

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Pollack Mihály Műszaki Főiskolai Kar
Gépszerkezettan tanszék

Üzemfenntartás

Szerkesztette:

Falman László – Cs. Nagy Géza

Lektorálta:

Mendler János
gépészmérnök

Pécs 2004.

ERFP-DD2002-HU-B-01 PROJECT 4. MODUL
Ipari háttérű alternáló képzés előkészítése a Gépészmérnöki Szakon

Tartalomjegyzék

Előszó	4
1. A gépfenntartás tevékenységeinek rendszere	5
1.1. A gépfenntartás fogalomrendszere.....	5
1.2. A gép-életciklus fő- és mellékfolyamatai.....	8
1.3. A gépfenntartás célja és szükségessége.....	11
2. Termelési folyamatok, berendezéseket érő hatások.....	13
2.1. Berendezéseket, munkaeszközöket érő hatások.....	14
2.2. Jellegzetes rongálódási folyamatok.....	14
3. A gépek műszaki állapota, fenntartási jellemzők	22
3.1. Műszaki állapot, funkció	22
3.2. Állapot-meghatározás, diagnosztika	23
3.3. Fenntartási jellemzők.....	25
4. Hibaelemzés, gyengepont feltárás és -megszüntetés.....	33
4.1. Meghibásodás és hiba.....	36
4.2. Jellegzetes hibaokok.....	39
4.3. A hiba- és gyengepont elemzés folyamata	42
4.4. Hibamegállapítás, hibafelvétel.....	44
4.5. A hiba- és gyengepont elemzés módszerei	52
5. A karbantartás elemei.....	58
5.1. A kezelés	61
5.2. Az ápolás és a gondozás.....	61
5.3. A leállítás, tárolás.....	65
5.4. A helyreállítás, javítás.....	71
6. A gépfenntartás megvalósulása.....	74
6.1. Fenntartási rendszerek.....	74
6.2. A karbantartás területei, elrendezési és javítási formái.....	85
6.3. Fenntartási ciklusrend kialakítása.....	96
7. A gépfenntartás gazdaságossága	103
7.1. A fenntartás gazdaságosságát, hatékonyságát meghatározó tényezők.....	103
7.2. A gépek üzemi viselkedésének célfüggvénye	105
7.3. A karbantartás és a használati érték	106
7.4. A konstrukció hatása.....	107
7.5. Üzem- és munkaszervezés.....	108

7.6. A fenntartás személyi és tárgyi feltételei.....	109
7.7. Ellentétes hatások, többcélúság, optimálás.....	109
7.8. Mutatószámrendszer a karbantartás irányítására	115
8. A karbantartás irányítása.....	123
8.1. A karbantartás-irányítási rendszer alapgondolata	123
8.2. Az irányítási rendszer megvalósítása.....	124
8.3. Integrált irányítási rendszerek	125
8.4. A karbantartási előírások.....	134
Irodalomjegyzék	139

ELŐSZÓ

Korunk egyik jelentős kihívása a folyamatos műszaki fejlődés, melynek ütemét a tudományos-technikai forradalom szabja meg. A termék-előállítási versenyben az ipari vállalatok magasabb technikai színvonalú berendezéseket, automatizáltabb technológiákat alkalmaznak, miközben egyre nagyobb megbízhatóságot követelnek a gépektől. Ezek kihatnak a tervezés és gyártás mellett a gépfenntartással foglalkozó szakemberekre is, magasabb szakmai képzettséget várva el tőlük.

Világjelenség, hogy a gépfenntartás egyre nagyobb figyelmet kap a géptervezés, a gépgyártás és a termelés-szervezés folyamatában. Elegendő utalni például arra, hogy az utóbbi időben milyen mértékben növelték meg a különböző gyártó cégek termékeik garanciális idejét, vagy arra, hogy a nagy tömegben előállított termékek gépsorainál milyen szigorú karbantartási előírásokat kötelező betartani a termelés folytonosságának biztosítására. Ezek a követelmények ma már, csupán a hagyományos módszerekkel, nem oldhatók meg. Karbantartási tevékenységre mindig is szükség volt, de általában szükséges rossznak, tervezhetetlen általános költségnek tekintették.

Közismert, hogy a gépek – az élőlényekkel ellentétben – nem önellátóak, nem alkalmazkodnak a környezethez, és sérüléseik nem javulnak meg spontán, belső törvényeik következményeképpen. Egyetlen termék, egyetlen berendezés, de különösen egy bonyolult gép sem lehet meg karbantartás nélkül, amely az üzemeltetés nélkülözhetetlen szakasza. Ezért kell a gépeket ápolni, vizsgáltatni, javítani, a meghibásodott részeit kicserélni. Ez a tevékenység, az energiaköltségek mellett a gépek üzemeltetése során a másik legnagyobb költségtényező.

