánlások, gyakorlati megfigyelések és tapasztalatok alapján összeállított táblázatokból. A kopásnak kitétt felületek igénybevétele elsősorban *abrazív kopás*, ezzel egyidejűleg azonban gyakran fellép a *korrózió* és a *hőigénybevétel* is. Ez utóbbival általános esetekben (400 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten) nem kell számolni; a korrózió azonban pl. nedves ásványi anyagok őrlése vagy szállítása, mozgatása során jelentős lehet. Hegesztéstechnológiai szempontból csoportosítva a hegesztőanyagokat, az alkatrészek javítására vagy felrakására megkülönböztetünk

- edződésre hajlamos acél vagy keményötvözetű, ill.
- ausztenites összetételű anyagokat.

Hegesztés edződésre hajlamos összetételű acéllal vagy keményötvözetű hegesztőanyaggal. Az igen nagy ütő- vagy nyomó-igénybevételt elviselő alkatrészek kivételével, a kopásnak kitétt felületeken olyan réteget célszerű készíteni, amely edzhető vagy összetételénél fogva eleve kemény. A kopás fajtájától és az ütőigénybevétel nagyságától függően, a korróziós igénybevételt is figyelembe véve, a 4. táblázat 2—5. sorszámu ötvözetéből lehet a legkedvezőbb összetételű hegyanyagot előállítani. A táblázatokban feltüntetett keménységi értékek a hegesztés után levegőn hűlt varratok keménységét mutatják.

Az alaptest ötvözetlen, közepesen ötvözött vagy erősen ötvözött lehet. Tapasztalatok bizonyítják, hogy amennyiben a varratot közvetlenül övező részekben a keménység 300...350 HB-nél nagyobb, a zsugorodó anyagrészek belső feszültsége repedést okozhat. Az ennél kisebb keménységű anyagrészek kellően szívósak, képlékenyek ahhoz, hogy a zsugorodást alakváltozással követhessék, ezért az edződő acélból készített alkatrészeket hegesztéshez előmelegítjük. Ezzel érhető el a hegesztést követő szükséges sebességű hűlés és ennek eredményeként a megfelelő keménységű szövetszerkezet. Az előmelegített alaptestre végzett hegesztéskor természetesen a varrat hűlési sebessége is csökken és emiatt valamivel lágyabb varrat képződik a táblázatokban feltüntetett értékeknél.

Az előmelegítési hőmérséklet meghatározására elsősorban a következő módszerek ismereteseik.

- A gyakran előforduló gyengén vagy közepesen ötvözött alapanyagokra a különböző hegesztőkatalógusok a 11. táblázatban feltüntetett hőmérsékleteket ajánlják.
- A 11. táblázatba be nem sorolható gyengén vagy közepesen ötvözött alapanyagok előmelegítési hőmérsékletét a C_e szénegyenérték alapján határozzuk meg:

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + 0,0024 s,$$

ahol az elemek vegyjele azok tömeg%-át, s pedig az anyagvastagságot jelenti mm-ben. A szénegyenértéken tehát az ötvözőelemnek és a munkadarab méretének a hatását értjük az edződési hajlamra. A 12. táblázat ennek a függvényében tartalmazza az ajánlott előmelegítési hőmérsékleteket. Acélöntvényeket és a kb. 50 mm-nél nagyobb vastagságú hengerelt vagy kovácsolt szelvényeket az ajánlott felső határérték közelébe kell felhevíteni és hőntartani hegesztés közben. Acélöntvényeknél ez az igény a hengerelt vagy kovácsolthoz kisebb szívósság, a nagy falvastagságú alkatrészeknél pedig a nagy hőelvonás miatt indokolt.

- Azoknak az acéloknak az előmelegítésére, amelynek folytonos vagy izotermás átalakulási görbéi ismertek, az M_k hőmérséklet ad támpontot; $M_k + 20...50$ °C-ra előmelegített alapanyagra hegesztve ugyanis sem a varratban, sem pedig a hőhatásövezetben rideg, martenzites szövetszerkezet nem alakulhat ki. Az így megállapított hőmérséklet a szénegyenértékből számítottánál nagyobb, de a biztonság irányában hat. A gazdaságosságot növeli és a technológia végrehajtását könnyíti azonban, ha az előmelegítési hőmérséklet a szükséges legkisebb. Az így kiszámítottánál kisebb hőmérséklet elsősorban a legfeljebb 0,1...0,2% széntartalmú acélokhöz engedhető meg, pontos értékét ebben az eset-

11. táblázat

Acélok előmelegítési hőmérséklete

Az anyag jele	Tájékoztató összetétel, tömeg %-ban					Hőmérséklet, t_p , °C
	C	Mn	Cr	Ni	Mo	
C 25	0,20...0,30	0,40...0,70	—	—	—	100...200
C 35	0,30...0,40	0,50...0,80	—	—	—	200...300
C 45	0,40...0,50	0,50...0,80	—	—	—	230...320
C 55	0,50...0,60	0,60...0,90	—	—	—	260...340
C 60	0,55...0,65	0,60...0,90	—	—	—	300...350
Mn 1	0,25...0,35	1,2...1,7	—	—	—	230...300
Aö 35 Mn, Aö 30 MnSi	0,35...0,45	0,8...1,1	—	—	—	260...350
Mn 2	0,35...0,45	1,1...1,4	—	—	—	300...350
BC 2	0,35...0,45	1,6...1,9	—	—	—	330...400
BC 3	0,1...0,2	0,4...0,6	0,4...0,7	—	—	150...250
Cr 1	0,15...0,20	1,0...1,3	0,8...1,1	—	—	200...300
Cr 3	0,30...0,40	0,6...0,9	0,9...1,2	—	—	300...350
BNC 2	0,35...0,45	0,6...0,9	0,9...1,2	3,0...4,0	—	350...400
BNC 5	0,1...0,2	0,4...0,7	0,5...1,0	1,0...1,7	—	200...300
BNCMo 3	0,1...0,2	0,4...0,7	1,0...1,7	3,5...4,5	0,2...0,3	200...300
Aö 40 Cr Ni CrNi	0,1...0,2	0,4...0,8	1,0...1,4	—	—	250...350
CMo 1	0,3...0,4	0,4...0,8	1,0...2,0	—	—	250...400
CMo 3	0,2...0,3	0,5...0,8	0,9...1,2	—	0,15...0,3	250...350
CMo 4	0,3...0,4	0,5...0,8	0,9...1,2	—	0,15...0,3	300...400
NCMo 3	0,4...0,45	0,5...0,8	0,9...1,2	—	0,15...0,3	320...400
NCMo 4	0,35...0,45	0,7...1,0	0,4...0,6	0,4...0,7	0,15...0,3	200...300
NCMo 5	0,35...0,45	0,5...0,8	0,6...1,2	0,7...1,0	0,15...0,3	230...300
NCMo 6	0,3...0,4	0,4...0,8	1,2...1,7	1,0...1,7	0,15...0,3	260...350
NCMo 7	0,25...0,35	0,3...0,6	1,7...2,2	1,7...2,2	0,30...0,5	300...350
CrNiMo	0,3...0,4	0,3...0,6	1,5...2,0	3,0...4,0	0,30...0,5	350...400

12. táblázat

Gyengén és közepesen ötvözött szerkezeti acélok
szénegyenértéke és előmelegítési hőmérséklete

Szénegyenérték, C_e	Előmelegítési hőmérséklet, t_0 , °C	
	$C = 0,2...0,45\%$	0,15%-nál kisebb széntartalmú CrMo acélok
0,45	100...150	100...150
0,50	150...200	150...200
0,60	200...250	200...250
0,70	250...300	250...300
0,80	300...350	275...325
0,90	350...400	300...350
1,00	400...450	325...375
1,10	400...350	350...400

ben hegesztési kísérlettel kell meghatározni oly módon, hogy 350 HB-nél nagyobb keménység a kötésben ne adódjék. Ez azonban csak annyit jelent, hogy edzési repedés nem keletkezik hegesztés közben, a teljes biztonság elérésére hegesztés után feszültségcsökkentő hőkezelést kell alkalmazni.

Az M_k hőmérséklet számítással is meghatározható:

$$M_k = 520 - (360 + 40C) - 33Mn - 11Si - 22Cr - 17Ni - 11Mo - 11W + 6Co + 17Al,$$

ahol az elemek vegyjele azok tömeg%-át jelenti.

Lágyacélra (0,25%-nál kisebb széntartalmú hengerelt vagy kovácsolt acélra) edződő varratot adó hegesztőanyaggal hegesztve az alapanyag előmelegítést nem igényel. A varratban visszamaradó belső feszültségek és a repedésveszély csökkentése végett azonban ilyenkor is ajánlatos sík felületek felrakóhegesztése esetén 100...200 °C-os, hengerfelületek felrakóhegesztése esetén pedig 150...250 °C-os előmelegítést alkalmazni.

Az edződő varratokkal hegesztett alkatrészeket nem ajánlatos hidegen egyengetni, mert a kemény varratok megrepedhetnek. A melegítés az acélok képlékenységet növeli, egyengetéshez ezért az ilyen alkatrészeket 400...600 °C-ra kell hevíteni.

Ha a kemény varratot forgácsolással kell megmunkálni, akkor ki kell lágyítani előbb, és a tervezett rétegekeménységet a megmunkálást követő hőkezeléssel érjük el. Ezek a műveletek bonyolítják a technológiát, a gazdaságosságot pedig rontják. A gyakorlatban ezért arra törekszünk, hogy a varratok a le-

hető legkevesebb ráhagyással készüljenek és a végső forma kialakításához a köszörülés elegendő legyen. Ez a cél részgyámok használatával érhető el.

Edződő, előmelegített alapanyagra hegesztve, a hőhatásövezetben veszélyes mértékű keményedéstől nem kell tartani, de az 50...55 HRC-nél keményebb rideg varratok — elsősorban hengeres alkatrészeken palástfelületén — megrepedhetnek, mert hűléskor, a képlékeny alakváltozás hiánya miatt, zsugorodásból nagy belső feszültségek ébrednek. Ez a belső feszültség elhanyagolható értékre csökken, ha az előmelegítési hőmérsékletet 400...500 °C-ra növeljük. Ha ez a feltételek hiányában nem érhető el, az alaptest összetételéből számított hőmérsékleten az alkatrész felületére 2...3 varratréteg vastagságban lágyacél (4. táblázat 1. sorszám) vagy ausztenites acél (4. táblázat 22. sorszám) párnaréteget kell felhegesztetni. Csak ezután következhet a kopásálló réteg felrakása, amelynek első varratrétege a lágyacél párnaréteggel keveredve a táblázatokban megadott értékeknél lágyabb. E rétegnek csak második, harmadik varratrétege megfelelő összetételű és keménységű. Az ilyen esetekben tehát az előkészítést a felület lemunkálásával kezdjük, az alkatrész megengedhető kopásmélységén túl 10...12 mm mélységig, az említett 4...5 varratréteg vastagságának megfelelően. Elsősorban a bonyolult alakú és hegesztéskor hőhatásövezetében 350 HB-nél nagyobb értékre keményedő acélöntvények hegesztés előtt és után célszerű lágyítani. Ennek hiányában fokozott repedésveszéllyel kell számolni, főleg a keresztmetszetváltozások helyén.

A repedésveszély csökkentésére — ha a lágyítás el is marad — a feszültségcsökkentő hőkezelés viszont nem maradhat el, ellenkező esetben a nagy belső feszültség az alkatrészt idő előtt tönkretetheti.

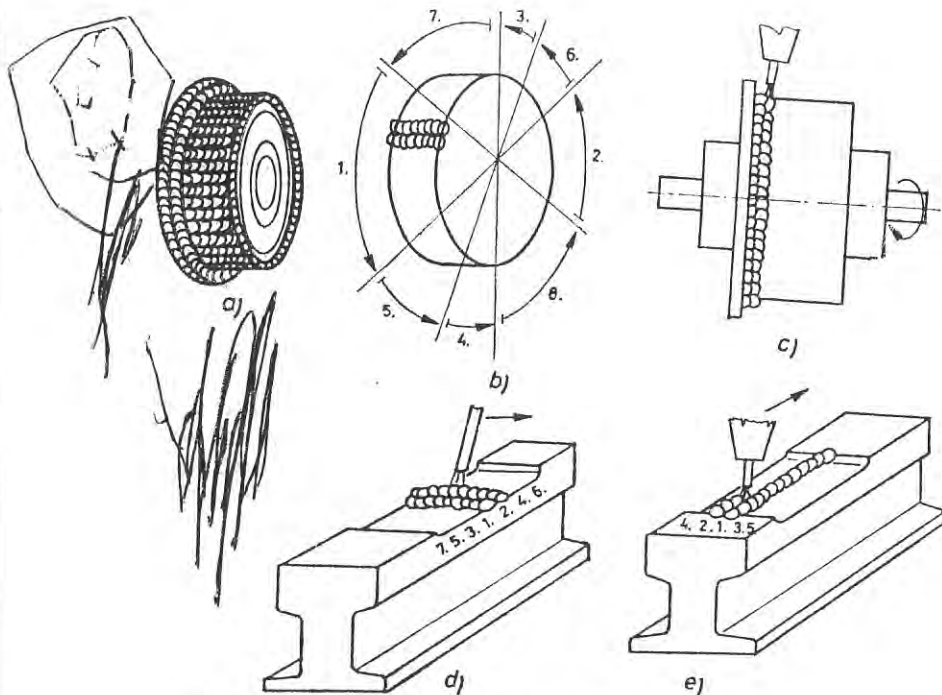
Ritkán erősen ötvözött szerszámacélból is készül alkatrész. Ilyenkor ausztenites előmelegítést vagy — ha ez megvalósíthatatlan — egyszerű előmelegítést alkalmazunk és a hegesztéstechnológiát a B.2. alfejezetben ismertetett elvek szerint kell kidolgozni.

Fémes kopás vezetősinéken és a velük kapcsolatban levő görgőkön, vasúti és darusíneken, valamint járműkereken, csúszósíneken, fogas- és lánckereken, húzódobokon stb. jelentkezhet. Sín és görgő találkozási helyén fellépő vonalszerű nyomás az adhéziós koptatóhatáson kívül, a felületen és alatta anyagfáradást indíthat el, amely korai tönkremenetelt okoz. Ezért ilyen helyeken a felhegesztett rétegnek szívósnak is kell lennie.

A hegesztőanyag megválasztásakor ezen kívül tekintettel kell lenni arra is, hogy a túl kemény alkatrész az ellendarabra fokozott koptatóhatást fejt ki, a könnyebben cserélhetőnek ezért 20...40 HB-vel lágyabbnak kell lennie.

Fontos követelmény továbbá a kapcsolódó felületek pontos geometriája is, a hegesztőanyag megválasztásánál ezért a hegesztést követő megmunkálás lehetőségét, szükségességét is mérlegelni kell: a 400...450 HV kemény rétegek utólagos megmunkálása nehéz.

A 69. ábra hengerdei darusín és darukerek felrakóhegesztését szemlélteti. A 4. táblázatban e célra ajánlott hegesztőanyagok összetételét és keménységét



69. ábra. Darukerék és darusín felrakóhegesztése

a) bevontelektrodás felrakóhegesztéssel készült kerék; b) hegesztési sorrend; c) a kerék felrakóhegesztése porbeles huzallal; d) a sín felrakóhegesztése bevontelektrodás ivhegesztéssel; e) a sín felrakóhegesztése porbeles huzallal, a számok a hegesztési sorrendet jelzik

a 2. és 3. sorszámúak tartalmazzák, s az ilyen összetételű varratot adó hegesztőanyagok bevont elektrodák, tömör, valamint porbeles huzalok formájában egyaránt beszerezhetők. Feltételezve, hogy a darusín keménysége 240...260 HB és a darukerék cseréje könnyebben végrehajtható mint a síné, a kerék javító- vagy felrakóhegesztéséhez 200...250 HB keménységű hegesztőanyag célszerű.

Bevontelektrodás ivhegesztés esetén, a varratok hegesztési sorrendje természetesen más lehet, mint nagy teljesítményű automatikus hegesztés esetén. A sín hosszirányában és a görgök kerületén csigavonalszerűen végzett hegesztés nagyobb maradófeszültséggel jár, mint az ettől eltérő technológiával hegesztetté; a nagy teljesítményű hegesztő eljárások előnye azonban természetesen csak így használható ki. A varrat nem túl nagy keménysége egyébként arra utal, hogy a repedési hajlam nem számottevő és a kerék futófelületének utánmunkálása nehézségbe nem ütközik. Ha a darusín A 70, a kerék pedig Aö 50 minőségű, a hegesztéstechnológia a következő:

1. A futófelület tisztítása, előmunkálása, a hibás helyek eltávolítása köszörüléssel vagy forgácsolással.

2. Előmelegítés a 10. táblázat szerint.

3. Hegesztés. A darusín talpára állítva, a kereket tüskére húzva és forgatva kell hegesztetni. Nagyobb darabszámú kerék javításakor jó szolgálatot tesz a forgató- és melegítőkészülék. A nagy teljesítményű hegesztéskor ugyanis a nagy hőbevitel a készülékből alig sugárzó hővesztéséget pótolja, így a hegesztés folyamatos lehet, szemben a készülék nélkül végzett hegesztéssel, amikor az utánmelegítés végett gyakran meg kell szakítani a hegesztést.

4. Hűtés levegőn.

5. Feszültségcsökkentő hőkezelés (lehetőleg a hegesztést követően azonnal),

6. Forgácsolómegmunkálás.

Minthogy a varrat az alapanyagnál alig ötvözöttebb, már az első varrat is megfelelő minőségű. Csúszósínek és lánckerekek felületén 35...50 HRC keménységű varratok is alkalmazhatók, mert ezeken a helyeken a kapcsolódó alkatrészek keménysége is nagyobb lehet. Ez az érték elsősorban azokra a kisméretű és egyszerű alkatrészekre engedhető meg, amelyek köszörüléssel készre munkálhatók.

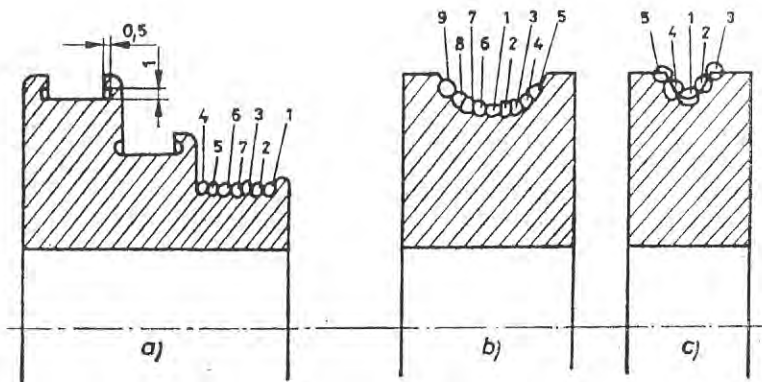
Drótkötélpályát feszítő görgők, huzalvezető, terelő, revétlenítő görgők és huzalhúzó tárcsák stb. felületét nikkellel ágyazott, apró wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó hegesztőanyaggal célszerű felrakni (l. 4. táblázat 10. sorszám). A legjobb eredményt az argonvédőgázos ivhegesztéssel készült rétegek adják.

Az ilyen zsugorított, nikkalapú pálcák előnye, hogy a nagy keménységű wolfram-karbid-szemcsék nem vagy csak részben olvadnak meg az ívben, és az alapanyag megolvadása következtében a varratba jutó acélömladék a nikkellel nem alkot edződésre hajlamos réteget, ha a varrat alapanyaghányada a 15...20%-ot nem haladja meg. Hegesztéskor tehát törekedni kell a kis beolvadási mélységre. Kis széntartalmú ötvözetlen alapanyagon így végezve a hegesztést előmelegítés nem szükséges, bár 100...150 °C-os előmelegítés a belső feszültségeket csökkenti.

A szívós varratanyagba ágyazott wolfram-karbid-szemcsék rendkívül kopásálló, ütések is jól viselő réteget képeznek.

E drága hegesztőanyagot használva, a takarékoság végett készíthetünk egyetlen, 3...4 mm vastag réteget olyképpen, hogy lemunkálás után a megmaradó rétegvastagság 1,7...2,5 mm legyen. Peremes alkatrészek, pl. húzótárcsák célszerű előkészítése és hegesztési sorrendje a 70a, ábrán, perem nélküli huzalvezető görgők kialakítása és hegesztési sorrendje a 70b, és c ábrán látható. Sima palástfelületű tárcsákon tengelyirányú felrakás is végezhető.

A felhegesztett réteg rendkívül kemény és csak gyémántkőszörűvel munkálható meg, az élettartam-növekedés azonban a szerszámacélból készült húzótárcsákhoz képest 15...20-szoros.



70. ábra. Húzó tárcsák felrakóhegesztése

a) peremezett, háromlépcsős tárcsa; b) és c) különböző szélességű tárcsák peremezés nélkül, a számok a hegesztés sorrendjét jelzik

Szóróhegesztés esetén kisebb megmunkálási ráhagyás elegendő, mert a szórt réteg felülete jóval egyenletesebb, mint a hegesztetté.

A *meleghengerek vezető- és terelőgörgői, fordítóvillái, terelőlapjai* abrazív koptatóhatás és váltakozó hőterhelés alatt állnak.

Az ajánlott hegesztőanyag tájékoztató összetétele a 4. táblázat 3. vagy 5. sorában található. Erősen ötvözött, edződő hegesztőanyagról lévén szó, az alaptest 400...500 °C-os előmelegítése elengedhetetlen a repedésmentes varrat elkészítéséhez. A hegesztés után levegőn hűlt alkatrész nagy keménységű, ezért forgácsolással általában nem munkálható meg. Ez többnyire nem okoz gondot, mert az alkatrész rendeltetéséből következik, hogy nagy pontosságú felületre nincs szükség. A felületek bevonására megfelelő szóróanyagok is beszerezhetők, ez az eljárás elsősorban a kis ütőhatásnak kitett felületek esetén nyújt kielégítő eredményt.

Földmunkagépek futóműveiben az egymással érintkező hajtóelemek felületei között homok, föld, ásványi anyagok fokozzák a koptatóhatást, ezért javító- vagy felrakóhegesztésük során 300...400 HB keménységű felületi réteg előállítására törekszünk, de ha az utómunkálás lehetősége adott — elsősorban az egyszerű alakú alkatrészekben —, 50...55 HRC keménységű felület is előfordul (4. táblázat 4. sorszámú anyaga).

A keménység további növelése csak olyan alkatrészekhez engedhető meg, amelyeket számottevő ütőhatás már nem terhel. Az ilyen keménységű hegesztőanyagok erősen ötvözöttek, s mivel az alaptest általában gyengébben ötvözött az első varrat ötvöztartalmának csökkenésével kell számolni.

Javasolt technológia:

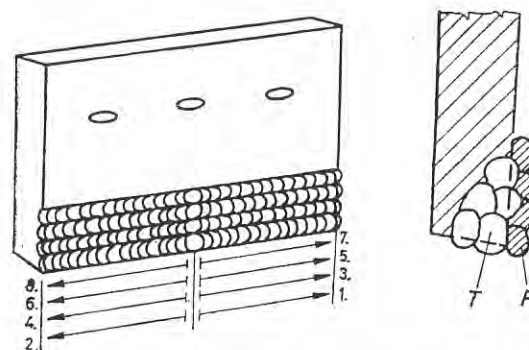
1. Előmunkálás, javítóhegesztés esetén a hibás, kopott felületek eltávolítása köszörüléssel vagy forgácsolással. Az edzett alkatrészt ki kell lágyítani.

2. Előmelegítés 400...500 °C-ra és hegesztés szabadon vagy készülékben.
3. Lehűlés nyugodt levegőn vagy homokban.

A *földmunkagépek szerszámjai*, az ásványi anyagokat kitermelő, őrlő-, feldolgozó- és szállítóberendezések nagy kopásnak kitett alkatrészei, a brikett és cserépipari sajtók, a fejtő-, bontó- és tépőkések közepes erősségű ütésnek kitett helyeken a 4. táblázat 5. sorszámú acélötvözetével javíthatók, ill. készíthetők.

Hasonló célokra alkalmas az ütésnek kevésbé kitett alkatrészekhez igen eredményesen használható vasalapú keményötvözet, amelynek leggyakoribb változata a 4. táblázat 6. sorszámú összetételéhez hasonló. Ez utóbbiak kopás-ellenállása az előzőkének többszöröse, de a hibátlan varrat lerakása nagyobb szakértelmet és 400...600 °C-os előmelegítési hőmérsékletet kíván. A hegesztők gyakran elhagyják a kellő hőmérsékletű előmelegítést, amelynek repedezett varratfelület a következménye. A tapasztalat azt mutatja, hogy azokon az alkatrészekben, amelyek esetleges törése életveszélyt vagy nagyobb anyagi kárt nem okoz, mint pl. ekevasak, cement- és betonkeverő lapátok stb., kivételesen megengedhetők bizonyos méretű repedések. Az alkatrész anyagát azonban ilyenkor lágyacélból kell választani, hogy a felületre merőleges repedéseket elrekeszelje.

A 71. ábrán földgyalu elkopott tolólapja látható. A javítóhegesztés megkezdése előtt a mélyebben kikopott részeket hazai, pl. ER 21, ER 22 vagy ER 23 kötőhegesztő elektródával célszerű feltölteni a kedvezőbb szívósság és az olcsóbb előállítás végett.



71. ábra. Földgyalu tolólapjának hegesztési sorrendje

T elkopott, feltöltött rész; F felrakóhegesztéssel létesített kopásálló varrat a számok és a nyilak a felrakóhegesztés sorrendjét ill. a hegesztés irányát jelzik

Lágyacélból (pl. A 37-ből) készült tolólap előmelegítése felesleges, a nagyobb széntartalmút (pl. A 60) azonban 200...300 °C-ra ajánlatos előmelegíteni.

A feltöltés után az élek köszörüléssel vagy forgácsolással egyaránt előkészíthetők a felrakóhegesztéshez. Az él felrakására többféle hegesztőanyag közül lehet választani.

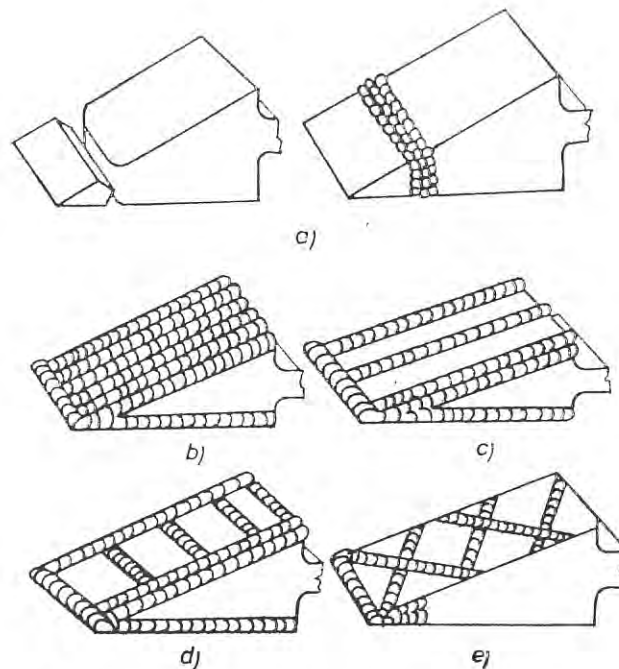
A nagy krómtartalmú varratok (4. táblázat 4. sorszám) edződésre hajlamosak, az elhúzódás és repedésmentes varrat elkerülésére 200...300 °C-os előmelegítés célszerű. Ennek elmulasztása a varratban hajszálrepedésekre vezet, amelyek azonban ebben az esetben az alkatrész használhatóságát nem zárják ki. Az első varrat keménysége, a hegesztőanyagra szavatoltnál természetesen 2...5 HRC-vel kisebb, ez azonban különösebb hátránnyal nem jár. Körülbelül ugyanennyivel csökken a harmadik varratréteg keménysége akkor is, ha a hegesztés előmelegített alapanyagon folyt. Minthogy forgácsoló utómegmunkálást általában nem alkalmazunk, mindössze kisebb utánköszörülésről lehet szó, a hegesztés után lévegőn hűlt varrat 50...55 HRC keménysége megfelel. Ha túl nagy elhúzódás következne be, egyengetéshez 400 °C fölé kell hevíteni a felrakott él környékét, mert különben reped. Forgácsolni csak kb. 800 °C-os lágyítás után lehet, ilyenkor azonban forgácsolás után a megfelelő keménység elérésére 1000...1050 °C-ról olajban edzeni, majd megereszteni kell.

Vasalapú keményítővözettel (l. 4. táblázat 6. sorszámot) hegesztve, a repedés elkerülésére 400...500 °C-os előmelegítésre lenne szükség. Ezt általában elhagyjuk, mert a javítóüzemekben ennek a feltételei hiányoznak, a varratban keletkező hajszálrepedések pedig a legtöbb esetben nem okoznak gondot. Egyengetéskor — bármilyen hőmérsékletre is hevítjük a munkadarabot — újabb repedések keletkezésével kell számolni. Réz- vagy grafitgyámokat használva a lehető legpontosabb élalkalakításra törekedjünk, mert lágyítás gyakorlatilag nem végezhető, ezért a forgácsolómegmunkálásról is le kell mondani.

Lánghegesztéshez keményítővözetbe ágyazott, wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó hegesztőanyag alkalmas. Kopásállósága kitűnő, de nagy ára és az eljárás kis termelékenysége miatt nem célszerű használni. A hasonló felépítésű ivhegesztő elektródákkal végzett munka termelékenyebb, de erre a célra szintén drága.

Kotróvedrek vágóéleinek, szállítóvödörök éleinek, kotrókormók (bagger kormók) stb. a felújítása (72. ábra). Földben, homokban, köves talajban dolgozó kormók anyaga közepes szénttartalmú ötvöztelen (pl. Aö 50) vagy kopásálló (pl. Aö 30 MnSi) acélöntvény. Ezek javítása a 72a, ábra szerint, kovácsolt él hozzáhegesztésével igen gazdaságos megoldás. Előmelegítés az alapanyag összetételének megfelelően (10. táblázat) szükséges, hegesztőanyagul elsősorban 18Cr-8Ni-6Mn-tartalmú, szívós, nagyszilárdságú varratot adó bevont elektróda vagy huzal jöhet számításba.

A 72b), c), d) és e), ábra az ötvöztelen acéltesten végzendő felrakóhegesztés különböző lehetőségeit szemlélteti. Apróköves talajban a 72b, megoldás, durvaköves talajban a 72c, puha talajban a 72d, és e) változat a célszerű, edződő vagy keményítővözetű varratokkal (l. a 4. táblázat 4. és 6. sorszámú ötvözeit),



72. ábra. Kotrókormók felrakóhegesztésének változatai

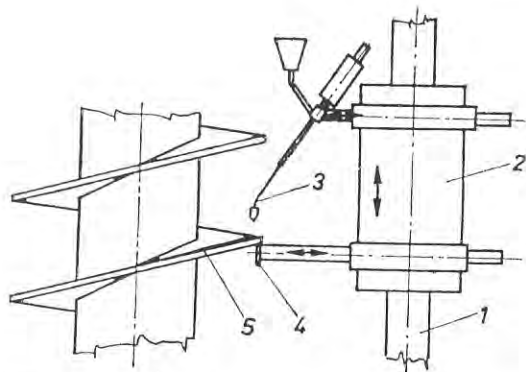
mert a rácsok közötti mélyedésekben megtapadó homok és föld elegendő védelmet nyújt.

A 4. sorszámú ötvözetek felrakása előtt 200...300 °C-os előmelegítés ajánlatos, a test kis tömege miatt azonban főleg a nagy termelékenységre porbeles huzalokkal végzett hegesztéskor károsan túlmelegedhet, kilágyulhat, ezért a hegesztést időnként meg kell szakítani.

A 6. sorszámú ötvözetek repedésmentes hegesztéséhez 300...600 °C előmelegítés szükséges.

A cement- és téglaiipari szállítócsigák, betonkeverőlapátok és betonszállító szivattyúk alkatrészei, ekevasak, gabonaőrölők verőkései, bányászati fejtőkések, salak- vagy széntörő kalapácsok felrakóhegesztésére legalkalmasabbak az apró wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó, vasalapú hegesztő vagy szóróanyagok. Ezek varrata azonban viszonylag rideg, ezért hegesztéskor az alapanyag összetételétől függetlenül 300...600 °C előmelegítést igényel.

A mezőgazdasági takarmánysajtó szállítócsigájának felszórását szemlélteti a 73. ábra. A technológia könnyen automatizálható; az oszlopon függőleges irányban elmozduló fejre szerelt szórópisztolyt, a csigafelület pillanatnyi helyzetének megfelelően, görgő vezérli.

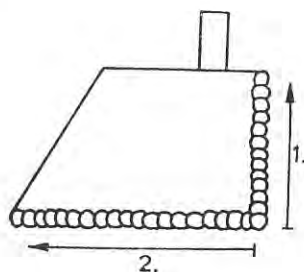


73. ábra. Szállítócsiga szóróhegesztése

1 oszlop; 2 fej; 3 szórópisztoly; 4 vezetőgörgő; 5 szállítócsiga

A felület tisztítását szemcseszóróval előzi meg. Ezután a gondosan tisztított felületre 40...60 HRC keménységű réteget adó acélötvözetű, esetleg wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó nikkel- vagy vasalapú port szórunk fel, majd a csigafelületeket egyengetjük.

Az A 50 vagy Mn 1 anyagminőségű *kopott betonkeverő lapátok* csorbult éleit kellő tisztítás után előbb 18Cr–8Ni–6Mn-tartalmú varratot adó elektródával kell kitölteni, majd a 74. ábrán jelölt helyeken kell ellátni kopásálló bevonattal. A javításhoz és a felrakóhegesztéshez az alapanyagnak megfelelő, 200...300 °C-os előmelegítés célszerű. A wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó hegesztőanyaggal legfeljebb két rétegben, összesen 3...4 mm vastagságot, a keményötvözetű hegesztőanyaggal egy rétegben 2...3 mm vastagságot célszerű készíteni.

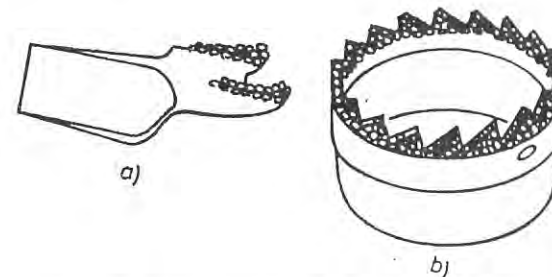


74. ábra. Betonkeverő lapát felrakóhegesztésének sorrendje

1 és 2 a hegesztés sorrendje és iránya

A bányászatban gyakran gondot okozó *mélyfúró szerszámok*, mint pl. a görgősfúrók, többélű fejtökések, stabilizátorok stb. felületét apró wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó keményötvözet-alapú, a homlokmarók, korona-

fúrók stb. felületét pedig durvaszemcsés wolfram-karbidokat tartalmazó, keményforrasz-alapú lánghegesztőpálcákkal töltjük fel. Az előbbire a 75a utóbbira a 75b ábra ad példát.



75. ábra. Bányászati szerszámok készítése felrakóhegesztéssel

a) kétféle fejtökés; b) koronafúró

A keményötvözet-alapú pálcával végzett lánghegesztés technológiája:

1. Az alapanyag alapos tisztítása, lehetőleg köszörülése.
2. A hegesztendő felület helyi, 600...700 °C-os előmelegítése, majd megolvasztása a hegesztőpálca leolvasztása előtt, hogy a varrat az alapanyaggal csupán néhány százalékban keveredjen. A láng erősen redukáló legyen.
3. Hegesztés után a teljes felrakott felület felmelegítése 500...550 °C-ra, majd néhány perces hőkiegyenlítés után lehűtés homokban.

A keményforrasz-alapú pálca szemcséi több milliméter nagyságúak. Javasolt technológia:

1. Felülettisztítás. Az eljárás rendkívül érzékeny a felületi szennyezésre, ezért a tisztítást különös gonddal kell végezni.
2. A keményforraszanyagot és karbidszemcséket tartalmazó pálca megolvasztása redukáló lángban. A keményforrasz olvadáspontja 750...850 °C, a felrakandó rétegvastagság 10...15 mm.
3. Hűtés lassan, nyugodt levegőn.

A nagyméretű wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó pálca könnyen előállítható a következőképpen:

1. A pálca tervezett hosszának megfelelő hosszúságú, esetleg vízzel hűthető rézgyámat készítünk, amelybe 10...15 mm mélységű vályút munkálunk. (Ezt hasonló méretű szögvas is helyettesítheti, ennek a felületéről azonban reve kerülhet a pálca felületére.)
 2. A vályúba, forgácsolóüzemekből begyűjtött, elhasznált keményfémlepkák 2...8 mm méretűre összetört szemcséit szórjuk.
 3. Annyi megömlesztett rezet vagy rézötvözetet öntünk rá, hogy a szemcséket éppen elfedje.
- Előfordulhat, hogy az így elkészített pálca minősége a kereskedelemben kaphatóét nem éri el, de jóval olcsóbb.

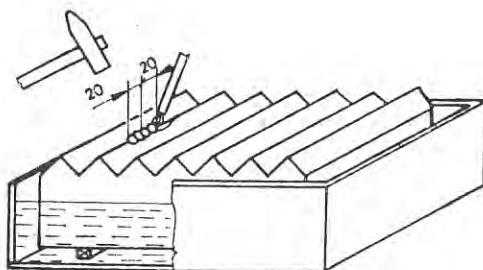
Hegesztés ausztenites szövetszerkezetű varratokkal. A legnagyobb ütő- és nyomó-igénybevétel elviselésére szívós, kemény felületű alkatrészre van szükség. Kőzetek, ércek, ásványi anyagok aprítására használatos *törő- és zúzóhengerek*, sziklás talajban dolgozó *feszítő- és tépőfogak*, valamint *markolókörmök, őrlőlapok és -kúpok, aprítókalapácsok, vasúti váltók csúcsbetétei* stb. ezért AöMn 12-ből készülnek. Ez az acél 1% szenet és 12% mangánt tartalmaz, ausztenites szövetszerkezetű, tehát viszonylag lágy ötvözet, keménysége öntött állapotban legfeljebb 200 HV. Munkába állás után ezért kezdetben gyorsan kopik, de a nagy ütés és nyomás hatására bekövetkező hidegalakítás a keménységet néhány milliméter mélységig 400...600 HV-re keményíti. Jellemzője, hogy a kopással szemben kitűnően ellenáll, felületén kemény, keresztmetszetében szívós.

Keményedési hajlama miatt forgácsolómegmunkálása csaknem lehetetlen, ezért általában öntvényként használjuk.

A hegesztés során a következőket vegyük figyelembe:

- A 12% mangántartalmú varratokban és az AöMn 12 minőségű öntvény hőhatásövezetében a hegesztést követő lassú hűléskor mangán-karbid válik ki, ami a varrat elridegését, leválását okozza. Ez a kiválás csak azokban az anyagrészekben nem következik be, amelyek 100...150 s-on belül 700 °C alá hűlnek.
- A foszforral nagymértékben szennyezett öntvényekben ezenkívül foszfidok is megjelennek, ezek a repedésérzékenységet tovább növelik.
- Az ausztenites mangánacélok hőmérséklet-változás hatására bekövetkező zsugorodása mintegy 50%-kal nagyobb, mint az ötvözetlen szénacéloké, ezért nagyobb a belső feszültségük és fokozottabb repedésveszéllyel kell számolni.
- Szerkezeti acélokra ausztenites mangánacél varratot hegesztve a varrat mangántartalma 6...8%-ra csökken. Ez edződő, kemény, martenzites szövetszerkezetű, repedésre igen hajlamos.

Az említett sajátosságok miatt ezért pl. az AöMn 12 minőségű törőlap javítóhegesztését a következő szempontok szerint végezzük (76. ábra):



76. ábra. AöMn 12 minőségű törőlap javítóhegesztése

- A törőlapot vízzel telt edénybe helyezzük oly módon, hogy csupán a javításra szánt hely emelkedjék a vízszint fölé. Ezzel a hűtés sebessége gyorsabb.
- Egyszerre csupán 40...50 mm hosszúságú varratot készítünk el, a 6. táblázat 11. sorszámú hegesztőanyagával, s ezt a szakaszt még vörösen izzó állapotban kalapácsütésekkel nyújtjuk. Ezzel a nagy zsugorodási feszültség ellensúlyozható.
- Ha ezeket a szempontokat betartjuk, és az alapanyagban mégis repedés keletkezik, azt a nagy foszfortartalom okozza. Ilyenkor segít a hegesztésre előkészített felületek erőteljes hidegalakítása kalapácsütésekkel, ami a foszfidhálót szétzúrozza, majd a hegesztési hő hatására bekövetkező újrakristályosodás eredményeként kialakuló, a foszfidokat magába foglaló új szemcsék kialakulása révén, a repedésveszélyt csökkenti.
- Ausztenites mangánacélból készült alkatrészre csak ausztenites szövetszerkezetű varratot szabad hegesztetni.