Manapság, ha az ipari vállalatok gazdaságosan akarnak működni, akkor a karbantartásra legalább annyi figyelmet kell fordítaniuk, mint a termelésre, a termékfejlesztésre és a marketingre. Csak ebben az esetben tudják elérni, hogy az állóeszközök jól szolgálják üzleti céljaik megvalósulását. Ezért a karbantartásnak megfelelő helyet és szerepet kell kapnia a vállalati hierarchiában.

A karbantartási követelmények az egyes üzemekben – jellegüknek megfelelően – eltérőek. Különböző előírások, szabványok szabályozzák az adott terület problémáit. Az üzemfenntartásnak és karbantartásnak azonban vannak minden iparágat érintő azonos feladatai. A jegyzet az alapvető irányelveket ismerteti.

1. A GÉPFENNTARTÁS TEVÉKENYSÉGEINEK RENDSZERE

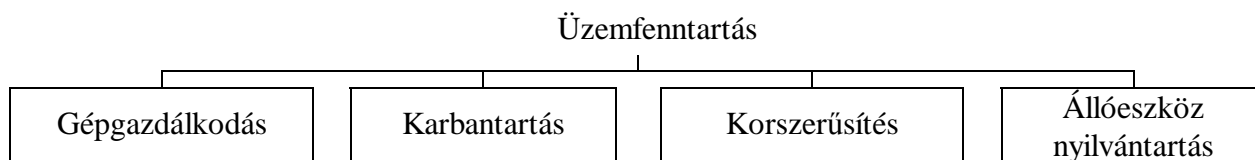
1.1. A gépfenntartás fogalomrendszere

A mai felfogás a fenntartás fogalmába a vállalati eredményesség szempontjából a konstrukciótól a selejtezésig minden olyan tényezőt számításba vesz, ami befolyásolja a gép, a berendezés üzembiztonságát. Ezt a törekvést a fenntartás, karbantartás, javítás szavak nem fejezik ki eléggé. Ezért több elnevezés jelent meg a műszaki irodalomban, mint pl. komplex vagy integrált karbantartás, mindenre kiterjedő (totális) megelőző fenntartás, terotechnológia.

A terotechnológia (magyarra a megőrzés technológiája kifejezéssel fordítható) lényegében egy ciklikusan ismétlődő körfolyamat, amely magába foglalja a gépek, berendezések tervezését, gyártását, üzembehelyezését, üzemeltetését, folyamatos állagmegóvását és a gépekkel, berendezésekkel való folyamatos adminisztratív és gazdálkodási feladatok ellátását is.

A terotechnológiának a hazai gyakorlatban a komplex üzemfenntartási rendszer koncepciója felel meg. Ez a vállalati gazdálkodásban és irányításban az

- az állóeszköz gazdálkodás (aktiválás-üzemeltetés-selejtezés)
- karbantartás, karbantartás irányítás
- a szinttartó beruházások (állóeszközpótlás) funkciókban fogalmazható meg (lásd 1.1. ábra).



1.1. ábra. Az üzemfenntartás területei

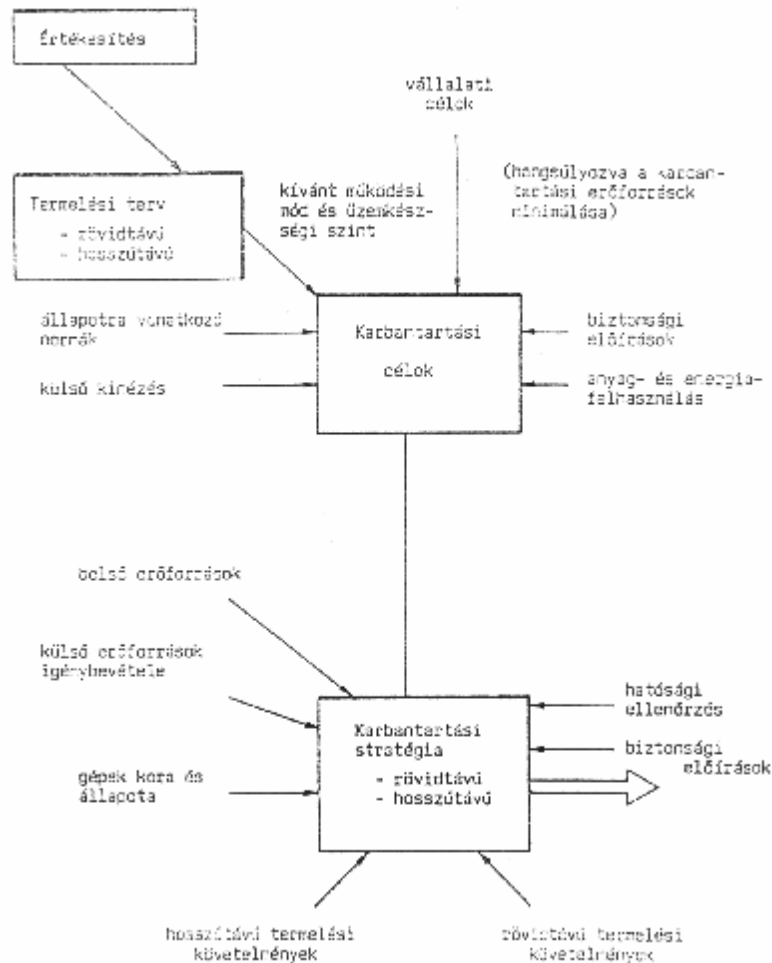
Az előző gondolatmenet alapján megállapítható, hogy az állóeszköz üzemszerű használata során a gazdálkodási és karbantartási tevékenységek ellátása egymással párhuzamosan és egymással szoros összefüggésben történik.

1.1.1. Az üzemfenntartás fogalma, feladata

Az ipari vállalatok célja hosszútávú jövedelmezőség elérése, miközben berendezéseik és munkarejük felhasználásával viszonylag kis értékű alapanyagokat értékes terméké alakítanak át. E cél eléréséhez sokféle tevékenységre, pl. marketingre, értékesítésre, tervezésre, termelésre és a berendezések karbantartására, a termék előállításához épületre, gépre, berendezésre, különböző eszközökre van szükség. Ezért a termelési folyamat beruházással kezdődik, melyet a beszerzett állóeszközök üzemeltetése követ. A használat során az üzembiztos működés érdekében karbantartást kell végezni, miközben különböző javítások is szükségessé válnak. Az elhasználódott, a megfelelő műszaki követelményeket már ki nem elégítő gépeket, járműveket stb. selejtezni kell és ha pótlásuk szükséges, helyettük újakat kell beszerezni. Az új beszerzés, más szóval pótlás lehet: szinttartó, illetve a termelést, vagy a termelékenységet növelő.

A gépfenntartás, üzemfenntartás az a műszaki tevékenység, amellyel valamely üzemben (gyár, vállalat) levő valamely állóeszköz állandó, rendeltetésszerű használatát biztosítják, elvégzik az ezzel kapcsolatos szervezési, korszerűsítési, oktatási, nyilvántartási és ügykezelési feladatokat, üzembehelyezik az új berendezéseket, foglalkoznak az elavult berendezések selejtezésével és tanácsot adnak az új berendezések beszerzésére.

Az üzemfenntartás céljainak összhangban kell lenni a vállalati célokkal, ezért ezek a célok a vállalat értékesítési és termelési stratégiája, valamint számos ütköző igény és korlát hatása alatt állnak. Az üzemfenntartás célrendszerét és a fenntartási stratégiára ható tényezőket az 1.2. ábra szemlélteti.



1.2. ábra. A gépfenntartás célrendszere, a fenntartási stratégiára ható tényezők

Az üzemfenntartás erőforrásait annak érdekében kell felhasználni, hogy a gépeket tervezett élettartamukon át, a biztonsági előírásoknak megfelelően úgy lehessen üzemeltetni, hogy a termelési célok – optimális nyersanyag és energiaráfordítás mellett – elérhetőek legyenek.

A karbantartási stratégia viszont az erőforrások optimális felhasználásában a karbantartás mértékének oly módon való meghatározása, hogy a termelés és a karbantartási ráfordítások egyensúlyban legyenek. A lehetséges változatok 100% megelőző karbantartástól 100% kizárólagos üzemzavar-elhárításig terjednek. A feladat a legjobb arány kiválasztása.

Az üzemfenntartás olyan teendőket is felölel, amelyek a gépek, berendezések, eszközök előállítóira és felhasználóira is vonatkoznak, mivel a termelés motiválja mindkettőjük tevékenységét. Azért, hogy a termelés a kívánt módon történjen, azaz az előírt minőség a berendezések nagyfokú üzemképessége mellett megtartható legyen, mind technológiai téren, mind az üzemfenntartásban meg kell tenni a szükséges intézkedéseket.