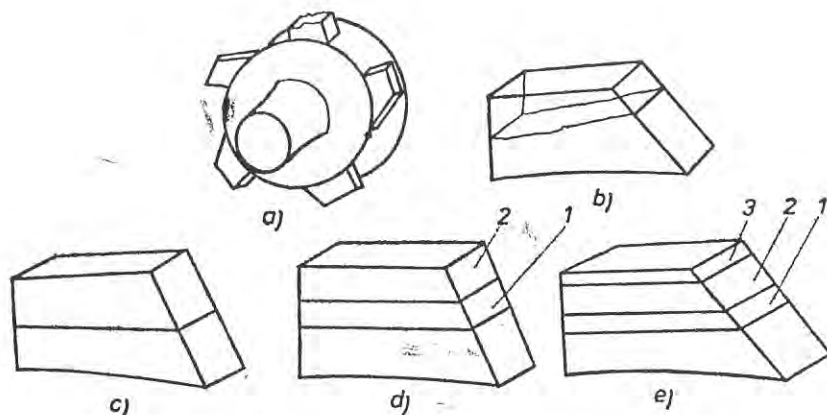
Az említett sajátosságok miatt a nagy teljesítményű hegesztőeljárást csak vékonyfalú alkatrészekhez alkalmazzuk, olyanokhoz, ahol az intenzív hűtés a belső felületen megvalósítható. A porbeles huzalok a repedésveszély csökkentésére 2...3% nikkel, gyakran még ugyanennyi krómot is tartalmaznak.

Lágyacél (pl. A 37) alapra ilyen összetételű porbeles huzalokkal hegesztve, nem terjednek tovább, ezért őrlőberendezések álló páncélzatának 2...3 rétegű felrakóhegesztésére bevált eljárás.

Párnaréteg szükséges olyan helyeken, ahol ausztenites mangánacélt szénacélhoz kell hozzáhegesztetni (pl. vasúti sín – csúcsbetét között), vagy ahol szénacélra ausztenites mangánacél réteget kell repedésmentesen felvinni, továbbá ott, ahol AöMn 12 öntvényre edződő kopásálló réteget kell felhegesztetni. A párnaréteg 18Cr-8Ni-GMn-tartalmú ausztenites hegesztőanyaggal készül. Ennek kedvező tulajdonságai a következők:

- Megakadályozza az ausztenites mangánacél és az edződő réteg készítésére szánt hegesztőanyagok varratai közötti közvetlen keveredést és ezzel a rideg, kemény, repedésre hajlamos varrat kialakulását.
- A különböző zsugorodású acélfajták között a hűléskor ébredő feszültséget repedés nélkül felveszi.
- A megfelelő előmelegítési hőmérsékletre hevített edződő alapanyagra 6...10 mm vastagságban ráhegesztve lehetővé teszi az ausztenites mangánacél varratok elkészítését. Ezek hegesztésekor ugyanis az alaptest már hűthető vízzel, mert a hőhatásövezet a párnaréteg vastagságánál nem terjed mélyebbre, s ezért edződött réteg sem keletkezhet.

A 77. ábrán fogastörő lekopott fogának javítása látható. A belső feszültség mérséklésére párnaréteget alkalmazunk. A kezdeti gyors kopás csökkentésére a felső varrat edződő acélötvözetű lehet. A javítás technológiája a következő:



77. ábra. Fogastörő elkopott fogának felrakóhegesztése

a) kopott állapot; b) előkészítés; c), d) és e) az elkészült fog
1 párnaréteg; 2 ausztenites mangánacél réteg; 3 edződő réteg

1. A kopott fog előkészítése.

2. Párnaréteg felhegesztése az alaptest erős hűtése közben. Az első és második réteget szakaszosan kell készíteni. Egy-egy szakasz elkészítési időtartama legfeljebb 30 s lehet s ezután kalapácsütésekkel nyújtani, majd várakozni kell. Az új szakasz hegesztését csak akkor szabad kezdeni, ha a felület kézmelegre hűlt. A párnaréteg harmadik és további rétegei folyamatosan készíthetők.

3. Az ausztenites mangánacél 40...50 mm-es varratszakaszokban hegesztjük. Egy-egy ilyen szakasz elkészítése után azt enyhe kalapálással célszerű nyújtani és a kézmelegre hűlést meg kell várni. Ezután kezdhető az újabb szakasz hegesztése és a 77c ábrának megfelelően a fog készre hegeszthető.

Közepes nyomásnak és csak kis ütésnek kitett őrlőszerszámokhoz néha edződő vagy keményítővözetű fedőréteget is alkalmazunk, amelynek első varrata az alapanyaggal keveredve edződésre rendkívül hajlamos. A fedőréteg vastagsága 4...8 mm, s mivel az alaptest összetétele miatt nem szabad előmelegíteni, a rétegben repedések keletkezésének annál nagyobb a valószínűsége, minél nagyobb a rétegvastagság. A 4. táblázat 4. sorszámú edződő vagy 6. sorszámú keményítővözetű fedőréteggé tehát csak ott alkalmazható, ahol az esetleges lepattogzása, kitöredezése balesetveszélyt nem jelent. A 18Cr-8-Ni-6Mn összetételű párnaréteg alkalmazása a repedésérzékenységet csökkenti, a kemény réteg lekopása után azonban az ilyen párnaréteg kopásbessége nagyobb, mint az ausztenites mangánacélé.

Az előzőekből következik, hogy az ausztenites mangánacél hibátlan hegesztése lassú, és a szigorú feltételek miatt nehezen hajtható végre. Nagy felületek

felrakóhegesztését (pl. őrlőművek belső páncélzatát) ezért nem ezzel, hanem nagy krómtartalmú ausztenites mangánacéllal végezzük. Jellemző összetétele a 4. táblázat 12. sorában található, s ebből fakadó sajátossága a következő:

- Hidegalakítás hatására a keményedőképessége az ausztenites mangánacélokénál valamivel kisebb.
- Az ilyen összetételű acélok varratában karbidok csak akkor jelennek meg, ha a hőmérséklet kb. 1 h-n belül 700 °C alá nem süllyed. Ilyen lassú lehűlés alkatrészek hegesztésekor igen ritka, ezért ezek a varratok gyakorlatilag ausztenitesek — tehát szívósak — maradnak.
- Edződő acélokat előmelegítve a varrat nagy fajlagos nyúlása miatt, általában nem reped.
- Szerkezeti acélokra hegesztve az alapanyag keveredéséből származó rideg, martenzites szövetszerkezet már az első rétegben sem alakul ki.

Ausztenites króm-mangán ömledékkal végzett felrakóhegesztéskor tehát

- lágyacél előmelegítése feleleges;
- nemesítő acélokra a 10. táblázatból kiolvasható előmelegítési hőmérsékleteket kell előírni, az alapanyag edződésének elkerülése végett;
- ausztenites mangánacélra az alapanyag repedési hajlama miatt 5...6 mm rétegvastagságig szakaszonként kell, utána folyamatosan lehet hegeszteni.

Az ausztenites króm-mangán hegesztőanyag használatával tehát a nagy teljesítményű hegesztő eljárások nyújtotta előnyök kihasználhatók, ezért annak ellenére, hogy nem olyan kemény, mint az ausztenites mangánacél és beszerzési költsége is nagyobb, felhasználása sok esetben indokolt.

A párnarétegnek gyakran használt 18Cr-8Ni-6Mn-tartalmú hegesztőanyag varrata hidegkeményedésre szintén hajlamos, de az előző acélfajtákhoz képest kisebb mértékben. Minthogy az ára az előzőknél nagyobb, felrakóhegesztésre nem terjedt el, bár darukerekekhez és görgőkhöz megfelelő tulajdonságú varratot ad.

Az ausztenites króm-mangán hegesztőanyagok felhasználása javítóhegesztésre előnyös, és gyakran egyszerűbb megoldásokra nyújt lehetőséget. *Lemez-hajlító hengerek* javítóhegesztését kopásálló, edződő varratokat (4. táblázat 3. vagy 4. sorszám) végezve, a nagyméretű hengerek repedésmentes hegesztése a 11. táblázatból kiolvasható előmelegítési hőmérsékletet kíván a munkavégzés teljes időtartama alatt.

A króm-mangán hegesztőanyaggal végzett hegesztéskor csak az első két varratréteget kell erre az előmelegítési hőmérsékletre hevíteni, utána pedig mintegy 50...100 °C-kal csökkenthető, mert már a harmadik varratréteg hegesztésekor a hőhatásövezetük edzési hőmérsékletre hevülő része nem ér az alapanyagig. Ez a javítási technológia természetesen nem ad oly mértékben kopásálló felületet, mint az edződő varrattal hegesztett, de lemezek vagy nagy felületek alakításához, pl. lemez-hajlító hengerekhez megfelelő. Pontszerűen

támadó, nagy igénybevétel esetén viszont helyi alakváltozás következik be, ezért bordás hajlítószerzők készítésére nem alkalmas. Lágyacél alkatrészek felületén ausztenites króm-mangán hegesztőanyaggal végzett felrakó- vagy javítóhegesztéskor az előmelegítés elhagyható.

B.4.3. Erózióknak kitett felületek védelme

Az eróziót sok kutató az abrazív kopás egyik fajtájaként kezeli, és ide sorolja nemcsak a gáz-, hanem a folyadékárammal szállított részecskék koptató-hatását is. A poros levegőt szállító ventillátorok, csővezetékek, szelepek, szivattyúlapátok stb. eróziójának sebessége lényegesen függ a szállított részecskék tulajdonságától, alakjától, sebességétől, becsapódási szögétől stb.

Kísérletek és tapasztalatok bizonyítják, hogy mind a kvarcscemcséket tartalmazó közeggel, mind pedig a torokgázzal szemben, *a finom wolfram-karbid szemcséket tartalmazó kobalt- vagy nikkelalapú keményötvözetű varrat (4. táblázat 10. sorszáma) a legkedvezőbb.* Elsősorban 40...50 °-nál kisebb támadási szög esetén a vasalapú keményötvözetek (4. táblázat 6. sorszáma) igen ellenállóak, de nagyobb becsapódási szög esetén a 40...50 HRC keménységre edződő varratok (4. táblázat 2., 3., 4. sor) alig gyengébbek. Az alkatrészek alakjából következik, hogy a nagy felületek felrakóhegesztése időigényes, és számottevő belső feszültség marad vissza, ami tetemes alakváltozást válthat ki. Az alkatrészek felületeinek védelmére ezért hegesztés helyett gyakran szóróhegesztést alkalmazunk.

A homokszivattyúk és a szívó-kotró gépek gyorsan forgó lapátjai, továbbá a kapcsolódó csővezetékek eróziós igénybevételnek vannak kitéve. Az ilyen alkatrészek jól bevált hegesztőanyagának összetétele a 4. táblázat 6. sorában található. Ezek a vasalapú keményötvözetek többszörösen ellenállóbbak, mint bármely ötvözet, ezért hegesztésük, szóróhegesztésük gyakran alkalmazott technológia mind a javító-, mind a felrakóhegesztés során.

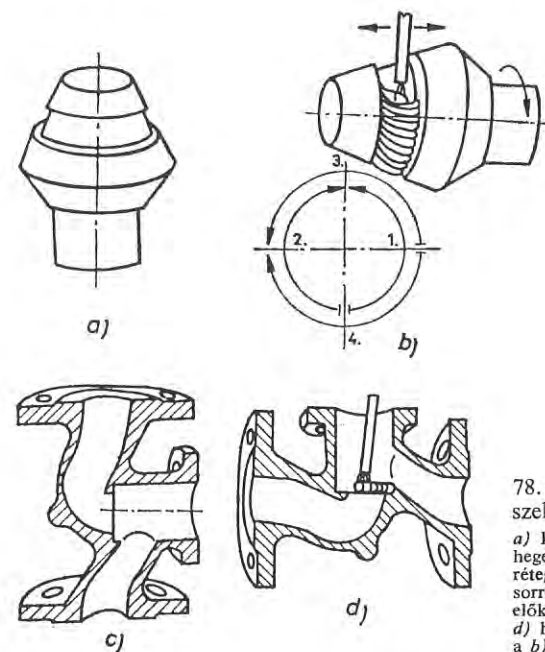
Az említett helyekre kerülő varratokban a mechanikai igénybevétel miatt repedés nem fordulhat elő. Ha az ilyen összetételű varratok igényelte 400...600 °C-os előmelegítés nem oldható meg, a 4. táblázat 10. sorának megfelelő összetételű hegesztő- és szóróanyagokat használjuk.

A víz-, gáz- és gőzvezetékek, tengervíz, valamint a vegyi anyagokat szállító csővezetékek szelepein, tolózárain az eróziós igénybevételen kívül jelentős korrózió is felléphet, amely gyakran magasabb hőmérséklettel párosul. Az ilyen helyekre az igénybevételtől függően, gazdag anyagválaszték áll rendelkezésünkre. A csak krómmal ötvözött hegesztőanyag (1. a 4. táblázat 21. sorszáma) 200...300 °C-os előmelegítést igényel. Tekintettel arra, hogy csak a 12%-nál nagyobb krómtartalmú varrat korróziós ellenállása felel meg, az ötvözetlen szénacélra felrakott rétegnek legalább három varratból kell állnia. Az alapanyaghányad csökkentésére a hegesztést kis áramerősséggel kell leol-

vasztani és az elektródát keresztirányban 5...10 mm szélességben célszerű mozgatni. A hegesztést esetleg követő megeresztés hatására, a táblázatban feltüntetett keménység néhány HRC értékkel, a belső feszültség és ezzel az utólagos vetemedés veszélye viszont számottevően csökken.

A varratok a 4. táblázatban feltüntetett hőmérsékletig tartják meg kedvező tulajdonságukat.

A 78. ábrán *kúpszelep és szelepház tömítőfelületének felrakóhegesztése* látható. Kis méretekhez a szemléltetett hegesztési sorrend azért ajánlatos, hogy az egyes varratszakaszok között a túlhevülés megakadályozására, hőkiegyenlítés céljából várakozási időt lehessen beiktatni. Nagyobb alkatrészek hegesztésekor a gyorsabb hőelvezetés miatt a várakozási idő rövidülhet, vagy el is hagyható. A hegesztés sorrendjét azonban a maradófeszültségek csökkentése végett célszerű megtartani.



78. ábra. Kúpszelep és szelepház felrakóhegesztése
a) kúpszelep előkészítése hegesztéshez; b) hegesztés két rétegben (a számok a hegesztési sorrendet jelölik); c) a szelepház előkészítése a hegesztéshez; d) hegesztés
a b) ábrán látható sorrendben

Többretegű hegesztéskor az egymást követő varratrétegeket 90 °-kal elforgatva kell kezdeni, hogy a kezdő- és végkráterek egymás fölé ne kerüljenek. Egy-egy varratszakasz hossza legfeljebb 200...300 mm; azaz egyetlen elektródával lerakható hosszúság legyen. Ha az alkatrész mérete nagy, a varrathossz bontsuk több szakaszra és az egymással szemben levő varratokat készítsük el egymás utáni sorrendben.

Erős korrózióknak kitett felületekhez a 4. táblázat 7. sorszámú varrata jól bevált, de a vegyipari termékek sokféleségétől, hőmérsékletétől és koncentrációjától függően az anyagválasztási útmutatók szerint más összetételű varratok is használhatók.

Magas hőmérsékleten nagy koptatóhatásnak is kitett tömítőfelületekhez a 4. táblázatban a 8., 9. sorszámú kobalt- és nikkelalapú keményötvözetek vagy a 19. és 20. sorszámú kobalt- és nikkelalapú lágyötvözetek jöhetnek számításba, amelyek kedvező tulajdonságaikat 700...800 °C-ig megtartják. Bevont elektródák, tömör huzalok, pálcák, és szóróanyagok egyaránt beszerezhetők e célra, az üzemi adottságoktól függően bármelyik változat eredményesen használható.

Ha ausztenites korrózióálló acél, vagy kobalt-, ill. nikkelalapú lágyötvözetű varratot adó hegesztőanyaggal végezzük a felrakást, az edződési veszély elkerülése végetti előmelegítésre nincs szükség. Csökkenti azonban a belső feszültségeket és az elhúzódnást a 100...150 °C-os előmelegítés, továbbá a 78. ábrán látható hegesztési sorrend alkalmazása, valamint a varratszakaszok közötti hőkiegyenlítés.

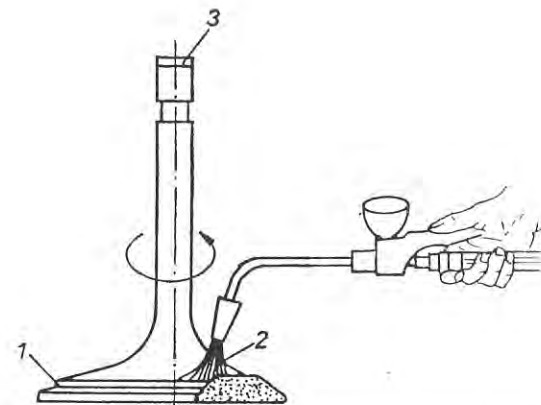
Elsősorban korrozív terméket átbocsátó szelepek, tolózárak tömítőfelületeinek *élettartama függ jelentősen a felület megmunkálási pontosságától*. A csak esztergált felületek élettartama ugyanis a polírozotténak töredéke csupán, mert az átszivárgó vegyi anyag agresszivitása levegővel érintkezve ugrásszerűen megnő. Fontos azonban a víz-, gőz- és gázvezetékek tömítőfelületeinek pontos megmunkálása is, mert a szivárgó víz vagy az átfújó gáz egyaránt siettet a tönkremenését.

Az elmondottak miatt nyilvánvaló, hogy a tömítőfelületek varratainak porus- és zárványmenteseknek kell lenniük.

Belsőégésű motorok magas hőmérsékletre hevülő *szívó- és kipufogószelepe* nemesíthető acélból készülnek, ezért csak előmelegítve hegeszthetők.

A kisméretű szelepek a hegesztéssel bevitt hő hatására kilágyulhatnak, ezért az alapanyaghoz hasonló összetételű hegesztőanyaggal célszerű javítani őket, hogy a hegesztést követő nemesítés után a varrat és alapanyag tulajdonságai megegyezzenek. A kisméretű szelepek javítása nem gazdaságos és csak akkor kerül rá sor, ha ideiglenes beszerzési nehézségek mutatkoznak. Az alapanyaghoz hasonló összetételű hegesztőanyag hiányában ezért erre a célra alkalmas lehet a 4. táblázat 24. vagy 25. sorszámú összetétele is, amely általában beszerezhető, bár keménységük az alapanyagétól elmarad.

Nagyméretű szelepek javítóhegesztése gazdaságosan és jó eredménnyel végezhető. Helyi kopások esetén is a teljes felfekvő felületet elő kell munkálni, hogy a keménység egyenletes legyen. A javításhoz elterjedtek a kobalt- és a nikkelalapú keményötvözetek (4. táblázat 7., 8., 9. sorszám), amelyek még 600...700°C-on is megfelelően kopás- és korrózióállóak. A hegesztéshez bevont elektródák, tömör huzalok, pálcák és szóróanyagok egyaránt beszerezhetők. A kopások kis mértéke miatt a szóróhegesztés széles körben elterjedt (79. ábra).



79. ábra. Belsőégésű motor szelepének javítása szóróhegesztéssel
1 az előkészített felület; 2 szórás; 3 a szelepszárvég keményötvözetrel szórt felülete

B.4.4. Védelem kavitációval szemben

Hajócsavarokat, turbina- és szivattyúlapátokat stb. a kavitáció teszi tönkre. A kis felületet érő ütőhatások szívós anyagot igényelnek, amelyek a víz vagy a tengervíz járulékos korróziós hatását is elviselik.

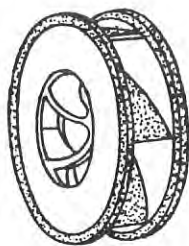
Az ilyen igénybevétellel szemben a szívós, ferrites vagy ausztenites, esetleg az ütőhatásokra keményedő varratok felelnek meg.

A kisebb méretű alkatrészekhez a 4. táblázat 21. sorszámú hegyomlédek alkalmasak, de 200...300 °C előmelegítést igényelnek. A varrat ferrites vagy túlnyomóan ferrites szövetszerkezetű, kemény védőréteget képez.

Nagyobb tárgyakhoz a 4. táblázat 22. sorszámú vagy a 18Cr-8Ni-6Mn-tartalmú ömledék felel meg. Ez utóbbiak ausztenites szövetszerkezetük következtében a ferriteseknél lényegesen nagyobb fajlagos nyúlásúak, s kedvező tulajdonságuk továbbá, hogy előmelegítést nem igényelnek.

Az előmelegítés hőmérséklete csak az alapanyag összetételétől függ (l. a 11. táblázatot), de 100...200 °C-os előmelegítés a nagyméretű, lágyacél alaptest esetén is előnyös, acélöntvényeket pedig kimondottan szükséges előmelegíteni a maradófeszültségek csökkentése végett.

A 80. ábra szivattyú-járókerék lapátjainak felszórását szemlélteti. A kisméretű járókerék 0,5 mm-es, 35...45 HRC keménységű, nikkelalapú szórt réteggel bevonva a kavitációs károsodásnak igen jól ellenáll. A szórt felület az eredeti geometriai kialakítást jól követi, ezért a nehezen hozzáférhető részekben az utólagos megmunkálás gyakran elhagyható. A nagyméretű alkatrészek védelmére példaként említhető a 6 m átmérőjű *Francis-turbinák felrakóhegesztése*. A lapátokat kavitáció ellen kétrétegű varrattal látták el oly módon, hogy a ke-



80. ábra. Szivattyú-járókerék lapátjainak védelme felszórással

vésbé ötvözött alapanyaggal való keveredésre számítva, az alsó varrat 23Cr-12Ni-, a második 19Cr-8Ni-tartalmú, ausztenites szövetszerkezetű, korrózióálló acél.

B.4.5. Korrózióálló szerkezeti elemek hegesztése

Korrózióállónak azokat az acélokat nevezzük, amelyek korróziósebsége évente legfeljebb 0,1 mm. Ezt a tulajdonságot alapvetően a következő két tényező eredményezi:

- legalább 12% krómtartalom azzal, hogy az ilyen acélok felületén az oxidáló marószer hatására olyan vékony, de összefüggő és tömör króm-oxid-hártya keletkezik, amely az újabb oxidációtól a felületet megvédi.
- A homogén, ferrites vagy ausztenites szövetszerkezet azzal, hogy kizárja a különböző fázisok létrejöttét, s ezzel a fázisok közötti potenciálkülönbség kialakulását, ami korrozív közegben az egyik fázis oldódását okozza.

A korrózióálló acélokat összetételük alapján több csoportra osztjuk, ezt az acélok egymástól élesen eltérő hegesztési sajátosságai is indokolják.

A ferrites — 12...18% króm- és legfeljebb 0,1% széntartalmú — króm-acélok edződésre nem hajlamosak, a króm-ferrit ridegsége miatt azonban hegesztéskor mégis 200...300 °C előmelegítés szükséges. A korrózió megelőzésére ilyen összetételű réteget ritkán rakunk fel az alkatrészek felületére, 450 °C alatt üzemelő víz-, gáz- és gőzvezetékek armatúráinak zárófelületeihez azonban (l. a B.4.3. pontot) gyakran használjuk.

Hegesztéskor az ilyen acélok hőhatásövezetében jelentős a szemcsedurvulással járó elridegedés, ezért kis hőbevitellel és növelt sebességgel hegesztjük. Az eldurvult szemcsék hőkezeléssel nem finomíthatók, s mivel a ridegséget a szemcsehatárokon esetleg megjelenő króm-karbid fokozza, az ilyen acélok javítóhegesztéséhez nagy fajlagos nyúlású, ausztenites szövetszerkezetű varratot adó, pl. 18Cr-8Ni+ Nb-tartalmú hegesztőanyag kívánatos. A varratot 20...40 mm hosszú szakaszokban készítjük el, a szakaszok között megvárva a hőkiegyenlítődést. A varrat korrózióállósága az alapanyagét meghaladja, hátrá-

nya azonban, hogy a javítás helye színben elüt környezetétől. A hegesztést olyan szakaszokban kell elkészíteni, hogy a maradófeszültségek a lehető legkisebbek legyenek.

A javítóhegesztések után végzett rövid ideig tartó 700...800 °C-os hőntartás a maradófeszültségeket csökkenti, a fajlagos nyúlást és az ütmunkát pedig javítja, mert a hálószerűen kivált karbidok gömbösödése megindul.

A ferrites krómacélok előmelegítése, hegesztése és hőkezelése közben tekintettel kell lenni arra, hogy 450...500 °C hőmérséklet-tartományban az acél ridegedik.

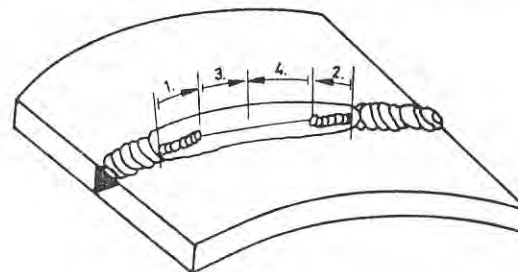
A szakirodalom ezt a jelenséget „475 °C-os elridegedés”-nek nevezi. Ezt a hőmérséklet-tartományt tehát el kell kerülni vagy el kell érni azt, hogy a munkadarab ne legyen hosszú ideig e hőmérséklet-tartományban.

Adott vegyipari készülék javítását a következő sorrendben célszerű végezni.

1. Repedt, hibás varratrészek kiköszörölése.
2. Előmelegítés: KO 1, KO 4 és KO 6 acéloké 200...300 °C-ra, a 0,1...0,15% széntartalmú KO 4 acéloké 300...350 °C-ra. A kisebb, csupán néhány négyzetcentiméter keresztmetszetű KO 6 minőségű alkatrészek előmelegítése és utóhőkezelése alárendelt helyeken elmaradhat.

3. Hegesztés kis hőbevitellel. Legalább a gyökvarratok készítésére célszerű argonvédőgázos ívhegesztést alkalmazni, ennek hiányában bevontelektródás kézi villamos ívhegesztést végezzünk. A gyökvarratok elkészülte után töltővarratokhoz általában ez utóbbit alkalmazzuk. Az ausztenites hegesztőanyagok használata a ferritesekhez képest előnyösebb.

A javításra kijelölt varratszakaszt a 81. ábrán látható sorrendben célszerű hegeszteni, ezáltal megakadályozzuk a repedés továbbterjedését, majd két oldalról befelé haladva, és a lépések között a hőkiegyenlítést megvárva, a maradófeszültséget a legkisebbre csökkentjük. A töltővarratok készítésének sorrendje az ábrán látotthoz hasonló, de a varratszakaszok hossza ettől különbözik, hogy a kezdő- és végkráterek egymás fölé ne kerüljenek.



81. ábra. Korrózióálló acélköpeny javítása

A nyilak a hegesztés irányát, a számok a gyökvarrat hegesztési sorrendjét jelzik

4. Hűtés nyugodt levegőn.

5. Utóhőkezelés: lassú, 200...250 °C/h sebességgel felhevítés 720...760 °C-ra. Egy h hűtőtartás után nyugodt levegőn 600 °C-ig hűtés, ezután 350 °C-ig gyorsabb, fűjt levegővel való hűtés, majd álló levegőn teljes lehűlés. A lassú felhevítés a varratrepedések, a 600...350 °C hőmérséklet-tartományban javasolt gyorsabb hűtés pedig az ún. 475 °C-os elridegedés elkerülése céljából szükséges. Az utóhőkezelés elhagyása a varratok környezetében jelentősen növeli a korrózióvesztést.

A martenzites korrózióálló acélok krómtartalma a ferritesekével azonos, szénttartalmuk alapján azonban két csoportra oszthatók.

A 0,16...0,25% szénttartalmúak általában nemesített szövetszerkezetűek. Tengelyek, csapok, forgácsolószerszámok, orvosi- és mérőműszerek, turbinalapátok, hajócsavarok anyaga.

Javítóhegesztésük azonos vagy hasonló anyaggal is folyhat, kedvezőbb azonban a szívósabb, ausztenites szövetszerkezetű varratok alkalmazása, ezek ömledéke viszont nem nemesíthető.

Hegesztéshez a munkadarabot 300...350 °C-ra előmelegítjük, hegesztés után pedig azonnal megeresztjük 700...760 °C-on úgy, hogy közben a kötés nem kerülhet az előmelegítési hőmérséklet alá.

A hazai szabványokban szereplő KO 11 acél javításakor a 81. ábrán látható hegesztési sorrend betartása igen fontos az acél fokozott repedésérzékenysége miatt; hegesztést követő hőkezelés hiányában pedig legfeljebb az ausztenites varrattal remélhető hibátlan javítás.

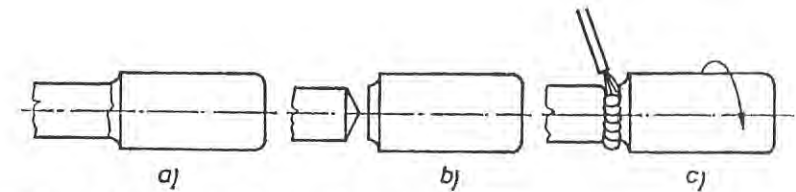
A kb. 0,25%-nál több szén tartalmazó martenzites krómacélok levegőedzésűek. Hegesztési legfeljebb javítási céllal szoktuk, valamivel kisebb króm- és szénttartalmú vagy ausztenites korrózióálló elektródával. Bármely anyaggal végezve a javítóhegesztést, 350...400 °C-os előmelegítés szükséges és a hegesztést követően azonnal – anélkül, hogy az alkatrész 350 °C alá hűlne – 750...800 °C-os megeresztést alkalmazunk. E hőmérséklet-tartomány betartása részben a hegesztési feszültségek megbízható leépülése céljából, részben pedig azért fontos, mert 550...650 °C hőmérsékleten a hőhatásövezetben króm-karbid-kiválás következik be, ami a korróziós ellenállást lényegesen csökkenti.

A KO 12, KO 13, KO 14, KO 16 acélfajták ipari és háztartási kések, húshorgok, élelmiszer-, gyógyszer- és vegyipari sajtók, koptatásnak kitett alkatrészek stb. bevált anyaga. Annak ellenére, hogy a szabványban „hegesztésre nem alkalmas” megjegyzés szerepel, ilyen acélokat néha már új gyártmányok előállításakor is hegesztünk, és javításukra is sor kerülhet, ha a hibás alkatrész pótlása pillanatnyilag megoldhatatlan. A szabvány megjegyzése természetesen indokolt, mert csak igen szigorú hegesztési munkarenddel várható megfelelő eredmény.

Ezek az acélok ugyanis levegőn hűlve is edződnek (levegőedzésűek). Folyamatos hűtésű átalakulási görbéikből kiolvashatóan 300 HV-nél lágyabbak

csak akkor lesznek, ha az edzési hőmérsékletéről (kb. 950...1100 °C-ról) hűlve, az 500 °C hőmérsékletet 1...2 h-án belül nem éri el.

Példaképpen KO 13 acélból készült gépelem javítását szemlélteti a 82. ábra. Javasolt technológia:



82. ábra. Tengelyszerű gépelem javításának vázlata
a) tönkrement szerszám; b) előkészítés; c) hegesztés

1. Lágyítás. A gépelem eredetileg edzett, ezért a javítóhegesztés előtt ki kell lágyítani a folyamatos hűtésű vagy izotermás átalakulási görbéjük ismeretében, vagy az ún. egyszerű lágyítással.

a) A folyamatos hűtésű átalakulási diagram alapján végzett lágyításkor a lehűlés sebességét úgy kell szabályozni, hogy 1000...1050 °C-ról 500 °C-ig hűlve legalább 2 h teljen el. Ezután levegőn hűthető tovább.

b) Az izotermás átalakulási görbe alapján kidolgozott lágyításkor az 1000...1050 °C-ra hevített szerszámot 680...720 °C-os kemencébe helyezzük és ebben a hőmérséklet-tartományban 1 h-án át tartjuk, majd levegőn hűtjük tovább.

c) Egyszerű lágyításkor 750...800 °C-ra hevítjük a munkadarabot és az anyagvastagságtól függően 4...6 h-án keresztül ebben a hőmérséklet-tartományban tartjuk. Ezután levegőn hűthető.

A lágyításnak e változatai minden edződésre hajlamos acélra érvényesek és felhívják a figyelmet a folyamatos hűtésű, valamint az izotermás átalakulási görbék ismeretének fontosságára, amelyek szerint az időszükséglet jelentősen csökkenthető.

2. Előmunkálás. Lágyítás után legfeljebb 300 HV keménységű a szövet-szerkezet, amely lehetővé teszi, hogy a felületeket forgácsolómegmunkálással hegesztéshez elő lehessen készíteni. Ha a lágyítás és a forgácsolás elmarad, elsősorban kisebb méretű szerszámoknak a kívánt alakja köszörüléssel is előállítható, de ilyen állapotban hegesztve fennáll a repedés veszélye.

3. Hegesztés. Kisméretű vagy lágyított munkadarabokat a folyamatos hűtésű átalakulási diagram alapján az M_k hőmérséklet fölé (320...360 °C-ra) kell előmelegíteni.

Nagyméretű vagy nem lágyított munkadarabokat 500...550 °C-ra kell előmelegíteni a 475 °C-os elridegedés elkerülése végett. A javítást a maradófeszültségek csökkentésére kis hőbevitellel végezzük.

Az ausztenites szövetszerkezetű varratok kedvezőbbek, mint a ferritesek.

4. *Hőkiegyenlítés.* Hegesztés után a munkadarabot 800...850 °C-os kemencébe helyezzük. A hőkiegyenlítést megvárva, lassan kemencében hűtjük 500 °C-ig 1...1,5 h-an át, aztán levegőn hűlhet tovább.

5. *Megmunkálás.* A lehűlt munkadarab méretre forgácsolható.

6. *Edzés* 980 °C-ról fűjt levegőn vagy olajban majd megeresztés 250...300 °C-on.

7. *Befejező megmunkálás:* köszörülés, polírozás szükség szerint.

8. *Ellenőrzés.* keménységmérés.

Az ausztenites korrózióálló acélfajtákat elsősorban a vegyipar és az atomipar használja világszerte, de gyakori felhasználási területe a gyógyszer-, élelmiszer-, jármű- és hadiipar is.

A korrózióállóságot alapvetően a króm adja, amelyből 18...30% található az alap-, ill. hegesztőanyagokban. A 8...30%-ban ötvözött nikkell feladata elsősorban az ausztenites, és ezzel a szívós nagy fajlagos nyúlású szövetszerkezet kialakulása.

A közeg forráspontjának hőmérsékletén igénybe vett, nagy kloridion tartalmú közegekkel érintkező acélfajták és varratok 2...4% molibdént tartalmaznak. A közeg forráspontjánál magasabb hőmérsékletű gőzök és gázok, továbbá 1 bar fölötti nyomáson levő forró folyadékok erős korróziós hatásának csak az ausztenites kis széntartalmú acélok és ömledékek felelnek meg.

Stabilizálatlan acélok megengedhető üzemi hőmérséklete:

0,07% széntartalom felett 300 °C,

0,03...0,07% széntartalom között 350 °C,

0,03% széntartalom alatt 400 °C.

A stabilizált acélok és varratok legfeljebb 550 °C hőmérsékleten még ellenállnak a korróziónak, ha a kristályközi korróziós vizsgálatnak előzőleg megfelelték.

A különféle korrozív közegekkel szemben különböző acélfajták váltak be, ezért nagyszámú acél- és hegesztőanyag-fajta ismeretes, amelyek helyes kiválasztása mind a szerkezet élettartama és megbízhatósága, mind a hegesztéstechnológia szempontjából döntően fontos. Javítóhegesztésük általános, felrakóhegesztésük az utóbbi évtizedben terjedt el.

A hegesztéstechnológia kidolgozásakor figyelembe kell venni, hogy a 0,02%-nál több szenet tartalmazó acélokban lassú hűléskor króm-karbid-háló keletkezhet, amely a korrózióállóságot teljesen megszünteti! Ezeket az acélokat tehát előmelegítés nélkül és kis hőbevitellel kell hegeszteni, hogy a hőhatásövezet és a varrat gyorsan hűljön, s ne legyen idő a karbidháló kialakulására.

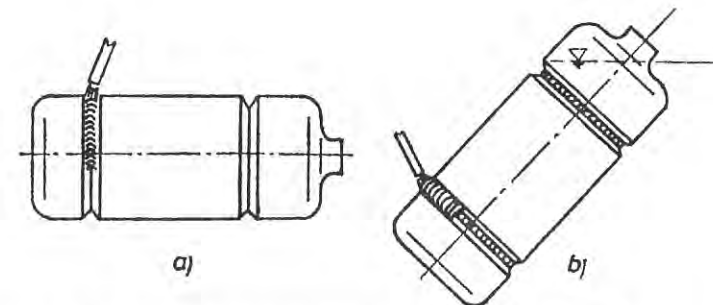
Hegesztéskor ez a szükséges hűlési sebesség nem igen érhető el, ezért olyan

acél-, ill. hegesztőanyag-fajtákat kell választani, amelyek titánnal vagy nióbiummal vannak stabilizálva. A titán és a nióbium az ausztenites acél szénével magas olvadáspontú, azaz stabil karbidokat képez. Az acél széntartalmának biztonságos megkötéséhez titánból négyszeres, nióbiumból tízszeres tömegre van szükség. Ezek az elemek megakadályozzák az összefüggő króm-karbid-háló kiválását és ezért az acél a hegesztést követő normális hűlési sebesség esetén is korrózióálló marad.

A korrózióálló acélok javítóhegesztését a következők figyelembevételével dolgozzuk ki:

- Elméletileg a legfeljebb 0,02%, gyakorlatilag a 0,03% széntartalmú acélokban a hegesztést követő hűléskor karbidháló nem jelenik meg. Az ilyen összetételű alap- és hegesztőanyagok használatakor ezért a korróziós ellenállás csökkenése nem számottevő sem a varratban, sem pedig a hőhatásövezetben. Előmelegítés nélkül hegesztünk olyan hegesztési sorrenddel, hogy a maradófeszültségek szintje mérsékelt legyen. Az ilyen kis széntartalmú acélok gyártása költséges. Ezért mint alapanyag ritkán fordul elő, a hegesztőanyagok között azonban gyakori az ilyen összetétel.
- A 0,03%-nál több szenet tartalmazó, nem stabilizált acélokban hegesztést követően karbidkiválás lehetséges. Ezért az ilyen alapanyagra rövid, 20...40 mm hosszúságú varratszakaszokat célszerű hegeszteni, az egyes szakaszok között a kézmelegre hűlést kivárva, hegesztés közben a lehűlés sebessége a gyökoldal vízhűtésével növelhető.

Hegesztés után ausztenites lehűtés (1000...1050 °C-on 2...4 h-ás hőntartás, majd vízhűtés) megfelelő szövetszerkezetet és kedvező tulajdonságokat ad. Csövek, kis tartályok javítóhegesztésekor gyakori megoldás, a 83. ábrán látható. A gyökvarrat elkészülte után a ferdére állított tartályt vagy csövet vízzel megtöltve készre hegesztjük.



83. ábra. Kisméretű tartály javítóhegesztése korrózióálló acélból
a) gyökvarrat; b) töltővarrat hegesztése

- A 0,03%-nál több szén-tartalmazó, stabilizált acélok hegesztésekor karbidháló megjelenésétől nem kell tartani, de 25...35 mm-nél kisebb szelvényű munkadarabot nem kell előmelegíteni. A hegesztési sorrend megválasztásakor törekedjünk a legkisebb maradófeszültségre. A kis-méretű munkadarabok 100...150 °C-nál magasabb hőmérsékletre hevülését a hegesztés időnkénti megszakításával kerüljük el. Vastag szelvény belső feszültségének csökkentésére 100...200 °C előmelegítés ajánlatos.

A hegesztőanyag megválasztásakor a korróziós igénybevételt és az alapanyag összetételét kell figyelembe venni. Az alapanyaghoz közeli vagy azzal azonos összetételű varratot adó hegesztőanyaggal a javítás nem minden esetben végezhető el hibátlanul. Az alapanyag és hegesztőanyag keveredéséből létrejövő varrat ugyanis összetételénél fogva repedésre hajlamos lehet.

A hegesztőanyagot a *Schaeffler-diagramból* választjuk ki (84. ábra), amely a legfontosabb ötvözőelemek nikkellhez vagy krómhoz hasonló, egyenértékű hatásának figyelembevételével tünteti fel az acélok és a varratok szövetszerkezetét. Ennek ismeretében jelölhető be a diagramba a javításra váró alapanyag és a hegesztőanyag összetétele, ill. szövetszerkezete, amelynek alapján az ömledék viselkedése előre becsülhető. A Cr_e króm és a Ni_e nikkell egyenérték meghatározására alkalmas összefüggés:

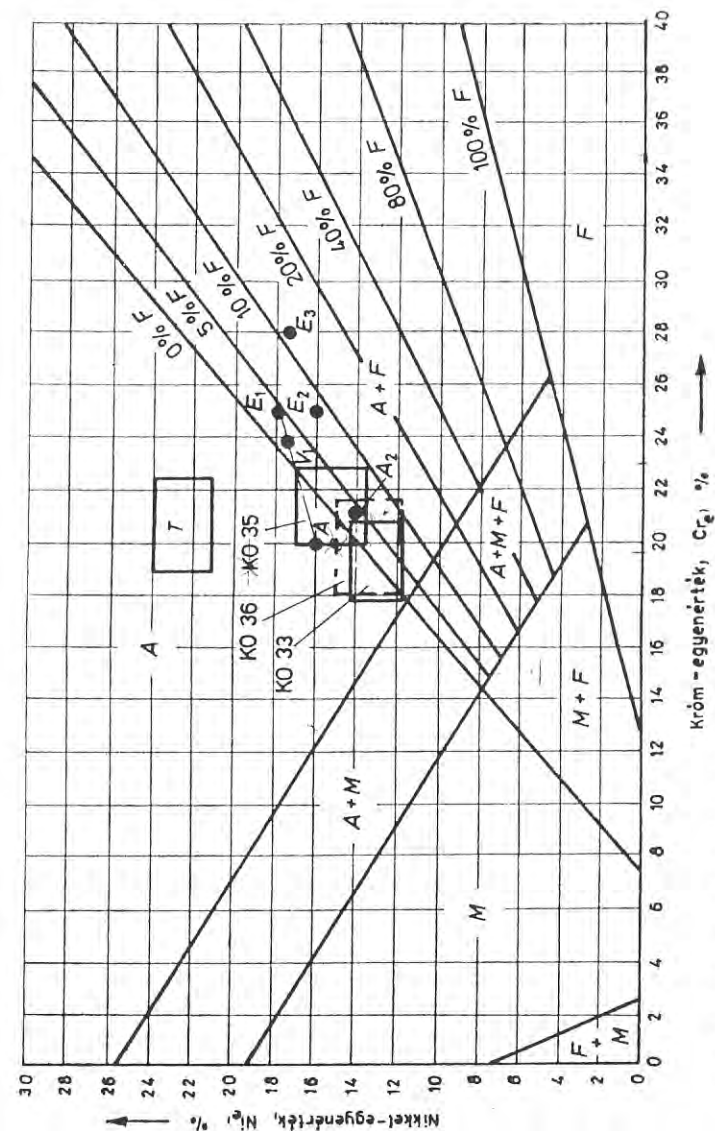
$$Cr_e = Cr + Mo + 1,5Si + 0,5Nb,$$

$$Ni_e = Ni + 30C + 0,5Mn,$$

amelyekben az ötvözőelemek jele azok tömeg%-át jelenti. Az egyes mezők között átmenet van, az ebből eső összetételű varratok szövetszerkezete heterogén. Az auszénit és a ferrit között – fontosságára való tekintettel – a ferrit százalékos aránya is kiolvasható a diagramból.

Az *auszénites* mezőbe eső varrat és alapanyag korrózióállósága kitűnő, de 1250 °C feletti hőmérsékleten fellép a melegrepedés veszélye. Az ilyen összetételű varratokkal ezért hibátlan kötést nehéz készíteni. Repedés azonban nemcsak az utoljára készült varratban keletkezhet, hanem gyakran fellelhető a vele szomszédos varratoknak azokban a részeiben is, ahol a hőmérséklet ismét 1250 °C fölé emelkedett. A tapasztalat szerint a repedések nem jelentkeznek olyan varratokban, amelyek mangántartalma az 5%-ot meghaladja. Javító-hegesztésekor az ilyen nagy mangántartalmú hegesztőanyagok azért kedvezőek, mert merev, kész szerkezetre való felrakóhegesztésekor a melegrepedési veszély nagyobb, mint új elem gyártásakor, amely alakváltozásra még többé-kevésbé képes.

A *martenzites* mezőbe eső összetételű acélok ridegek, képlékeny alakváltozásuk gyakorlatilag nincs. Ilyen összetételű hegesztőanyagot ezért nem is gyártanak, de pl. kések hegesztésekor az alapanyaggal ötvöződő varrat összetétele ebbe a mezőbe eshet és ezért repedhet.



84. ábra. Korrózióálló acélok Schaeffler-diagramja
A auszénit; M martenzit; F ferrit

A ferrites szövetszerkezetű acélokban hegesztéskor jelentős szemcsedurvulás lép fel, és ezzel párhuzamosan elridegednek abban az övezetben, amelyen belül a hőmérséklet 1150 °C fölé emelkedik. A repedésveszély megelőzésére és a maradófeszültségek csökkentésére az acélokat 200...300 °C-ra előmelegítve hegesztjük. Az ausztenites varratokban megjelenő, csupán néhány százalék ferrit a tapasztalat szerint a varratok melegrepedési hajlamát jelentősen csökkenti, a gyakorlatban ezért általában arra törekszünk, hogy a varrat 3...6% ferrit- (ún. *delta ferrit*) tartalmú legyen. Ez a hegeszthetőséget jelentősen javítja, ennél több ferrit azonban már a varrat korrózióálló képességét észrevehetően rontja.

A hegesztőanyag megválasztásakor tekintettel kell lenni a szerkezet üzemi hőmérsékletére is. A 22%-nál több krómot tartalmazó varratokban ugyanis kb. 500 °C fölött rideg, ún. *szigma-fázis* jelenik meg, amely a varrat szívósságát jelentősen rontja és repedést okoz.

A hegesztőanyag megválasztásához először az alapanyag helyzetét jelöljük be a 84. ábrán látható Schaeffler-diagramban. Példaként a javítási technológiát a 13. táblázatban található, általánosan ismert hazai acélfajták közül a KO 35-re készítjük el.

13. táblázat

Néhány korrózióálló acél szokásos összetétele, valamint Cr_e króm- és Ni_e nikkelegyenértéke, tömeg %-ban

Ötvözőelemek	Az acél jele		
	KO 33	KO 35	KO 36
C	0,06...0,08	0,06...0,08	0,1...0,12
Si	0,6...1,0	0,6...1	0,6...1
Mn	1,6...2,0	1,5...2	1,6...2
Cr	17...19	17...19	17...19
Ni	9...11,5	11...14	8...11
Mo	0...0,5	2...2,5	0...0,5
Ti	—	0,3...0,7	0,4...0,8
Cr_e	17,8...21,0	20...23,0	18...21,4
Ni_e	11...14,4	13...17,4	10,9...15,1

A szabványos acélfajták összetétele olyan, hogy azok a diagram különböző magasságban helyezkednek el, és 5...8% ferritet is tartalmazhatnak.

Feltételezve, hogy a javítandó KO 35 acél adagelemzésének (A_1 pont) eredménye

$$Cr_e = 20\%,$$

$$Ni_e = 16\%,$$

a javításhoz beszerzett elektróda összetétele (E_1 pont) pedig

$$Cr_e = 25\%,$$

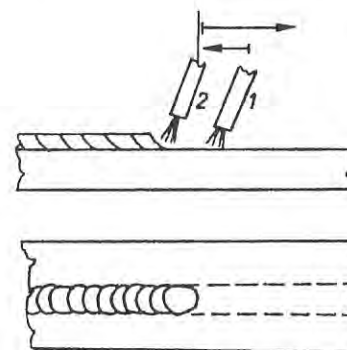
$$Ni_e = 18\%,$$

belátható, hogy a varrat összetételére jellemző V_1 pont az A_1 és E_1 pontokat összekötő egyenesen fekszik. Ha a javítóhegesztést bevontelektródás ívhegesztéssel végezzük és az alapanyaghányad a varratban pl. 20%, a V_1 pont az egyenest 1/5–4/5 arányban osztja fel és az E_1 ponthoz fekszik közelebb. A varratban a ferrittartalom oly csekély, hogy repedések keletkeznek, ezért pl. E_2 pontnak megfelelő króm- és nikkel egyenértékű hegesztőanyagot kell használni. Az előző számítást elvégezve, ebben az esetben a varrat ferrittartalma kb. 6%, tehát nem reped. Az E_1 összetételű elektródával viszont jól javítható az A_2 összetételű alapanyag, mert a varrat kb. 4% ferritet tartalmaz, E_2 összetételű elektródával hegesztve azonban a varratban túl sok lenne a ferrit, ami a korrózióveszély miatt már esetleg megengedhetetlen.

A T jelű mezőbe eső összetételű külföldi acél szemmel láthatóan egyik hegesztőanyaggal sem javítható könnyen, mert bármelyikkel hegesztve is, a varrat teljesen ausztenites lesz. Ezek az acélok repedés nélkül az E_3 pontnak megfelelő króm- és nikkel egyenértékű elektródákkal hegeszthetők. Ha viszont korrózióveszély miatt a varratnak is ausztenitesnek kell lennie, az elektróda összetételét jelző pontnak az ausztenites mezőbe kell esnie. Ilyen esetekben repedésmentesen a legalább 5% mangántartalmú varratokkal végezhető el a javítás.

A varratok repedésérzékenységére az elmondottakon kívül még két tényező hat erőteljesen:

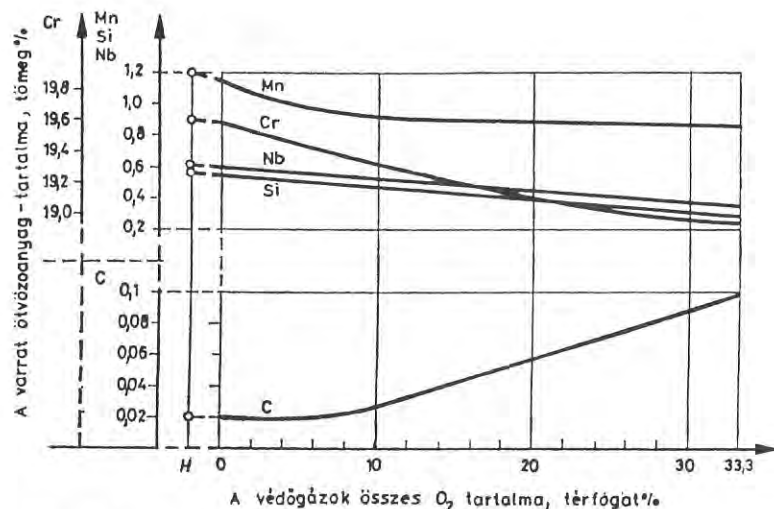
1. *Bevontelektródás* ívhegesztéskor — pl. 4 mm átmérőjű elektródát használva és az ívhosszat 3 mm-ről 7 mm-re növelve — a hegyanyag krómtartalma 2...3%-kal csökken, nitrogéntartalma 60...80%-kal nő. Mindez a ferrittartalom jelentős csökkenésére vezet, s a varratban repedések jelenhetnek meg. Az elmondottakból következik az is, hogy a kezdő és a végkráterek — amelyeknél rövid ideig igen hosszú ívek égnek — fokozottan hajlamosak repedésre és gyakran hajszálrepedéseket tartalmaznak. Az ívgyújtást ezért az előző varrat végkrátere előtt 5...10 mm-re kell kezdeni, majd ezután vissza kell térni és csak a végkráter



85. ábra. Az ívgyújtás módja
1 az ívgyújtás helye; 2 a hegesztés kezdete

jó átolvasztása után lehet a hegesztést folytatni (85. ábra). A hegesztés befejezésekor a végkráter fölött időzzünk el néhány másodpercen át, csak miután azt kellően feltöltöttük, szabad az ívet kioltani.

2. Védőgázos hegesztéskor védőgáz összetétele az ötvözőelemek különböző mértékű kiégése következtében a ferrittartalomra jelentősen hat. Az argon védőgázhoz kevert néhány százalék oxigén ugyanis megnöveli a hegfürdő hőmérsékletét, így a varrat külalakja tetszetősebb. Ez javítóhegesztés esetén is kedvező, ezért gyakran alkalmazzák, de előfordulnak a szén-dioxiddal különböző mértékben kevert gázok is.



86. ábra. A védőgáz oxigéntartalmának hatása az ötvözőelemek kiégésére H a húzal összetétele

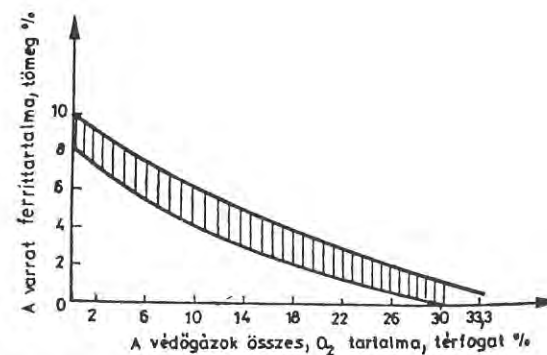
14. táblázat

Védőgázok leolvadóelektrodás ívhegesztéshez

A védőgáz jele	A védőgáz összetétele, tömeg %-ban			
	O ₂	CO ₂	Ar	Összes O ₂
Ar	—	—	99,996	—
S1	1	—	99	1
S3	3	—	97	3
S5	5	—	95	5
M1	5	5	90	7,3
M2	—	18	82	8,3
M3	3	13	84	8,9
M4	5	15	80	11,6
CO ₂	—	100	—	33,3

A javításokhoz is általánosan használt védőgázok összetétele a 14. táblázatban, hatásuk az ötvözőanyagok kiégésére pedig a 86. ábrán található. A védőgázok oxigéntartalmának növekedésével az ötvözőelemek tömegszázaléka a varratban csökken, a CO₂-gáz hozzákeverésével pedig a hegesztőanyag eredeti 0,02% széntartalma 0,1%-ra is emelkedhet. Mindezek következtében a ferrittartalom gyakorlatilag eltűnhet (87. ábra), ami a javítóhegesztés eredményét alapjában megkérdőjelezheti. Ezért korrózióálló acélokat CO₂-védőgázban nem szabad hegesztetni.

Elsősorban nagyméretű vegyipari edények szalagelektrodás felrakóhegesztése (88. ábra) után van szükség feszültségcsökkentő hőkezelésre, de nagy méretű tárgyak javító- vagy felrakóhegesztését követően is szükségessé válhat. Ennek hiányában ugyanis a felrakott réteg húzófeszültsége a korrózió sebességét jelentősen növelheti.



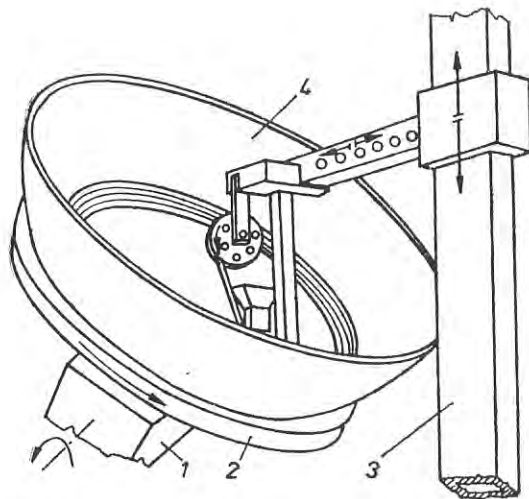
87. ábra. A ferrittartalom csökkenése a 86. ábrán feltüntetett hegesztőanyaggal különböző oxigéntartalmú védőgázokban végzett hegesztéskor

A feszültségcsökkentő hőkezelés tervezésekor figyelemmel kell lenni arra, hogy a karbid nagyobb széntartalmú acélokban és magasabb hőmérsékleten egyre gyorsabban válik ki (89. ábra).

A hegesztőanyag megválasztásakor — sőt, már az új termék tervezésekor is — meg kell fontolni tehát azt, hogy a hegesztést feszültségcsökkentő hőkezelés követi-e, s ha igen, olyan alap- és hegesztőanyagot kell választani, amelyben a feszültségcsökkentés tervezett, pl. 550...600 °C-os hőmérsékletén a kívánt 2...4 h-ás időtartamon belül a kiválás nem indul meg.

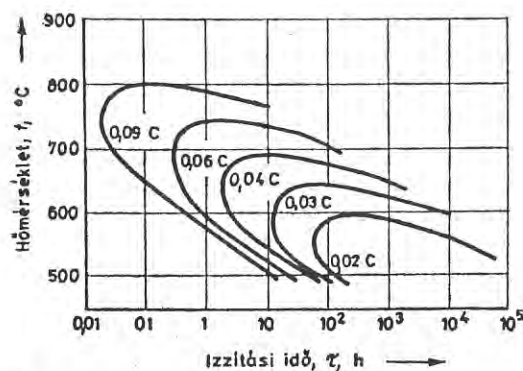
Más összetételű ausztenites acélokra hasonló összefüggés nem ismeretes, de feltételezhető, hogy a krómtartalom növekedése a kiválás megindulását siettet.

A nagy nikkeltartalmú korrózióálló ötvözetek a korszerű vegyipar magas hőmérsékleten, agresszív korróziós hatásoknak kitett szerkezeteihez nélkülözhetetlen anyagok. Összetételük szerint alapvetően három csoportba sorolhatók:



88. ábra. Nagyméretű vegyipari edény belső palástjának szalagelektrodás felrakóhegesztése

1 hegesztőkészülék billenőgerendája; 2 forgóasztal; 3 állvány a rajta mozgó konzollal és annak végén a fedettívű hegesztőgéppel; 4 a vegyipari edény kúpos zárófedele



89. ábra. Különböző széntartalmú nem stabilizált, 18/8-as ausztenites korrózióálló acélok karbidkiválásának megindulásához szükséges időtartam különböző hőmérsékleteken

1. A 0,05...0,08% szén-, 30...40% nikkel- és 20...30% krómtartalmú acélok igen agresszív közegekben használhatók.

2. A 0,03...0,05% C, 50...70% nikkel- és 20...25% krómtartalmú ötvözetek forrásban levő savaknak és gőzöknek állnak ellent.

3. A 0,01...0,03% szén — legalább 70% nikkel-, 9...30% molibdén- és 0...20% krómtartalmú ötvözetek pedig forrásban levő klórtartalmú savakban és gőzökben, kénsavakban és gőzökben, továbbá fehérítő oldatokban nyújtanak megfelelő eredményt.

Az 1. csoport az ausztenites korrózióálló acélokhoz hasonlóan még melegrepedésre hajlamos, ezért javítóhegesztésük során a hegesztőanyag megválasztásakor az előző pontban ismertetettek szerint kell eljárni. A további két csoport esetében ez a veszély nem áll fenn, a legalább 50% nikkeltartalmú ötvözetek melegrepedésre nem hajlamosak. Az ömledékek fajlagos nyúlása 30...60%. Javításhoz mindhárom csoportnak megfelelő összetételű hegesztőanyag beszerezhető.

B.4.6. Hőálló szerkezeti elemek hegesztése

A hőálló acélok 450...500 °C feletti hőmérsékleten a levegő vagy a különböző égéstermékek hatására bekövetkező revésedésnek állnak ellen. A hőállóság azon a hőmérsékleten kielégítő, amelyen a revésedés sebessége óránként legfeljebb 1 g/m², de 50 °C-al magasabb hőmérsékleten sem több, mint ennek a kétszerese.

A szilíciummal általában néhány %-ban ötvözött, és legalább 12% krómtartalmú hőálló acélok éppúgy, mint a korrózióálló, a következő két nagy csoportba sorolhatók:

- nikkelt nem tartalmazó ferrites acélok,
- nikkellel is ötvözött ausztenites acélok.

Ezek az acélok szövetszerkezetükben és alapvető mechanikai tulajdonságaikban a korrózióállókhöz hasonlóak. A magasabb üzemi hőmérsékletből adódóan azonban hosszabb idő után rideg, kemény, szigma-fázis képződhet, aminek következtében szívósságukat teljesen elvesztik.

A ferrites krómacélok és az ilyen összetételű varratok három elridegési hőmérséklet-tartománya ismert:

1. A 12%-nál több krómot tartalmazó acélok 420...530 °C között huzamosabb izzítás után elridegnek. Ez a jelenség és a vele párhuzamosan megfigyelhető keménységnövekedés a 12...20% krómtartalmú varratokban gyakorlatilag elhanyagolható: az ennél több krómmal ötvözöttek azonban néhány ezer órás üzemidő után 475 °C-os elridegést szenvedve veszélyes mértékben elvesztik szívósságukat. Ez a keménységnövekedés azonban 600...650 °C-on néhány órás hőntartással megszüntethető, a varratok eredeti szívóssága visszanyerhető. Ha az anyagvizsgálat repedést nem mutat, az alkatrész további üzemeltetése megengedhető. Az említett 530 °C-nál magasabb, de legfeljebb 600 °C-os üzemi hőmérsékleten elridegés nem észlelhető.

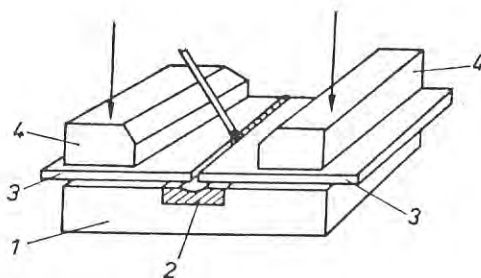
2. A 20...30% krómtartalmú varratokban és lemezekben 600...820 °C

között szigma-fázis keletkezik. Ennek elkerülésére a 20%-nál nagyobb króm-tartalmú varratokat csak 850...900 °C-nál magasabb hőmérsékletre hevülő szerkezetekhez szabad alkalmazni, az ennél alacsonyabb hőmérsékletű helyekre kerülő varratok krómtartalma 20%-nál kisebb legyen. Ez a megállapítás a ferrites és az ausztenites varratokra egyaránt érvényes azzal, hogy az üzemeltetési hőmérséklet felső határa 1200 °C.

3. A hőálló acélok 950...1000 °C-nál nagyobb hőmérsékleteken, lassan bekövetkező szemcsedurvulás következtében elridegnek, ennek azonban a hőállóságra lényeges hatása nincs, csupán a szívósság romlik. A folyamat sebessége a 20...22%-nál nagyobb krómtartalmú acélokban kisebb, mint a kisebb krómtartalmúakban, ezért ennél nagyobb hőmérsékleteken csak erősen ötvözött acélok felelnek meg.

A ferrites, hengereelt acélalkatrészeket 200...300 °C-ra, az öntvényeket 250...400 °C-ra előmelegítve, ausztenites hegesztőanyagokkal javítsuk. Hegesztéskor a legkisebb hőbevitelre törekedjünk; a 0,5...4 mm lemezvastagságtartományban kedvezőbb az argonvédőgázos wolframelektrodás ívhegesztés, e fölött azonban az argonvédőgázos fogyóelektrodás vagy bevontelektrodás ívhegesztést szoktuk alkalmazni.

Az ausztenites szövetszerkezetű lemezek javítóhegesztését előmelegítés nélkül, az öntvényeket kb. 20 mm falvastagság felett 150...250 °C-ra előmelegítve végezzük. Vékonyabb lemezeket ez esetben is argonvédőgázos ívhegesztéssel célszerű javítani, és jó szolgálatot tesz az, ha a lemezeket leszorítjuk és a gyök-oldalon rézgyámot helyezünk el (90. ábra).



90. ábra. Szorítókészülék vékonylemez hegesztéséhez

1 asztal; 2 rézgyám; 3 lemez; 4 szorítóelemek; a nyílak a szorítás irányát jelzik

A hegesztőanyag megválasztására itt is a 84. ábrán található Schaeffler-diagrammal kapcsolatban elmondottak érvényesek, vagyis néhány százalék ferritet tartalmazó ausztenites hegesztőanyag használatára törekedjünk.

Hőálló acélok felületén hasonló összetételű vagy ötvözetlen szénacél felületén hőálló réteget hegesztéssel nem rakunk fel.

A melegrepedésre különösen hajlamos acélok javításakor a hibahelyet szakaszonként, sok apró, vékony varrattal töltjük fel, hogy a hőhatásövezet

túlhevülését elkerüljük. A lánghegesztést — mint a korrózióálló acélok — kerüljük. Ha mégis elkerülhetetlen, a következőket kell figyelembe venni:

- az égő egy számmal kisebb legyen, mint amennyi az azonos vastagságú lágyacélhoz használatos,
- semleges lánggal hegesztünk,
- a hegesztőpálca a lángmagot ne érintse, mert az sok szénét vesz fel.

Nikkel-, ill. kobaltötvözetek javítására az alapanyaghoz hasonló összetételű bevont elektrodák használatosak, mint pl. a 4. táblázat 25., 26., ill. 27. sorszámu összetétele. Ez utóbbi elektróda 72% nikkeltartalma következtében rendkívül lágy, szívós, ezért a kevésbé ötvözött hőálló acélok javítására is széles körben elterjedt. Ez a gyakorlat azonban nem minden esetben felel meg. A hőingadozásnak kitett alkatrészek javítására használt hegesztőanyag megválasztásakor arra is gondolni kell, hogy az alap- és hegesztőanyag hőágulási együtthatói között ne legyen túl nagy a különbség. Ellenkező esetben ugyanis a hőingadozások következtében repedést okozó feszültségkülönbség ébredhet az alapanyag és a varrat között.

Ilyen adatokat hegesztőanyag-katalógusok tartalmaznak.

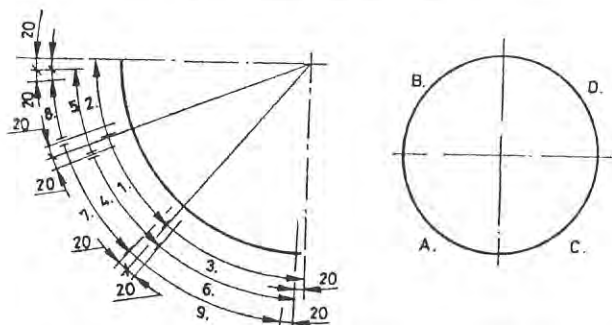
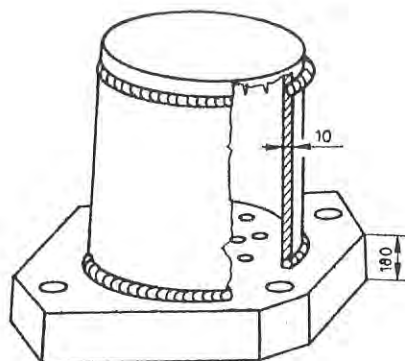
B.4.7. Melegszilárd szerkezeti elemek hegesztése

A 150...200 °C-nál magasabb üzemi hőmérsékleten igénybe vett szerkezeti elemek melegszilárd acélból vagy ötvözetekből készülnek. Összetételüket és az ezzel szorosan összefüggő hegesztési sajátosságait tekintve, a következő csoportokra oszthatók:

- ötvözetlen vagy molibdénnel gyengén ötvözött melegszilárd acélok,
- krómmal és molibdénnel ötvözött melegszilárd acélok,
- nagy melegszilárdságú krómacélok,
- nagy melegszilárdságú ausztenites króm-nikkel acélok,
- nagy melegszilárdságú kobalt- és nikkelötvözetek.

Az ötvözetlen vagy molibdénnel gyengén ötvözött melegszilárd acélok a legfeljebb 350...400 °C hőmérsékleten üzemelő nyomástartó edények, forrcsövek, túlhevítő- és tápvízelőmelegítő-csövek, gőzkamrák anyagai. Hazai megfelelője a molibdénnel 0,25...0,35%-ban ötvözött króm nélküli KL 8 kazánlemez, az A 35.47, az A 45.47 és az Mo 45.47 szavatolt melegszilárdságú varrat nélküli acélcső, valamint az MC melegszilárd acél.

Az acéloknak a hegesztés hatására bekövetkező keményedési hajlama alig jelent gondot, de a javítás utáni maradófeszültségek csökkentésére 100...150 °C-os előmelegítés elsősorban azokon a helyeken fontos, ahol erősen különböző keresztmetszetű és tömegű részek csatlakoznak. Ilyen esetekben a 91. ábrán látható hegesztési sorrendet kell szigorúan betartani.



91. ábra. Vékonyfalú kupola ráhegesztése vastag alaplemeze vegyipari berendezésen

A, B, C, D a negyedek hegesztési sorrendje. 1., 2., 3. az A. negyed gyökvarratának, 4., 5., 6., 7., 8., 9. töltővarratainak hegesztési sorrendje. A többi negyed is hasonló sorrendben készül. A nyilak a hegesztés irányát jelzik

Az ilyen acélok hegesztéséhez általában króm nélküli, 0,5...0,6 molibdén-tartalmú hegesztőanyagokat használunk. A kötést az alapanyagnak megfelelő hőmérsékleten, kb. 880...930 °C-on néhány perc hőntartás után levegőn hűtve normalizáljuk. Ennek hiányában feszültségcsökkentő hőkezelést kell végezni 650...680 °C-on.

A krómmal és molibdénrel ötvözött melegszilárd acélok jellegzetes összetételük alapján két csoportra oszthatók.

1. csoport összetétele:

$$\begin{aligned} C &= 0,1...0,2\%, \\ Cr &= 0,7...1,0\%, \\ Mo &= 0,4...0,6\%. \end{aligned}$$

Hazai acélfajták: KL 9 és KL 10 kazánlemez, valamint a Cr 5 Mo 45.47 és a 2Cr 10 Mo 45.47 szavatolt melegszilárdságú varrat nélküli acélcsövek.

2. csoport összetétele:

$$\begin{aligned} C &= 0,2...0,3\%, \\ Cr &= 1,0...4,5\%, \\ Mo &= 0,2...1,00\%. \end{aligned}$$

Hazai acélfajták: MCrMo, MCrMoV 1, MCrMoV 2 melegszilárd acélok.

Széles körű felhasználási területük a hőerőművek, kőolajipari, valamint a nagy nyomásra és magas (max. 550 °C) üzemi hőmérsékletre tervezett vegyipari berendezések alkatrészei. Gáz- és gőzturbinák tárcsáinak, tengelyeinek, lapátjainak, továbbá kazánok gőzgyűjtő kamráinak, forrscsőveinek, túlhevítő- és tápvíz-előmelegítő csöveinek stb. anyaga.

Javításuk láng- és bevontelektrodás ívhegesztéssel, valamint argonvédőgázas wolframelektrodás ívhegesztéssel egyaránt elterjedt. A hegesztéstechnológia kidolgozásakor — az alapanyaghoz hasonló összetételű hegesztőanyagot feltételezve — a következő sajátosságaikat kell figyelembe venni:

- A króm- és a molibdéntartalom az edződési hajlamot jelentősen növeli, ezért az előmelegítés rendkívül fontos.
- A melegszilárd acélok M_K hőmérséklete magasan fekszik, és a széntartalom csökkenésével nő, de az előmelegítés hőmérséklete ez alatt van. Előmelegítéshez ugyanis elegendő az a hőmérséklet, amely a varrat vagy a hőhatásövezet hűlési sebességét annyira csökkenti, hogy 10...15%-nál több martenzit ne keletkezhesen, s a keménység 300 HB fölé ne emelkedjen.

Az előmelegítési hőmérséklet nagy hőbevitelű hegesztőeljárás esetén, ill. vékonyabb lemezekhez csökkenthető. Ennek mértéke pl. a bevontelektrodás ívhegesztés esetén — az elektróda átmérőjét 3,25 mm-ről 4 mm-re növelve és a lemezvastagságot 20 mm-ről a felére csökkentve — akár 50 °C is lehet, de ilyen engedményeket csak előzetes kísérleti eredmények birtokában tehetünk.

- Az előmelegítés hőmérsékletét 400...600 °C között előírni nem szabad, hőkezelések közben pedig ezt a hőmérséklet-tartományt viszonylag gyorsan át kell lépni, mert az acélok kiválasztott folyamatok következtében elrögzedhetnek.
- A hegesztést követően normalizálás, lágyítás vagy nemesítés, ill. ezek hiányában legalább feszültségcsökkentő hőkezelés szükséges a martenzit elbontása és a maradófeszültségek csökkentése végett.

Normalizálni és a megeresztési hőmérsékletnél 30...50 °C-kal alacsonyabb hőmérsékleten lágyítani csak a 0,2...0,3% széntartalmú acélokat szoktunk. Ezeknek az acéloknak a normalizálása nagyon lassú, 100...200 °C/h sebességű szabályozott hűtést jelent, mert egy részük már levegőn hűlve is edződik.

A 0,1...0,2% széntartalmú acélok ún. teljes lágyítása az acél folyamatos hűtési diagramjának ismeretében olyképpen tervezhető meg, hogy az $A_{c3} + 20...50$ °C-on végzett hőntartást 50...100 °C/h hűtési sebesség kövesse. A diagramok ismeretének hiányában a hőntartás hőmérséklete 900...950 °C-ban jelölhető ki.

A nemesítés levegőedzésből és azt követő megeresztésből áll. Igen homogén, minden szempontból kedvező szövetszerkezetet eredményez. A megeresztési hőmérsékletéről levegőn kell hűteni az acélt.

Az előző hőkezelések költséges volta és nagy időszükséglete miatt a feszültségcsökkentés általánosan elterjedt annak ellenére, hogy a varrat primér szövetszerkezete változatlan marad. Hőmérséklete a nemesítést követő megeresztésével gyakorlatilag azonos. Előnye azonban, hogy:

- Hőmérséklete a lágyításhoz vagy nemesítéshez képest mintegy 200 °C-kal kisebb, ennek ellenére a varrat keménysége és a kötés maradékfeszültsége jelentősen csökken.
- A megeresztést követő hűléskor mártenzit nem keletkezhet, keményedéstől tehát nem kell tartani és nem igényel szabályozott hűtési kimenet. A hűlés szobahőmérsékletű, nyugvó levegőn folyhat.
- Helyi hevítéssel nagyméretű szerkezetek varratai is megeresztethetők.
- A revésedési veszély kisebb.
- A saját súlyerő okozta alakváltozás az acél nagyobb szilárdsága következtében nem számottevő.

A krómmal és molibdénnel ötvözött melegsziárd acélok javítóhegesztési munkái során előforduló hőkezelési eljárások legfontosabb adatait a 15. táblázat tartalmazza. Ha a varrat összetétele az alapanyagétól eltér, a hőkezeléseket az erősebben ötvözött anyagnak megfelelően kell végezni.

A 92. ábrán látható *hőcserélő előkamrát* a következő technológia szerint célszerű javítani.

1. Varratelőkészítés. A hibahely kimunkálása köszörüléssel a repedés teljes mélységéig, repedésjelző folyadékkal szakaszonkénti ellenőrzés, további munkálás.
2. Előmelegítés a 14. táblázatban megadott hőmérsékletre 100...150 °C/h sebességgel.
3. Hegesztés. Javításkor általában bevontelektródás ívhegesztést alkalmaznak, de elterjedt az argonvédőgázos wolframelektrodás és — nagyobb hibahelyek javítására — az argonvédőgázos leolvadóelektrodás ívhegesztés is. Átmenő repedések esetén a gyökoldalon rézgyám használatával érhető el a kedvező varratalak, ahol azonban megvalósítható, az alkatrész forgatásával a hibahelyet célszerű függőleges helyzetbe hozni és így gyám nélkül hegeszteni.
4. Megeresztés. A hegesztés után a hőkiegyenlítődést megvárva lehetőleg azonnal, a teljes lehűlés elkerülésével végezzük. Ezt nemcsak a gazdaságosabb hőkihasználás indokolja, hanem az is, hogy így a még részben mártenzites varratban, ill. hőhatásövezetben kisebb a repedésveszély.
5. Roncsolásmentes vizsgálat és keménységmérés.

15. táblázat

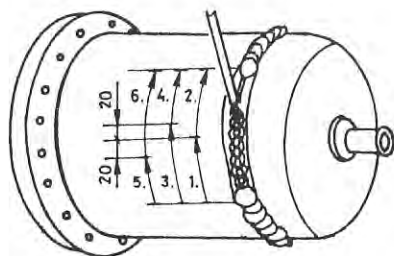
Melegsziárd acélok javítóhegesztése során előforduló hőkezelések

Az anyag jele	Összetétel, tömeg %-ban				Előmelegítési, hőmérséklet, °C	A hegesztés utáni feszültségcsökkentés			Az edzés		
	C	Cr	Mo	V		hőmérséklete, °C	időtartama, h	hűtőközege	hőmérséklete, °C	időtartama, h	hűtőközege
KL 9	0,14	0,7	0,5	—	100...150	650...720	0,3	levegő	910...940	0,3	olaj
KL 10	0,13	0,6	0,5	0,3	100...150	660...700	0,3	levegő	900...930	0,3	olaj
Cr 5 Mo 45·47	0,14	0,9	0,5	—	150...200	680...720	0,3	levegő	910...940	0,3	olaj
2 Cr 10 Mo 45·47	0,13	2,2	1,0	—	250...350	730...780	0,5	levegő	920...950	0,3	olaj
MCrMo	0,24	1,1	0,2	—	200...250	650...710	2	levegő	900...950	0,3	olaj
MCrMoV 1	0,24	1,3	0,6	0,2	250...300	680...740	2	levegő	900...950	0,3	olaj
MCrMoV 2	0,21	1,3	1,1	0,3	300...350	680...740	2	levegő	900...950	0,3	olaj
—	0,06	1,1	0,5	—	200...250	680...720	0,5	levegő	900...920	2	levegő
—	0,07	1,4	1,0	0,5	250...300	700...730	2	levegő	920...940	0,5	levegő
—	0,06	2,4	1,0	—	250...350	730...780	0,5	kemence	940...960	0,5	levegő
—	0,04	2,2	1,0	—	250...350	730...780	0,5	kemence	920...940	2	levegő

Megjegyzés: Az MCrMo, MCrMoV 1 és MCrMoV 2 acélok normalizálási hőmérsékletei: 830...850; 820...840 és 810...830 °C.

Az edzést követő megeresztés hőmérséklete nemesítéskor 20...30 °C-al magasabb, mint a hegesztést követő feszültségcsökkentő hőkezelés.

A táblázatban feltüntetett időtartamok a legfeljebb 20 mm vastagságú alkatrészekre vonatkoznak.



92. ábra. Hőcserélő előkamra varratának javítása, a hibás rész függőleges helyzetbe hozása után a számok az egyes varratszakaszok hegesztési sorrendjét jelölik, az egymást követő varratszakaszok a hőkiegyenlítést megvárva hegeszthetők

A nagy melegsílárdságú króm-acélok a legfeljebb 550...600 °C-ig igénybe vett gőzkazánok, hőerőgépek, atom- és vegyipari készülékek, turbinatárcsák és tengelyek stb. anyaga. Jellemző összetételük:

$$\begin{aligned} C &= 0,1...0,25\%, \\ Cr &= 11...12\%, \\ Mo &= 0,5...2\%, \\ V &= 0,2...0,3\%, \\ W &= 0,3...0,7\%. \end{aligned}$$

Az összetételükben található molibdén, vanádium, wolfram és króm következtében nagyon edződők, s mivel A_5 fajlagos nyúlásuk lágyítva is csupán 15%, repedésre igen hajlamosak. Ilyen összetételű acélokat hazánkban nem gyártanak, külföldről származó berendezések javításakor találkozunk velük.

Kifogástalan hegesztésük hasonló összetételű hegesztőanyagokkal a következő technológiával végezhető:

1. Hibahely kimunkálása köszörüléssel, szakaszos ellenőrzés repedésjelző folyadékkal.

2. Előmelegítés 400...500 °C-ra, legfeljebb 50...100 °C/h hevítési sebességgel, hogy a hevítéskor ébredő belső feszültségek repedést ne okozzanak az alkatrészben.

3. Hegesztés kis belső feszültséget keltő sorrenddel oly módon, hogy a repedés két végétől befelé 50...100 mm hosszban váltakozva egy-egy szakaszt készre hegesztünk. Egy-egy szakasz készrehegesztése után, a következőhöz csak a hőkiegyenlítés után fogunk hozzá, ügyelve arra, hogy a kezdő- és végkráterek egymás fölé ne kerüljenek.

4. Hegesztés után lassan, legfeljebb 50...100 °C/h sebességgel hűtés 80...120 °C-ig.

5. Hőkezelés (megeresztés vagy lágyítás vagy nemesítés)

a) Meeresztés. Hevítés 50...100 °C/h sebességgel 760...800 °C-ra. Hőntartás vékonyfalú munkadaraboké legalább 4 h-án át, 12 mm-nél vastagabb falú munkadaraboké 6...8 h-án keresztül. Innen kemencehűtés 100 °C-ig, majd levegőn.

b) A lágyítás igen lassú, szabályozott hűtést igényel; 1020...1050 °C-ról legfeljebb 20...25 °C/h sebesség a megengedett.

c) A nemesítés: 1020...1050 °C-ról, félórás hőntartás után levegőhűtéssel, majd 760...800 °C-os meeresztés. A meeresztés hőmérsékletén 2 h-t tartjuk a munkadarabot, majd kemencével együtt hűtjük le.

Tekintettel a lágyítás és a nemesítés körülményes és költséges technológiájára, valamint arra, hogy a martenzit meeresztéskor is elbomlik és a belső feszültségek kielégítő módon leépülnek, a meeresztés alkalmazása a leggyorsabb.

6. Roncsolásmentes anyagvizsgálat és keménységmérés.

Nagy melegsílárdságú ausztenites króm-nikkel acélokat ilyen elnevezéssel hazánkban nem készítenek, de a KO 33, KO 38, a KO 11, továbbá a H 8, H 9 és H 10 összetétele megközelíti a külföldiekét. A H jelűek jellegzetes összetétele

$$\begin{aligned} C &= 0,04...0,1\%, \\ Cr &= 16...18\%, \\ Ni &= 11...17\%. \end{aligned}$$

Ezek az acélok 750...800 °C-on dolgozó gáz- és gőzturbinák, turbinalapátok, tárcsák és csavarok, hengerek, rakétahajtóművek, atomipari berendezések stb. anyaga. Összetételük, szövetszerkezetük és mechanikai tulajdonságaik azonosságából következik, hogy az ausztenites korrózióálló acélok javítóhegesztésével kapcsolatban elmondottak itt is mérvadók, bár néhány hegesztőanyag kobalttartalma a 6%-ot is eléri.

Előmelegítést tehát általában nem igényelnek, de 25 mm-nél vastagabb lemezek 100...200 °C-os előmelegítése megengedhető, utóhőkezelés felesleges.

A melegsílárdságú acélokat célszerű ausztenites hegesztőanyaggal hegesztetni. Az ilyen célokra alkalmas elektródák kiválasztásakor a Schaeffler-diagram (l. 84. ábra) alapján arra törekedjünk, hogy már az első varrat ausztenites legyen. Ehhez olyan hegesztési jellemzőket kell választani, amelyekkel az adott eljárás — általában bevontelektródás ívhegesztés — során a lehető legkevesebb alapanyaghányad érhető el.

Ausztenites hegesztőanyaggal elvégezve a hegesztést, a varrat martenzittartalma lényegesen kisebb, mint az alapanyaggal azonos összetételű varratanyagé. Ezért a folyamat ideje alatt végig képlékenyebb, mint a hőhatásövezet, így módon a repedésveszély kisebb. Hátránya azonban a nagyobb hőátágulása, amelynek következtében a varrat maradófeszültsége jelentős lehet. A hegesztést ezért

- 50...100 mm hosszúságú lépésekben, a nagy melegsílárdságú króm-acélok javításánál ismertetett elvek szerint végezzük, a legkedvezőbb feszültségállapot elérésére,
- stabilizált vagy 0,03%-nál kisebb széntartalmú hegesztőanyagot vá-

lassunk, hogy a hosszú hőntartási időtartamok vagy a lassú lehűlés közben a varratban ne válhasson ki repedést okozó karbid.