Ugyanakkor az üzemfenntartás fejlődésének követnie kell a termelési folyamatok sajátosságait. Ha a termelés és az üzemfenntartás színvonalában jelentős eltérés tapasztalható, akkor a tudományos-műszaki haladástól elvárt eredmények nem realizálódnak.

1.1.2. A karbantartás fogalma, feladata

A karbantartás tárgyai a különféle létesítmények, az építmények, gépek, szállítóberendezések, vagyis különböző anyagi javak. Az egységes értelmezés érdekében a karbantartást, valamint a karbantartás műveleteit a következőkben rögzíthetjük: – karbantartáson azt a fenntartási tevékenységet kell érteni, amely mindazon teendőket magába foglalja, melyeket szükséges elvégezni az állóeszközök üzemképessége és rendeltetésszerű használata érdekében.

A karbantartás magába foglalja a vizsgált egység (pl. termelő-berendezés) mindenkorli helyzetének megfelelően az összes olyan tevékenységet, amely révén megőrizhető, illetve helyreállítható az előírt állapot, továbbá amelynek felhasználásával a tényleges állapot meghatározható, megítélhető, minősíthető.

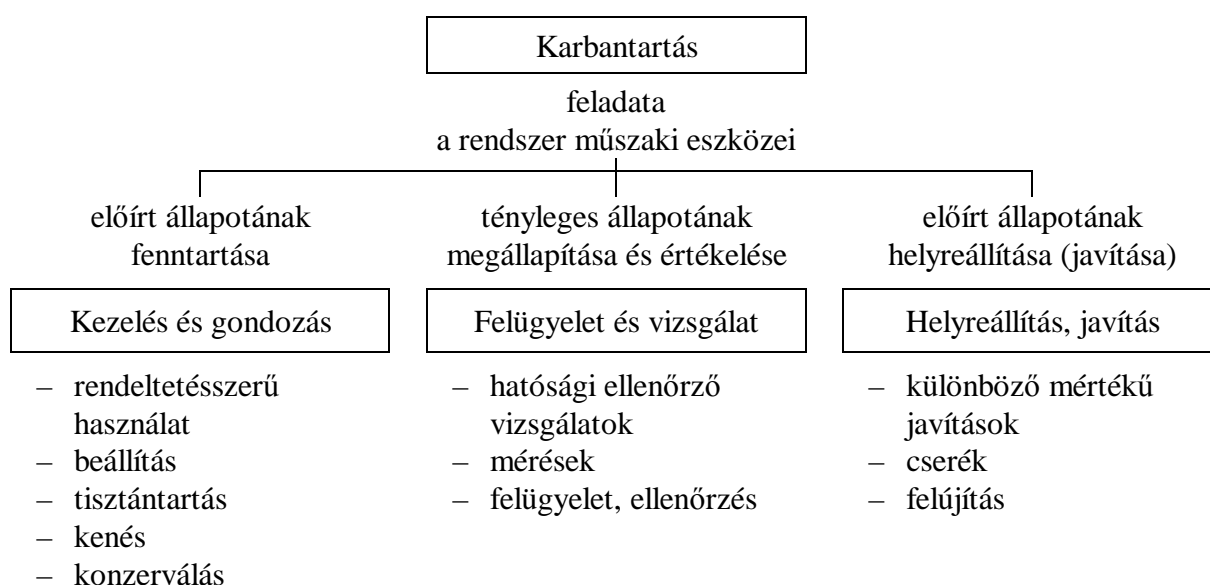
Az eredeti használati érték fenntartásának az olyan intézkedések végrehajtása nevezhető, amelyek a kopást a megengedett szint alatt tartják. Ide tartozik a gondozás, ápolás, tisztítás, kenés, víztelenítés, levegőztetés, az előmelegítés és az előírt üzemeltetési módok betartása.

Az eredeti használati érték visszaállításán a tényleges karbantartást, a megelőző karbantartást, a pótlást és a hibaelhárítást kell érteni. Az eredeti használati érték megnövelése az általános javítás keretében végzett korszerűbb gépek, szerkezeti egységek beépítését jelenti.

Szervezéstechnikai okokból a rendszert folyamatos teendőkre (tisztítás, kenés, ápolás stb.) és időszakos teendőkre (az összes javítási művelet) lehet osztani. A gyakorlatban mind a folyamatos, mind az időszakos teendőknek sajátos rendszere alakult ki, ezek összehangolására több lehetőség van. Belátható, hogy a folyamatos karbantartási műveletek (pl. kenés) jó szervezés esetén nem, vagy csak jelentéktelen mértékben zavarják meg a termelést, a javítások pedig majdnem minden esetben megszakítják egy berendezés üzemeltetését.

A karbantartás fogalmát a DIN a következőképpen határozza meg: "A karbantartás intézkedések összessége, amelyek a kívánt állapot megóvására, helyreállítására, valamint a meglévő állapot megállapítására és megítélésére irányulnak. Ezek az intézkedések: felülvizsgálat (ellenőrzés, vizsgálat), gondozás (kezelés), helyreállítás (javítás), magukba foglalják a karbantartás céljainak a vállalkozás céljával való egyeztetését és a megfelelő karbantartási stratégia megállapítását is."

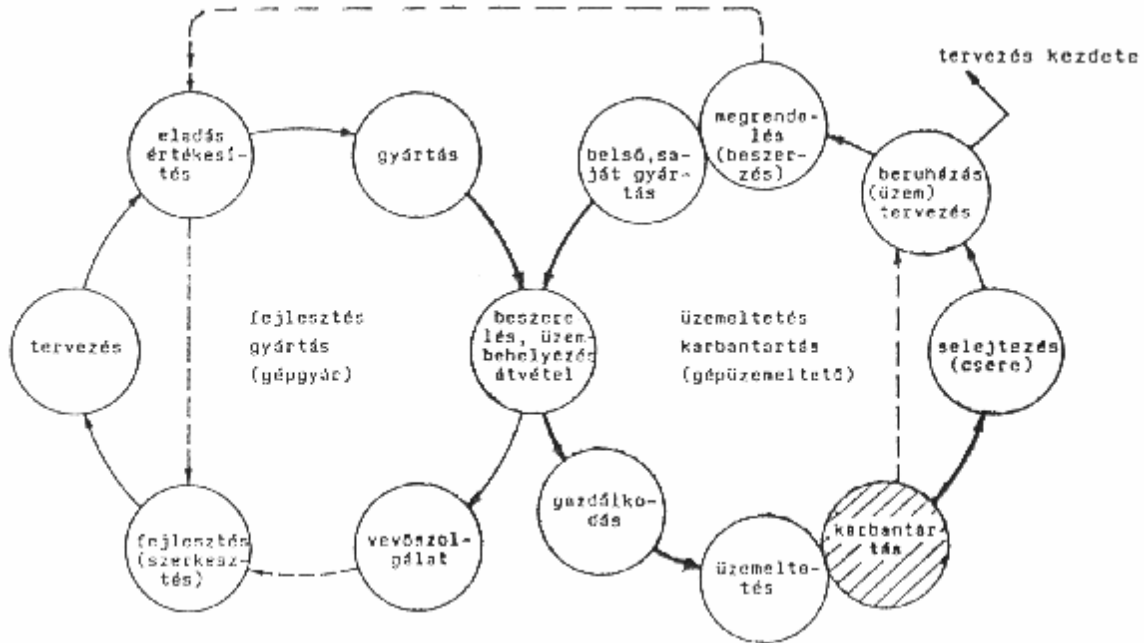
A karbantartási intézkedések csoportosítását az 1.3. ábra szemlélteti.



1.3. ábra. A karbantartás részei (általános karbantartási intézkedések)

1.2. A gép-életciklus fő- és mellékfolyamatai

Gép-életcikluson azt az időrendi folyamatot értjük, ahogyan egy gép (berendezés) az úgynevezett "születési" fázistól (a kutatás, tervezés, gyártás, gépüzemfenntartás és selejtezésen át, mint főfolyamatot tekintve) eljut a "haláláig". Ezt a – valójában - kétkörös modellt (melynek során az állóeszköz egyik élete a gyártóműben, másik élete az üzemeltetőnél zajlik) az 1.4. ábra szemlélteti.



1.4. ábra Az állóeszközök életének kétkörös modellje

A folyamat azzal kezdődik, hogy igény jelentkezik valamilyen új termékre, amely megfelelő kutatási, tervezési és gyártási fázisok révén el is készül. Ezt úgy is megfogalmazhatjuk, hogy "a gépek születése" lényegében két szakaszban megy végbe:

- Az egyik a gépek szellemi megalkotása (kutatás, tervezés), amely az új gép iránti igény tanulmányozásával kezdődik és folytatódik egy elméleti és alkalmazott kutatási munkával, melynek során kellő ismeret halmozódik fel a tervezés megindításához. A tervezés feladata, hogy összhangot teremtsen a konstrukció, a gyártástechnológia, a leendő gép üzemelési (funkció ellátási) paramétereit, továbbá a gépek fenntarthatósága (diagnosztika, javítás) között.
- A másik a gépek fizikai megalkotása, azaz a gyártás.