A nagy melegsízárságú kobalt- és nikkeltövezetek a 800...900 °C hőmérsékleten üzemelő alkatrészek anyagai. Az előbbieket a mechanikailag kevésbé igénybe vett dízelmotorok égőkamráinak, gázturbinák vezetőlapátjainak vagy a kipufogó gázzal hajtott turbinák tárcsáinak, az utóbbiak a nagyobb mechanikai igénybevételnek kitett turbina alkatrészeknek, repülőgép hajtóművek vezető és forgólapátjainak, belsőégésű motorok kipufogószelepeinek anyaga. Ebből az ötvözetből készülnek egyébként a kis mechanikai igénybevétellel terhelt, s a rakétahajtóművekben legfeljebb 1350 °C-ig hevülő árnyékolólemezek, fűvőcsövek, terelőlapok stb. is.

Közös jellemzőjük a korrózióállóságot növelő 10...30% krómötvöztetés és a legfeljebb 0,2% széntartalom. A kobaltalapúak kobalttartalma 40...60%, a nikkalapúak nikkeltartalma pedig 50...80%; az egyes ötvözetekbe legfeljebb 15%-ban ötvözött wolfram- és molibdén-tartalom a melegsízárságot növeli.

Az ilyen ötvözetekből készült alkatrészek az ausztenites szövetszerkezet folytán hegesztéssel eredményesen javíthatók. *Előmelegíteni nem kell.* Bevont elektródák és pácák e célra egyaránt beszerezhetők; hegesztési szempontból a pálcák kedvezőbb.

Mint hogy az említett alkatrészek általában vékonyfalúak, és némelyik nagy méretpontosságú, a javítóhegesztés megkezdése előtt az alkatrészt támasztó, annak alakját jól követő készülékbe szorítás a munkát megkönnyíti, a vetemedést gátolja. Ilyen célt szolgál pl. a turbinalapátok egy alaplapra több ponton alkalmazott csavaros leszorítása, köpenyek tűskére szorítása stb.

B.4.8. Hidrogénnyomásálló acélból készült szerkezeti elemek hegesztése

A hidrogénnyomásálló acélok összetétel és hegesztési sajátosságok tekintetében a krómmal és molibdénrel ötvözött melegsízárs acélokhöz állnak közel, ezért az ott leírtak értelemszerűen itt is maradéktalanul érvényesek.

Jellegzetes összetételük:

C = 0,1...0,3%,

Cr = 1,0...6,0%,

Mo = 0,4...1,1%,

V = 0...0,9%.

Hazai megfelelőjük a HCM 1...5-ig, továbbá a HCMV 1...3-ig terjedő sorozat.

Hegesztésükhöz hasonló összetételű hegesztőanyagok bő választékban készülnek. A hegesztéstechnológia kidolgozásakor króm-tartalmuk következté-

16. táblázat

Hidrogénnyomásálló acélok javítóhegesztése során előforduló hőkezelések

Az anyag jele	Összetétel, tömeg %-ban				Előmelegítési hőmérséklet, °C	A hegesztés utáni feszültségcsökkentés				Az edzés		
	C	Cr	Mo	V		hőmérséklete, °C	idő-tartama, h	hűtőközege	hőmérséklete, °C	idő-tartama, h	hűtőközege	
HCM 1	0,14	0,9	0,5	—	150...200	680...720	0,3	levegő	910...940	0,3	olaj	
HCM 2	0,13	2,2	1,0	—	250...350	650...700	1,5	levegő	920...950	0,3	olaj	
HCM 3	0,16	2,2	0,3	—	200...300	650...700	1,5	levegő	920...970	0,3	olaj	
HCM 4	0,24	2,4	0,3	—	250...350	650...720	3	levegő	920...970	0,3	olaj	
HCM 5	0,13	5,0	0,5	—	300...400	650...700	2	kemence (550) levegő	950...1000	0,2	levegő	
HCMV 1	0,18	2,7	0,3	0,1	250...300	650...700	2	levegő	950...980	0,3	olaj	
HCMV 2	0,20	3,3	0,5	0,5	300...350	650...700	2	levegő	1000...1030	0,3	olaj	
HCMV 3	0,22	3,0	0,4	0,8	300...350	650...700	2	kemence (550) levegő	1020...1050	0,2	levegő	
—	0,06	5,0	0,6	—	250...350	750...770	0,5	kemence (550) levegő	950...970	0,5	olaj	
—	0,08	9,0	1,0	—	300...400	750...770	0,5	kemence (550) levegő	920...940	0,2	levegő	
—	0,1	3,0	0,5	0,4	250...350	720...740	2	kemence (400) levegő	970...990	0,5	levegő	

Megjegyzés: Lágításkor az acélokat 680...730 °C-on falvastagságtól függően 25 mm-enként egy órán át kell tartani; majd kemencében 300 °C-ig, onnan levegőben lehet hűteni.

Az edzést követő megeresztés hőmérséklete nemesítőkor 20...30 °C-kal magasabb, mint a hegesztést követő feszültségcsökkentő hőkezelés.

Az MSZ szerinti HCM 1...4 acélok normalizálási hőmérséklete jó közelítéssel 920...960 °C, a többi szabványos acélé 960...1040 °C.

A táblázatban feltüntetett időtartamok a legfeljebb 20 mm vastagságú alkatrészekre vonatkoznak.

ben a hőkezelésüknek igen fontos a szerepe, javításra tehát csak ott kerülhet sor, ahol a megfelelő hőkezelő berendezések rendelkezésre állnak. A hidrogénnyomásálló acélok javítóhegesztésekor előforduló hőkezelési eljárások fontosabb adatait a 16. táblázat tartalmazza. Ha a varrat összetétele az alapanyagétól eltér, az erősebben ötvözött anyagnak megfelelően kell hőkezeln.

B.4.9. Hidegszívós szerkezeti elemek hegesztése

Hidegszívós acéloknak azokat nevezzük, amelyek a vegyiparban, az energiaellátásban, a hűtőiparban és a korszerű szállítóeszközökben $-20...30\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti hőmérsékleteken üzemelnek. Összetételük és az ezzel összefüggő hegesztési sajátosságai alapján két csoportba soroljuk:

- ferrit-perlites acélok 0,1...0,2% szén- és 2...10% nikkeltartalommal,
- ausztenites acélok 0,05...0,1% szén-, 17...19% króm- és 8...10% nikkeltartalommal.

Az első csoport hazai megfelelője az AH 60, AH 80, AH 120 és AH 195 acél, 4,5 és 9% nikkeltartalommal a második csoporté az AHC 195, AHCT 195 és AHCN 195 acél. A két-, ill. háromjegyű számok azt a negatív hőmérsékletet jelentik, ameddig szavatolt a szívósságuk. Hazánkban jelenleg ezek hegesztéséhez csupán a 2,5% nikkeltartalmú Pancold EB 2,5 Ni típusjelű bevont elektróda létezik, külföldről azonban a többiekhez is beszerezhető a szükséges összetételű elektróda, valamint pálca vagy tömör huzal. Az első csoportba tartozó 2...3% nikkeltartalmú acélokat csak nagy keresztmetszet esetén célszerű $100...150\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra előmelegíteni, az 5...9% nikkeltartalmúakat viszont minden esetben melegítjük elő $150...200\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra. Az ausztenites acélokat kis hőbevitellel, a B.4.5. fejezetben ismertetett elvek szerint hegesztjük.

B.4.10. Öntvények hegesztése

Az öntöttvas 2...4% széntartalmú ötvözet, amelyben a szén gyorsan, pl. levegőn hűlve rideg fázis, vas-karbid alakjában jelenhet meg. Az ilyen kifehéredett öntöttvas többnyire csak köszörüléssel munkálható meg és annyira rideg, hogy alkalmazási köre korlátozott.

A gyakorlati felhasználásra bevált *szürkevas* 2...3% szilíciumot tartalmaz, keménysége 180...300 HB. A szén egy része grafiterek, -csomók, esetleg -gömbök alakjában található, ezekről nagymértékben függ a szürkevas tulajdonsága és ezért hegesztési sajátossága is.

A *lemezgrafitos vasöntvényben* a grafit túlnyomóan lemez alakú, s ezért szívóssága, nyúlása csekély. Az MSZ 8280 szerinti Öv jelzéssel forgalomba kerülő öntvények szakítószilárdsága 100...400 MPa, keménysége 200...300 HV, nyúlása nem szavatolt.

A *temperöntvények* szívósabbak, nyúlásuk 3...12%. Az MSZ 8280 szerinti Tö jelzéssel fehér, fekete és perlites öntvényfajtákat gyárt iparunk, amelyek közül az első kettő szakítószilárdsága 300...420 MPa, a perlitesé 450...700 MPa.

A *gömbgrafitos vasöntvények* a legszívósabbak. Az MSZ 8277 szerinti Göv jelű vasöntvények egyik típusának, 140...300 HB keménységén és 2...17% fajlagos nyúlásán kívül még az ütőmunkája is szavatolt.

A *krómötvözésű vasalapú kopásálló öntvények* hőkezelve kerülnek a felhasználókhoz. Az MSZ 8273 szerinti Öx betűjelet viselő öntvények keménysége 58...64 HRC, lágyítva 40...52 HRC. Szívósságuk csekély, az ütő-igénybevételt kevésbé viselik el.

A *korrozíóálló vasöntvények* sok helyen eredményesen helyettesíthetik az ilyen célú acélokat. Az MSZ 8274 szerinti Öv NiCr öntvények viszonylag szívósak, az Öv Si jelűek azonban annyira ridegek, hogy megmunkálás közben is gyakran törnek.

Az MSZ 8278 szerinti *hőálló vasöntvények* és az MSZ 8273 szerinti *kéreg- és fehérvasöntvények* szövetszerkezetükből adódóan annyira ridegek, hogy nem hegeszthetők.

Az öntöttvasak az ipar minden területén megtalálhatók. Új gyártmányok készítésekor hegesztésükkel alig találkozunk, öntéshibás, törött, repedt vagy megmunkálás közben selejtessé vált gépöntvények javítóhegesztésével azonban igen nagy értékek menthetők meg, vagy jelentős termelés kiesés kerülhető el.

A javítóhegesztés technológiájának kidolgozása közben a következő sajátosságokat kell figyelembe venni.

- Kis szilárdságuk és csekély – vagy sok esetben teljesen hiányzó – alakváltozási képességük miatt, a hegesztés közben fellépő hevítési és hűlési feszültségek alakváltozással nem épülnek le úgy, mint az acélok esetében, ezért a feszültségcsúcsok keletkezését kerülni kell.
- A kis hővezető képesség miatt a hő csak lassan terjed az öntvényben. A külső és belső részek között ezért nagy feszültség ébred, ami különösen erősen változó falvastagságú alkatrészek hegesztése esetén repedésveszélyt rejt magában. Előmelegítéskor ezért a $100\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ sebességhatár alatt kell maradni.
- Szövetszerkezeti sajátosságuk, hogy a grafit csak igen lassú hűléskor jelenik meg. Gyors hűléskor erre nincs lehetőség és az öntvény rideg, 600...800 HV keménységű lesz. Ilyen szövetszerkezet alakulhat ki a varrattal közvetlenül szomszédos részekben, ahol az alapanyag megolvad, de gyors hűlés hatására a kissé távolabbi részek – amelyek hegesztéskor $723\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölé hevültek – szintén beedződhetnek. Ezek tehát rideg anyagrészek, amelyek jelenléte a javítás sikerességét kérdésessé teszi. Kellő előmelegítéssel vagy megfelelő technológiával megjelenésüket el kell kerülni.

Az öntöttvasak javítóhegesztésére az előbbieket figyelembevételével

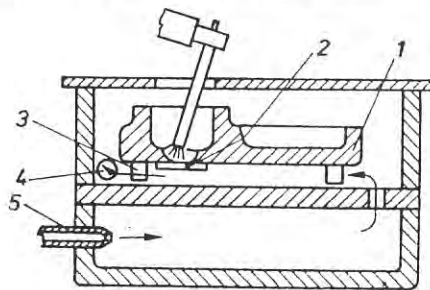
- meleg,
- félmeleg és
- hideg

eljárást dolgoztak ki.

A hegesztőeljárás kiválasztásakor vegyük figyelembe

- a hegesztés közben ébredő feszültségállapotot,
- az alkatrész tázulási és zsugorodási lehetőségét,
- az alap- és a hegesztőanyag összetételét,
- az alkatrész állapotát,
- a műszaki és gazdasági szempontokat.

Meleghegesztéskor a munkadarabot lassan, bonyolult, nagy tömegű alkatrészeket $10...20\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ sebességgel kell előmelegíteni $600...700\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra. A magasabb hőmérséklet kedvezőbb feszültségállapotot eredményez, a felső határt átélve azonban az alapanyag perlitjének elbomlása következtében az öntöttvas lágyul, keménysége és szilárdsága csökken. Az előmelegítés lehetőség szerint terjedjen ki a munkadarab teljes keresztmetszetére, a maradófeszültségek ezáltal csökkenthetők. Kisméretű darabok hevítésére a faszén vagy gáz egyaránt alkalmas, de vigyázni kell, hogy az égő a munkadarab egyetlen pontjára se adjon koncentrált meleget. Nagy munkadarabokat kemencében célszerű előmelegíteni, és hőszigetelő dobozba téve oly módon hegesztetni, hogy csak az a rész legyen szabadon, ahol épp a hegesztés folyik. A hőszigetelő dobozt a sugárzó hő pótlására fűteni kell. Megfelelő fűtési lehetőséget teremtve és $150...200\text{ mm}$ vastag hőszigetelt falat építve, az előmelegítés is elvégezhető a 93. ábrán látható kemencében. A javítás tehát ipari kemence nélkül végrehajtható.



93. ábra. Előmelegítő és hőtartó kemence öntöttvasak meleghegesztéséhez

1 öntvény; 2 grafitgám; 3 támasz;
4 füstelszívó; 5 gázégő

Kisebb munkadarabok lánggal, a nagyobbak bevont elektródával vagy ívhegesztő pálcával hegeszthetők, a hegesztőanyag összetétele mindkét eljárás esetén az alapanyagéval azonos. A hőbevitel valamivel nagyobb, mint az ötvöztelen acélok hegesztésénél. Lánghegesztéskor pl. 4 mm átmérőjű pálcához $6...9$ számú, 10 mm átmérőjűhöz $15...20$ számú, 14 mm átmérőjűhöz pedig $20...30$

számú keverőszárat használunk, ívhegesztéskor ugyanilyen átmérőjű elektródák leolvasztása $180...200$, $450...600$, ill. $600...900\text{ A}$ áramerősséggel folyik.

A hegesztés befejezése után nagy munkadarabokat $600...650\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on $3...5\text{ h}$ -án át feszültségcsökkentési célú hőkiegyenlítő hevítésnek vetjük alá, amelyről $15...20\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ sebességgel hűthetők le. A legfeljebb néhány tíz kg tömegűeket $400...500\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra előmelegített homokba ágyazva és teljesen befedve kell védeni a gyors lehűlés ellen.

Meleghegesztés után a varrat és az alapanyag szövetszerkezete, és szilárdsága hasonló (a varraté általában jobb), mint az alapanyagé, az öntvény ezért az eredetivel egyenértékű lesz.

Elsősorban nagy keresztmetszetű munkadarabok bevontelektródás ívhegesztéséhez gyakran használunk folyasztószert. Ezek a keletkező oxidokat az alapanyag olvadáspontjánál alacsonyabb olvadáspontúvá alakítják át, hogy a salakot híg folyóssá téve a nagy tömegű fürdő könnyebben legyen kezelhető. A borax erre a célra egyedül nem alkalmas, mert keményfoltokat okoz, de 50% égetett borax + 47% kalcinált szóda + 3% kovaföld már jó eredményt adhat.

A félmeleg hegesztés kevésbé bonyolult, és hegesztés közben alakváltozásra képes öntvények javításakor vezet eredményre. A hegesztőanyag összetétele a meleghegesztéshez használthoz hasonló azzal az eltéréssel, hogy több benne az ún. csíráképző anyag. A félmeleg hegesztést tehát csak olyan elektródákkal végezzük, amelyek a gyártómű szerint erre a célra alkalmasak.

Az előmelegítés hőmérséklete csak $200...400\text{ }^{\circ}\text{C}$, a varrat és a hőhatásövezet tehát viszonylag gyorsan hűl. Az elektróda összetétele biztosíték arra, hogy a varratban rideg vas-karbid ne keletkezzék, a hőhatásövezetben azonban $300...350\text{ HV}$ keménységű szövetszerkezet kialakulhat, amelyben repedés csak akkor nem keletkezik, ha a belső feszültségek mérsékelt szinten tarthatók. Ezért rövid, $10...20\text{ mm}$ -es szakaszokban vagy egymást $25...30\%$ -ban átfedő folatokban hegesztünk, és a szakaszok közötti hőkiegyenlítést meg kell várni. Mint-hogy hideghegesztéssel legalább ilyen minőségű kötés készíthető és az eljárás egyszerűbb; a lényegesen drágább hegesztőanyag ellenére a hideghegesztés alkalmazása gyakoribb.

Hideghegesztéskor az alapanyagot legfeljebb $100...150\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegítjük elő, majd nikkel, réz-nikkel, vagy vas-nikkel összetételű elektródákat használva hegesztjük. Fémteni törvényszerűség, hogy az így hegesztett alapanyag hőhatásövezetében rideg fázis keletkezik. Az igen képlékeny varrat, valamint a rövid, $20...30\text{ mm}$ hosszú varratszakaszokkal végrehajtott hegesztés azonban igen csekély maradófeszültségeket ébreszt, ezért a kötés általában elfogadható. Statikus igénybevételekkel szembeni ellenállóképessége az eredeti öntvényét megközelíti, a fásztó- és az ütő-igénybevételeket azonban kevésbé viseli el, ezért pl. lendítőkereket hidegen ne hegesztünk.

Az alkatrész állapota gyakran egyértelműen meghatározza a hegesztő-eljárást, hiszen a nagyméretű, durván megmunkált gépöntvények javítása mindhárom eljárással elvégezhető, készre munkált alkatrészek esetében azonban a revésedés, valamint az elhúzódnás miatt elsősorban csak a hideghegesztés jöhet számításba.

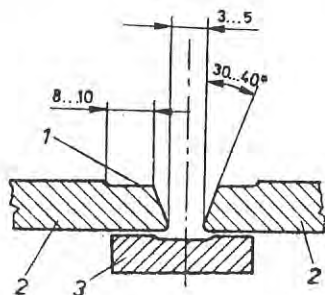
Hosszú időn át olajjal érintkező hajtóműházak olajkályhák, motorblokkok stb. milliméter mélységig átítatodnak. Ilyen helyeken a hegesztés megkezdése előtt gázlánggal ki kell égetni az olajat a leendő varrat felületéből.

Műszaki és gazdasági szempontból vegyük figyelembe

- a munkadarab méretét, alakját,
- az esetleg rendelkezésre álló hőkezelő-kemencét és az előmelegítő-dobozt,
- a varrat és a hőhatásövezet megmunkálhatóságát,
- a tömörséget,
- a hegesztő szakképzettségét,
- a hegesztőanyagok minőségét,
- a javítás költségeit (a hideghegesztésre alkalmas nikkelalapú elektródák ára a meleghegesztésre használható ötvözetlenének mintegy harmincszorosa),
- az új alkatrész beszerzési lehetőségét,
- a termelés kiesés várható költségkihatását.

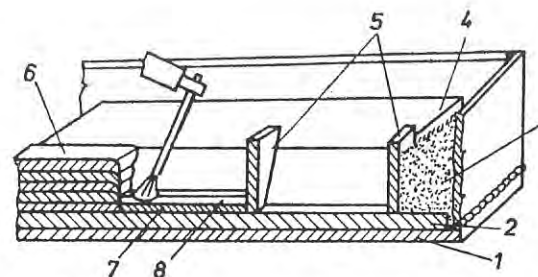
A lemezgrafitos vasöntvények meleghegesztése során arra kell törekedni, hogy a hegesztés megszakítás nélkül, gyorsan folyjék, az öntvény hőmérséklete a hegesztés környezetében ne csökkenjen. A javítandó helyeket forgácsolással vagy kézi köszörüléssel úgy kell előkészíteni, hogy éles sarkok ne keletkezzenek a horonyban. A felületen ott, ahol a munkadarab a hegesztéskor várhatóan megömlik, az öntési kérget köszörüléssel el kell távolítani (94. ábra).

A repedés két végét — továbbterjedésének megelőzésére — 10...15 mm átmérőjű furattal célszerű lezárni. A hegesztést 50...100 mm hosszú varrat-szakaszokban végezzük (95. ábra), s a grafitgyámokkal lehatárolt szakaszt



94. ábra. Öntöttvas előkészítése meleghegesztéshez

1 eltávolított öntési kérgé helye; 2 öntvény; 3 grafitgyám



95. ábra. Nagy keresztmetszetű varratok meleghegesztése több szakaszban

1 az öntvény beágyazásához szükséges hegesztett doboz alaplemez; 2 alsó grafitgyám; 3 homok; 4 öntvénylap; 5 határoló grafitgyámok; 6 az első szakaszban elkészült rétegek; 7 a második szakasz első megdermedt varratrétege; 8 a második szakasz második varratrétege

úgy töltjük tele fokozatosan, hogy közben a teljes felület folyékony maradjon. Ez a módszer a kiféheredés elkerülésére a hűlés sebességét csökkenti.

A grafitgyámok alkalmazása egyébként minden olyan helyen célszerű, ahol az ömledéknek nincs támasza és ezért elfolya. A gyámok öntődei homokkal tömíthetők. A tapasztalat azt mutatja, hogy kis (10...20 g tömegű) darabokat az esetleges átolvadási hibák elkerülésére nem érdemes a helyükre illeszteni, a hiányt célszerűbb ömledékkel kitölteni.

Lánghegesztést csak kis (legfeljebb 20 mm) falvastagságig érdemes alkalmazni, semleges lángbeállítással, balrahegesztést végezve. A folyasztószert az alapanyag megolvasztása után kell adagolni, s a hegesztőpálca megömlését követően az égőt még egy ideig ott kell tartani, hogy az oxidok a felületre emelkedhessenek, a gázok eltávozhassanak, és a varratot ne érje levegő, mert a kiegő szilíciumból kemény zárványok keletkezhetnek a varratban. A felületen összegyűlő — esetenként túl vastag — salakot el kell távolítani, hogy a fürdő ellenőrizhető, a folyasztószert felújítható legyen.

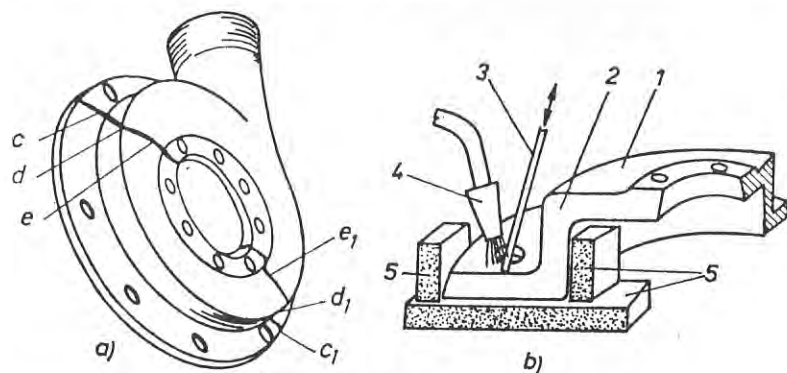
A semleges lánghoz képest a redukáló láng kisebb hőmérsékletű, a hegfürdő kevésbé túlhevített, ezért a gázok távozása csak a fürdő keverésével érhető el. Ez sok hiba forrása lehet, alkalmazása nem célszerű.

A bevontelektródás ívhegesztés alkalmazása a nagyobb falvastagság esetén előnyösebb, teljesítménye és a minősége jobb, mint a lánghegesztésé. Öntöttvas pálcákkal hegesztve időközönként esetleg folyasztószert kell használnunk a nagy tömegű salak higfolyóssá tételére. Nagy falvastagság esetén időközönként a salak eltávolítására is gondolni kell.

Az öntvények meleghegesztésekor a hegesztőket a sugárzó meleg ellen azbesztruhával védeni kell, s célszerű 20...30 percenként váltani őket. Nagy átmérőjű elektródával folyó munka során már az elektródafogóra is célszerű pajzsot szerelni vagy egyedi elektródafogót használni, mert az erre a célra használatos 10...14 átmérőjű pálcák leolvasztásakor létrejövő sugárzó hő a szokásos eljárások során fejlődnek többszöröse.

A 96. ábrán szemléltetett kétféle törött szivattyúház javítóhegesztésének műveleti sorrendje a következő:

1. *Előkészítés.* A tört felületből a repedést teljesen kiköszöröljük. Az öntvény belső és külső felületén, a leendő varrat két oldalán 10...20 mm szélességben az öntési kerget eltávolítjuk, ami ebben az esetben (8...12 mm falvastagságú, 40 mm átmérőjű öntvény) legfeljebb 0,5 mm.



96. ábra. Szivattyúház javítóhegesztése

a) a törés helye; b) javítás
1 szivattyúház; 2 hegesztéshez kiköszörölt felület; 3 hegesztőpálca; 4 hegesztőégő; 5 grafitgyámok

2. *Illesztés.* A 96. ábra szerint előmunkált felületeket grafitgyámok között beállítjuk oly módon, hogy az ábrán c és c_1 egymással átellenes helyen a szorítóperem egy beállításban legyen hegeszthető. A beállítást homokkal bélelt edényben célszerű végezni. Kemence hiányában ilyen kis darabok lassan, lánghegesztőégővel is előmelegíthetők, de közben az egyenletes hűtadásra ügyelni kell.

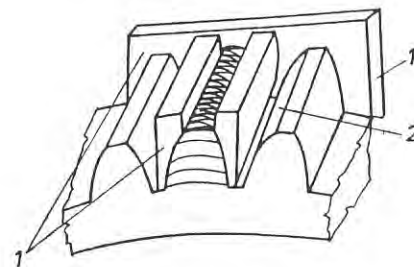
3. *Hegesztés.* A kis terjedelem miatt lánghegesztést célszerű végezni. A szorítóperem készre hegesztése után d , d_1 falrészeket ugyanebben a helyzetben hegesztjük újabb gyám behelyezése után. Ha ez a falrész 40...50 mm-nél hosszabb, a hegesztés kifogástalanul csak vízszintes helyzetben állítva végezhető el. Utoljára a e , e_1 oldalfalat hegesztjük.

4. *Utómelegítés.* A hegesztés befejezése után kemencében 600...650 °C-on, fél órán át feszültségcsökkentő hőkezelést végzünk. Kemence hiányában lánghegesztőégővel hevítjük erre a hőmérsékletre a munkadarabot, majd faszéntűzbe helyezve és lefedve, esetleg 400...500 °C-os homokba ágyazva és lefedve hűtjük.

5. *Utómunkálás.* A csatlakozó felületeket forgácsoljuk (az öntvény egyenletesen kemény). Kismértékű elhúzódnásra számítani kell, a tömítés tehát különös gondot igényel.

A lemezgrafitos vasöntvények félmeleghegesztésére közepes vagy nagyméretű öntvényeken olyankor kerül sor, amikor az öntvényt a meleghegesztés-

hez szükséges hőmérsékletre — berendezés hiányában — nem tudjuk előmelegíteni — és elsősorban a kiugró részekben kell pótolni a hiányokat (97. ábra). Ilyenkor a teljes munkadarabot 200...400 °C-ra előmelegítve fogunk az iv-hegesztéshez, a hiányzó rész lassú, fokozatos pótlásával. A nagy melegbevétel a belső feszültségek növekedése miatt káros, ezért 10...20 mm-es varratszakaszok lerakása után a hőkiegyenlítődést meg kell várni. A foglakot a megfelelően kialakított grafitgyámok adják.



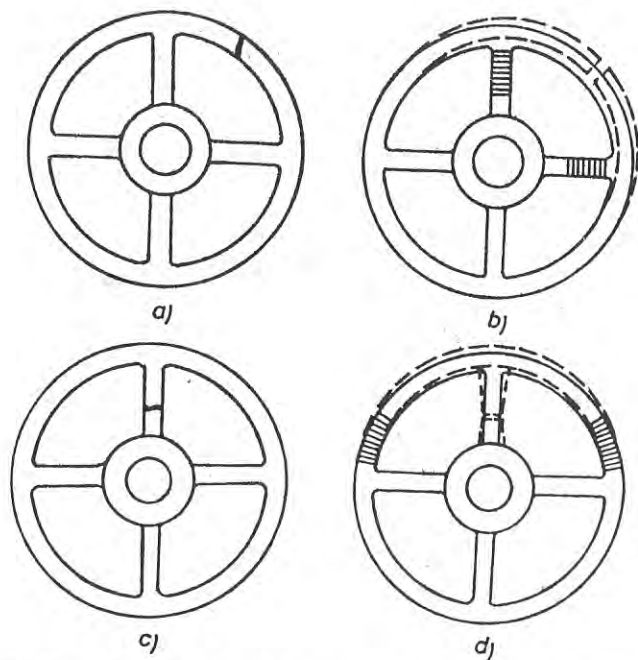
97. ábra. Öntöttvas fogaskerék kitért fogrészének pótlása félmeleg hegesztéssel
1 grafitgyámok; 2 fogaskerék

A hegesztés utáni belső feszültségeket a szomszédos részek melegítésével lehet csökkenteni. Az 98. ábrán látható nagyméretű küllőkerék koszorúrészén bekövetkezett repedés javítása előtt pl. a szomszédos két küllő, a küllő átrepedésekor pedig hegesztés előtt a szomszédos koszorúrészek félmelegítése előnyös, mert ennek hatására a repedés szétnyílik. A repedt helyek félmeleg hegesztését követő hűlés közben bekövetkező méretcsökkenés azután a varrat zsugorodásával egy irányban hat, s a belső feszültséget csökkenti.

Nagyméretű alkatrészek előmelegítése a hibahelynek megfelelő keresztmetszet teljes egészére terjedjen ki, mert pl. a 99. ábrán látható gépalap csupán pontszerű félmelegítése olyan belső feszültséget ébresztene, amelynek hatására az öntvény megreped.

A lemezgrafitos vasöntvények hideghegesztése nikkell vagy réz-nikkell, esetleg vas-nikkell ötvözetű bevont elektródával a leggyakrabban alkalmazott eljárás. A réz-nikkell típusú elektródák igen lágy (140 HB) varratot adnak, ezért elsősorban öntési hibák kitöltésére, a vas-nikkell ötvözetek pedig 200 HB körüli keménységüknel fogva elsősorban a nagy szilárdságú öntvények javító hegesztésére vagy tömítőfelületeinek felrakóhegesztésére alkalmasak.

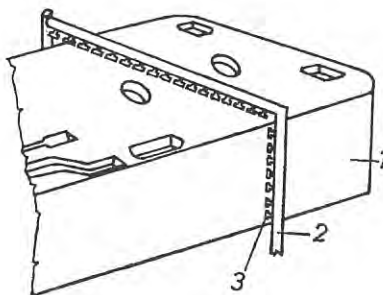
Az öntvény csekély alakváltozó képességére való tekintettel, a repedést két végét furattal le kell zárni (100a ábra) és attól függően, hogy a hegesztés csak az egyik, vagy mindkét oldalról végezhető, V vagy X alakban, éles sarkok nélkül kell a köszörülést elvégezni. A hegesztést általában nikkelelektrodával kezdjük, de részben gazdasági megfontolásból, részben pedig az esetleg szükséges nagyobb szilárdság elérésére a varratkitöltéshez vas-nikkell elektródát is használhatunk váltakozva (100b ábra).



98. ábra. Nagyméretű küllős kerék melegítése a félmeleg hegesztés megkezdése előtt, ha az előmelegítés nem terjed ki a teljes alkatrészt

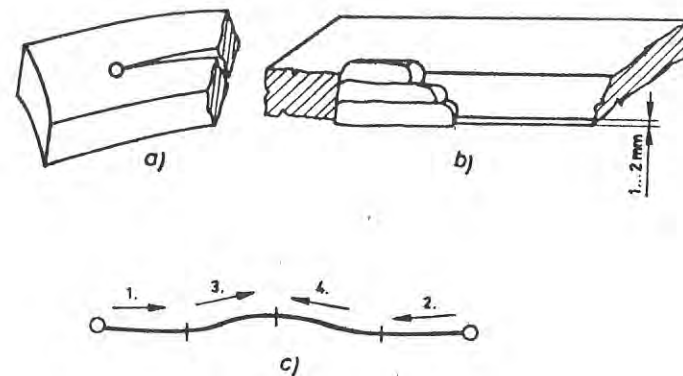
a) a repedés helye a koszorún; b) hegesztés előtt a szomszédos két küllő melegítésével létrehozott alakváltozás; c) a repedés helye a küllőn; d) a szomszédos koszorúrészek előmelegítésével nyert új alak

a vonalkázás a 100...200 °C-os melegítés helyét jelzi



99. ábra. Gépalap félmeleg hegesztése a teljes keresztmetszetre kiterjedő előmelegítéssel

1 gépalap; 2 gázcső; 3 melegítő láng



100. ábra. Öntöttvas hideghegesztése

a) a repedés lezárása furattal; b) az első varratszakasz elkészítése három varrattal; c) a szakaszok hegesztési sorrendje

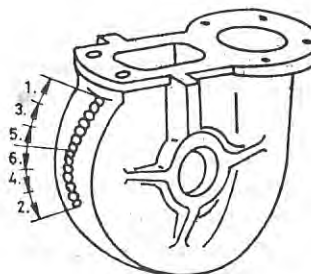
Az egyes szakaszokat a 100c ábrán látható sorrendben készítjük el.

A 20...30 mm hosszú varratszakaszok lerakása után azokat enyhe kalapácsütésekkel nyújtani kell, s az újabb szakasz lerakásához csak a hőkiegyenlítés után szabad hozzáfogni. Az öntvénnel érintkező első varratok a grafit-tartalom és a repedés felületén visszamaradó lerakódás kiégése miatt gázosak lehetnek; ezért a várakozási idő alatt a varratok zárványos részeit köszörüléssel megbízhatóan el kell távolítani.

Hegesztéskor ügyeljünk arra, hogy a kezdő és a végkráterek egymás fölé ne kerüljenek, s az ív befejezésekor az elektródát kissé visszafelé mozgassuk a végkráter feltöltése céljából.

Az első két-három réteg lerakása után a varratszakaszok hossza 40...50 mm-ig nőhet a kezdő és végkráterek számának csökkentése végett, de a kézmelegre hűlés eléréséhez ilyenkor a várakozási időt is meg kell nyújtani.

A 101. ábrán szemléltetett szivattyúház-öntvény felületén keletkezett átmenő repedés a következő technológia szerint javítható.



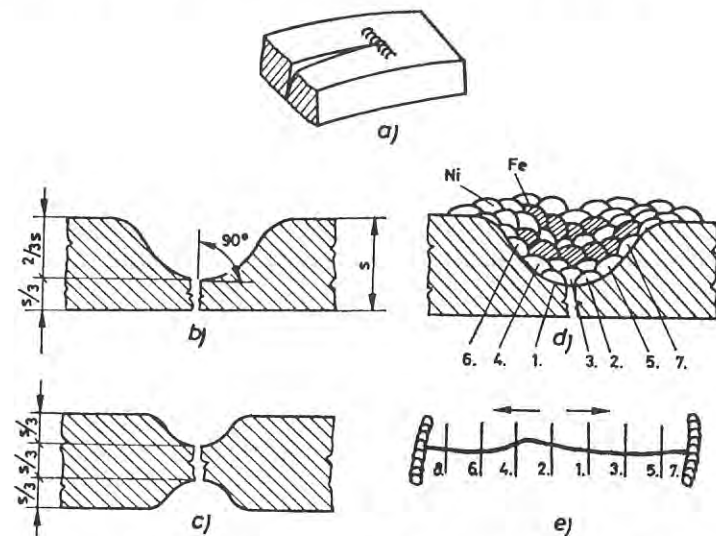
101. ábra. Szivattyúház-öntvény javítása

a számok a varratszakaszok hegesztési sorrendjét jelzik

1. *Előkészítés.* A repedést feltárjuk, kiküszöböljük, és a készítenő varrat mentén 10...20 mm széles övezet felületéről az öntési kérget leköszöröljük. A varratelőkészítés alakja a 101a ábrán látható, a repedés két végét furattal lezárjuk.

2. *Hegesztés.* Először a repedést határoló két furattól befelé indulva töltjük fel teljes magasságában a varratüreget két végét, majd a kifaragott és előkészített varratüreget kitöltése következik az ábrán megadott sorrendben. Annak ellenére, hogy az eljárást hideghegesztésnek nevezzük, +20 °C alatt hegesztést semmi esetre se végezzünk. A tapasztalat azt mutatja, hogy a 80...100 °C-os előmelegítés igen kedvező hatása a belső feszültségekre, s hogy a hőhatásövezet 200 HB alatti keménysége csak 150...200 °C-os előmelegítéssel érhető el. Rezgésnek, ütésnek, húzó-nyomó igénybevételnek kitett öntvényeket legalább helyileg célszerű erre a hőmérsékletre előhevíteni, majd ezen a hőmérsékleten tartani a hegesztés teljes ideje alatt.

Az öntöttvas hegesztésének másik, ritkán alkalmazott, s — a katalógusok ajánlataitól eltérően — *véleményünk szerint nem ajánlható módja* a 102. ábrán látható. E szerint a repedés két végét a repedésre merőleges varrattal és nem furattal zárjuk le, miután a varrathelyet lekerekített sarkokkal kiköszörültük. A repedést a falvastagság középső harmadában nem tüntetjük el, a szívós varrat akadályozza meg a repedés falvastagság-irányú növekedését.



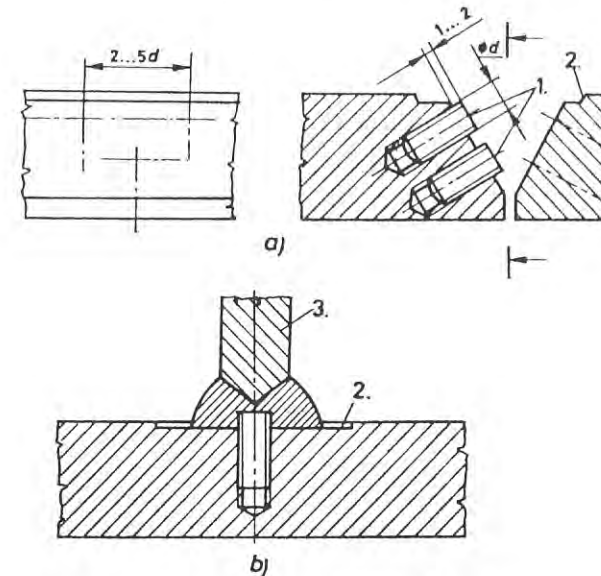
102. ábra. Öntöttvas hideghegesztése a repedés teljes eltávolítása nélkül

a) a repedés lehatárolása varrattal; b) és c) a különböző falvastagságú öntvények előkészítése; d) feltöltés váltakozva Fe vas- és Ni nikkel-elektrodákkal; e) a hegesztési szakaszok sorrendje a számok a varrat kitöltésének sorrendjét jelzik (az érthetőség kedvéért csak az első néhányat tüntettük fel, a kitöltés sorrendje értelemszerűen tovább is azonos)

Ez a módszer legfeljebb vékonyfalú öntvényekhez, statikus igénybevételnek kitett alkatrészekhez alkalmas, amelyek repedése pl. egy véletlenszerű ütéstől származott. Rezgésnek, ismételt igénybevételnek kitett helyeken azonban nem alkalmazható, mert a repedés hosszirányban a záróvarrat alatt — vagy ha az mindkét oldalra kerül, között — az igénybevétel hatására továbbterjedhet. De fennáll a falvastagságra merőleges irányú repedés terjedésének lehetősége is.

A hideghegesztésnek másik — ma már ritkán, s inkább csak 20...25 mm-nél vastagabb falú öntvényekhez alkalmazott — módja a *szegcsavar-erősítéssel készített kötés* (103. ábra). Az alaptestbe M6...M20 átmérőjű és átmérőjénél 1,2...1,6-szor hosszabb szegcsavart helyezünk el olyképpen, hogy a felületből csupán 1...2 mm magasság emelkedjen ki, és a csavar a furat végével ne érintkezzék. Nagyobb kiemelkedés a hegesztést gátolja és a salakosságot növelheti, a csavarok felütközése pedig a hőtágulás miatt repedést okozhat hegesztéskor. A csavarok egymástól való távolsága átmérőjük 2...5-szöröse.

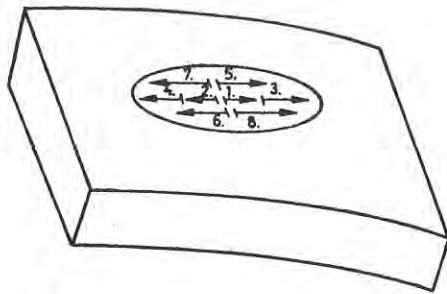
A technológiája az előbbiekkal azonos, tehát itt is rövid varratszakaszokat célszerű hegesztetni.



103. ábra. Hideghegesztés szegcsavar-erősítéssel

a) eltört öntvénydarabok kötőhegesztése; b) letört borda erősítése öntvényhez; 1 szegcsavarok; 2 az öntési kéreg eltávolításának helye; 3 borda

Az öntvények felületén jelentkező *öntési hibák, üregek* elvileg szintén a 100. ábrával kapcsolatban elmondottak szerint javíthatók. A 104. ábrán látható hegesztési sorrend olyan, hogy egy helyen nagy melegbevétel ne követ-



104. ábra. Felszíni ötvényhiba javításának hegesztési sorrendje

kezzék be. Ha egy réteg nem elegendő, a bemutatott példának megfelelően kell a további rétegeket is elkészíteni. A hegesztés megkezdése előtt az üreg felületén és az üreg környékén az öntési kérget feltétlenül el kell távolítani a szívódási üregek teljes mélységéig.

A huzamosabb időn át gőz, tűz vagy forró gázok hatásának kitett lemez-grafitos vasöntvény javítóhegesztésével kísérletezni nem érdemes, mert az üzemeltetés közben változó hőmérséklet hatására különböző mértékben táguló grafit az alapanyagot megrepesztí és felületig tartó hajszálrepedések keletkeznek. Az ezekbe hatoló levegő vagy gáz a vasat oxidálja, ami méretváltozást, és további repesztést okoz. Az ilyen körülmények között huzamos időn át üzemelt öntvény tehát tele van hajszálrepedéssel, ami a hegesztéskor keletkező feszültségek hatására teljes tönkremenetelre vezet.

Az egyéb öntöttvasfajták hegesztése az eddig ismertetett elvek szerint az öntöttvasak sajátosságából eredő különbségek figyelembevételével végezhető.

A temperöntvények hidegen vagy félmelegen vas-nikkel vagy réz-nikkel összetételű, valamint nikkelelektrodával megbízhatóan hegeszthetők. Az öntési hibás helyek feltöltésére nagy fajlagos nyúlásuk miatt a réz-nikkel hegesztő anyagok eredményesebben használhatók. A nagy tömegű vagy bonyolult alakú öntvényeket 100...150 °C-ra ajánlatos előmelegíteni, s a hegesztés után igen lassan, kemencével együtt vagy homokba ágyazva lehűteni. A lánghegesztés szintén eredményesen alkalmazható.

A gömbgrafitos vasöntvények lánghegesztéssel és bevontelektrodás ívhegesztéssel hideg vagy félmeleg eljárással javíthatók. Hegesztés után 500...600 °C-on 3...4 h hőntartással a feszültségek számottevően csökkenthetők, ha erről a hőmérsékletről lassan, homokba ágyazva hűtjük le az öntvényt. Ajánlott hegesztőanyag hideghegesztéshez vas-nikkel ötvözet.

A krómötvözésű vasalapú kopásálló öntvények hegesztése nem célszerű, mert a képlékenységük hőkezeléssel nem növelhető. A karbid bizonyos fokú szemcsésedése azonban lágyítással (850...900 °C-on izzítás 2...4 h, majd 20...40 °C/h sebességgel hűtés 300 °C-ra), elérhető, így az eredeti 55...65 HRC keménység 35...50 HRC-re csökkenthető. Tekintettel arra, hogy még ilyen állapotban is ridegek, hegesztésük legfeljebb nikkelelektrodával, és 800...850 °C-ra előmele-

gített állapotban kísérlelhető meg. Az öntvényeket e hőmérsékletről legfeljebb 50...70 °C/h sebességgel hűthetjük, nagyobb hűtési sebesség esetén martenzit keletkezik, amely repedésre vezet.

A korrózióálló vasöntvények — a 15% szilíciumtartalmúak kivételével — 500...600 °C-ra előmelegített állapotban nikkelelektrodával hegeszthetők, de a javítás megkezdése előtt a felületet a savak és lúgok maradékától jól meg kell tisztítani. Két nagy csoportjuk, a legfeljebb 2% és a 14...20% nikkel tartalmú öntvényfajták ismertek, amelyek közül ez utóbbi 5...7% rézzel ötvözve kén- és ecetsavak, sók és lúgok hatásának — a sósav és a salétromsav kivételével — jól ellenáll. A kis nikkel tartalmúakat gyakran edzett állapotban használjuk.

A korrózióálló vasöntvényeket hegesztés előtt 550...600 °C-on meg kell eresztetni 2...4 h-n át. Ennek az a célja, hogy a keménység 300 HB alá csökkenjen, mert gyakran ennél keményebbek.

B.4.11. Ötvözetlen és ausztenites króm-nikkel acélok közötti varratok javítása

Főleg korrózióálló vegyi és atomipari edények, tartályok gyártásakor a gazdaságosság megköveteli, hogy a korróziós szempontból alárendeltebb helyeken kevésbé ötvözött vagy ötvözetlen acélokat használjunk.

A javításhoz alkalmazható hegesztőeljárás és a hegesztőanyag minősége egymással szorosan összefügg, mert egyértelműen meghatározza a varrat összetételét és ezzel a szövetszerkezetét, a keménységét, és a repedezésérzékenységet.

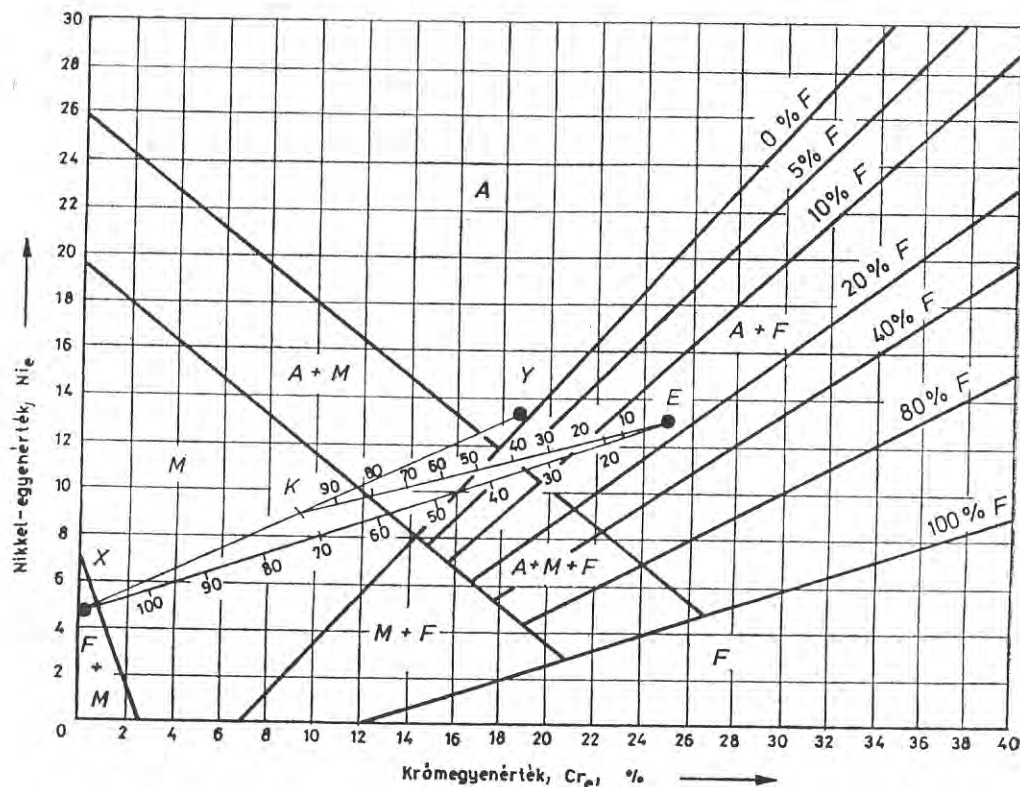
A javítási technológia kidolgozásakor a Schaeffler-diagramra alapozunk, amelyből az ömledék és az alapanyag feltételezett keveredéséből a várható összetétel számítható. Minthogy a varrat alapanyaghányadát pontosan kell ismernünk, gyakran próbahegesztést kell végezni és a varrat keresztmetszeti csiszolatán planimétrálással határozzuk meg a tényleges alapanyaghányadot. Az alapanyaghányad értéke a lemezvastagság csökkenésével kissé nő, 5...10 mm vastagságú lemezen, 60 °-os nyílásszögű V varratokat készítve

- bevontelektrodás ívhegesztés esetén 15...30%,
- argonvédőgáz, leolvadóelektrodás ívhegesztés esetén 20...30%.

Javításokhoz a bevontelektrodás ívhegesztés az általános. Gondosan ügyelve arra, hogy a hegesztést kis hőbevitel kísérje, a varrat alapanyaghányada tehát feltétlenül 30% alatt tartható.

Ilyen feltételek között a varrat várható összetétele a lemezvastagságtól függően, a következő példa szerint számítható:

a) Vékony, legfeljebb 3...4 mm vastagságú ausztenites és ötvözetlen, ferrites szövetszerkezetű lemezeket egymással egy lépésben összehegesztve, a varrat 70%-a az elektroda ömledékéből, 30%-a pedig az alapanyagokból áll. Azonos beolvadást feltételezve mindkét lemezből, részarányuk tehát a varratban 15% — 15%. Ha az ötvözetlen (pl. 37 B) acéllemezben C = 0,15%; Mn = 0,8%; a Si = 0,3%, a 105. ábrán



105. ábra. A hegesztőanyag megválasztása és a szövetszerkezet megítélése ötvöztelen és ausztenites króm – nikkelt acélok közötti varratok hegesztéséhez
A auszénit; M martenzit; F ferrit

látható Schaeffler-diagramban ennek helyzetét az X pont jelöli. Ezt a KO 36 korrózióálló acél összetételét jelző Y ponttal összekötve, a varratba azonos részarányú beolvadó alapanyagok alkotta ömledék összetételét a K pont jelöli. Az ilyen munkához ajánlott elektródák jellemző összetétele: C = 0,02%; Cr = 23%; Mo = 2,7%; Ni = 12%. Az ömledék ezért nem tisztán ausztenites, ferrittartalma 10...15%, s összetételét az E pont jelöli. A K pontot ezután összekötve az elektróda összetételét jelző E ponttal és ezt az egyenest ettől a ponttól 100 részre osztva, az osztások a különböző alapanyag-tartalmú varratok összetételét és szövetszerkezetét adják meg. Ha az alapanyag részaránya tehát pl. a varratban 30%, szövetszerkezetében mintegy 8% ferrit található az auszteniten kívül, repedésmentesen hegeszthető. Az alapanyaghányad növekedésével a ferrittartalom csökken, és ha olyan hegesztési jellemzőkkel végezzük a javítóhegesztést, amelyekkel az alapanyaghányad kb. 40%-nál több, a varratban martenzit is megjelenik és hidegrepedés keletkezhet.

b) Vastag lemezek hegesztésekor a töltővarratokat készítve az ötvöztelen acél oldalán az elektróda ömledéke csak az X pontnak megfelelő összetételű alapanyaggal

keveredik. Az XE egyenesen hasonló elvek alapján készült beosztást szemlélve megállapítható, hogy a martenzites szövetszerkezet és ezzel együtt a repedés veszélye csak akkor kerülhető el, ha az alapanyaghányad a varratban kb. 20% alatt marad. Ha ez nem érhető el, olyan elektródát kell választani, amelynek az összetétele az E ponttól jobbra esik.

A diagramon elvégzett szerkesztés természetesen számításal is helyettesíthető, az említett szerkesztés azonban szemléletesebb és a hegesztési jellemzők változása miatt bekövetkező eltérés hatását is jobban érzékelteti.

Az ötvöztelen és az ausztenites króm-nikkel acélok közötti kötések tehát a gyakorlatban 20...23% króm- és 10...12% nikkeltartalmú hegesztőanyagokkal megbízhatóan elkészíthetők; de a nagyobb beolvadással járó eljárásokhoz az ennél nagyobb krómtartalmú hegesztőanyagok kedvezőbbek. A 15...24% nikkeltartalmú elektródák azért nem ajánlhatók, mert tisztán ausztenites varratanyagot képezve, melegepedésre hajlamosak.

A 70...80% nikkeltartalmú elektródák igen kedvezők, a varratok ausztenites szövetszerkezetük következtében szívósak és melegepedésre sem hajlamosak. Az ilyen összetételű hegesztőanyagok egyébként nemcsak ilyen célra, hanem más, egymástól eltérő anyagminőségek egyesítésekor is előnyösek.

Az ötvöztelen és az ausztenites króm-nikkel acélok közötti kötések feszültségcsökkentő hőkezelésének hőmérséklete a 300...350 °C-ot nem lépheti túl. E fölötti hőmérsékleteken ugyanis a varratnál nagyobb széntartalmú ötvöztelen acélból megindul a szén diffúziója és a varrat szomszédos ötvöztelen acélból a karbid, aminek következtében romlik a kötés szilárdsága. A 70...80% nikkeltartalmú hegesztőanyagokkal létesített kötésben ilyen kiválás nem észlelhető, ezért a kötés feszültségcsökkentő hőkezelése az alapanyagoknak megfelelő hőmérsékleteken végezhető el, s ez eredményesebb, mint az előbbi.

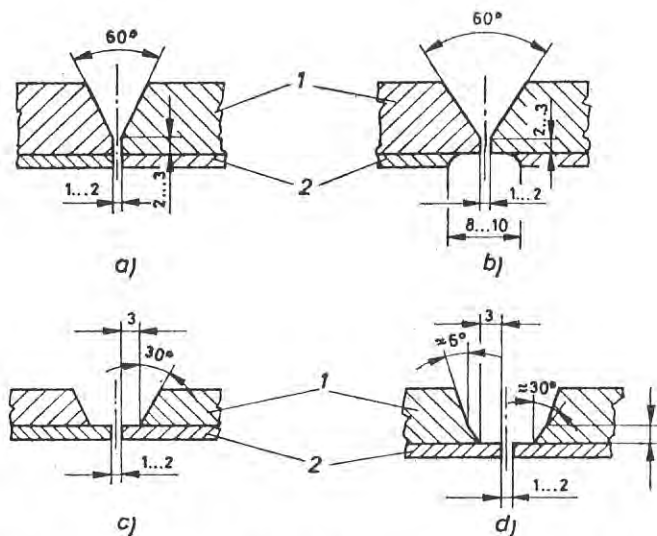
A maradékfeszültséget csökkenti a varratok nyújtása enyhe kalapácsütésekkel.

Az elmondottak természetesen vonatkoznak a hidegen szívós acélokra is, ha azokat ausztenites acélhoz hegesztjük.

Az ötvöztelen és az ausztenites króm-nikkel acélok között létesített kötések javítása előtt meg kell győződni a hibás varrat összetételéről, mert ha szövetszerkezete martenzites, az egész varratot el kell távolítani és újrahegesztetni. Ellenkező esetben ugyanis a varrat nem javított, épnek látszó részében is hamarosan repedés keletkezhet.

B.4.12. Plattírozott lemezek hegesztése

A plattírozott lemezeket a korrózióálló acélokkal való takarékoság végett használjuk. A 8...10 mm-nél vastagabb lemezre csupán 2...4 mm vastagságú korrózióálló lemezt melegen ráhengerelve vagy robbantva, megfelelően korrózióálló edény vagy csővezeték készíthető gazdaságosan.



106. ábra. Varrat-előkészítés plattírozott lemezek hegesztéséhez
a) és b) kétoldali hegesztésnél; c) vékony lemezek és d) vastag lemezek egyoldali hegesztéséhez
1 ötvöztelen alapanyag; 2 ausztenites korrozioálló borítás

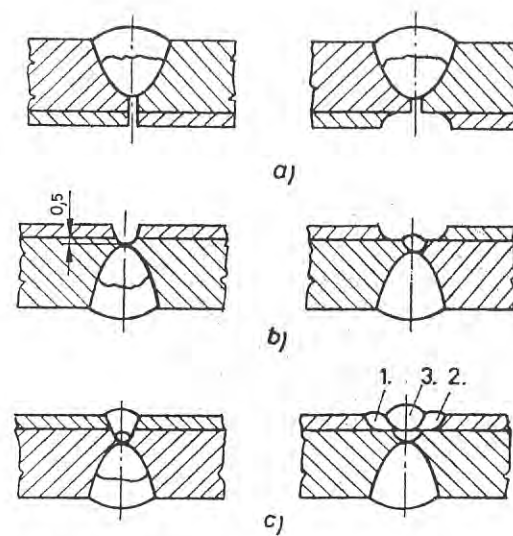
A varratelőkészítést a 106. ábra szemlélteti. A 106a ábrán látható varratelőkészítés bármilyen vastagságú, a 106b ábrán látható csak a kb. 3 mm-nél vastagabb korrozioálló lemezborításhoz alkalmazható. Mindkét megoldás olyankor használatos, amikor mindkét oldalról lehet hegesztetni. Abban az esetben, ha hegesztés csak az alapanyag felől lehetséges, kb. 16 mm lemezvastagságig a 106c, e fölött a 106d ábrán látható előkészítést ajánljuk.

A mindkét oldalról hozzáférhető munkadarabot a 106a vagy a b ábrának megfelelő előkészítés esetén a 107. ábrán látható lépésekben hegesztjük. Az alapanyagot ötvöztelen szénacél elektródával hegesztjük olyképpen, hogy a teljes keresztmetszet ne olvadjon át (107a ábra), majd a gyökoldalról utánköszöröljük (107b ábra).

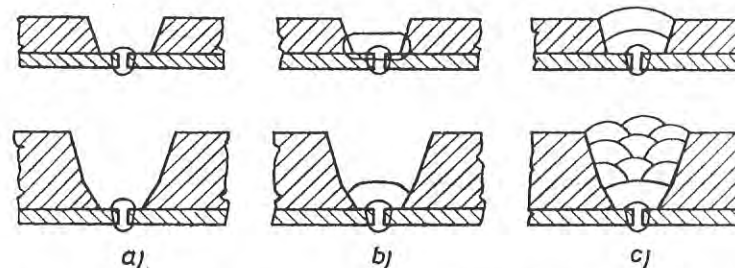
Ha a gyök utánhegesztéséhez ötvöztelen elektródát választunk, akkor gyök magassága nem érheti el az ausztenites lemez alsó szélét.

A korrozioálló lemez összetételének megfelelő elektródával ez a gyökvarrat teljes magasságig feltölthető és a hegesztés a 107c ábra szerint folytatható.

Ha a hegesztés csak egy oldalról végezhető, akkor a 106c és d ábra szerint előkészített varrat hegesztése a 108. ábrán látható. A korrozioálló oldalt argonvédőgázos wolframelektrodás ívhegesztéssel célszerű készíteni, sőt a következő varratot is ajánlatos ezzel hegesztetni. A hegesztőpálca természetesen mindkét esetben korrozioálló acél. A töltővarratok ezután ötvöztelen elektródákkal hegeszthetők.



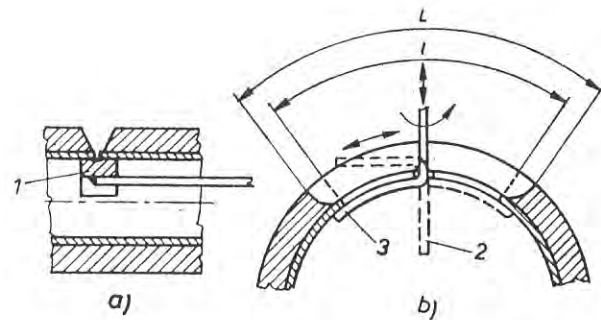
107. ábra. Különböző előkészítésű plattírozott lemezek hegesztése két oldalról
a) ötvöztelen lemez hegesztése; b) utánköszörölés; c) korrozioálló lemezoldal hegesztése
a számok a hegesztés sorrendjét jelzik



108. ábra. Különböző vastagságú plattírozott lemezek hegesztése egy oldalról
a) korrozioálló lemez argonvédőgázos wolframelektrodás ívhegesztése; b) első varratréteg készítése korrozioálló hegesztőanyaggal; c) töltővarratok készítése ötvöztelen hegesztőanyaggal

Javítás során is az elmondottak szerint járunk el. A repedt felületen köszörüléssel alakítjuk ki a hegesztésre alkalmas V-alakot. Amennyiben az ausztenites lemez is repedt, és csak egy oldalról hozzáférhető a hibahely, a 106c vagy d ábrán látható kialakítást igyekezzünk elérni, s a javítást a 108. ábrának megfelelő módon végrehajtani. Tekintettel arra, hogy javításkor azonos méretű illesztési rés nem érhető el, a hegesztés nagy kézügyességet kíván. A munkát jelentősen megkönnyíti, ha a gyök oldalára *rézgyám* helyezhető. Ez egyik végén nyitott, kis átmérőjű csőszerű alkatrész hegesztésekor a 109a ábrán lát-

ható. Hozzá nem férhető helyeken furatokon át 3...4 mm átmérőjű rézhuzalt helyezünk a gyökrés alá (109b ábra). Ebben az esetben a repedés közepén a huzalnak megfelelő méretű furatra szükség van ugyan és ennek a behegesztése szintén gyakorlott hegesztőt kíván, de legalább a repedés többi részén könnyebbé válik a munka.



109. ábra. Plattírozott csövek javítása

a) a cső az egyik végén nyitott; b) az edény teljesen zárt
1 nyeles rézgyám-szegmens; 2 hajlított rézhuzalgám helyzete behelyezéskor és 3 munka közben;
l a korrózióálló cső repedésének és L az ötvöztelen alapanyag kimunkálásának hossza

Ha az alkatrész forgatható, a repedés függőleges helyzetbe állításával rézgyám nélkül is elvégezhető a korrózióálló lemez javítása.

Ha a munka két oldalról végezhető, a hibahely előkészítése után a javítás is a 107. ábra szerint tervezhető.

B.4.13. Bronz hegesztése acélra

Csúszófelületeket javítva vagy újak előállítása során gyakran lehet szükség acélon ön- vagy alumíniumbronz felrakására olyan esetekben, amikor a fel-szórással felvitt réteg tapadó-nyíró szilárdsága nem tűnik elegendőnek.

A bronz hegesztésekor a legnagyobb gondot a *rézötvözetek fokozott gázporozítási hajlama* okozza, amely azonban argonvédőgázos hegesztéssel kiküszöbölhető, ha 0,4...0,6% szilíciumot, vagy ugyanennyi foszfort tartalmazó hegesztőpálcát, ill. huzalt használunk.

Tekintettel a bronzok igen kis melegsilárdságára és olvadáspontjára, hegesztéskor jó alátámasztásról kell gondoskodni és gyors, határozott mozdulatokkal kell hegeszteni, hogy az ív egy helyen, hosszabb ideig ne tartózkodjék, mert különben gázos lesz.

A tapasztalat szerint

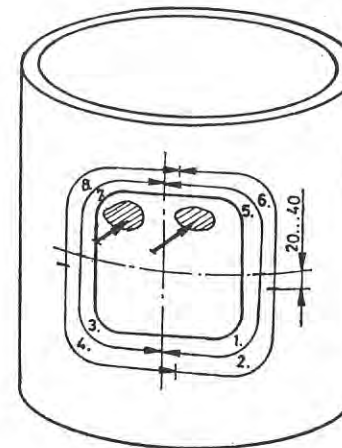
- hegeszteni kis áramerősséggel kell, mert annak növelésével erősen nő

- a beolvadás mélysége, ami a varratban az acél alapanyagghányad nem kívánt növekedésére vezet és fokozza a varrat porozitását is,
- lánghegesztéskor a varrat és a pisztoly által bezárt szög 30°...60° legyen, ennél nagyobb szögek esetén ugyanis túl nagy az alapanyag beolvadása,
- a hegesztés sebessége az acélanyagok felrakásánál a megszokottnál 50...70%-kal nagyobb legyen.

Az eljárás elsősorban bronzperselyek, csapágy- és siklófelületek javítására alkalmas, de TMK műhelyekben újak előállítása is gazdaságos. Alkalmazható az előzőkön kívül tengelykapcsolók, fogaskerekek, tengelyek, szivattyúk, szelepek, hidraulikus sajtók és hajócsavarok stb. javítására is.

B.4.14. Egyéb javítások

Foltok hegesztésekor ügyelni kell arra, hogy a sarkok minél nagyobb lekerekítési sugárral készüljenek. *Vékony lemezből készült sík*, vagy az edény felületének megfelelően hajlított *foltok* hegesztésének sorrendjét a 110. ábra szemlélteti



110. ábra. Vékony foltok behegesztésének sorrendje

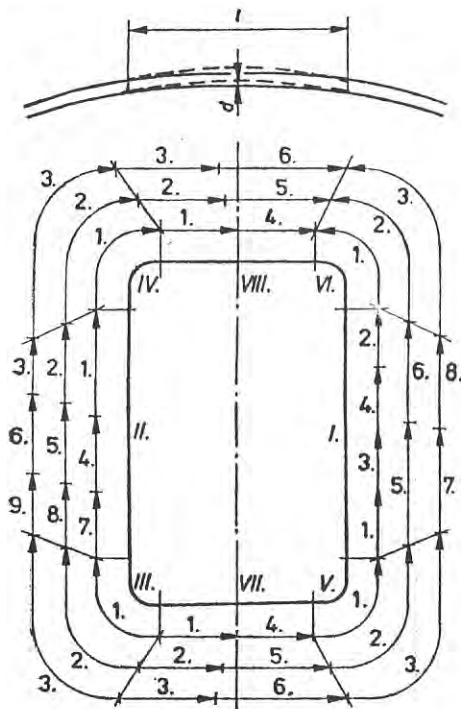
a vastag nyílak és a bevonalkázott terület az egyengetés irányát és helyét jelzik.
A számok és a vékony nyílak a varratlerakás sorrendjét és irányát jelzik

A kezdő- és végkráterek ne essenek egymás fölé. Az első negyed a megadott lépésekben hegesztve, és egy-egy lépés között a kézmelegre hűlést megvárva elérhető, hogy a felmelegedés miatt táguló folt átellenes negyedén az illesztési rés ne változzék. Ha a hegesztés folyamatos, a folt annyira felmelegedhet, hogy az illesztési rés megszűnhet. Ha pedig az átellenes oldalt ilyen helyzetben rögzítenénk, kihűlés után akkora belső feszültség ébredne, amely a varratot elszakíthatná, de a domborított folt sugara feltétlenül csökkenne.

A második negyed hegesztéséhez ezért csak az első negyed teljes magasságú

feltöltése után fogjunk hozzá, s ezután következnek a harmadik és negyedik negyed hegesztése. Ilyen munkarenddel a belső feszültség mérsékelt, de némi alakváltozásra számítani kell. A harmadik negyed hegesztése előtt ezért általában egyengetés válik szükségessé, de ez csak 6...8 mm-nél vékonyabb lemezekhez ajánlatos.

A vastag lemezből készülő foltokat nehéz egyengetni, ezért a munkadarabot az l méret mintegy 3%-ával, (d értékkel) célszerű túldomborítani (111. ábra).



111. ábra. Vastag foltok behegesztésének sorrendje

Először az *I.* majd a *II.* szakaszt készítjük el teljes magasságában a megadott hegesztési sorrendnek megfelelően, a második szakasz megkezdése előtt megvárva az előző réteg kézmelegre hűlését. Ily módon a zsugorodás hatására a túldomborított folt a szerkezetnek megfelelő alakot vesz fel. Ezután következhet a *III.*–*IV.*–*V.*–*VI.* sarok és a *VII.*, valamint a *VIII.* szakasz elkészítése. Minden egyes sarok vagy szakasz elkészülte után a kézmelegre hűlést megvárjuk. Ha az összetétel miatt előmelegítés szükséges, a kézmelegre hűlés helyett a hőkiegyenlítődést kell megvárni. A belső feszültségek csökkentésére 15...20 mm-nél vastagabb lemezeket 100...200 °C-ra olyankor is célszerű előmelegíteni, amikor azt az összetétel nem indokolja. A feszültség egyenletes eloszlása

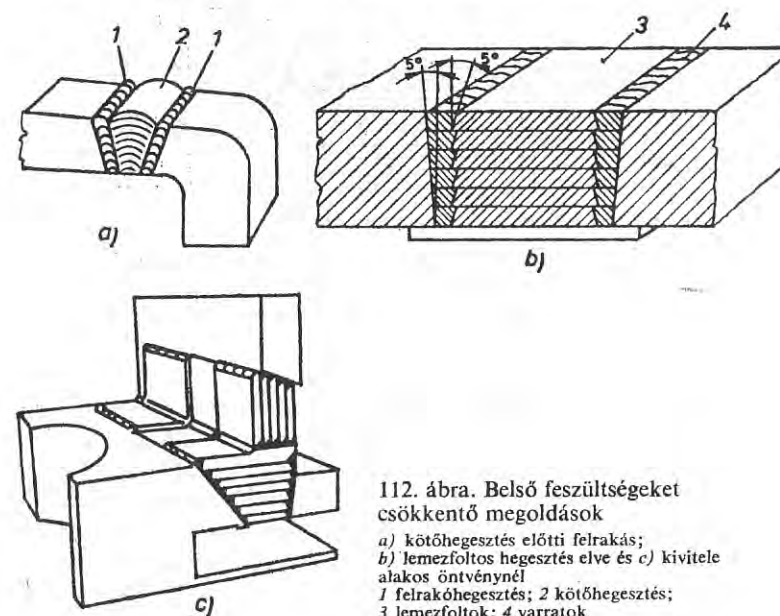
végzett az előmelegítésnek a hegesztés környezetében a lemezvastagság mintegy tízszeresét kitevő felületre kell kiterjednie oly módon, hogy ezen túl a hőmérséklet lassan, fokozatosan csökkenjen a távolabbi anyagrészek hőmérsékletéig.

Vastagfalú acélöntvények javításakor igen nagy belső feszültséggel kell számolni, amely

- előmelegítéssel,
- megfelelő technológiai műveletekkel
- képlékeny hegesztőanyag használatával csökkenthető oly mértékig, hogy a repedés keletkezése elkerülhető legyen.

Az előmelegítés 25...30 mm-nél nagyobb falvastagság esetén akkor is célszerű, ha az összetétel ezt nem indokolja. A tapasztalat szerint legalább 100...150 °C szükséges ahhoz, hogy a belső feszültségek a megengedett értéket ne lépjék túl.

Amennyiben törött részek hegesztésekor túlságosan nagytömegű varratra lenne szükség, előbb a két homlokfelületre külön-külön végezzünk felrakást (112a ábra). Ilyen javítás után kisebbek a maradófeszültségek, mint ha a teljes keresztmetszetet egyszerre hegesztenénk. Elsősorban az 50 mm-nél vastagabb falú öntvények esetében van jelentősége éppúgy, mint a 112b és c ábrán látható, ún. lemezfoltos hegesztésnek. Ez utóbbinál ugyanis a kitöltésre előkészített



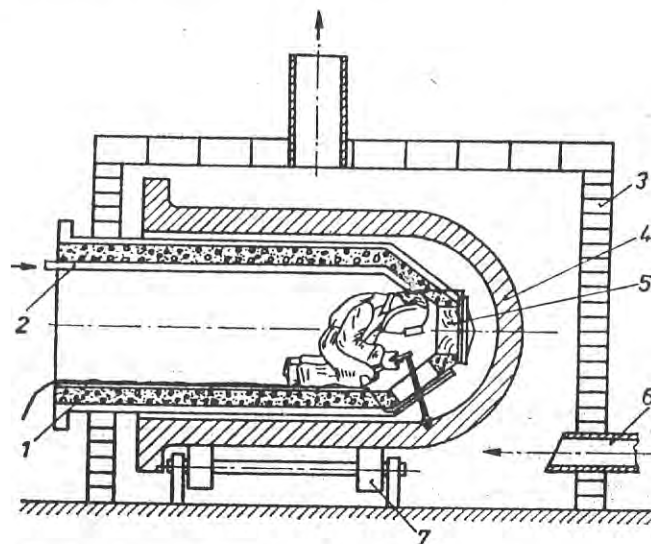
112. ábra. Belső feszültségeket csökkentő megoldások

- a) köthegesztés előtti felrakás;
b) lemezfoltos hegesztés elve és c) kivitele
alakos öntvénynél
1 felrakóhegesztés; 2 köthegesztés;
3 lemezfoltok; 4 varratok

üregbe acéllemezeket helyezünk, amelyek a vastagfalú öntvényhez vékony varratokkal csatlakoznak.

A lemezfoltos hegesztés természetesen elsősorban statikus terhelésű öntvényekhez alkalmas, ha az igénybevétel iránya a lemezek síkjával megegyezik.

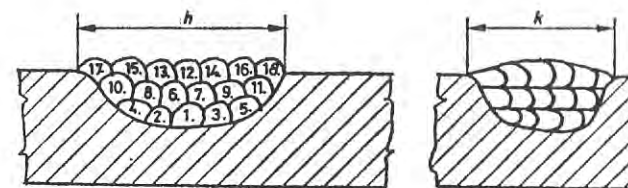
Ha a vastagfalú, közepesen ötvözött, nagyméretű *tartály belső oldalán* kell javítóhegesztést végezni, az előmelegítés mindenképpen szükséges. A hegesztő a sugárzó melegtől védve azbeszttel vagy tűzálló téglával bélelt csőben dolgozhat, miközben friss levegőt kell részére juttatni megfelelő csőrendszeren keresztül. A tartály görgőkön fekszik, amelyeket forgatva a hibahely mindig a megfelelő helyzetbe hozható (113. ábra).



113. ábra. 250...300 °C-ra előmelegített vastagfalú edény körvarratának javítása a belső oldalon

1 hőszigetelés; 2 gumicső levegőbefúvás céljára; 3 kemence; 4 tartály; 5 sugárzásvédővel felszerelt ablak; 6 melegítőgőz; 7 görgő

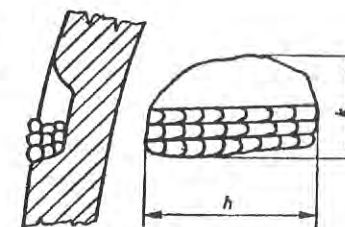
Acélöntvények felületi hibáinak javítása előtt a hibahelyet alaposan meg kell tisztítani, s a hegesztéshez a repedés teljes kifaragása után lehet hozzákezdeni. A hibahelyet lehetőleg k keresztirányú varratokkal készítsük vízszintes (114a ábra) és függőleges (114b ábra) helyzetű falakon egyaránt. Ha a hiba h hossza vízszintes irányú, nagyobb belső feszültségre számíthatunk (114c ábra). A technológia a hasonló összetételű hengerelt vagy kovácsolt acélokhoz hasonló, de a ridegebb alapanyag miatt 30...50 °C-kal magasabb előmelegítést és kis maradó feszültséget okozó sorrendet alkalmazunk.



a)



b)



c)

114. ábra. Felületi hiba javítása

a) vályúhelyzetben; b) függőleges falon felfelé és c) függőleges falon vízszintesen terjedő hiba esetén, a számok a kitöltés javasolt sorrendjét tüntetik fel

A keresztirányban készített varratok hőbevitelére kisebb helyre összpontosul, ezért a hőhatásövezet lassabban hűl. Egy-egy lépés elkészülte után a hőkiegyenlítődéssre várva a varratot kalapálással nyújtjuk.

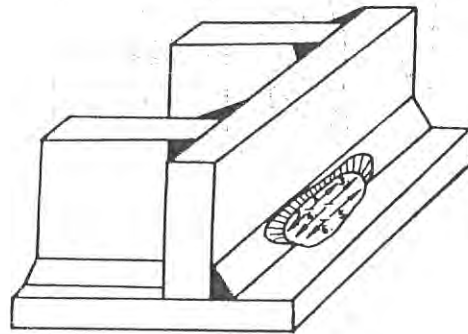
A hegesztőanyag képlékenysége — a nagy méretek miatt — merev alkatrész hegesztésekor fontos követelmény. Minthogy az ötvöztelen szénacél varratok fajlagos nyúlása 20...25%; a 70...80%, nikkeltartalmúaké pedig igen kis széntartalommal 30...35%, ez utóbbit nagy ára ellenére, kedvező mechanikai tulajdonságai folytán gyakran alkalmazzuk javításra. A nagy nikkeltartalmú varratok előnye minden más hegesztőanyaggal szemben, hogy az alapanyaggal keveredő első varratok szívóssága sem rosszabb a fedővarratokénál. A gazdaságosságot növeli az a megoldás, amikor nem a teljes üreget töltjük ki nagy nikkeltartalmú hegesztőanyaggal, hanem csupán 15...20 mm vastag párnát készítünk. A fennmaradó üreget ötvöztelen elektródákkal töltjük ki.

Törött tengely összehegesztésekor a törött végeken kb. 100 °-os kúpszöveget alakítunk ki esztorgálással, és a tengely forgatásával, csigavonalszerűen töltjük ki ezt a rést. Ha a tengely nemesített, a hőhatásövezetben tulajdonságai jelentősen romlanak, ezért csak a normalizált tengelyek javíthatók eredményesen. A javítást a tengely anyagminőségének megfelelően választott hegesztőanyaggal

végezzük. Bevontelektrodás ivhegesztéshez a javasolt elektróda: EB 11, vagy EB 12.

Rövidebb tengelyek elhúzóda merev keresztszerkezetbe fogással lényegesen csökkenthető. Hosszabb tengelyek esetében erre nincs lehetőség. Ilyenkor hegesztés közben mérőórával figyelni kell az alakváltozást, és a homorú oldalon a varratokat kalapácsütésekkel kell nyújtani vagy a hegesztés után végzett egyengetéssel alakítható ki a végső alak, A felfekvő csapok utánkösörülésével azonban így is számolni kell.

Gerendák, nagyméretű, merev alkatrészek javítása és hegesztése során egyaránt fontos a **rövidszakaszos varratlerakás,** ellenkező esetben a varrat repedni fog. A kikösörült varrathiba helyét a 115. ábra szerinti sorrendben



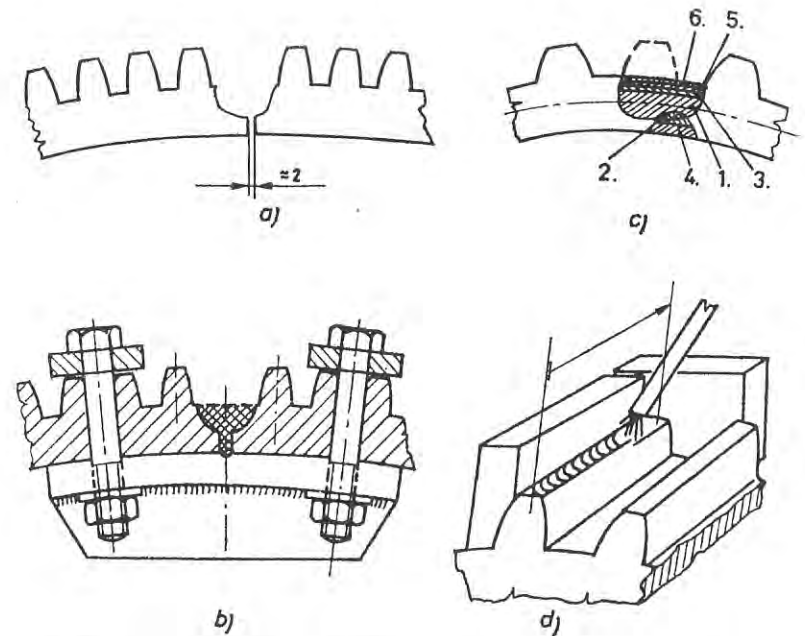
115. ábra. Merev szerkezet sarokvarratának javítóhegesztési sorrendje a számok és a nyílak a hegesztés sorrendjét és irányát jelzik

fokozatosan úgy töltjük fel, hogy az egyes lépések között a kézmelegre hűlést — előmelegítés esetén a hőkiegyenlítődést — megvárjuk, s közben a varratokat kalapálással nyújtjuk. Egy-egy lépés hossza 200...300 mm. Ügyeljünk arra, hogy a kezdő- és végkráterek egy síkba ne kerüljenek. A maradófeszültség 100...200 °C-os előmelegítéssel még a lágyacél esetén is jelentősen csökkenthető. Merev szerkezet vagy 30...40 mm-nél vastagabb lemez tompa-, ill. sarokvarrata előmelegítés nélkül gyakran nem is hegeszthető eredményesen.

A javítás befejezését követően *feszültségcsökkentő hőkezelés* szükséges, ennek elmulasztása a megbízhatóságot erősen csökkenti.

Fogaskoszorúk javítását a 116. ábra szemlélteti. Az átrepedt koszorút és a kitört fogat a 116a ábrának megfelelően készítjük elő, majd a repedést kb. 2 mm-re lehetőleg megnyitva a 116b ábrán látható készülékben rögzítjük. A készülék olyan kiképzésű, hogy a belső oldal hozzáférhető, s ezért a 116c ábrán látható lépésekben a javítás elvégezhető.

A fogaskoszorúkkal szemben természetesen elsőrendű követelmény a lehető legkisebb alakváltozás. Ennek megfelelően a repedés 2 mm-es megnyitása azt a célt szolgálja, hogy a varrat zsugorodása átmérőcsökkenést ne idézzon elő.



116. ábra. Fogaskoszorú javítóhegesztése

a) előkészítés; b) készülékbe fogás; c) a varrat hegesztési sorrendje; d) nagy átmérőjű fogaskoszorún vagy fogaskeréken meghibásodott fog hegesztése részgyámok között, a számok a varratkészítés sorrendjét jelzik

A 116c ábrán látható javítás során az 1. varrat olyan nagy térfogatú legyen, hogy a semleges szála szimmetrikusan helyezkedjen el.

Művelési sorrendje:

1. az 1. varrat után a gyökoldal utánkösörülése, majd a 2. varrat hegesztése;
2. a varratok elkészítése váltakozva, kívülről-belülről a megadott sorrendben,
3. a fog pótlása részgyám melletti hegesztéssel.

Az előmelegítés a koszorú és a hasonló összetételű varrat anyagának megfelelő hőmérsékletű. Az egyes varratszakaszok hegesztése között a hőkiegyenlítődést várjuk meg, s a munka befejezte után alkalmazzunk feszültségcsökkentő hőkezelést. A készüléket csak ezután oldjuk ki.