A gyártás után megkezdődik a gépek termelésben való gyakorlati alkalmazása, üzemeltetése, vagyis mindazon célok valóra váltása, amelyek elérésére tulajdonképpen létrehozták azokat. A gép-üzem-fenntartás két élesen elhatárolt művelettípusból tevődik össze: a gépek üzemeltetéséből és a gépek fenntartásából.

Az üzemelési tevékenység a gépi munkával kapcsolatos közvetlen termelési műveletekből, így a termelési program, az energiamérleg készítéséből, az elvégzendő munka minőségi mutatóinak meghatározásából, a munkahelyzetbe hozásból, az elvégzendő munka műveleteiből, valamint a munkával kapcsolatos követelmények kielégítésének vizsgálatából áll.

Az üzemeltetés folyamán a gépeket különböző fizikai, kémiai, biológiai és ember általi rongáló hatások érhetik. A különféle rongáló folyamatok csökkentése vagy éppen megszüntetése céljából elengedhetetlen a gépek műszaki állapotjellemezőinek ellenőrzése, vagyis műszaki diagnosztizálása (pl. a motorok fékpadi ellenőrzése, kompresszió végnyomásának mérése stb.). Nélkülözhetetlen

továbbá a gépek karbantartása, azaz az állapotjellemzők adott értéken tartásához szükséges anyagok pótlása (pl. kenés), esetleg új védőanyagok alkalmazása (pl. korrózió elleni védőbevonatok), a különböző be- és utánállítások, valamint a gépápolás.

Azonban még a leglelkiesmeretesebb műszaki diagnosztika és karbantartás ellenére is megtörténhet (gyakran meg is történik), hogy a különféle műszaki állapotjellemzők tényleges értékei a megengedett alá csökkennek, vagyis a gépek meghibásodnak. Ilyenkor az esetek nagy többségében szükségessé válik a hibahatár alá csökkent műszaki állapotjellemzők gyártáskori vagy valamely más, elfogadható értékre való beállítása, azaz a meghibásodott gépek javítása, ami sok esetben a termelésből való kivonással jár, s ha a munka további folyamatát biztosítani akarjuk, akkor egy másik gépet kell beállítani a javítás céljából kivont gép helyére. A javítás lényegében két módon: új (gyártott) és felújított gépkomponensekkel oldható meg. Az alkatrészcsere javítás igen gyakori. Az új gépkomponenseket esetenként maguk a gépjavító üzemek, vállalatok állítják elő. Igen sokszor előfordul a gyakorlatban, hogy reális műszaki és gazdaságossági megfontolásokból felújított alkatrészekkel javítják a gépeket. Az alkatrészek felújítás-technológiái általában megegyeznek a gyártás során alkalmazottakkal, vagy legalábbis azok egy részével. Mindemellett az utóbbi évtizedekben a javítóipar önállóan is kifejlesztett olyan eljárásokat, amelyek kiválóan megfelelnek a gépkomponensek leromlott műszaki állapotjellemzőinek helyreállítására. Ily módon a felújítási technológiák rendkívül széles köre alakult ki; úgymint forgácsoló megmunkálásokon alapuló módszerek, képlékeny alakítás, hegesztés, forrasztás, öntés, fémszórás, porkohászat, galvanotechnika, vegyi bevonatkészítő, műanyag-kittelés, ragasztás, felületötvözés, felületszilárdítási eljárások, valamint hőkezelések.

Az üzemelés folyamán ható fizikai, kémiai, biológiai és az emberek okozta rongáló folyamatok, valamint a szellemi megszületés pillanatától fellépő műszaki-gazdasági (eszmei) avulás következtében előbb vagy utóbb eléri a pillanat, amikor a gépek, berendezések további munkáját már nem igénylik a vállalatok (üzemeltetésüket már nem tartják gazdaságosnak), vagy nem is igényelhetik (mert a gépek valamilyen rongálódás: karambol, tűzkár stb. következtében megsemmisültek). E pillanatot, vagyis a kiselejtezés időpontját tekintjük a gépek, berendezések végleges üzemén kívül helyezésének, megszűnésének.

Ha ezek után értékeljük a gépfenntartás jelentőségét a gépek "életében", akkor megállapíthatjuk, hogy az mind műszakilag, mind a gazdaságosság szempontjából rendkívül fontos. Végiggondolva a gépüzem-fenntartás egyes tevékenységeit, arra a megállapításra kell jutnunk, hogy az adott eseteiktől függően – akár műszaki, akár gazdasági szempontból vizsgálva – a gépüzem-fenntartást alkotó egyes tevékenységeknek egyszer egyik, máskor másik csoportja kerül előtérbe.

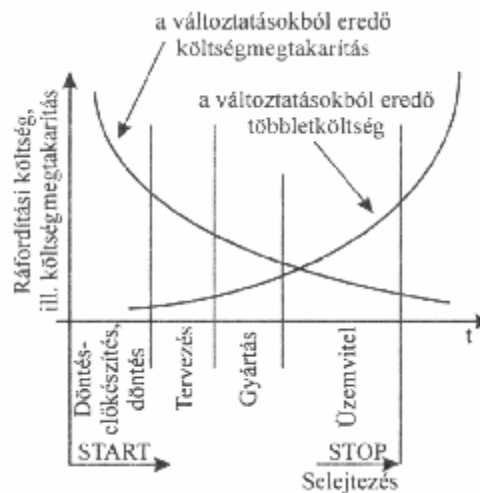
Jó példa erre egy teherautó motor önindítójának meghibásodása, amelynek során dönteni kell, hogy az üzembentartó megvárja-e amíg kijavítják, vagy egy jó önindítót (ez lehet új vagy felújított) szerelnek be. A döntést aszerint kell mérlegelni, hogy a hosszabb ideig tartó, de kisebb javítás költsége, és a rövidebb ideig tartó, de a nagyobb önindítócsere költsége közötti különbség milyen arányban van a veszteséggel, amit az állásidő okoz. Ha az adott teherautóval tervezett szállítási feladat nem sürgős és így a határidő eltolódásából nem kell késedelmi díjat fizetni, szinte természetes, hogy az olcsóbb javítást célszerű választani. Amennyiben azonban a szállított árunak határidőre meg kell érkeznie, mert óránként jelentős késedelmi díjat kell fizetni, akkor már gazdaságos lehet az önindító cseréje.

A gépüzem-fenntartás folyamatában tehát minden egyes mozzanatnak megvan a maga műszaki és gazdasági jelentősége. A gépüzem-fenntartásnak azonban van egy olyan megkülönböztetett szerepe, amely miatt túlnő a különböző üzemek, vállalatok határain, és közvetlenül visszahat a géptervezésre, a gépgyártásra. A gépek fenntartása során ugyanis, mintegy "harmadik születési

szakaszként" – a gépüzem-fenntartást meghatározó, különféle műszaki állapotjellemzők regenerálásából, "megújításából" következően – akarva-akaratlanul felül kell vizsgálni a konstrukciós és gépüzemelési terveket. E munka sikeres elvégzésével viszont további lehetőség nyílik a termelés műszaki színvonalának emelésére, a költségek csökkentésére, vagyis az üzemben levő gyártmányok korszerűsítésére.

Ezzel szemben rekonstrukciós gépfenntartás esetén az elkövetett tervezési és technológiai hibák az üzemviteli költségek ugrásszerű növekedését, a gépek üzemeltetését jellemző paraméterek rohamos romlását okozzák.

Igen tanulságos elgondolkoznunk a gép születésétől a gép selejtezéséig tartó főfolyamat jellemző csomópontjaihoz tartozó finansiális jellemzők változásain, melyet szemléletesen mutat az 1.5. ábra. Az ábráról leolvasható, hogy az időrendben egymást követő tevékenységek milyen hatással vannak a termék költségére. A két görbe jól szemlélteti, hogy az egyes tevékenységekhez milyen mértékű költségmegtakarítási lehetőségek, illetve változtatási költségek tartoznak. A döntéselőkészítési és döntési tevékenység során kis változtatási költséggel rendkívül nagy megtakarítások érhetők el.



1.5. ábra Változtatási költségek a termék életciklusában

A változtatási költségek az egymást követő tevékenységek esetében egyre nagyobbak, ugyanakkor a költségmegtakarítási lehetőségek egyre kisebbek. A változtatási költségek az üzembentartási időszakban szükséges gépfenntartó tevékenységek esetében a legnagyobbak. Ez egyben azt is magyarázza, hogy helyes gazdasági szabályozás esetén a vállalatok az erkölcsileg vagy technikailag elavult gépeket miért selejtezik inkább, és nem pedig javítják. Ez azt is jelenti, hogy a gép-életciklusnak a piackutatási, célterv és döntés-előkészítési, tervezési, szerkesztési és gyártási (tehát a gép minőségét és megbízhatóságát meghatározó) szakaszaiban kell leginkább foglalkozni a minőségjavítással – mivel az életciklus további szakaszában (működtetés, fenntartás) csak a megvásárolt gép minőségének és megbízhatóságának a megőrzésére, illetve minél kisebb mértékű romlásának a biztosítására van reális lehetőségünk. A gép-életciklusnak ebben a szakaszában – ahogyan ezt a tapasztalat is mutatja – a minőség megőrzéséért a szakszerű üzemeltetési előírások betartása révén lehet a legtöbbet tenni.