A fog mindkét irányban 4...5 mm-rel hosszabb legyen, mint az előírt méret, mert a kezdő és végkráterek így utólag lemunkálhatók. A legfeljebb 60...80 mm hosszú fogakat egyirányban, az ennél hosszabbakat középtől kétirányban

hegesszük, de ügyeljünk arra, hogy a kezdő- és végkráterek egy síkba ne kerüljenek.

A nagy átmérőjű fogaskoszorún vagy fogaskeréken a meghibásodott fogat a 116d ábra szerint javítjuk. A repedt vagy kopott helyek kimunkálása után, az összetételnek megfelelő előmelegítést alkalmazva kezdünk a hegesztéshez. Az acélöntvény fogaskerekeket a javasolt hőmérséklet-tartomány felső határa közelébe célszerű előmelegíteni. Az egyes varratszakaszok hegesztése között a hőkiegyenlítődést mindig meg kell várni és természetesen a salaktól tökéletesen meg kell tisztítani a felületet.

FÜGGELÉK

A leggyakoribb hegesztő- és szóróanyagok összefoglaló táblázatai

Bevont elektródák kopásálló, edződő rétegekhez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,3 C 0,3 Mn 0,7 W 0,2 Mo	200	Magyarország	Panhard 200	Ütésnek, rángatásnak kitett helyekre készülő varratok. Tengelyek, tengelykapcsolók, fogaskerek és fogaslécek, futókarimák, szíjtárcsák. A felrakóhegesztés varratok, vagy 20... ...30 mm átmérőjű foltok alakjában végezhető és a heganyag még vörösen izzó állapotban kalapácsütésekkel nyújtható a belső feszültség csökkentésére
0,15 C 1,2 Mn	200	Lengyelország	EN 200 B	
0,6 C 0,3 Mn 1,0 W 0,25 Mo	250	Magyarország	Panhard 250	Közepesen kemény, szívós varratok ütésnek kitett felületekhez. Tengelyek, tengelykapcsolók, sinek, futókerek, közönséges és hernyótalpas járművek futóműalkatrészei, dobok, tárcsák, brikett sajtók ütőszerszámok. A felrakóhegesztés varratok, vagy 20... ...30 mm átmérőjű foltok alakjában és a heganyag még vörösen izzó állapotban kalapácsütésekkel nyújtható a belső feszültség csökkentésére
0,1...0,2 C 1,0...2,5 Mn 0,0...0,5 Mo 0,0...1,0 Cr	250	Szovjetunió NDK Böhler Hobart	O3H-250Y EB 1/250 FOX DUR 250 Hobrodur 250 LH	
0,1...0,3 C 0,5...2,0 Mn 1,0...3,0 Cr	280	Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország	HP-70 E-630.00 EW 280 MoB	Viszonylag kemény, szívós varratok. Tengelyek, csapok, fogaskerek, gépelemek csúszófelületei, ütköző- és verőlécek, tárcsák, távolsgártató szemek és karok, görgők, láncok, járművek, vontatók és erőgépek futóműalkatrészei, sinek, kotróvódörök, törőlapok.
0,9 C 0,4 Mn 1,1 W 0,25 Mo	300	Magyarország	Panhard 300	

0,1...0,3 C 1,0...3,0 Mn 1,0...3,0 Cr 0,0...1,5 Mo 0,0...3,0 Ni	300	Szovjetunió Csehszlovákia NDK Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Hobart	O3H-300Y E-657.00 EB 1/300 FOX EV 80 OK 83.28 Citrail Tenasoudo 105 Hobrodur 300 LH	A felrakóhegesztés varratok, vagy 20... 30 mm átmérőjű foltok alakjában és a heganyag még vörösen izzó állapotban kalapácsütésekkel nyújtható a belső feszültség csökkentésére
0,1...0,3 C 1,0...4,0 Mn 0,5...3,0 Cr 1,0...2,0 Si	350	Szovjetunió Lengyelország NDK Böhler Hobart	O3H-350Y EN 350 B EB 1/350 FOX DUR 350 Hobrodur 350 LH	Kemény, közepesen szívós varratok. Csúszópávak, vezetősinek, görgők, és erőgépek futóműalkatrészei, láncok, kulissza hajtások, sinek
0,2...0,5 C 0,5...5,0 Mn 0,0...3,0 Cr	400	Szovjetunió Oerlikon Soudometal UTP	O3H-400Y Citodur 400 B Soudodur 400 620	Kemény varratok. Nagy nyomó-igénybevételnek kitett felületek és sinek, drótkötél-pályák vezető- és továbbítógörgői, fogaskerek és hajtókerek, vontatók és erőgépek futóművei, görgői, hernyótalpai
0,4...0,7 C 0,5...1,5 Mn 1,0...3,0 Cr 1,0...2,0 Si	(50)	Csehszlovákia Lengyelország NDK Böhler ESAB	E-660.11 E-450B EB 6/55 FOX DUR 500 OK 83.65	Kemény, eléggé szívós varratok, ásványi anyagok koptatóhatása ellen. Földmunkagépek dolgozóelei, tépófogak, ásványkőzetaprító berendezések szerszámai, kotrókörömök és kotróvederlécek, földet, homokot, zúzáleket, anyagot, terményt szállító csigák, ütevíró kések, szénjővesztő szerszámok, törőkúpok és törőbakok
0,3...0,5 C 5,0...9,0 Cr 2,0...3,0 Si	(55)	Szovjetunió Lengyelország NDK Böhler ESAB UTP Thyssen	TK3-H EN 600 B EB 6/55 FOX DUR 600 OK 83.50 67 S Everit 60 B	Kemény varrat nagy nyomással párosuló koptatóhatás ellen. Vezérlőbűtykök, hídengerek, futófelületek, görgők, sinek, váltónyelvek, fogaskerek, motoros ekék, földmunkagépek szerszámai, kapák, zúzóberendezések szerszámai, törőkúpok és törőbakok, verőlécek, kotrókörömök, drótkötélpályák vezető- és továbbítógörgői, cement- és kerámiaipari sajtók
0,7...0,8 C 2,0...5,0 Cr 0,0...1,0 Mo	(55)	Szovjetunió Soudometal Stellugine	ЭН-60 М Soudodur 600 R 714 А	

Az F1. táblázat folytatása

Összetétel tömeg %	Keményiség, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
1,7 C 5,8 Cr 7,6 Ni	(58)	Szovjetunió	ЦН-16	Ásványi anyagok koptató- és korróziós hatásával szemben ellenáll. Nedves közegben dolgozó kotrókörmek, víz alatt működő áószerszámok, kotróvedrek
0,5...0,8 C 7,0...10,0 Cr 1,5...2,0 Si 2,0...5,0 Mn	(60)	Szovjetunió Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Hobart UTP	12 АН/ЛИВТ FOX DUR 650 Kb OK 84.58 Citodur 600 B Abradorur 11 Hobrodur 060 LH 670	Igen kemény varrat nagy nyomással párosuló koptatóhatás ellen. Aprítógépek és földmunkagépek származékai, víz alatt dolgozó kotrókörmek és kotró-berendezések szárnnyílása
0,5...0,7 C 4,0...5,0 Cr 4,0...7,0 Mo	(60)	Böhler UTP Hobart	FOX Rapid 68 69 Hobrodur 060 R	Gyorsacél típusú. Igen kemény, erős ütéseket is elviselő varrat kitűnő kopásállással. Széngyaluk kései, tépő- és aprítófogak, ütőlécek, mozgást határoló szemek és szegmensek
1,2...1,3 C 12...14 Cr 8...14 W	(60)	Szovjetunió Szovjetunió	BCH-6 BCH-8	
0,8...1,8 C 11,0...12,0 Cr 0,0...2,5 Ni	(62)	Szovjetunió Csehszlovákia	BCH-9 E-673.23	Igen kemény, csak közepes erősségű ütéseket elviselő varrat. Ásványi anyagok őrlésére használatos gépek ütőlapjai, apró szemű őrlőmenyeket szállító berendezések kopásnak kitért elemei, csúszófelületek

F2. táblázat

Bevont elektrodák kopásálló, vasalapú, keményítőtöltetű rétegekhez

Összetétel, tömeg %	Keményiség, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
1,7 C 35,0 Cr	(50)	Ugine Carbone	Stellugine 719 A	Anyagtovábbító görgők, görgősorok, huzalvezető szemek
3,0...3,6 C 22...30 Cr	(53)	Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország Soudometal Ugine Carbone Thyssen	C 1 E-666.31 Estel-50 Abradorur 40 Stellugine 718 A Akrit FeCr 50W 160	Zagy- és iparivíz-szállító szivattyúk koptatásnak kitért felületei, szelepszárnyévek, csúszósínek, szállítócsigák, kotróvedrelek, ércelőkészítő berendezések vonó- és szállítókörmek, kollerjáratok, hengerfelületek, keverőlapátok, földgyaluk- és földmunka szerszámok
3,0...3,6 C 15...25 Cr 0,0...1,0 0,0...3,0 V 0,0...8,0 Mo	(55)	Szovjetunió Csehszlovákia ESAB	ЭНУ-2 VUZ-A6 OK 84.79	Surrantók, markolók, rakodók, szállítócsigák, földgyaluk és földmunkaszerszámok, aprító és zúzóberendezések származékai, pán-célzatai, szárazföldi és folyami kotrószerszámok, kerámia- és műanyagipari sajtók
3,0...3,8 C 23...35 Cr 1,0...1,5 Si 0,4...0,6 Mo	(58)	Ugine Carbone Szovjetunió Csehszlovákia Böhler ESAB Deloro Stellite Thyssen	Stellugine 724 A T 620 E-670.31 FOX Ledurit 60 OK 84.79 Delocrome R Everit 55 W 160	Árokásó és földmarkoló élei közetaprító szerszámok, őrlőlapátok, szén, homok, kő és érc koptató hatásának kitért markolókörmök és lapátok, szállítócsigák, keverőlapátok, építőipari szerszámok, téglák és cserépipari sajtók
3,8 C 16 Cr 6,5 Mo	(58)	Ugine Carbone	Stellugine 725 A	
3,0...4,0 C 3,0...9,5 Cr 1,0...2,0 Si 1,0...2,0 Mo	(60)	Csehszlovákia Böhler Soudometal	E-684.11 FOX DUR 700 N Abradorur 16	Tégla- és cserépipari sajtók, csement- és homokkeverő lapátok, betonszivattyúk, zúzóhengerek, kotrólapátok
5,0 C 20,0 Cr 5,0 Mn 5,0 W	(60)	Magyarország	Pantri MCW 60	Szén-, érc- és ásványbányászati szerszámok, olajbányászati fúrók

Az F2. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
4,0...5,0 C 33...35 Cr	(61)	Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Soudometal UTP Hobart	FOX Ledurit 63 OK 84.78 Citodur 1000 Abrador 35 Abrador 38 711 Hobrodur 60	Mezőgazdasági és útépitő földmunkagépek szerszámai, cement- és agyagipari keverő- és vágószerszámok, szénjővesztő szerszámok, örölművek, kerámia-, cement-, agyagipari sajtók, sajtolószerszámok, szívó-kötő gépek szájlánya, koptatólécek, betonszivattyúk, surrantók, szén vagy érc őrléményt levegővel vagy vízzel szállító berendezések szivattyúi, zagyshivattyúk, nagyolvasztó adagoló torkának tömítő felületei
4,3...5,5 C 22...25 Cr Nb, Mo, Co	(63)	Magyarország Soudometal Ugine Carbone	Élkefém Abrador 43 Stellugine 730 A	
4,0...5,0 C 36...40 Cr	(64)	Böhler Thyssen Hobart	FOX Ledurit 61 Everit 68 W 190 Hobrodur 62	
3,0...3,2 C 25,0...26,0 Cr 1,0...1,1 B	(64)	Szovjetunió NDK	T-590 EB 10/65	
4,5...5,5 C 18...23 Cr	(65)	Böhler Soudometal Soudometal UTP Hobart	FOX Ledurit 65 Abrador 44 Abrador 45 713 Hobrodur 64	A legelősebb koptatóhatásnak kitett alkat- részekhez. Földmunkagépek szerszámai, cement-, téglá-, kerámiaipari sajtok és szállítócsigák, mészko- és ércőrlő dobok, tűzrostélyok, ércelőkészítő berendezések továbbító elemei, klinker- és samottszajtok, szállítócsigák, brikett- és takarmányszajtok, kaparószalagok, salaktörő elemek, étolaj- és tápszersajtok, acélgártó kemencék elszívó- ventillátorai, prallmalmok koptatólécei stb. A varrat 450...600 °C-ig melegedhet
5,0 C 23 Cr 6,5 Mo 11,5 Co	(65)	Soudometal	Abrador 46	

F3. táblázat

Bevonat elektródák kopásálló, kobalt- vagy nikkelalapú keményítővázettű rétegekhez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
1,0...1,1 C 26...30 Cr 4,0...6,0 W	(40)	Kobaltalapú keményítővázettek: Csehszlovákia E-638.97 Lengyelország EstelCoW-40 NDK ERR 20/40 Böhler FOX Celsit VTi ESAB OK 93.06 SEBA OK 93.06 Soudometal Soudostel 6 A UTP Soudostel 6 Deloro Stellit Stellite 6 Hobart Hobrodur 06 Stoody Stoody 6 Thyssen Akrit Co 40 W Ugine Carbone Stellugine 886 A		A varrat korrozioállósága salakkal szemben kitűnő. Hőszilárdsága igen jó, keménysége 700 °C-on 20 HRC fölött van. 900 °C-ig hőálló. A kavitációval szemben az ellenállása nagy, siklási tulajdonsága kenés nélkül is kedvező. Víz-, gőz-, gázvezetékek és vegyi anyagokat szállító csővezetékek tolvárainak tömítőfelületei, csekély hőingadozási melegalakító szerszámok, szelepek és szelepelemek, melegdaraboló kések, süllyesztékek sorjacsatornái, hengerek, koks- és szénaprító berendezések törő- felületei, cellulózipari kések, vízkénstű sikló- csapágys, széngyűrűs tömítések
1,9 C 30 Cr 4,5 W	(45)	Szovjetunió	IUH-2	
1,5...2,0 C 27...30 Cr 7,0...10,0 W	(50)	Lengyelország Böhler Soudometal UTP Deloro Stellite Hobart Stoody Thyssen Ugine Carbone	EstelCoW-50 FOX Celsit SNTi Soudostel 12 A 712 Stellite 12 Hobrodur 12 Stoody 12 Akrit Co 50 W 160 Stellugine 772 A	A varrat tulajdonságai az előző csoportban szereplő anyagokéhoz hasonlóak, a varrat kemény- sége 700 °C-on legalább 30 HRC. Vegyipari berendezések kopásnak kitett felületei, hőingadozásmentes, melegalakító szerszámok, vív-, gőz-, gázvezetékek és vegyipari beren- dezések tolvárainak tömítőfelületei, dízelmotorok kipufogószelepei, örlő és örleményt szállító berendezések, kötött talaj- ban dolgozó földmunkagépek szerszámai, műanyag-, papír-, és faipari kések, szivattyútengelyek tömítőfelületei

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
1,9...2,5 C 28...31 Cr 12...15 W	(55)	Lengyelország Böhler ESAB Soudometal UTP Deloro Stellit Hobart Stoody Ugine Carbone	EstelCoW-55 FOX Celsit NTi OK 93.06 Soudostel 1 A 701 Stellite 1 Hobrodur 01 Stoody 1 Stellugine 771 A	Jó korrozíóállóságán kívül a varrat még 700 °C-on is 32 HRC keménységű, kitűnő kopásellenállású. Melegalakító szerszámokhoz is megfelel, de a hőingadozásra érzékeny. Víz-, gőz-, gáz-, olajszállító csővezetékek és vegyipari berendezések tolézárainak tömítőfelületei, szeleptülek, koptatógyűrűk, szivattyúk tömítőfelületei, csapágyszékek és csúszócsapágys, kavítációnak kitett alkatrészek agresszív közegben is
2,3...2,7 C 31...33 Cr 17...23 W	(58)	Thyssen Ugine Carbone	Akrit Co 58 W 180 Stellugine 770 A	Redukáló savaknak szobahőmérsékleten ellenáll, levegőn 1000 °C-ig reveállo. 700 °C-on még 35 HRC keménységű. Szelepszárvégek, koptatógyűrűk, őrlőművek és kollerjáratok, földmunkagépek szerszámai, kések, csúcs nélküli köszörők vezetőlécei, koptatógyűrűk, forgó alkatrészek tömítőfelületei, fagegmunkáló szerszámok
5,5 C 25 Cr 7 Nb	(62)	Soudometal	Abrasodur 83	Igen kemény varrat, erős koptató-igénybevételek ellen. Keménysége 700 °C-on 200 HV, ezért melegen üzemelő görgők, csúszófelületek, kemencesínek, melegüzemi szállító pályák, szinterizáló berendezések
2,7 C 30 Cr 17 W 2 Mo	(62)	Ugine Carbone	Stellugine 774 A	

1,7...2 C 25,0...26,0 Cr 12,0...13,0 W 22,0...23,0 Ni	(44)	Deloro Stellite Ugine Carbone	Stellite F Stellugine 778 A	Üvegipari szerszámalkatrészek, szeleptülek, lúgos közegekben üzemelő, koptató hatásnak kitett gépelemek
0,9 C 33,0 Cr 10,5 W 2,5 Si 0,8 B	(40)	<i>Nikkelalapú keményítővezeték:</i> Soudometal Soudostel 60 A		A varrat ellenállása kén- és sósavval szemben kitűnő, felhasználási területe az első csoporttal azonos
2,0...2,1 C 27...28 Cr 12...16 W	(44)	Csehszlovákia Ugine Carbone	E-644.97 Stellugine 740 A	Melegalakító szerszámok, szeleptülek, fűvókák.
0,4 C 12 Cr 4 Si 3,5 B	(60)	Ugine Carbone	Stellugine 756 A	Csúszógyűrűk, korrozív közegben dolgozó dugattyúk, kopás és korrozio együttes hatásának kitett alkatrészek.

F4. táblázat

Összetétel, tömeg %	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
60...80 WC 20...40 Fe	Böhler Castolin Cabot Cabot	FOX Super DUR W 80 112 Haystellite 60 C Haystellite Tungfine	Legfeljebb 1 mm-es wolfram-karbid-szemcséket tartalmazó elektróda a legkeményebb ásványi anyagok kopatóhatásának és csekély ütőgénybevételnek kitett felületekhez, mint pl. cement- és kerámiapiari keverőlapátok és szállítócsigák, földfúrók és földmarók, szén- és salaktörő szerszámok, huzalhúzó dobok, szénjővesztő kések, keverődobok. Legfeljebb két rétegben készíthető repedésveszély nélkül. Előmelegítési hőmérséklet 200...300 °C
70 WC 10 Cr ₃ C ₂ 20 Fe	Böhler UTP	FOX Super DUR W 70 Cr 75	Az előző csoporttal közel azonos felhasználási területű elektróda, de a valamivel keményebb réteg az ütőhatásokat nem állja. Kvartztartalmú ásványokat, kerámiaporokat előkészítő-, keverőberendezések, földmunkagépek áskörmei, tolólapjai, mélyfúrórudak vezetőfécci. (stabilizátorai), homok- és aszfalt-előkészítő kaparólecek, huzalhúzó dobok és kötélvezető tárcsák. Előmelegítési hőmérséklet 200...300 °C
55...60 WC 40...45 Fe	Böhler Soudometal Cabot Hobart	FOX Geodurit Diadur AP Haystellite 60 A Hobrodur RU	Legfeljebb 1 mm szemcsenagyságú keményfém örményt tartalmazó acélcső-elektroda a legerősebb kopatóhatásnak kitett felületekhez, mint pl. homok-előkészítő gépek lapátjai, cementmalmok, fúrókoronák a bányászatban, görgősfúrók. Előmelegítési hőmérséklet 200...300 °C

60...70 WC

Szovjetunió	Религ — ТЗ
Lengyelország	PNT
NDK	Harthü
Böhler	Geodurit
Soudometal	Diadur
Cabot	Haystellite
Hobart	Horseshoe
	Hobrodrur R

Acélső-pálca, lánghegesztéshez, 0,1...7 mm szemcse-nagyságú wolfram-karbidal töltve. A bányászati ban mélyfűrészszerzők, mint pl. koronafűrók, görgősfűrók, fűrókék stb. a gépipari más területén szén-, homok-, cement-, mésző-, salakelőkészítő és -keverő berendezések, továbbá ekék, földmunkagépek szerzőma

A 0,1 mm-nél finomabb karbidszemcséket tartalmazó lánghegesztő pálcák huzalhúzó- és -terelődobokhoz is használhatók

60...70 WC

Szovjetunió	Репит 3
Böhler	Geolot
Soudometal	Diadur 2000
Castolin	R 8811
Cabot	Haystellite Tungsharp
	Rod
Cabot	Haystellite Composite
	Rod No 2

1...14 mm szemmagyságú wolfram-karbidot tartalmazó öntött pálcá. A szemeséket keményforraszt, bronz, vagy 800...1000 °C közötti hőmérsékleten mártó olvadó nikkelalapú keményítőzetet fogja össze. A leolvadt láthatóan, esetleg argon védőgáz alatt végezhető. Homok-előkező berendezésekhez, havi fűtőkhöz, homlokmaróhoz és marókészhez a mélyfűrészekhöz.

80 WC
20 Ni

Böhler
Cabot

Zsugorított csupasz pálcá argonvédőgázas hegesztéshez. Huzalhúzótorcsák, huzalvezető-görgők és -szemek, talajmegmunkáló gépek tololapjai, aszkormei, fahatóló-kések, rönkvágók, kerámialapjai sajtok és darabolók. Előmelegítés nem szükséges, de nagyobb méretű alkatrészeket ajánlunk 150...200 °C-ra előmelegíteni. Törekedni kell az alapanyag csekély megolvasztására.

Bevont elektródák kopásálló igénybevételre, keményedő varratokhoz

Összetétel, tömeg %	Keményedés, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,9...1,4 C 12,0...14,0 Mn	220	Magyarország Csehszlovákia Lengyelország Böhler ESAB Oerlikon Thyssen	Panfield M14 E-624-21 EN 400 MnB FOX Chronos OK 86.08 Citomangan Pantanax M 14 B	Nagy nyomásra vagy ütésre igen erősen, 450...500 HB-ig keményedő varrat. Érc- és kőzettörő kúpok, törőbakok, őrlő- és zúzókalapácsok, keverő-őrlő vagy zúzó kollerjáratok, törőlapok, vasúti váltósúcsok, sinkereszteződések
0,5...0,8 C 12...14 Mn 2,5...3,5 Ni	220	NDK Böhler ESAB Soudometal UTP Ugine Carbon Hobart	EB 7/200 K FOX 12 MNi-A OK 86.28 Soudomanganese CN 7200 Stellugine 711 A Hobrodur MN 14	Az előző csoporthoz hasonlóan, az igénybevételek hatására erősen keményedő varrat, a nikkeltartalom következtében azonban szívósabb, melegrepedésre kevésbé hajlamos
1 C 16 Mn 9 Cr 3 Nb	250	Soudometal	Komet 624 S	Nagy nyomásra, ütésre 45...47 HRC-re keményedő varrat. Fémek kopás ellen is kitűnő, s összetételénél fogva kissé korrózióálló is. Nagyolvasztó zároharangjának tömítőfelületei, nyírókések, hengerdei hengerek, kábeldobok. Auszterítés szövetszerkezete hat órán át 600 °C-on tartva sem változik

0,5...0,6 C 13...17 Mn 14...24 Cr	250	Szovjetunió Soudometal	ЦНИИ-4 Komet MC	Hidegalaktítás hatására 52...54 HRC-re keményedik. Melegrepedésre csak igen lassú lehűléskor hajlamos, előmelegítés nélkül hegesztve gyakorlatilag nem reped. Sínek, váltósúcsok, darukerek, forgókemencék gyűrűi, nagyolvasztó zároharangjának tömítőfelületei, érc-, kőzet-, acélhulladék rakodókanalak és kotrókormók, hulladékfeldolgozó- és aprító szerszámok
0,1...0,2 C 4,5...6 Mn 18...21 Cr 8...10 Ni	200	Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország NDK Böhler Böhler ESAB Oerlikon Oerlikon Soudometal Thyssen UTP	AHB-24 E-B 415 ES 18-8-6B EB 8/200 FOX A7 FOX A7-A OK 67.45 Citochromax N Citochromax W Komet 307 Soudocrom A6 Thermanit XS B 63	Ütésre, nyomásra vagy gördülésre bekövetkező hidegalaktítás hatására 450...500 HB-re keményedő varratokhoz, amelyek összetételükénél fogva egyben korrózióállóak is. Melegsízládságuk kitűnő, 850 °C-ig reveállók. Sínek, váltók, darukerek, törőkúpok és törőelemek az élelmiszer- és gyógyszeriparban, vízturbinák kavitációnak kitett felületei, törőkalapácsok

Bevont elektródák forgácsolószerszámok éleihez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,7...1,1 C 3,8...5,0 Cr 1,1...3,0 W 7,0...9,0 Mo	(60)	Szovjetunió Lengyelország NDK Böhler ESAB Oerlikon Soudometal UTP Hobart Thyssen	O3H-3 ENS W2Mo-B EB 4/60 (SMo8) FOX Rapid 68 OK 85.65 Toolcord Duroterm 20 69 Hobrodur HS 60 Duranit M 10	Viszonylag szívós, közepes ütőhatásoknak kitett forgácsolóélekkhez. Gyalu- és vésőkések, nagy-méretű fűrészszerszámok, stüllyesztők és marók, hideg- és meleg-nyírókések, vágók, bélyegzők, sorjáztók stb. A felrakott él 500...550 °C-ig megtartja keménységét. Gyakran használják esztergakészítéskhez is. Az O3H-3 jelű anyag molibdéntartalma csak 3,5%, s mivel a többi ötvöző is az alsó határ közelébe esik, elsősorban megalakítószerszámokhoz ajánlható
0,7...1,0 C 4,4...4,6 Cr 5,6...7,5 W 4,0...5,0 Mo 1,5...2,4 V	(61)	Szovjetunió Csehszlovákia Böhler	Ж C(II)-60 P.. VUZ-R5 FOX SSMo2	Viszonylag szívós, közepes ütőhatásoknak kitett nagy teljesítményű forgácsolóélekkhez. Eszterga-, gyalu- és vésőkések, nagyméretű maró- és fűrészszerszámok nagyoláshoz és simításhoz egyaránt. Gyorsacél típusú forgácsolószerszámok javításához. Alkalmas kevésbé dinamikus igénybevételű melegsüllyesztékekhez, melegvágó és melegnyíró késekhez, megleghengerekhez. A felrakott él 520...570 °C-ig megtartja keménységét
0,75...1,0 C 4,2...5,5 Cr 9,0...13,0 W 2,2...3,2 V	(62)	Magyarország Magyarország Csehszlovákia NDK	Panrapid BB 2 Panrapid RL 2 E-675.25 EB 4/60 SS2	Ütőhatásokat kevésbé elviselő nagy keménységű forgácsolóélek, sajtolószerszámok melegvágók és megleghengerek. Fémek kopás ellen 500...550 °C-ra melegező csúszófelületekhez. A hazai Panrapid BB 2 nagycseppes, az RL 2 pedig finomcseppes leolvadási

0,8...1,0 C 4,5...5,5 Cr 16...19 W 1,0...1,8 V	(63)	Magyarország Magyarország Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország Hobart	Panrapid BB 1 Panrapid RL 1 LIU-1M MT-10 VUZ-R4 ENS 18W8 Hobrodur HS 61	Egyenletes igénybevételnek kitett nagyteljesítményű forgácsoló, melegvágó és melegnyíró szerszámok, acél-, réz-, nikkeltartalmúak előállítására használatos stüllyesztékek. A felrakott él 550...600 °C-ig megtartja eredeti keménységét. A hazai Panrapid BB 1 nagycseppes, az RL 1 pedig finomcseppes leolvadási
1,4 C 4,5 Cr 9 W 2,8 V 9 Co	(64)	NDK	EB 4/60 (SCo 9)	Dinamikus igénybevételnek alig kitett, 560...620 °C-ra hevülő forgácsolószerszámok, fém-fémek kopás ellen legfeljebb erre a hőmérsékletre hevülő csúszófelületek, acélok és szinesfémek feldolgozására használatos melegvágó, melegnyíró és alakítószerszámok, megleghengerek

F7. táblázat

Bevont elektródák hidegalakító számszámok felrakóhegesztéséhez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,2...0,4 C 10...13 Cr	(55)	Szovjetunió ESAB	O3H-3 OK 84.52	Szivós, dinamikus igénybevételt jól viselő réteg, hidegalakító számszámokhoz, bélyegzőkhöz
0,5...0,7 C 0,4...0,7 Cr 0,4...0,8 Mo 0,1...0,2 V	(60)	Lengyelország Böhler	EWNL 11 FOX WH 2	Hegesztés után a varrat 40...45 HRC keménységre, még megmunkálható. Vízben edzve és 180...200 °C-on megeresztve 60...64 HRC, 550...600 °C-on megeresztve 45...55 HRC keménységű réteg peremező-, hajlító-, alakítószerszámokhoz, hidegvágókhoz és ollókhöz, hidegalakító hengerekhez
0,6...0,7 C 1,0...1,1 Cr 0,5...2,5 W 0,0...1,2 Mo	(62)	Böhler ESAB	FOX OH 1 OB 85.38	Olajban edzve és 180...220 °C-on megeresztve, a varrat 61...64 HRC keménységű. Lemezvágók, bélyegek, köröllők, kivágók, sorjázók, alakítószerszámok működő felületei
0,7...0,8 C 2,6...5,2 Cr 0,5...1,5 Mo	(60)	Szovjetunió Böhler Ugine Carbone	ЭН-60 М FOX LH 2 Stellugine 714 A	Légedzéstü varratösszetétel nagy teljesítményű hidegalakító számszámokhoz, az MSZ 4352-72 szerinti K1 acélnak megfelelő felhasználási területre. Vágó- alakító-, mélyhúzó-, bélyegző-, sorjázó- és éremverőszerszámok, földmunkagépek számszámai, mint pl. lapátok, tépőfogak, kotróputtyók élei, kaparókörök stb.
1,7...2,5 C 12...16,0 Cr	(63)	Magyarország Csehszlovákia Lengyelország NDK	Panled C 13 E-673.23 ENS 12CrB EB 10/40 VS	Hegesztés után 50...55 HRC keménységű, edzve és 450...500 °C-on megeresztve 60...65 HRC keménységű varrat nagy teljesítményű számszámokhoz. A dinamikus igénybevételt nehezen viseli el. Hajlító-, mélyhúzó-, sorjázószerszámok, vágók, lyukasztók, húzógyűrűk, húzótüskék és ásványi anyagok erős koptatásának kitett alkatrészei, surrantók, görgők

F8. táblázat

Bevont elektródák megalakító számszámok felrakóhegesztéséhez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,3...0,5 C 1,8...3,4 Cr 8,0...12,0 W	(52)	Magyarország Csehszlovákia Lengyelország NDK ESAB Thyssen	Panther CW 1 E-658.24 EWWN1 EB 3/55 OK. 85.58 Duranit W 8 B	Kopásálló, kemény felület melegsüllyesztékekhez és vágószerszámokhoz
0,34 C 10,0 Cr 5,4 W	(50)	Szovjetunió	YOH-13/4 X / X 10B 5Mo	Hegesztés után 45...48 HRC, 540 °C-on végzett megeresztést követően 48...52 HRC keménységű varrat melegvágókhoz, kovácsoló- és sajtolószerszámok nagy koptató-igénybevételnek kitett felületeihez
0,1...0,2 C 2,2...2,3 Cr 4,0...4,5 W	(45)	Böhler Soudometal	FOX WKZ 50 Duroterm 8	Igen szívós kopásellenálló felület süllyesztékekhez, kovácszámszámokhoz, vágó- és darabolószerszámokhoz, melegsorjázókhoz
0,2...0,5 C 2,0...3,2 Cr 2,0...6,0 W 0,0...1,5 Mo	(50)	Magyarország Csehszlovákia Lengyelország NDK Böhler Thyssen	Panther CW 2 E-669.04 ENS 50B EB 3/50 FOX WA 20 Duranit W 4 B	Szívós, ütőigénybevételre is jól viselő varrat melegvágókhoz, kovács- és sajtolószerszámokhoz, hengerekhez, nagy koptató-igénybevétel ellen. A varrat hőkezelve 500...550 °C-ig megtartja keménységét
0,3...0,4 C 5,0...8,0 Cr 2,0...5,0 Mo 0,0...1,3 W	(57)	Böhler Oerlikon Soudometal UTP	FOX WA 12 Citodur 600 B Duroterm 12 R 73 G 2	Az előzőnél szívósabb, hegesztés után 56...60 HRC keménységű varrat. Kikeményítve 58...62 HRC keménységű 500...550 °C-ig megtartja. Melegvágók, hajlító és alakító, csúszó- és vezető sinek, melegsajtók, süllyesztékek, meleganyagot fogó és szállító számszámok, hántolók, nyomó- és öntőszerszámok, szelepek nagy koptató-igénybevételnek kitett felületei

F8. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,09...0,1 C 2,4...3,0 Cr 7,0...10,0 W 14,5...17,5 Co	(52)	Szovjetunió Szovjetunió	O3И-4 O3И-5	Melegkoptató hatásnak kiválóan ellenáll. A kevésbé ötvöztött O3И-4 típusú hegesztés után 50 HRC, 600 °C-on keménysége 52...58 HRC keménységű. A O3И-5 típusú ugyanilyen feltételek között 60 HRC, ill. 62...65 HRC keménységű. Melegsüllyesztékek, melegvágók anyagai
0,04...0,1 C 4,0...12,0 Mo 8,0...16,0 Co 8,0...18,0 Ni	(52)	Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország Soudometal	O3И-4 VUZ-VN1 ENSCoMo 1 Soudodur MR	Hegesztés után viszonylag lágy, keménysége 350...450 HV. Forgácsolással még megmunkálható, 480...500 °C-on három órán át hevítve, keménysége 500...600 HV-re nő. Igen szívós, a legnagyobb ütőhatásnak kitett kovácsszerszámokhoz, süllyesztékekhez. A szerszám hőmérséklete tartósan 500 °C fölé nem emelkedhet
0,1 C 10 Mo 20 Co	(52)	Lengyelország	ENSCoMo 11	Az előző csoporttal rokon tulajdonságú varrat, azzal azonos felhasználási területre, de keménysége a keményítő hőkezelést követően 700...800 NV-re nő
0,04...0,1 C 15,5...18,0 Cr 15,0...18,0 Mo 4,0...5,5 W 58...60 Ni	220	Csehszlovákia NDK Böhler ESAB Soudometal UTP Castolin Cabot Deloro Stellite Hobart Thyssen	E-626.94 EB 23/200 FOX SAC-A OK 92.35 Komet 95 700 6801 Haynes alloy 273 Deloro alloy C Hobrodur C Durant NiMo CAW	Igen szívós varrat, az ütőhatásokat és a hőingadozást kitűnően, a melegkoptatást közepesen viseli el. Hegesztéskor 100...200 °C, nagyobb szerszámokhoz 300 °C-ig terjedő előmelegítése ajánlott. Üzem közben vagy 800 °C-on négy órán át tartva 300...400 HB-re keményedik, de hegesztés után kalapálással is keményíthető. Kovácsszerszámok és süllyesztékek, melegsajtók, megdaraboló szerszámok, melegsorjázók, lyukasztótűkéik, továbbá jó korrozíállóságuk. Ilyen vegyipari szivattyúk, szelepek koptatóhatásnak kitett felületeihez, kloridos közegben is

0,2...0,3 C 20...22 Cr 8,0...10 Ni 12...15 W 50...52 Co	240	Böhler UTP	FOX CN 20 Co 50 7010	A hőingadozást (termosokkot) jobban elviseli, mint a sorozat bármelyik ötvözte, meleg-kopásellenállása is jó. Ütésre, nyomásra magas hőmérsékleten is kiváló. Sajtológépek kovácsszerszámai, melegollók, melegsorjázók anyaga
0,3...0,5 C 21...28 Cr 5,5 Mo vagy 5,0 Ni 58,0...62,0 Co	350	Böhler Deloro Stellite	FOX Celsit 421 Stellite 306	A varrat kitűnő meleg-kopásellenállása megfelelő szívóssággal párosul. A hőingadozást is jól viseli, ezért elsősorban nagyterhelésű kovács- és sajtolószerszámokhoz, melegollókhoz és melegsorjázókhoz ajánlható. Hegesztéskor 300...400 °C-os előmelegítés szükséges. Belsőegésű motorok szelepeire, húzalhúzó gyűrűkhöz, folyatószerszámokhoz is használják
0,2...0,4 Co 26...27 Cr 6,0 W vagy 6,0 Mo 58,0...62,0 Co	340	Deloro Stellite Deloro Stellite	Stellite 7 Stellite 8	

Bevont elektródák korrózióálló acélok javítóhegesztéséhez

Összetétel, tömeg %	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,03...0,05 C 12,0...13,0 Cr 4,0...4,5 Ni	Böhler Oerlikon Soudometal Thyssen	FOX CN 13/4 Citochrom 13/4 Komet 420 Ni Thermanit 13/04 B	Hasonló összetételű ferrites acélok javítóhegesztéséhez, továbbá víz, gőz és tengervíz hatásának ellenálló felületekhez. Hasonló összetételű szovjet és csehszlovák elektródák: HII AT-6AM, ill. E-B410
0,05...0,06 C 19,0...20,0 Cr 9,0...10,0 Ni 0,3...0,6 Nb	Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország NDK Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Thyssen UTP	AHB-13 E-B420 ES-18-8NbB EB 19-9 Nb FOX SAS 2 OK 61.81 Inox AWL+Nb Soudocrom F347 Thermanit H B 68	Stabilizált és stabilizálatlan, ausztenites szövetszerkezetű acélok javításához, 196 °C-ig, szívos. Megengedhető üzemi hőmérséklet: 400 °C. A Soudocrom F347 jelű hegesztőanyag széntartalma csak 0,02%. Forrásban levő savakban korróziósebesége jelentős. Nagy kiterjedésű felületek pl. turbínák kavitáció elleni védelmére is használják.
0,02...0,04 C 19,0...20,0 Cr 9,0...10,5 Ni	Szovjetunió Csehszlovákia Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Thyssen UTP	03JT-22 E-B419 FOX EAS 2 OK 61.30 Inox AL Soudocrom A308 Thermanit JE B 68 LC	Hasonló összetételű és ferrites krómace-lokhoz egyaránt alkalmazható. Az üzemi hőmérséklet megengedhető értéke: 350 °C. Forrásban levő savakban korróziósebesége jelentős
0,04...0,05 C 18,5...19,5 Cr 11,5...12,0 Ni 2,5...3,0 Mo 0,4...0,7 Nb	Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország NDK Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Thyssen UTP	ИЖ-13 E-B 427 ES 18-12-2Nb B EB 19.10Mo2Nb FOX SAS 4 OK 63.80 Inox BWL+Nb Soudocrom K318 Thermanit C B 68 Mo	Molibdéntartalma folytán a varrat forrásban levő korrózió oldatokban és klórion tartalmú oldatokban is használható
0,04...0,08 C 25,0...26,0 Cr 19,0...21,0 Ni 3,5...5,5 Mn	Szovjetunió Böhler Thyssen	AHЖP-3 FOX EASN 25M Thermanit CM B	Nagy nyomáson és magas hőmérsékleten üzemelő karbamidkészülékek javításához, különösen erős korrózió hatásokat ellen forrásban levő koncentrált salétomsavak és tömény klóridos magas hőmérsékletű tárolására használatos edényekhez. Megfelelő ellenáll a lyukkorrózióknak. Használatos kavitációnak kitett felületek védelmére is
0,03...0,06 C 17,5...20,0 Cr 21,0...25,0 Ni 2,2...5,0 Mo 1,5...2,0 Cu	Szovjetunió Lengyelország NDK Böhler ESAB Soudometal Thyssen	AHB-28 ES 20-24-4CuB EB 20.18MoCW FOX SAS 10 OK 69.33 Soudocrom S17 Thermanit CM B	Redukáló savakat – pl. kén- és foszfor-savakat – tároló edények javításához. A megengedett üzemi hőmérséklet 350...400 °C
0,04...0,08 C 20...22 Cr 30...35 Ni 2,5...3,0 Mo 3,0...3,2 Cu 0,5 Nb	Szovjetunió Csehszlovákia Böhler	03JT-17 E-B466 FOX SAS 20	Igen ellenálló kén- és foszorsavval, továbbá klórion tartalmú közegekkel korrózióra érzéketlen
0,02...0,04 C 28,0...28,5 Mo 65,0...67,0 Ni	Szovjetunió Soudometal Thyssen Ugine Carbone	03JT-23 Komet 97 Nimo B B Stellugine 745 A	Kitűnő korrózióállóságú halogén ionokat tartalmazó közegekkel szemben. A különböző koncentrációjú sósavaknak forráspontjukig ellenáll
0,04...0,1 C 16,0...20,0 Cr 5,0...8,0 Mn 68,0...75,0 Ni	Böhler Soudometal Thyssen UTP	FOX NiCr 70 Nb Soudonel Inconel A 68 HH	Kitűnő korrózióállósága – 196...+600 °C közötti hőmérsékleteken nagy szívosággal párosul. 1350 °C-ig reveálható. A hőingadozás miatt a nagy merevségű szerkezeti elemek és öntvények kedvelt hegesztőanyaga javításkor. A Soudonel B váltakozó árammal is leolvasható; a Soudonel 625 nagy nagy szilárdságú változat, 9% molibdént tartalmaz.

Összetétel, tömeg %	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,1...0,15 C 18,0...20,0 Cr 8,0...10,5 Ni 6,0...7,0 Mn	Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Thyssen UTP	ННН-48 E-B 416 ES 18-8-6B FOX A7 OK 67.47 Citochromax W Soudocrom A6 Thermanit X B 63	Különböző összetételű, nehezen hegeszthető acélok közötti létesített varratok javítására. Hídegalakítás hatására keményedik. Nagy keménységű varratok alá párnaréteggént is alkalmazható
0,02...0,04 C 22,0...24,5 Cr 12,0...12,5 Ni 1,0...3,0 Mo	Szovjetunió Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Thyssen	AHB-20 FOX CN23/12 MoA OK 67.70 Perinox Soudocrom L309 Mo Thermanit 23/11 ZL B	Auszténites króm-nikkel acélok és ötvöztelen acélok közötti létesített kötésekhez, és javításukhoz
0,1...0,14 C 29,0...30,0 Cr 9,0...10,8 Ni	Szovjetunió NDK Böhler ESAB Oerlikon Thyssen Soudometal UTP Ugine Carbone	03JL-28 EB 29.9 FOX CN 29/9 OK 68.81 Inox 29.9 Thermanit 30/10 B Soudocrom D 65 Stellugine 717 A	Korrózióálló acélok, rugó- és szerszám-acélok javítására. Megengedhető üzemi hőmérséklet 350 °C. Alkalmas továbbá műanyagszerszámok, sajtológépek, tengelyek koptatóhatásnak kitett felületeihez és fogaskerekre, szüllyesztékekre, műanyag-ipari vágó- és hajlítószerszámokra, továbbá párnarétegnek keményítővözetű rétegek alá
0,1 C 21,0 Cr 8,0 Ni 6,5 Mn 5 Si	Böhler	FOX Antinit DUR 300	300 HB keménységű, kis kobalttartalmú ömledék, elsősorban atomerőművekben üzemelő tolózárok tömítőfelületeihez. Kitűnő korrózióállásán kívül kopásellenállása igen jó, s az ömledék melegepedésre nem hajlamos. Az előmelegítés hőmérséklete: 250 °C, utóhőkezelést a varrat nem igényel
0,02...0,1 C 2,5...3,0 Ti 92,0...96,0 Ni	Soudometal Thyssen Kestra	Soudonickel Nickel 141 Nickel R	Nikkellel acéllemezek, valamint nehezen hegeszthető acél- és vasöntvények javító-hegesztésére

Bevont elektródák hőálló acélok javítóhegesztéséhez

Összetétel, tömeg %	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,06 C 9 Cr	Thyssen	Thermanit 9 B	Levegőn és oxidáló hatású égéstermékben 800 °C-ig hőálló, kén tartalmú gázokkal szemben is megfelelő
0,05...0,06 C 13,0...15,0 Cr	ESAB Thyssen UTP	OK 68.15 Thermanit 14 H B 66	Az előzőhöz hasonló, de 900 °C-ig hőálló
0,1...0,12 C 25,0...26,0 Cr 4,0...5 Ni	NDK Böhler ESAB Oerlikon Thyssen	EB Cr 25/4 FOX FA OK 68.60 Inox 25/4 Thermanit L B	Levegőn és oxidáló hatású égéstermékben 1100...1150 °C-ig hőálló, kén tartalmú gázokkal szemben is megfelelő, 850...900 °C hőmérséklet alatt üzemeltetve elrűgedésre, szigma fázis kiválására hajlamos
0,05...0,1 C 22,0...25 Cr 11,0...14 Ni 1,1...1,5 Si	Szovjetunió NDK Böhler ESAB Oerlikon Thyssen	03JL-29 EB 23.12 Si FOX FF OK 67.64 Inox 25/14 Thermanit D B	950...1000 °C-ig hőálló, de redukáló kén tartalmú gázokban ellenállása gyengébb, ezért mintegy 80...100 °C-szal alacsonyabb hőmérsékleten üzemeltethető. A varrat fajlagos nyúlása az előző csoportokénál nagyobb, 850...900 °C alatt elrűgedhet
0,09...0,14 C 25,0...26,0 Cr 20,0...21,0 Ni	Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország NDK Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Thyssen UTP	03JL-9A E-B445 ES 24-18B EB 25.20 Mo FOX FFB OK 67.33 Inox 25/20 Soudinox 25-30 Thermanit C B 68 H	Levegőn és oxidáló hatású égéstermékben 1150...1200 °C-ig, redukáló gázokban 1040...1080 °C-ig kielégítő hőállóság. 750...900 °C hőmérséklet alatt üzemeltetve elrűgedhet, szigmafázis kiválására hajlamos. A varrat fajlagos nyúlása nagyobb, mint a többi csoporté, ezért nagy biztonsággal hegeszthető repedés nélkül

F10. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,11...0,24 C 17,0...19,0 Cr 33,5...35	Lengyelország Böhler Thyssen	ES 20-33B FOX FFB 400 Thermanit 16/30 B	1000...1100 °C-ig hőálló varratot ad
0,32...0,4 C 24,5...25 Cr 34,0...36,0 Ni	Szovjetunió Csehszlovákia Soudometal Thyssen	O3-31 E-B461 Soudinox 25/35 C Thermanit 25/35R	A varrat hőállósága 1000...1050 °C-ig kielégítő, 850...900 °C alatt üzemeltetve elridegedésre hajlamos, ausztenites szövetszerkezete folytán előmelegítést nem igényel. Biztonsággal hegeszthető repedés nélkül
0,4...0,5 C 28,0...30,5 Cr 48,0...53,0 Ni 4,5...5,0 W	Szovjetunió Thyssen	AHX-2 Thermanit 30/50B	Előmelegítést és utóhőkezelést nem igénylő szerkezetekhez 1100...1150 °C-ig hőálló
0,03...0,05 C 19,0...21,0 Cr 67,0...75,0 Ni	Szovjetunió Böhler Thyssen	O3J1-25 FOX NiCr 70Nb Nicro 82 B	Elridegedésre nem hajlamos, nagy melegszilárdságú varratot adó elektróda, -196 °C-ig szívós. A hőingadozást jól bírja. Kénmentes gázokban 1350 °C-ig reveálható. A varrat előmelegítést nem igényel
0,04...0,1 C 13,0...17,0 Cr 5,0...9,5 Mn 1,0...2,5 Nb 70...73,0 Ni	Böhler UTP	FOX NiCr 70/15 7015	
0,15...0,25 C 29,0...30,0 Cr 50,0...62,0 Co	Thyssen Soudometal	Thermanit 13Co B Soudoxstel 21 A	Hasonló összetételű ötvözetekhez, 1250 °C-ig hőálló. A Thermanit 13 Co B kb 10% vastartalmú, a Soudoxstel 21 A mintegy 3% nikkel és kb 5% molibdén tartalmú. Előmelegítés a varrat kis fajlagos nyúlása miatt ajánlott, az elsőnél 150...300 °C-ra az utóbbinál 400...600 °C-ra. Hegesztés után 1...2 h-s h ökliegnyenlítő hevítés célszerű 500...700 °C hőmérsékleten

F11. táblázat

Bevont elektródák melegsíllárd varratok javítóhegesztéséhez

Összetétel, tömeg %	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,06...0,08 C 0,4...0,8 Mo	Magyarország Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország NDK Böhler ESAB Oerlikon Soudometal	PANCRES MoTi O3C-11 E-B302 ES MoB E Mo3 Kb FOX DMO Kb OK 74.78 Molycord Kb Cellocoito PL S 2	Kazánok, tartályok és csővezetékek építéséhez használatos elektróda. Megengedhető üzemi hőmérséklet: 500...525 °C
0,04...0,08 C 1,0...1,6 Cr 0,4...0,8 Mo	Magyarország Magyarország Szovjetunió Csehszlovákia NDK Böhler ESAB Oerlikon Soudometal	PANCRES CMTi 1 PANCRES CMP 1 TMJ-1Y E-B312 ES K32Nb1 E CrMo44 Kb FOX DCMS Kb OK 76.18 OK 75.65 Cromocord Kb Comet J 56 LH	Legfeljebb 550 °C-on üzemelő kazánokhoz, csővekhez, túlhevítőkhöz. Előmelegítési hőmérséklet 200...250 °C. Egyes cégek króm helyett nikkelrel ötvözik vagy mindkét ötvözővel gyártják. A hazai PANCRES CMTi1 rutilos, a PANCRES CMB-1 bázikus bevonatú
0,06...0,08 C 0,3...0,5 Cr 0,8...1,1 Mo 0,4...0,5 V	Szovjetunió Csehszlovákia NDK Böhler	TMJ-3Y EB-324 ES MoCrV B FOX DMV 83 kb	
0,04...0,09 C 2,1...3,0 Cr 0,6...1,1 Mo	Magyarország Magyarország Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország NDK Böhler ESAB Oerlikon Soudometal	PANCRES CMTi 2 PANCRES CMB 2 IJT-21 EB-329 ES CrMoB E CrMo9,10 Kb FOX CM2 Kb OK 76.28 Cromocord 2 Comet J 76 ELH	Legfeljebb 600 °C-ra hevülő kazánok, csővek, túlhevítők hegesztéséhez. Előmelegítési hőmérséklet: 250...350 °C. Egyes cégek króm helyett nikkelrel ötvözik, vagy mindkét ötvözővel gyártják. A hazai PANCRES CMTi2 rutilos, a PANCRES CMB 2 bázikus

F11. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,5...0,6 C 4,5...5,5 Cr 0,3...0,6 Mo	Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország Böhler	ILJI-17 E-B332 ES 5CrMoB FOX CM 5 Kb	Nagyszilárdságú elektróda 600 °C hőmérsékletig hevülő csövek hegesztéséhez. Előmelegítési hőmérséklet: 250...350 °C
0,07...0,1 C 2,8...3,0 Cr 0,4...0,5 Mo 0,4...0,5 V	Csehszlovákia Böhler	E-B330 FOX IN 9 Kb	Az előzőnél nagyobb szilárdságú elektróda, legfeljebb 500 °C-ra hevülő csövekhez, kazánokhoz. Előmelegítési hőmérséklet 250...350 °C
0,06...0,08 C 8,5...9,0 Cr 0,9...1,0 Mo	Lengyelország Böhler	ES 9 CrNiB CM 9 Kb	Az előző csoporthoz hasonló szilárdságú elektróda, legfeljebb 600 °C-ra hevülő kazánbokorhoz, csövekhez, előmelegítőkhöz. Előmelegítési hőmérséklet 250...350 °C
0,15...0,19 C 12,0...12,5 Cr 0,5...1,0 Mo 0,2...0,4 V	Szovjetunió Böhler Thyssen	ILJI-41 FOX 20 MVW Thermanit MTS 4 B	A legnagyobb melegsizilárdságú, de legkisebb fajlagos nyúlású elektróda, legfeljebb 600 °C-on üzemelő alkatrészekhez. Igen szigorú feltételek között hegeszthető, előmelegítési hőmérséklet 400...450 °C
0,1...0,12 C 16,0...17,0 Cr 13,0...17,0 Ni	Böhler Böhler Thyssen	FOX CN 16/13 FOX CN 16/13 Co Thermanit ATS 15 B	A kobaltmentes elektródák legfeljebb 700 °C-on, üzemelő alkatrészek hegesztésére alkalmasak, Auszteniites szövetszerkezetei folytán fajlagos nyúlásuk jóval nagyobb, mint bármely más melegszilárd elektródaé. Ezenkívül korrózió- és hőálló-sága is kitűnő. 150...200 °C előmelegítést csak a 20...30 mm-nél vastagabb lemezek igényelnek
0,05...0,06 C 17,5...19,0 Cr 9,5...13,0 Ni	Böhler Thyssen	FOX CN 18/11 Thermanit ATS 4 B	Auszteniites szövetszerkezetük folytán az előző csoporthoz hasonlóan nagy fajlagos nyúlású elektródák, amelyekkel nagy biztonsággal végezhető repedés nélküli hegesztés. A kb. 700 °C-ig hevülő alkatrészek javítóhegesztésére alkalmas. 150...200 °C-ra előmelegíteni csak 20...30 mm-nél vastagabb lemezeket kell

F12. táblázat

Bevont elektródák tolozarak és szelepek tömítő felületeihez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,08... C 17,0... Cr	230	Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország Böhler Soudometal NDK Thyssen	OЭЛ-25 E-B406 ES 17CrB FOX SKWA Komat 430 EB Cr 18 Si Thermanit 17 B	Lágy, ferrites varrat víz-, gáz-, gőz- és olajvezeték tolozaráihoz. Előmelegítési hőmérséklet 100...200 °C. Legfeljebb 450 °C üzemi hőmérsékletre
0,03...0,1 C 13,0...16,0 Cr 4,0...5,0 Ni 0,5...1,0 Mo	230	Soudometal Oerlikon	Komet 16 (5)1 Citochrom 13/4	
0,1...0,2 C 13...17,0 Cr	350	Szovjetunió Csehszlovákia NDK Böhler Oerlikon	УОИИ-13/НЖ E-634.27 EB 5/350 Zr FOX KW 10 Citochrom 13	Közepes keménységű varrat az előbbi célokra. Előmelegítési hőmérséklet 150...200 °C, üzemi hőmérséklet legfeljebb 450 °C
0,2...0,4 C 13,0...17 Cr 1,0...1,3 Mo	420	Lengyelország NDK Böhler ESAB Thyssen	ENS 15CrB EB 5/400 Zr FOX SKWAM OK 84.42 1720 B	Kemény varrat. Jó korrózióálló és tengervízálló. Víz-, gáz-, gőz- és olajvezeték tolozaráihoz használatos. Megengedhető üzemi hőmérséklet 500 °C. Előmelegítési hőmérséklet: 150...250 °C
0,2...0,3 C 13,0...15 Cr 0,6...1,5 Mn 0,4...0,6 Si		Csehszlovákia ESAB	E-655.22 OK 84.52	Igen kemény varrat. Víz-, gáz-, gőzvezeték tolozaráihoz alkalmas. Megengedhető üzemi hőmérséklet: 550 °C. Előmelegítési hőmérséklet 150...250 °C

F12. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Keménységi HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,1...0,12 C 15,5...16,5 Cr 8,0...8,6 Ni 1,6...4,0 Mn 4,0...5,4 Si	350	Szovjetunió Szovjetunió Szovjetunió	LIH-6 BIM-1 LIH-12M	A megfelelő keménység elérése céljából szilíciummal ötvöztött ausztenites szövetszerkezetű varrat viz-, gőz-, gáz-, olaj- és vegyipari termékeket szállító vezetékek tolózárainak tömítőfelületeihez
1,0...1,1 C 26...30 Cr 4,0...6,0 W 56,0...62 Co	(40)	Csehszlovákia Lengyelország NDK Böhler ESAB Soudometal UTP Deloro Stellite Stoody Thyssen Ugine Carbone	E-638.97 EstelCoW-40 ERR 20/40 FOX Celsit V OK 93.06 Soudostel 6 A 706 Stellite 6 Stoody 6 Akrit Co 40W 160 Stellugine 786 A	Tömítőfelületek számára igen kedvező keménységű és korrozióállású varrat viz-, gáz-, gőz-, olaj- és vegyipari termékeket szállító vezetékek tolózárainak tömítőfelületeihez. Megengedhető üzemi hőmérséklet 700...750 °C, 900 °C-ig revelláló. Belsőegésztő motorok szelepeihez, szeleplülethez, forró olajat szállító szivattyúkhoz.
1,9 C 30,0 Cr 4,5 W 56 Co	(45)	Szovjetunió	LIH-2	

LD VARNIT VI

F13. táblázat

Bevont elektródák és porbeles huzalok öntöttvasak javítóhegesztéséhez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
3,0...3,5 C 3,0...4,0 Si	180	Magyarország Böhler UTP Soudometal	PANCAST CS 2 FOX GA 5 E Soudofonte GS	Elektróda lemezgrafitos szürkeöntvények meleg- vagy félmegleg hegesztésére. Meleghegesztéshez 600...700 °C, félmegleg hegesztéshez 200...400 °C előmelegítés szükséges. A varrat szövetszerkezte, színe és szilárdsági tulajdonságai az alapanyaghoz hasonlóak. A hegesztést követő hűlés lassú legyen (kemencében vagy homokban)
0,03 C 4,4 Cr 8,2 Ni	380	Böhler	FOX NC 8	Lemez- és gömbgrafitos szürkevasak hegesztésére Mechanite típusú és ötvöztött szürkevasakhoz is. Nagyobb méretű tárgyakhoz 100...200 °C előmelegítés ajánlott. A hegesztést rövid hernyók lerakásával végezzük
0,15 C 0,5 Mn	380	UTP	81	Nehezen hegeszthető öntöttvasakhoz, hibás öntvények, varratok javítására kényszerhelyzetekben is használható
0,02...0,4 C 28...30 Cu 66...68 Ni 0,4...0,8 Si	140	Magyarország Szovjetunió Csehszlovákia Böhler ESAB Oerlikon Soudometal UTP Hobart	PANCAST M MHY-2 E-S732 FOX GFW OK 92.78 Superfonte Mo Soudonel M 8 Ko Exobart Cu-Ni	Szürkevasak és temperöntvények hideghegesztésére. Repedések, öntési és hegesztési hibák javítására. Eredményesen használható a gömbgrafitos és az ausztenites öntvények javítására is. A hegesztés során kis hőbevitelre kell törekedni. Az öntvények 100...150 °C-os előmelegítése előnyös. Hegesztés után lassú hűlés következzen. A varrat színe az alapanyagétól eltér

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,4...1,6 C 96...98 Ni	160	Magyarország Szovjetunió Csehszlovákia Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Soudometal Soudometal UTP Hobart	PANCAST Ni 2 O3Y-4 E-S722 FOX GNI OK 92.18 Superfonte Ni Soudofonte 1 Soudofonte B12 Soudofonte B24 8 Exobart Ni	Szürke-, temper-, gömbráfitos és ausztenites öntvények hideghegesztésére. Repedések, öntési hibák és szivódási üregek javítására, kitöltésére. Az elektróda alkalmas az említett anyagminőségű öntvények tónítófelületeinek felrakására és az öntvények acélhoz, rézhez vagy monellfémmel hegesztésére is. 100...150 °C előmelegítés előnyös, Soudofonte 1 nagy foszfortartalmú öntvényekhez nem használható, a temperöntvényekhez elsősorban a Soudofonte B24 alkalmas. A hazai gyártású PANCAST Ni 1 hasonló összetételű, 95% nikkelen kívül 2% mangánt is tartalmaz
0,5...1,6 C 51...55 Ni 44...48 Fe	190	Szovjetunió Csehszlovákia Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Soudometal Soudometal UTP Hobart	ОЖКН-1 E-S716 FOX GNX OK 92.58 Superfonte NiFe Soudofonte C Soudofonte D Soudofonte F 3 FN Exobart Ni 55	Szürke-, temper- és gömbráfitos öntvények hideghegesztésére és főleg ez utóbbiaknak acélokhoz hegesztésére. Öntöttvasra párnarétegnek kemény, kopásálló rétegek alá. A nagyobb öntvényeket 100...150 °C-ra a gömbráfitos öntvényeket 150...200 °C-ra célszerű előmelegíteni. A hegesztést igen lassú hűlés kövesse

0,6 C 63 Ni 35 Fe	180	UTP	85 FN	Szürke-, temper- és gömbráfitos öntvények felrakó- és javítóhegesztésére és ezeknek az öntvényeknek az acélhoz hegesztéséhez. Továbbá az FS táblázat néhány csoportja
3,5 C 1,7 Si 0,3 Mn	350	Soudometal	Fonte 089-0	Önvedő porbeles húzal kis szilárdságú öntvények, elsősorban kokillák javító-, töltőhegesztésére. Meleghegesztésre alkalmas, előmelegítési hőmérséklet 450...600 °C
3,5 C 3,6 Si 0,3 Mn	185	Soudometal	Fonte GS-0	Öntöttvasak meleghegesztésére, kötő- és javítóhegesztésre egyaránt alkalmas önvedő porbeles húzal. Előmelegítési hőmérséklet: 300...400 °C, hegesztés után 850 °C-on egyórás hűtőtartással feszültségcsökkentés szükséges. A hőkezelés elhagyása esetén 390...400 HB keménységű, repedésre hajlamos varrat keletkezik

Tömör huzalok kopásálló rétegek védőgázazas hegesztéséhez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,2...0,3 C 0,8...1,2 Mn 0,8...1,2 Cr	250	Oerlikon Hobart	Carbofil A 250 MIG 250	Tengelyek fogaskerekek, tárcsák, görgők, sínék, darukerekek, csúszófelületek, ten- gelykapcsolók, javító- és felrakóhegesztésére
0,55 C 1,8 Mn 1,0 Cr	300	Hobart	MIG 300	
0,65...0,7 C 1,8...2,0 Mn 0,9...1,0	350	Böhler Oerlikon Hobart	DUR 350-IG Carbofil A 350 MIG 350	Hernyótalpas járművek hajtó- és vezető- görgői, hajtóműelemek, sinkeresztződésék, ütő- és bélyegzőszerszámok. Argon védőgázban leolvasztva kb. 50 HB-vel keményebb a felület, mint CO ₂ -védőgázban hegesztve
1,1 C 2 Mn 1,8 Cr	(50)	Hobart	MIG 500	Földmunkagépek szerszámaihoz, kőzetmeg- munkáló szerszámokhoz, hernyótalpakhoz ásványi anyagok koptatása ellen. Az acél- iparban hidegalakító és hidegvágó szerszá- mokhoz, CO ₂ vagy kevert gázok védelme alatt egyaránt leolvasztható
0,35...0,45 C 1,0...3,0 Si 5,2...9,0 Cr 0,3...1,4 Mo	(55)	Böhler Oerlikon Hobart	DUR 650-IG Carbofil 600 MIG 600	
0,3...0,32 C 2,3...2,4 Cr 4,2...4,3 W	(44)	Böhler Thyssen	WKZ 50-IG W 4 SG	Meleg- és hidegmegmunkáló szerszámokhoz, mint pl. melegfolytatók, melegvágók és hajlítók, hidegalakítók, tűskék, sorjázők, süllyesztékek. Előmelegítés 400...500 °C-on, ügyelve arra, hogy amennyiben a hőmérséklet ezt az értéket legfeljebb 50 °C-kal meg- haladja a hegesztés ideiglenes megszakítá- sával az eredeti hőmérséklet visszaálljon
0,36 C 5,2 Cr 1,4 Mo 1,3 W	(58)	Böhler	WA 12-IG	

0,06...0,1 C 14,0...14,5 Cr	300	Böhler Hobart Thyssen	KW 10-IG MIG 410 F Thermanit 14 KSG	Gáz-, víz- és gőzvezetékek, továbbá olajat vagy vegyi anyagokat szállító csővezetékek tolózárainak tömítőfelületeihez, 450 °C üzemi hőmérsékletig. A hasonló összetételű Böhler SKWA-IG 17,5% Cr, a Böhler SKWAM-IG ezen kívül 0,2% C + 1% Mo- tartalmú, azonos célokra, 450...500 °C üzemi hőmérsékletig
0,1...0,15 C 18,0...19,0 Cr 8,0...8,5 Ni 6,5...7,0 Mn	200	Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Hobart UTP Thyssen	A 7-IG OK Autrod 16,95 Interfil 18,86, Soudor 4370 M MIG 307 A 63 Thermanit XSSG	Hidegalakítás hatására keményedő réteget ad. Sínkekhez, váltónyelvekhez, belsőégésű motorok szelepeihez, vízerőgépek kavitáció- nak kitett felületeihez, turbinalapátokhoz, különböző összetételű acélok közötti kötő- hegesztéshez. Csak argon védőgázban olvaszt- ható le. A <i>Thyssen Cég</i> Thermanit XS márka alatt 0,2% szén- tartalmú, hasonlóan ötvöztött huzalokat is forgalmaz
0,42 C 15,5... Cr 3,2 Si 18,0 Fe 62 Ni	200	Böhler	CN 15/60-IG	Nagy melegszállárdságú és korrózióellenállású huzal. Útással, nyomással és koptatással szemben kiváló. Belsőégésű motorok szelepeihez és szelepléseihez, továbbá vizet, gázt, gőzt, olajat vagy vegyi anyagokat szál- lító vezetékek tolózárainak tömítőfelületeihez. A hasonló összetételű és célú Böhler CN 16/60 IG jelű huzal, 0,7% széntartalmú kő- vetkeztében 240 HV keménységű. Mindkét huzal 300...600 °C előmelegítést igényel

F14. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,08...0,14 C 23,5...30,0 Cr 9,0...13,5 Ni 1,8...2,0 Mn	200	Böhler ESAB Hobart Thyssen	CN 29/9-IG OK Autrod 16.52 MIG 312 B Thermanit 30/10 SG	Törött tengelyek és fogaskerekék javítására csapágyhelyek, büttyök felrakásához. Járművek futó- és hajtókerekéhez, csúszó- felületekhez, tengelykapcsolókhoz, kemény- ötvözetek alá párnaréttegnek. Törött szerzá- mok és csavarkulcsok javítására, műanyag- ipari sajtológépekhez megalakító szerzá- mokhoz. Az előmelegítési hőmérsékletet az alapanyag összetételének figyelembevételével kell előírni

F15. táblázat

Tömör huzalok és szalagok kopásálló rétegek fedettívű felrakóhegesztéséhez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Ajánlott fedőpor	Felhasználási terület
0,2...0,3 C 0,8...1,2 Mn 0,8...1,2 Cr 0,0...0,8 Mo	250	Böhler Oerlikon Soudometal UTP	EMA 25 OE-A 250 Soudor S 1 Soudor S 4 UP 73 G 6	Böhler BF 16 Record R 200 Record S 50C	Hajtóművek, gépelemek, sínek, sínkeszteszódések, váltónyelvek, hajtó- és gördülőkerekek, görgők, csúszófelületek
0,5...0,6 C 0,8...1,2 Mn 0,8...1,2 Cr 0,0...0,8 Mo	300	Böhler Soudometal UTP	EMA 30 Soudor S 1 UP G 4	Böhler BF 16 Record R 250	Láncfalpas járművek hajtó- kerekei, vezetőgörgői, továbbá különböző csúszófelületek, gör- gők. Ipari kemencék hajtó- és támasztógörgői
0,4...0,7 C 1,0...2,0 Mn 0,5...1,0 Cr 0,0...1,5 Ni	350	Szovjetunió NDK Böhler Oerlikon Soudometal UTP	JTC-70×3HM(A) SB 3 EMA 35 OE-A 350 Soudor 4723 Soudor S 1 UP 73 G 5	AH-60 SPC Mn 40/360 Böhler LW 250 Record R 250 Record R 400	
0,7 C 3,0 Cr 1,1 Mn 0,9 Si	400	Szovjetunió	JTC-70×3HM	AH-60	
1,1 C 12,5 Mn	250	Böhler Soudometal	BMN-UP Soudotape	Böhler BF 40 Record S 50 CT Böhler BB 200	Hegesztés után lágy, erős nyomás- ra vagy nagy ütésre keményedő varratok. Az első csoport örlőmü- vek páncélzatahoz, törőkúpokhoz, és törőhengerekhez vagy erős rán- gatásnak, ütésnek kitétt csapokhoz. A második csoport párnaréttek- hez használatos, továbbá tolózárok tömitőfelületeihez, durva- és profil- hengerekhez, darukerekekhez, víz- turbínák kavitációnak kitétt felüle- teihez
0,1...0,2 C 6,0...7,0 Mn 18,0...19,0 Cr 7,5...9 Ni	230	Böhler Oerlikon Soudometal	A7-UP OE 18.8.6. Soudor 4370 UP		

F15. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Ajánlott fedőpor	Felhasználási terület
0,3...0,5 C 3,0...6,6 Cr 1,7...3,0 W 1,6...3,0 Mo	(44)	Szovjetunió NDK Böhler	JIC-5X4B3ΦC SB2 SMW-BS	AH-60 SPC Mn 40/360 Böhler BS 60	Megegalakító szerszámok és meleghengerek, nagyolvastó záróharangjának tömítőfelületei
0,2...0,4 C 12,0...14,0 Cr	500	Szovjetunió Böhler	CB-2X13 EMA 50	AH-26 Π Böhler BF 50	Korrózió- és egyben kopásálló felületek hengercsapok, hegyező hengerek, anyagszállító görgők, huzalterelő- és -vezető-görgők
0,45...0,5 C 9,0...9,5 Cr 2,5...3,0 Si	(55)	Böhler UTP Thyssen	EMA 60 UP 67 Everit 60 UP	Böhler LW 250	Kotrórkörmök és kotróserlegek, tépőkarmok, hidegvágó és hidegalakító szerszámok, gabona- őrítő hengerek, törőkúpok, gön- gyölítő szerszámok, görgők, csú- szófelületek, szállítócsigák
1,0 C 6,8 Cr 1,2 Mn	(57)	Szovjetunió	JIC-Y10X7P1	AH-60	
0,2 C 17,5 Cr 1,1 Mo	300	Böhler	SKWAM-UP	Böhler BF 50	Az előző csoporthoz hasonló felhasználási területű, de 500 °C üzemi hőmérsékletig használható
0,03...0,04 C 18,6...20,0 Cr 9,5...10,8 Ni 1,4...1,8 Mn	200	Szovjetunió Böhler Soudometal	CB-04X19H11M3 AS 2-UP Soudor 4316 UP	OΦ-10 Böhler BB 40	Víz-, gáz-, gőzvezetékek, továbbá vegyipari csővezetékek tolvázrai- nak tömítőfelületeihez, legfeljebb 300 °C hőmérsékletig
0,1...0,15 C 25,0...28,0 Cr 20,0...24,0 Ni	200	Böhler Soudometal	CN 28/24-BS Soudor 4842 UP	Böhler BB 75	Összetételéből következően toló- tömítőfelületein már az első varrat megfelelő összetételű

F16. táblázat

Tömör huzalok és szalagok korrózió- és hőálló rétegek fedettívű hegesztéshez

Összetétel, tömeg %	Gyártó	Márkajel	Ajánlott fedőpor	Felhasználási terület
0,03...0,05 C 19,0...19,2 Cr 9,6...10,0 Ni	Szovjetunió Böhler Oerlikon Soudometal Thyssen	C _B -08X19H10Γ2 Б CN 18/11-UP OE-19,9 Soudor 4316 UP Thermanit J UP	OΦ-10 Böhler BB 41	Kazán-, reaktor- és turbina- gyártáshoz
0,04...0,06 C 19,0...19,5 Cr 9,0...9,5 Ni	Szovjetunió Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Thyssen	C _B -04X20H10Γ2 Б SAS 2-UP OK Autrod 16.11 OE-19,9 Nb Soudor 4551 UP Thermanit JE UP	OΦ-10 Böhler BB 11 OK Flux 10.91	Elsősorban nagy tömegű felra- kóhegesztésre; a megengedhető üzemi hőmérséklet 400 °C
0,01...0,02 C 20,0...22,0 Cr 10,0...10,5 Ni	Szovjetunió Böhler ESAB Hobart Thyssen	C _B -03X22H11 Б EAS 2-UP OK Autrod 16.10 HB 308 L Thermanit 20/10E UP	OΦ-10 Böhler BB 40 OK Flux 10.91	- 190 °C és + 350 °C között igen szívós, korrózióálló felületet ad
0,04...0,07 C 19,0...19,5 Cr 11,0...11,5 Ni 2,7...2,8 Mo	Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Thyssen	SAS 4-UP OK Autrod 16.31 OE-19.11.3 Soudor 4576 Thermanit G UP	Böhler BB 41 OK Flux 10.92	Meleg savak hatása ellen
0,01...0,02 C 18,0...18,5 Cr 11,0...12,0 Ni 2,7...2,8 Mo	Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Hobart Thyssen	EAS 4 M-UP OK Autrod 16.30 OE-19.12.3nC Soudor 4430 UP HB 316 L Thermanit GE UP	Böhler BB 40 OK Flux 10.91	Nagy keresztmetszetű felületek felrakóhegesztésére

F16. táblázat/folytatása

Összetétel, tömeg %	Gyártó	Márkajel	Ajánlott fedőpor	Felhasználási terület
0,02 C 15,0 Cr 35,0 Ni 6,0 Mo 6,0 Mn	Szovjetunió	C ₃₅ -03X1535ΓH7M6B		Igen szívós, melegepedésre érzékenyen ömledék, nagy tömegű felrakóhegesztésre
0,1...0,2 C 18,5...19,0 Cr 8,5...9 Ni 6,5...7,0 Mn	Böhler Böhler Soudometal Thyssen	A7-UP CN 22(10)10-BS Soudor 4370 UP Thermanit X UP	Böhler BB 200 Böhler BF 70	Kavitációval szemben ellenáll, ezért elsősorban szalagelektrodás válto- zata vízturbínák feületeinek, lapát- jainak felrakására használatos. A CN 22(10)10-BS jelű szalag- elektroda, de mangántartalma 10%
0,1...0,12 C 21,0...25,0 Cr 11,0...13 Ni	Szovjetunió Böhler ESAB Soudometal Thyssen	C ₃₅ -07X25H13 FF-UP OK Autrod 16.52 Soudor 4829 UP Thermanit D UP	OΦ-10 Böhler BB 40 OK Flux 10.91	1000 °C-ig hőálló réteget ad
0,1...0,4 C 25,0...28,0 Cr 20,0...24,0 Ni	Böhler Soudometal Thyssen	CN 28/24-BS Soudor 4842 Thermanit C UP	Böhler BB 600	Vegy- és atomipari berendezések belső feületeinek felrakására

F17. táblázat

Tömör huzalok argonvédőgázos ívhegesztéshez

Összetétel, tömeg %	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,04...0,07 C 19,0...19,5 Cr 9,0...9,6 Ni	Böhler ESAB Oerlikon Soudometal UTP Hobart Thyssen	SAS 2-IG (Si) OK Autrod 16.11 Interfil 19.9 Nb Soudor 4551 M A 68 MIG 347 Thermanit J SG	Nióbiummal stabilizált, általánosan használt huzal javító- hegesztésekhez, 400 °C üzemi hőmérsékletig a szem- csehatár korroziónak ellenáll
0,01...0,03 C 18,0...19,9 Cr 9,0...10,0 Ni	Böhler ESAB Oerlikon Soudometal UTP Hobart Thyssen	EAS 2-IG (Si) OK Autrod 16.10 Interfil 19.9 nC Soudor 4316 M AG 8 LC MIG 308 B Thermanit JE SG	A 13% krómtartalmú, ferrites korrozálló acélok javító- hegesztésére is használható. A szemcsehatár korrozio- nak 350 °C-ig ellenáll
0,04...0,07 C 19,0...19,6 Cr 10,0...12,0 Ni 2,7...3,0 Mo	Böhler ESAB Oerlikon Soudometal UTP Hobart Thyssen	SAS 4-IG (Si) OK Autrod 16.31 Interfil 19.12.3Nb Soudor 4576 M A 68 Mo MIG 318 Thermanit G SG	Nióbiummal stabilizált huzal, elsősorban cellulóz- és textilipari berendezések javítására. A szemcsehatár korroziónak 400 °C-ig ellenáll

F17. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,01...0,03 C 18,0...19,0 Cr 10,0...12,5 Ni 2,5...3,0 Mo	Böhler ESAB Oerlikon Soudometal UTP Hobart Thyssen	EAS 4 M-IG (Si) OK Autrod 16.30 Interfil 19.12.3nC Soudor 4430 M A 68 MoLC MIG 316 B Thermanit GE SG	Kis széntartalmú korrozioálló acélok javítóhegesztésére elsősorban cellulóz- és textilipari berendezésekhez. A szemeselhatár-korroziónak 350 °C-ig ellenáll
0,03...0,06 C 19,0...19,5 Cr 11,0...14,0 Ni 2,7...3,3 Mo	ESAB Oerlikon Soudometal Thyssen	OK Autrod 16.34 Interfil 19.11.3 Soudor 4403 M Thermanit 18/13 SG	Vegyipari készülékekhez
0,03...0,04 C 18,5...18,8 Cr 16,8...17,6 Ni M4,2...4,5 Mo 2,0...5,4 Mn	Böhler Thyssen	ASN 5-IG Thermanit 18/17 E SG	Nagy korrozioállóságú huzal, elsősorban meleg oldatok- ban üzemelő papír-, textil- és cellulózipari, valamint vegypari berendezések javításához. A nagyobb mangán- tartalmú ötvözet melegrepedési hajlama nem számot- tevő. Lyukkorróziónak klórion tartalmú oldatoknak kitűnően ellenáll, 400 °C-ig szemeselhatár-korrózióra nem hajlamos
0,02 C 20,0 Cr 15,0 Mo 63,0 Ni	Thyssen	Thermanit Nimo C SG	Korrozioállósága kiváló

0,08...0,13 C 24,5...25,3 Cr 19,5...20,5 Ni	Böhler Oerlikon Soudometal UTP Hobart Thyssen	FFB-IG Interfil 25.20 Soudor 4842 M A 68 H MIG 310 B Thermanit C SG	Hőálló acélok javítóhegesztésére, csővezetékhez, toló- zárak tömítő felületeihez, 1100...1200 °C-ig reveállo levegőn. – 196 °C-ig hidegszívós
0,08...0,12 C 21,0...24,0 Cr 11,0...13,0 Ni	Böhler ESAB Oerlikon Soudometal Hobart Thyssen	FF-IG OK Autrod 16.52 Interfil 22.12 Soudor 4829 M MIG 309 B Thermanit D SG	Hőálló acélok hegesztésére 1000 °C-ig levegőn reveállo. A hasonló ötvözetartalmú OK Autrod 16.53 jelű huzal széntartalma kb. 0,02%, ezért az elsősorban korrozio- álló acélok hegesztésére alkalmas
0,08...0,1 C 25,7...26,0 Cr 4,5...4,6 Ni	Böhler Thyssen	FA-IG Thermanit L SG	Hőálló acélok javítóhegesztésére, 1100...1150 °C-ig levegőn reveállo. Kéntartalmú égéstermkeknek is ellen- áll. Előmelegítési hőmérséklet 200...300 °C
0,03...0,05 C 16,5...20,0 Cr 3,0...7,5 Mn 1,5...2,5 Nb 65,0...70 Ni	Böhler Soudometal Thyssen	NiCr 70 Nb-IG Soudor 4806 M Nicro 82 SG	Ridegedésre nem hajlamos, levegőn 1350 °C-ig reveállo. Ötvözetlen acélok és ausztenites acélok közötti körések javítására, 550 °C-ra hevülő varratokhoz. – 196 °C-ig hidegszívós. A vegyiparban a kazán- és reaktorépítésben terjedt el. Korrozioállósága kiváló
0,32 C 25,0 Cr 35,0 Ni	Thyssen	Thermanit Nimo C SG	1150 °C-ig hőálló, 140...190 HB keménységet adó huzal javító- és felrakóhegesztésére

F18. táblázat
Hegesztőpálcák

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,7 C 2,0 Mn 1,0 Cr	350	Böhler	DUR 350-IG	Szívós-kemény lánghegesztő pálcák bolygózó- és alakítószerszámokhoz, sinkeresztződéshez, sínekhez, csücsbetétekhez
1,7 C 15,0 Cr 2,0 Ni	(44)	Szovjetunió	Пп-С2	Kemény, viszonylag még szívós pálcák lánghegesztéshez föld- és kavicszállító, valamint kotró berendezésekhez, finomírló lapátokhoz
2,5...3,3 C 27,0...31,0 Cr 2,8...3,5 Si 3,0...5,0 Ni	(50)	Szovjetunió Lengyelország Thyssen	Пп-С1 Pstel Ni-50 FeCr 30	Legfőképpen 500 °C-on üzemelő, erős ásványi kopatásnak kitett helyek felrakására. Zagy- és beton-szivattyúk, csúszósínek, szelepszárvegek, kotró-vedrek, és kotrókormók. 500 °C-on a keménysége 35 HRC
3,0...4,5 C 25,0...31,0 Cr	(58)	Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország Böhler Thyssen	Пп-С27 G 664.30 Pstel-50 Celsit SEO Everit 55	Igen erős ásványi kopatásnak kitett felületekhez, mint pl. surrantók, kotró- és ásógépek, iszap- és zagyszállító vezetékek tolozáraitnak tömítőfelületei
		Böhler	KW 10-IG	A tolozárak és szelepek tömítőfelületeinek felrakóhegesztésére használatos FOX KW 10 bevont elektróda változata
		Böhler Böhler Böhler Böhler Böhler Böhler Böhler	WH 2-IG OH 1-IG LH 2-IG WA 12-IG SSMo 2-IG WKZ 50-IG	A hidalakító szerszámok felrakóhegesztésére használatos FOX WH 2, FOX OH 1 és FOX LH 2 bevont elektródák változata A megalakító szerszámok felrakóhegesztésére FOX WA 12; FOX SSMo és FOX WKZ 50 bevont elektródák változata

0,03 C 5,3 Mo 18,5 Ni 9,0 Co 0,6 Ti	(34)	Böhler	UHF 12-IG	Argon védőgázt igénylő pálcák edződő acélok javítóhegesztéséhez. A varrat előmelegítést nem igényel. Hegesztés után viszonylag lágy, de 500 °C-on 3 h-n keresztül hűtve, keménysége 53...54 HRC-re nő
0,2...0,3 C 28,0...29,0 Cr 5,0...5,5 Mo 63,0...65,0 Co	(30)	Böhler Soudometal Cabot Ugine Carbone	Celsit 21 Soudostel 21 C Haynes Stellite 21 Stellugine 788 C	Nagy hőszilárdságú, kitűnő korrozioálló pálcák. Argonvédőgázos hegesztéssel 2...3 HRC-vel keményebb a varrat, mint lánggal leolvastva. 540...600 °C-ra hevülő tolozárak tömítő felületeihez és nagy hőingadozásnak kitett megalakító szerszámokhoz
1,0...1,2 C 26,0...28,0 Cr 4,0...5,0 W 63,0...66,0 Co	(42)	Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország Böhler Soudometal UTP Cabot Deloro Stellite Thyssen Ugine Carbone	Пп-В3К G 639.90 Pstel CoW-40 Celsit V Soudostel 6 C A 712 Haynes Stellite 6 Stellite 6 C Akrit Co 40 Stellugine 786 C	Belsőgésű motorok szelepei és szeleplékélei tolozárak tömítőfelületei és vegyiparban és nagy nyomású hőerőművekben, megalakító és kovácsszerszámok, hengerdei megleghengerek, kokszőrlő berendezések. Kavitációval szemben kitűnően ellenáll 900 °C-ig 'reveálló, 600 °C-on keménysége 310 HB
1,4...1,6 C 28,0...31,0 Cr 7,0...8,5 W 60,0...63,0 Co	(47)	Lengyelország Böhler Soudometal UTP Cabot Deloro Stellite	Pstel CoW-50 Celsit D Soudostel 12 C A 712 Haynes Stellite 12 Stellite 12 C	Belsőgésű motorok szelepei, tolozárak tömítőfelületei, nagy nyomású és hőmérsékleten korrozios közegbe merülő csúszófelületek, műanyag, papír- és faipari szerszámok
1,8...2,0 C 28,0...30,0 Cr 8,0...10,0 W 56,0...58,0 Co	(50)	Szovjetunió Böhler Deloro Stellite Thyssen Ugine Carbone	Пп-В3К-Р Celsit SN Stellite F Akrit Co 50 Stellugine 772 C	Tolozárak tömítőfelületeihez, magas hőmérsékletre és korrozios igénybevételre 600 °C-ig. Keménysége ezen a hőmérsékleten 46 HRC. Megalakító és vágószerszámokhoz kis hőmérséklet-ingadozású helyekre. Fa, papír és műanyagipari szerszámokhoz

F18. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, üll. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
2,1...2,5 C 28,0...30,0 Cr 11,0...14,0 W 52,0...55,0 Co	(55)	Csehszlovákia Lengyelország Böhler Soudometal UTP Cabot Deloro Stellite Ugine Carbone	GG 45.90 Pstel CoW-55 Celsit N Soudostel 1 C A 701 Haynes Stellite 1 Stellite 1 C Stellugine 771 C	Tolózárok tömítőfelületei, belsőgészti motorok szeleppülelei, szállítócsigák, csúcsnélküli köszörűgépek vezetőlécei
2,5...2,7 C 31,0...32,0 Cr 17,0...23,0 W 45,0...47,0 Co	(59)	Böhler Cabot Thyssen Ugine Carbone	Celsit 20 Haynes Stellite 1016 Akrit Co 58 Stellugine 774 C	Korróziónak kitűnően ellenáll. Szelepszárvégek, kollerjáratok, földmunkagépek szerszámai 1000 °C-ig hőálló. Keménysége 700 °C-on 37 HRC
1,7...2,0 C 25,0...28,0 Cr 10,0...12,0 W 7,0...20,0 Ni 40,0...50,0 Co	(48)	Böhler Ugine Carbone	Antinit Celsit 50 Stellugine 778 C	Szeleppületek, szelepek, korrózióálló bevonatok szerves savakkal szemben. Nagy nyomáson és magas hőmérsékleten üzemelő csővezeték tolózárainak tömítőfelületei. Vegyipari keverők. A Böhler cég hasonló összetételű Antinit Celsit 50 Nb pálcája 6% nikkelen kívül 6% nióbiumot tartalmaz
0,4...0,6 C 12,0...12,5 Cr 3,5...3,8 Si 2,5...2,6 B 80,0...82,0 Ni	52	Böhler Cabot	Niborit 5 Haynes Alloy 41	Nagy melegsziárdaságú, hő- és korrózióálló pálcák jó siklási tulajdonságú, magas hőmérsékleten üzemelő felületekhez. Keménységük 500 °C-on kb. 10 HRC-vel kisebb. Csőszerevények elzáró szerkezeinek tömítőfelületeihez, nagy nyomásra és magas hőmérsékletre
0,4...0,6 C 16,0...16,5 Cr 4,0...4,3 Si 3,5...3,6 B 73,0...75,0 Ni	60	Böhler Cabot Ugine Carbone	Niborit 6 Haynes Alloy 40 Stellugine 756 C	

2 C 27 Cr 16 W 15 Co 40 Ni	42	Ugine Carbone	Stellugine 740 C	Szeleppületek, melegfolytató gyűrűk, fűvákák
0,1 C 16,5 Cr 4,5 W 16,5 Mo 60 Ni	40	Ugine Carbone	Stellugine 746 C	Vegyipari tolózárok tömítőfelületeihez, szivattyúkhöz. Kloridos oldatoknak, tengervíznek kitűnően ellenáll. 1100 °C-ig hőálló
0,02 C 20,0 Cr 15,0 Mo 64,0 Ni	200	Thyssen	Nimo C	Korrózióálló, különösen oxidáló közegekben. A hasonló elnevezésű Ni-Mo B 72% nikkellel és 28% molibdéntartalommal halogén ionokkal szemben (kloridos oldatok, sósavas) kitűnően ellenáll
3,2 C 3,0 Si 0,9 Mn 93,0 Ni	170	Böhler	GA	Lánghegesztő pálcá öntöttvasak meleghegesztésére. Előmelegítési hőmérséklet 600...700 °C, a hegesztés után lassan, homokba ágyazva, esetleg azbesztlapokkal letakarva hűlhet a munkadarab. Hegesztés után 700...800 °C-on 1 h felezéssel csökkentés előnyös. A hűlés sebessége 30...50 °C/h értéket ne haladja meg

F19. táblázat
Bronz hegesztőanyagok

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, HRC	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
92,0...93,0 Cu 6,6...8,0 Sn 0,4...0,6 P	(80)	Soudometal: pálca huzal bevont elektróda UTP pálca huzal Ögussa: huzal Hobart: bevont elektróda Oerlikon: bevont elektróda	Soudogen CuSn6 Soudor CuSn6 Citobronze A WIG A 32 MIG A 32 Silox R4L Exobart CU Citobronze	Acélok felrakóhegesztésére csapágyazáshoz, tengelykapcsolók, fogaskerekek javítóhegesztésére
85,0...87,0 Cu 12,0...13,0 Sn 0,1...0,4 P	(90)	Soudometal: pálca huzal UTP pálca huzal Ögussa: huzal	Soudogen CuSn12 Soudor CuSn12 WIG A320 MIG A320 Silox R4	Tengervízálló ötvöztött acélok és öntöttvasak felrakóhegesztésére. Hidraulikus szivattyúk dugattyújához, csúszófelületeihez. Kavitációnak kitétt felületekhez
90,0...92,0 Cu 6,0...8,0 Al	100	Soudometal: pálca huzal bevont elektróda Hobart: bevont elektróda	Soudogen 101 Soudor 101 Soudobronze 101 Hobrodur CU-SNDC	Jól polírozható fényezhető, tengervízálló ötvöztet szivattyúk szeleptüleihez, szelepeihez, és hajócsavarokhoz

90,0...92,0 Cu 8,0...11,0 Al	180	Soudometal: pálca huzal bevont elektróda UTP pálca huzal Ögussa: huzal Hobart: pálca huzal bevont elektróda	Soudogen 102 Soudor 102 Soudobronze 201 WIG A 34 MIG A 34 Silox R4A WIG 950 MIG 950 Hobrodur CU	Jól polírozható, fényesíthető, tengervízálló ötvözet. Nagy nyomásnak és koptatásnak kitett csúszófelületekhez, csúszócsapágyakhoz, hidraulikus szivattyúk tömítőfelületeihez
85...88,0 Cu 11,0...13,0 Al	250	Soudometal: pálca huzal bevont elektróda Hobart: bevont elektróda	Soudogen 103 Soudor 103 Soudobronze 301 Hobrodur CU 200 Hobrodur CU 300	Tengervízálló. Erózióknak kitűnően ellenáll, s emellett nagy nyomásokat jól elvisel. Tengelyek, szelepek, szeleptüleihez, fogaskerekek javítására, csapágyakhoz. A CU 300-as 14% alumíniumtartalmú
80,0...85,0 Cu 6,0...8,0 Al 12,0...14,0 Mn 2,0...2,5 Ni	180	Soudometal: huzal UTP pálca huzal	Soudobronze MS WIG A 34N MIG A 34N	Jó síklási tulajdonságú. Csúszófelületekhez, csapágyakhoz, dugattyúkhoz, hidraulikus sajtok tömítőfelületeihez

F19. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
98,0...99,0 Cu 0,5...0,8 Sn	(60)	Soudometal: bevont elektróda UTP pálca huzal Hobart: pálca huzal ESAB: pálca huzal	Soudouivre 2 WIG A381 MIG A381 WIG 835 MIG 835 OK Autrod 19.12 WIG OK Autrod 19.12 MIG	Rézből vagy réztövezetből készült gép- elemek és alkatrészek javításához, acélok felületére az elektromos vezetőképesség fokozásához
80,0...82,0 Cu 4,0...4,5 Si 1,0...1,5 Sn 1,0...1,5 Mn	(80)	UTP: pálca huzal	WIG A 384 MIG A 384	Önözött lemezek és alkatrészek javítására
88,0...90,0 Cu 8,0...10,0 Ni	100	UTP: pálca huzal	WIG A 389 MIG A 389	Tengervízálló, Hajó-, tartály- és készülékgyártásban a korróziónak kitett helyek javításához.
65 Ni 33 Cu	190	Thyssen: bevont elektróda Soudometal: bevont elektróda	Monel 190 Soudonel M	Öntöttvasak javításához
30 Ni 70 Cu	100	UTP: pálca huzal	WIG A 387 MIG A 387	

F 20. táblázat

Porbeles huzalok kopásálló rétegekhez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,06...0,08 C 0,4...0,9 Mn 0,3...0,6 Si	200	Bulgária Soudometal	БИТ-3 232	Görgők, tengelyek, egymáson csúszó fémek alkatrészek, sínek, kereszteződések, tengely- kapcsolók. Az első csoport lágyabb varrata öntvényhibák, lunkerek kitöltéséhez is. Ke- mény varratok alá párnarétegnek
0,1...0,14 C 0,4...1,6 Mn 0,0...1,7 Cr	250	Szovjetunió Böhler UTP	ПП-ТН250 DUR 250-FD OA-250	Ütő- és nyomó-igénybevételt jól viselő alkatrészekhez. Görgők, futó- és vezetőkerekek, tengelyek, hajtómű-alkatrészek. Kemény varratok alá párnarétegnek
0,1...0,14 C 1,0...1,6 Mn 0,5...0,8 Cr	300	Szovjetunió Bulgária Oerlikon Soudometal	ПП-AH121 БИТ-5 Fluxofil 51 BU	Ütő- és nyomó-igénybevételt jól viselő alkatrészekhez. Görgők, futó- és vezetőkerekek, tengelyek, hajtómű-alkatrészek. Kemény varratok alá párnarétegnek
0,08...0,15 C 0,8...1,8 Mn 1,8...4,5 Cr	350	Magyarország Szovjetunió Bulgária Böhler ESAB	D 325-375 ПП-AH120 БИТ-8 DUR 350 FD OK Tubrodur 15.40 Fluxofil 52	Darukerekek, görgők, hengerdei anyag- szállító görgők, láncfalpas járművek futómű- alkatrészei, feszítőkerekei, sínek, sínke- reszteződések
		Oerlikon		

F20. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,12...0,2 C 1,5...2,5 Mn 2,0...3,0 Cr 0,8...1,0 Si	400	Szovjetunió Bulgária Oerlikon Soudometal UTP	ПП-AH126 ВИТ-10 Fluxofil 54 242 OA-400	Kotróvödörök lánctagjai, kötélvezető görgők, darukerek, talajrogepek futó- művei, kotrókörök. A ВИТ 10 hegesztőanyag széntartalma csupán 0,08%, krómtartalma azonban 6,2%, ezért hidegalakító szerzsá- mokhoz és hideghengerekhez is ajánlható
0,2...0,4 C 1,6...1,8 Mn 3,0...5,0 Cr	450	Szovjetunió Bulgária NDK ESAB Oerlikon Soudometal	ПП-AH 122 ВИТ-12 Ferrodur Cr3 OK Tubrodur 15.42 Fluxofil 56 252	Futó és vezetőkerékek, hengerek, láncfalpas járművek lánctagjai, kötél-vezetőgörgők és tárcsák, kötéldobok. A ВИТ 12 hegesztő- anyag széntartalma csupán 0,08% króm- tartalma azonban 7,8%, ezért hidegalakító szerszámokhoz és hideghengerekhez is ajánlható
0,32...0,6 C 1,5...1,8 Mn 5,5...8,0 Cr 1,5...3,0 Mo 1,5...2,0 W	(55)	Magyarország Csehszlovákia Böhler ESAB Oerlikon Soudometal UTP	H 55-60 AT-512 DUR 600-FD OK Tubrodur 15.50 Fluxofil 56 258 OA-600	Ásványi anyagok erős koptatóhatásának kitett ekék, földmunkagépek szerszámai, kotrókör- mök, kotróvederékek, törőhengerek, törőlécek, zúzókalapácsok, kalapácsos törők középes ütő-igénybevételű helyeken, örlő- művek páncélzata, nagyolvasztók záró- felületei, továbbá hideg- és meleghengerek, alakítószerszámok
1,1...1,9 C 1,1...3,0 Mn 4,0...7,0 Cr 2,5...5,0 Ti	(60)	Szovjetunió Böhler Soudometal	ПП-Y10X452P DUR 650-FD 258-TIC	A legnagyobb koptatóhatásnak és nyomás- nak kitett zúzókalapácsok, kotrókörök, hengertörők, szállítócsigák. Az ütéseket csak mérsékelttel viseli el
2,0...2,8 C 13,5...32,0 Cr	(45)	Magyarország Szovjetunió Lengyelország Böhler Soudometal	PS-B1 ПП-AH125 ER2 Ledit 40-FD 240	Ütéseket is jól viselő, koptatásnak jól ellenálló keményítővezetű varratokhoz, mint pl. agyag- és kerámia ipari szállító- csigák, keverőlapátok, kotrókörök, kot- rólécek, ekék, zúzókalapácsok. A Soudometal 240 huzal ömledéke 45...50 HRC kemény- ségi
3,5...4,7 C 27,0...32,0 Cr	(50)	Szovjetunió Böhler ESAB Soudometal	ПП-ИТС-02 Ledit 60-FD OK Tubrodur 14.70 255	Surantók, zagyszivattyúk, keverőlapátok, kotrókörök, földgyaluk, szállítócsigák, cement-, téglá- és kerámiaipari sajtók
5,0...5,5 C 20,0...22,0 Cr 5,0...7,0 Nb	(63)	Magyarország Böhler Oerlikon Soudometal UTP	PS-B2 Ledit 68-FD Fluxodur 62 A 43 OA 7125	Ásványi anyagok erős koptatóhatása ellen, az ütéseket kevésbé viseli el. Homok- és betonkeverő lapátok, földgyaluk, kotró- körök és kotrólécek, homok- és zagyszivaty- tyúk, salaktörő kalapácsok. A hazai PS-B2 porbeles szalagelektroddába nióbiumot nem ötvöznék. Mangántartalma viszont 3,4...3,6%
6,0...6,1 C 22,0...31,0 Cr	(65)	Böhler Böhler	Ledit 72-FD Ledit 75-FD	Igen erős koptatóhatások ellen, mint pl. kotrókörök, keverőlapátok, szénjévesztő- körök, szívó- kotrógépek erős koptatásnak kitett elemek, földgyaluk. Az első 7% a második 14% Nióbiumtartalmú, s ezért az utóbbi 1...2 HRC-vel keményebb

F20. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
5,3...5,5 C 20,0...22,0 Cr 6,5...7,0 Nb 6,5...7,0 Mo 2,0...2,5 W	(70)	Böhler Soudometal UTP	Ledurit 70-FD A 45 OA 7130	Rideg, koptatóhatásoknak 600 °C-ig rendkívül ellenálló hegyőledék, homok-, cement-, betonszállító csigákhoz, cserép- és téglaiipari sajtókhoz földmégmunkáló gépek szerszámjaihoz, betonszivattyúkhoz, nagyolvasztók adagolószerkezeiteinek tömítőfelületeihez, zúzóhengerekhez
0,9...1,0 C 13,0...20,0 Mn	200	Szovjetunió Böhler ESAB Soudometal Soudometal 219 Soudometal 624	III-AH105 BM-FD OK Tubrodur 15.60 218 219 624	Hegesztés után lágy, csak erős ütésre vagy nyomásra keményedő varratot adó hegesztőanyag, 3...5 % króm vagy ugyanennyi nikkeltartalommal. Törőbakok, törőkúpok, ütőléc, vasúti csúcsbetétek. A Soudometal 624 8% krómon kívül 3% nióbiumtartalmú, ezért hegesztés után a többinél keményebb. Hidegalakításra keménységük 450 HV-re nő
0,5 C 16,5 Mn 13,0 Cr	220	Soudometal	AP	A varrat levegőn hűlve ridegedésre nem hajlamos, hidegalakításra 450 HV-re keményedik. Sínek, csúcsbetétek, törő- és zúzókalapácsok, örlőmalmok belső páncélzata. Párnarétegnek kemény varratok alá
0,1...0,12 C 5,5...6,5 Mn 17,0...20,0 Cr 8,0...9,0 Ni	180	Böhler ESAB Soudometal UTP	A 7-FD OK Tubrodur 14.71 402 OA-63	Darukerekek, gördülő és ütőhatásnak kitett alkatrészek. Általánosan használható párnarétegnek kemény, rideg varratok alá. Hidegalakítás hatására 250...300 HB-re keményedik

F21. táblázat

Porbeles huzalok szerszámokhoz és csőszelvények tömítő felületeihez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,10...0,14 C 2,0...2,5 Cr	375	Magyarország Magyarország	H350-400 PS-D1	Hengerdei hideg és meleghengerek, csőgyári ferde- és pilgerhengerek
0,10...0,26 C 3,0...6,00 Cr 0,0...1,8 Mo 0,0...4,5 W	420	Magyarország NDK Szovjetunió Soudometal Lengyelország	H-400 Ferrodur Cr3UP III-25 × 5ΦMC D 8-G ERF	Hengerdei és blokkori hengerek, csőgyári ferde- és pilgerhengerek, sajtólőszerszámok, kovács-süllyesztékek, tüskék, bélyegzők
0,20...0,35 C 4,0...6,0 Cr 1,0...2,0 W 1,5...2,8 Mo	(50)	Magyarország Magyarország Szovjetunió Lengyelország	H-500 PS-K2 III-AH130 ER50	Meleghengerek, terelőgörgők, sajtólőszerszámok, melegvágó kések, törőkalapácsok és törőhengerek, nagyolvasztó adagolókúpjának zárófelületei
2,5 C 0,8 Cr 1,0 Ni	500	Csehszlovákia	AT-593	Hidegalakító és hidegvágó szerszámokhoz
1,8 C 12 Cr	(44)	Szovjetunió Szovjetunió	III-AH103 III-AH104	Az első 0,8% molibdénal a második 1% wolframmal ötvözött huzal, hidegalakító és hidegvágó szerszámokhoz. A varrat keménysége hőkezeléssel 60...62 HRC-re fokozható
0,2...0,32 C 4,0...6,0 Cr 2,8...3,0 Mo 2,0...2,5 W	(50)	Magyarország Magyarország Szovjetunió	PS-H1 K-500 III-AH132	Meleghengerek, terelőgörgők, sajtólőszerszámok, melegvágó kések, törőkalapácsok és törőhengerek, nagyolvasztó adagolókúpjának zárófelületei. A hazai PS-H1 porbeles szalagelektróda molibdén és wolfram tartalma a jelzettinél kevesebb

F21. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,14...0,3 C 2,5...2,6 Cr 8,0...9,0 W	(50)	Szovjetunió Lengyelország	AT-524 ER3	Meleghengerek, süllyesztékek, melegvágó ollók, nagyolvasztó adagolóképjának zárófelületei
0,3...0,7 C 4,5...8,0 Cr 2,0...3,5 Mo 0,0...3,0 W	(58)	Magyarország Magyarország ESAB Soudometal	H 55-60 PS-K1 OK Tubrodur 15.83 D 12-6	Törő- és zúzóhengerek nagyolvasztó adagolóképjának zárófelületei, meleg- és hidegdarabolók, kések, sajtolószerszámok, hengerek, terelőörgők
0,06...0,1 C 13,0...15,0 Cr	300	Szovjetunió ESAB	ПІІ-AH138 OK Tubrodur 15.70	Kavitációnak kitett felületekre. Vízet, gázt, gőzt, olajat és korrózív közeget szállító csővezetékek tolozárainak tömítőfelületeihez
0,09 C 17,8 Cr 9,2 Ni 5,5 Si	320	Szovjetunió	ПІІ-AH150	
1,0...1,1 C 28,0...28,5 Cr 4,0...4,2 W 60,0...62,0 Co	400	Böhler UTP	Celsit V-FD OA-706	Kobaltalapú keményötvözet felhasználási területe az előző csoporttal egyezik, nagyobb keménysége révén azonban kopásellenállása kedvezőbb
0,04 C 16,0 Cr 17,0 Mo 4,5 W 54 Ni	220	Soudometal	C 95	Meleghengerek, melegsüllyesztékek, lyukasztótűs-kék legnagyobb hőingadozásnak kitett felületei. Melegdaraboló ollók, szelepek. A varrat rendkívül szívós, repedés nélkül hegeszthető

F22. táblázat

Vas és kobalt alapú porötvözetek termálszóróárhoz és plazmahegesztéshez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
3,0...4,0 C 26,0...30,0 Cr 1,5...3,5 Si Fe-alapú	(52)	Szovjetunió Szovjetunió Cabot	ПІІ-С1 ПІІ-С27 Haynes alloy 90	Surrantók, zágy- és iszapszállító szivattyúk, homok- és földkotrógépek körmei, földgyaluk és földmunkaszerszámok. A szovjet C27-es valamivel keményebb, nagyobb szén- és kb. 0,4% wolframtartalma révén az itt fel nem tüntetett Haynes alloy 60 HRC keménységű, 1,5% szén + 10% molibdéntartalommal hasonló célokra erősen korróziós hatás ellen
2,5...4,5 C 30,0...35 Cr 1,5...2,5 Si 1,2...2,0 B Fe-alapú	(53)	Szovjetunió Szovjetunió	ПІІ-AH1 ПІІ-ΦБ×6-2	Iszap- és zágyszállító szivattyúk, homok- és földkotró-, ill. rakodógépek, földmunkaszerszámok, őrlődobok
4,5...7,0 C 40,0...45,0 Cr 1,0...2,0 Si Fe-alapú	(58)	Szovjetunió NDK Cabot	ПІІ-VC25 MPA 550 Haynes alloy 525	Homok- és földkotró, valamint rakodó-, ill. árokásó gépek, földgyaluk, ásványi anyagok előkészítéséhez keverőlapátok, folyami kotróserlegek. Az MPA 550 jelű por 2% B-tartalma miatt 1...2 HRC-vel keményebb. A szovjet és a Cabot gyártmányúak csak plazmahegesztésre alkalmasak
0,25...0,5 C 26,0...27,0 Cr 10,0...10,5 Ni 7,0...7,5 W Co-alapú	(30)	Deloro Stellite Cabot	Stellite X40 Alloy No.31	A hőingadozást jól elviseli, turbinalapátokhoz, sajtolószerszámokhoz stb. Olvadáspontja kb. 1320 °C

F22. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Keményység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,8...0,9 C 20,0...30,0 Cr 13,0...14,0 Ni 4,0...10,0 W Co-alapú	(39)	Szovjetunió UTP Castolin Interweld	И-AH32 HA-14 10092 2138	Megegalakító szerszámok, szelepek, nyírókések, kőolajfeldolgozó berendezések. Az ötvözet olvadáspontja 1300 °C
1,0...1,1 C 26,0...28,0 Cr 4,0...5,0 W Co-alapú	(42)	Szovjetunió Lengyel Böhler Cabot Cabot Deloro Stelle	И-AH30 PMCo-45 Celsit V-P Haynes alloy Haynes alloy 156 Stellite SF6	Nagy terhelésű, kis hőingadozású, megegalakító szerszámokhoz, valamint vizet, gőzt, gázt, olajat és agresszív közegeket szállító csővezetékek tolózárainak tömítőfelületeihez. Belsőegésű motorok szelepeinek és szeleptüleihez. Hő- és korrózióálló, kavitációnak is kitűnően ellenáll. 500 °C-on keménysége 32 HRC. A nikkel tartalmazók valamivel szívósabbak, korrózióellenállásuk kedvezőbb, olvadáspontjuk kb. 1300 °C, a többi mintegy 50 °C-kal nagyobb. A Haynes alloy 156-os, 1,6% széntartalommal 43 HRC keménységű
0,7...0,9 C 19,0...20, Cr 12,5...13,0 Ni 8,0...8,5 W Co-alapúak	(41)	Szovjetunió UTP Deloro Stellite ORIC Castolin	И-AH33 HA-06 Stellite SF6 1396 EUT 6	
1,4...1,8 C 29,0...30,0 Cr 8,0...9,0 W Co-alapú	(48)	Szovjetunió Böhler Deloro Stellite Cabot Lengyel	И-AH31 Celsit SN-P Stellite 12 Haynes alloy 12 PMCo-50	Vizet, gőzt, gázt, olajat és agresszív közeget szállító csővezetékek tolózáinak tömítőfelületeihez, valamint olyan megegalakító szerszámokhoz, amelyek hőingadozása elhanyagolható. Belsőegésű motorok szeleptüleihez. 900 °C-ig hőálló, melegsziárd, korrózióálló ötvözet. 500 °C-on keménysége 40 HRC. A nikkel is tartalmazók szívósága és korrózióellenállása valamivel kedvezőbb, olvadáspontjuk kb. 1260 °C, a többi mintegy 50 °C-kal nagyobb
0,9...0,1 C 19,0...20,0 Cr 12,5...13,0 Ni 9,0...10,0 W Co-alapú	(47)	UTP Castolin ORIC Interweld Deloro Stellite	HA-012 EUT 1392 2142 Stellite SF 12	

2,4...2,5 C 30,0...33,0 Cr 12,0...13,0 W Co-alapú	(55)	Szovjetunió Deloro Stellite Cabot	И-AH20 Stellite 1 Haynes alloy 1	Kemény, kopthatóságoknak, korrózióknak és kavitációnak egyaránt jól ellenáll. Tolózárok tömítőfelületeihez, szivattyúk, centrifugák védelmére. A nikkel tartalmazók szívósága és korrózióellenállása valamivel kedvezőbb. Ezek olvadáspontja kb. 1250 °C, a többi mintegy 50 °C-kal nagyobb
1,2...1,3 C 19,0...20,0 Cr 12,5...13,0 Ni Co-alapú	(54)	UTP Deloro Stellite Castolin ORIC	HA-01 SF1 EUT 1 1391	
2,5 C 32,0 Cr 17,0 W Co-alapú	(61)	Cabot	Haynes alloy 1016	A legerősebb korrózió- és hőhatásnak kitett sajátolószerzőmokokhoz, tömítőfelületekhez. A hőingadozást nem állja. A nikkel tartalmazók olvadáspontja kb. 1250 °C, a többi mintegy 50 °C-kal nagyobb
1,5...1,6 C 19,0...20,0 Cr 15,0...15,5 W 13,0...13,5 Ni Co-alapú	(60)	Deloro Stellite ORIC	Stellite SF 20 1393	
2,0 C 28,0 Cr 6,5 Ni 3,7 Mo Co-alapú	(45)	Böhler	Antinit Celsit 50 Nb-P	Melegsziárd, korrózióálló bevonat tolózárok tömítőfelületeihez. Olvadáspont kb. 1230 °C
0,1 C 18,5 Cr 3,0 B 3,0 Si 26,0 Ni Co-alapú	(50)	Soudometal	FUSOR C1/E	Korrózióálló és egyben melegsziárd bevonat turbinalapátokhoz, belsőegésű motorok kipufogószelepeihez, műszálsajtoló fűvókákhoz

F22. táblázat folytatása

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
90,0 WC 10,0 Co	(62)	Cabot	Haystellite 954	Rendkívül erős koptatóhatásnak kitett surrantók, földmunkagépek szerszámai, ércelőkészítő keverőlapátok, csak plazmaszórásra és plazmahegesztésre alkalmas
0,1 C 21,0 Cr 4,5 W 1,6 Si 2,4 B 70,0 Co	(56)	Cabot	Haynes alloy No 157	Kis hőingadozású melegítő szerszámokhoz és kavitációnak kitett felületekre

F23. táblázat

Nikkel alapú porötvözetek termálszóráshoz és plazmahegesztéshez

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,1...0,12 C 9,0...28,0 Mo	200	Cabot	Hastelloy	A Hastelloy típus B, C, X és W jelű ötvözetei különböző króm tartalommal a vegyi- és atomipari berendezésekben forrásban levő kén-, só- és foszfor savak hatása ellen alkalmazhatóak, plazmaszórással vagy plazmahegesztéssel
0,03...0,1 C 2,0...3,0 Si 1,3...2,0 B	200	Csehszlovákia Lengyel Soudometal UTP UTP UTP Cabot Castolin Deloro Stellite ORIC Stody	K-20 PMNi-20 Fusor N4/E HA 3 HA 1320 HA 6320 Haynes alloy 45 10680 Deloro PW 22 1348 63 TG	Műanyagipari sajtók, csapágyfészkek, szelepek és szelepelemek, szabályozócsavarok, üvegipari formák, szűrkeöntvények csatlakozó felületei, hornyok. Olvadáspontja kb. 1100 °C
0,1...0,2 C 2,5...3,7 Si 1,7...2,6 B	300	Szovjetunió Soudometal UTP Cabot Interweld Ugine Carbone	HTV-2 Fusor N3/E HA 2 Haynes alloy 46 1125 750	Tengelyek kopott csapágyhelyeihez, fűtő- és csúszófelületekhez, csapokhoz, belsőégésű motorok szelepeihez, szűrkeöntvények csatlakozó felületeihez, üvegipari formákhoz. Olvadáspontja 1080 °C
0,1...0,2 C 3,4...4,0 Si 2,0...2,5 B 2,0...4,0 Cr	(30)	Csehszlovákia Lengyelország UTP ORIC	K-30 PMNi-35 HA 2321 1351	Szállítócsigákhoz, korróziónak kitett felületekhez kavitáció elleni védelemre szilvattyúkhöz, üvegipari formákhoz. Olvadáspontja kb. 1080 °C

Összetétel, tömeg %	Keménység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,05...0,1 C 33,0...36,0 Cr 4,5...4,6 Si 1,1...1,7 B	(35)	Böhler Böhler	Niborit 35-P Niborit 40-P	Igen erős korróziós hatások ellen a vegy- és atomipari berendezésekhez. Utóbbi néhány HRC-vel keményebb
0,3...0,4 C 7,5...14,0 Cr 2,0...4,0 Si 1,5...2,0 B	(40)	Szovjetunió Csehszlovákia Soudometal UTP Cabot Deloro Stellite Interweld Stoody Ugine Carbone	ПГ-CP2 K-40 Fusor N1/E HA-5 Haynes alloy 44 Deloro SF 40 1140 64 TG 754	Formázólapok süllyesztékek, hajlító- és mélyhúzó szerszámok, fogaskerekek, szivattyúlapátok és szivattyúházak, üveg- és műanyagipari formák, kopott csapágyhelyek. Olvadáspontja 1100 °C
0,3...0,7 C 10,0...14,0 Cr 3,5...4,5 Si 1,8...3,7 B	(50)	Szovjetunió Szovjetunió Csehszlovákia Lengyelország NDK Böhler UTP Cabot Castolin Deloro Stellite ORIC Stody	ПГ-CP3 CHGH-50 K-50 PMNi 50 MPA-552 Niborit 5-P HA 6 Haynes alloy 41 10 675 Deloro SF 50 1355 65 TG	Belsőégésű motorok szelepei, szeleplékei, szivattyúházak és szivattyúlapátok, műanyag-üvegipari sajtolóformák, élelmiszer-, gyógyszer- és vegyipari szállítócsigák, cserép- és kerámiaipari sajtók, tolozárak tömítőfelületei. Olvadáspont 1060 °C
0,4...0,5 C 14,0...16,0 Cr 4,0...4,5 Si 3,6...4,0 B 1,7...4,5 W 1,5...2,5 Mo	(55)	Csehszlovákia NDK Soudometal Cabot ORIC	K-55 MPA 551 Fusor N2/E Haynes alloy 48 1358	Kemény, szívós réteg sajtolócsigákhoz, extruderekhez szállítócsigákhoz üvegipari sajtolószerszámokra. Olvadáspontja kb. 1100 °C. A Haynes alloy 48-as wolframt nem tartalmaz

0,5...1,0 C 15,0...18,0 Cr 3,5...5,0 Si 2,8...4,0 B	(56)	Szovjetunió Szovjetunió UTP Cabot Deloro Stellite Interweld ORIC	ПГ-CP 4 CHGH-55 HA 7 Haynes alloy 40 Deloro SF 56 1160 1357	Szállítócsigák, agresszív közegben működő tengelyek, szivattyútengelyek és járókerekek, szeleplékek. Olvadáspontja 1070 °C
0,5...1,1 C 14,0...18,0 Cr 4,0...5,0 Si	(60)	Szovjetunió Csehszlovákia Böhler Soudometal UTP Cabot Castolin Deloro Stellite Ugine Carbone	CHGH-60 K-60 Niborit 6-P Fusor N5/E HA 6760 Haynes alloy 43 10009 Deloro SF 60 756	Szállítócsigák, korrózív közegben üzemelő gépkalkatrészek, kopott csapágyhelyek, szeleplékek. Olvadáspontja kb. 1140 °C
1,7 C 3,5 Cr 3,0 Si 2,0 B 40,0 W	(63)	UTP	HA 8	Igen kemény réteg szerszámfelfogókhoz, fúvókához, vágólapokhoz és vágógyűrűkhöz vezetősínnekhez szállítóláncokhoz, vonszoló-körmökhöz. Olvadáspontja 1100 °C
35,0...50,0 WC	(60)	Szovjetunió Soudometal Cabot Stoody UTP Castolin	BCHGH-35 Fusor W1/E Haystellite 1 85 TG HA BOND 8 10112	Rendkívül erős koptatásnak kitett zagy- és iszapszivattyúk, kotrókormók-, kanalak és -serlegek, keverőlapátok. A Haystellit 3 és a Haystellit 6 porok hasonló összetételűek, 85, ill. 65% wolfram-karbid-tartalommal
80 WC	(62)	Szovjetunió Cabot	BCHGH-35 Haystellite 4	Wolfram-karbid-por szóráshoz használatos keverék előállítására céljából
100 WC	—	Cabot	Haystellite 956	

Porítottvételek utólagos megolvasztási szóróhegesztéshez

Összetétel, tömeg %	Keményység, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
0,25...0,35 C 7,0...8,5 Cr 3,5...4,5 Si 1,5...2,0 B 84,0...88,0 Ni	(40)	UTP METCO FONTARGEN	UNIBOND 5-2540 12 C MP 4SP	A felületi nyomást jól viseli, ütésállósága kitűnő. Üvegipari szerszámok, görgők, műanyagajtolók
0,35...0,45 C 8,5...9,5 Cr 3,5...4,5 Si 1,7...2,3 B 82,0...85,0 Ni	(45)	UTP METCO FONTARGEN	UNIBOND 5-2545 14 C MP 8SP	Kopás- és ütésállósága kielégítő, a nyomó-igénybevétel is jól viseli. Üvegipari dugók, szerszámok, vezetőgörgők, perselyek. Olvadáspontja kb. 1050 °C. Kb. 800 °C hőmérsékletig üzemen tartható
0,45...0,55 C 11,0...13,0 Cr 3,5...4,5 Si 2,3...2,6 B 80,0...83,0 Ni	(50)	UTP METCO	UNIBOND 5-2550 14 E	Szivattyú-járókerek, vezértárcsák, sajtolók- és húzószerszámok felületvédelmére, műanyagajtoló és daraboló szerszámok, üvegipari formák
0,09...0,12 C 18,0...20,0 Cr 3,2...3,6 Si 3,2...3,6 B 26,0...28,0 Ni 5,0...7,0 Mo 38,0...42,0 Co	(50)	UTP METCO	UNIBOND 5-2650 18 C	600...700 °C-ra hevülő alkatrészekhez, az ütés-igénybevétel jól viseli, kitűnő a korrózió- és reveállósága. Salaktörő kalapácsok, műanyagajtoló szerszámok, megalakító szerszámok, dugattyúk, tömítő- és csúszófelületek

0,7...0,9 C 14,0...16,0 Cr 4,2...4,6 Si 3,3...3,6 B 74,0...77,0 Ni	(58)	UTP METCO	UNIBOND 5-2760 15 E	Pontszerű terhelést még elviseli. Alakító-görgők, kopásnak kitett hűvelők, szivattyú-tengelyek, csigák, tengelyvégek, vállak, alakos felületek
50...70 WC 30...50 Ni	(63)	UTP METCO	Unibond 5-2863 36 C	Keverőlapátok, ekevasak, cement- és cserépipari formák, földmunkagépek szerelméi, ventilátorlapátok. Olvadáspont kb. 1000 °C, üzemi hőmérséklet legfeljebb 700 °C
75 WC 20 Ni B Cr, Fe, Si	(65)	UTP	UNIBOND 5-2865	Legfeljebb 700 °C-ra hevülő keverőlapátok, görgők, ventilátorlapátok, Olvadáspontja kb. 1060 °C.

F25. táblázat
Porlötözötek láng-porfelszóróráshoz

Összetétel, tömeg %	Keményítés, HB, ill. (HRC)	Gyártó	Márkajel	Felhasználási terület
4,0...5,0 Al 93,0...95,0 Ni	—	Interweld UTP Castolin METCO FONTARGEN	M 55 EXOBOND 1001 XUPER ULTRA BOND 50000 450 FM 1	Nikkel-aluminid párnátéteg bármely por- ötözöt alá, a tapadó-nyíró szilárdság növelésére
0,2...0,4 C 0,5...1,0 Mn 98,0...99,0 Fe	260	Interweld UTP METCO	M 45 EXOBOND 3010 91	Tengelyek, csapághelyek feltöltésére, üregek kitöltésére
0,02...0,04 C 17,0...18,0 Cr 8,0...11,0 Ni 0,0...2,0 Mo 70,0...75,0 Fe	180	Castolin Interweld UTP	19300 M 50 EXOBOND 2007	Vegyipari berendezéseken csapághelyek javítására szivattyúperselyekhez
0,02...0,04 C 18,0...20,0 Cr 12,0...15,0 Ni 2,0...4,0 Mo 60,0...66,0 Fe	150	Castolin UTP METCO FONTARGEN	19985 EXOBOND 2001 44 FM 3	Hengercsapokhoz, tömítőgyűrűkhöz, szelep- szárvégekhez, csapághelyekhez
0,1...0,12 C 10,0...12,0 Cr 2,0...3,0 Si 1,5...2,5 B 80,0...85,0 Ni	330	Castolin UTP METCO FONTARGEN	19910 EXOBOND 2002 451 FM 2	Hidraulikus dugattyúkhöz, sikló- és golyó- csapághelyekhez, tömítőfelületekhez, büttykös- és forgattyútengelyekhez
1,5 C 16,0 Cr 4,0 Al 8,0 Fe 68 Ni	500	UTP Interweld	EXOBOND 2006 M 46	Műanyagipari szerszámokhoz, extrúderék- hez, vegyipari keverőlápátokhoz, tengelyekhez
3,0 C 7,5 Cr 17,5 W 5,5 Al 2,5 Fe 2,5 Si 1,5 B 60 Ni	600	UTP	EXOBOND 2005	Keverőlápátok, ekevasak, szállítócsigák felszóróanyaga
9,0...10,0 Al 0,5...1,0 Fe 89,0...90,0 Cu	130	Interweld UTP	M 130 EXOBOND 2003	Alumíniumbronz-por görgőkhöz, csapágh- helyekhez, tengelyekhez, szelepek javítására

- Baránszky-Jób Imre*: Villamoshegesztő. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1972.
- Basista, M.*: Öntvények javítása hegesztéssel. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1971.
- Beckert-Neumann*: A hegesztés alapismeretei. Hegesztési eljárások Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1973.
- Beckert-Neumann*: A hegesztés alapismeretei. Különleges hegesztési eljárások. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1972.
- Dr. Béres-Csolák-Kováts*: Anyagválasztási útmutató és példatár. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1982.
- Dr. Béres-dr. Unyi*: Sínek hegesztése 2. kiadás. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1980.
- Dr. Gremperger-Kristóf*: CO₂-védőgáz ivhegesztés. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1981.
- Keszthelyi Ferenc*: Csővezetékek hegesztése. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1982.
- Lehoczki Csaba*: Lánghegesztés és lángvágás. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1982.
- Nádasi Endre*: Fémszórás korszerű módszerei. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1978.
- Schatz, W.*: Fedettívű hegesztés. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1974.
- Vallini, A.*: Ötvöztött acélok és nemesfémek hegesztése. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1978.
- Viola-Czitán*: A hegesztő. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1978.
- Vizkeleti Kálmán*: Ívhegesztés 4. kiadás. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1983.

Kiadja a Műszaki Könyvkiadó

Felelős kiadó: Fischer Herbert igazgató



1662/84 Franklin Nyomda, Budapest, Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

Műszaki vezető: Kőrösi Károly — Műszaki szerkesztő: Kaszala József

A könyv ábráit rajzolta: Szabainé Fábián Ibolya

A könyv formátuma: A5 — Ívterjedelme: 15 (A5)

Ábrák száma: 116 — Példányszám: 4350

Papír minősége: 80 g ofszet — Betűcsalád és -méret: Times, bg/gm

Azonossági szám: 42 115 — MŰ: 3518-h-8486

A kézirat lezárva: 1983. június

Készült az MSZ 5601 és 5602 szerint