Tény azonban az is, hogy a szakszerű gépüzemeltetés és gépfenntartás ellenére is bizonyos üzemóra elteltével selejtezni kell a gépet.

Egy gép végleges selejtezésekor három nagy csoportot képezhetünk az alkatrészekből:

- Újrahasznosítás: ide azok az alkatrészek sorolhatók, amelyek eredeti helyükre változtatás nélkül visszaépíthetők, valamilyen formában más területen hasznosíthatók, vagy mint felújított alkatrészeket visszaépítik eredeti helyükre, vagy valamilyen technológiával egészen más, új terméket hoznak létre belőle.
- Megsemmisítés: a nem hasznosítható alkatrészeket, vagy egyéb hulladékokat (pl. fáradt olaj, műanyag alkatrészek, textíliák stb.) a környezetvédelmi előírások betartásával elégetik.
- Hosszútávú tárolás: azokat a veszélyes hulladékokat, amelyek megsemmisítése technikai okok miatt nem lehetséges vagy nem gazdaságos, igen szigorú környezetvédelmi előírások betartásával tárolni kell.

Szólunk kell még a kereskedelemről és a termék utógondozásról, mint a főfolyamathoz kapcsolódó tevékenységekről.

A vállalatok az elkészült gyártmányokat különböző formában értékesítik:

- A leggyakoribb, hogy kereskedelmi tevékenységet folytató vállalkozások útján kerülnek a termékek a fogyasztókhoz.
- Kevésbé gyakori ugyan, de az is gyakorlat, hogy a vállalatok közvetlenül állnak kapcsolatban a vásárlóval.

A termék utógondozás három fő tevékenysége rendre a következő:

- Garancia ellátás: a gyártó vállalat bizonyos határidőn belüli meghibásodásokat díjmentesen végez el megfelelő javító, szolgáltató hálózaton keresztül;
- Pótalkatrész ellátás: a vállalat köteles meghatározott ideig az általa készített termékek pótalkatrész ellátásáról gondoskodni, melyek értékesítését végezheti maga a gyártó vállalat, de legtöbb esetben a kereskedelem, illetve a javító, szolgáltató hálózat;
- Gépfenntartás: a meghibásodott gépek javítását ritkán ugyan, de végezheti a gyártó vállalat, leggyakoribb azonban, hogy javító, szolgáltató tevékenységre szakosodott vállalkozások látják el ezt a tevékenységet, kisebb mértékben maguk az üzembentartók végeznek különböző javításokat, erre a feladatra szakosított javító-karbantartó szakemberekkel.

1.3. A gépfenntartás célja és szükségessége

A gépek, berendezések javítása (karbantartása, szervizelése) azonos időre tehető a gépgyártás kialakulásával, tartalmi tevékenységének és fontosságának megítélése azonban mindenkor jelentős tér- és időfüggőséget mutatott.

A kérdés megítélése egyaránt különbözött és különbözik országok között is és országon belül is. A szemléletet és a magatartást az ország vagy csoport (személy) részéről az anyagi helyzet is motiválja.

Nyilvánvaló, hogy a javítás elsősorban ott vált fontosabb tényezővé, ahol a szűkösebb anyagi helyzet a javak gyakori cseréjét nem tette lehetővé. Elmondható, hogy ez a kérdés különböző üzembentartási filozófiákat takar, és a gépfenntartás többé kevésbé elfoglalja az őt megillető helyét, mind a gyakorlatban, mind pedig a tudományban. A technika fejlődése, a termelési folyamatok biztonsága egyre nagyobb mértékben igénylik a magasan képzett gépfenntartó szakembereket. A hibaelhárításos javítás helyébe mind szélesebb körben a műszaki diagnosztikán alapuló, tervszerű gépfenntartás lép, amely alapja lehet annak, hogy a váratlan hibákból eredő gépleállások gyakorlatilag megszüntethetők legyenek.

A gépfenntartás célja: valamely gép (berendezés, készülék, épület stb.) üzemképességének biztosítása különböző állapotjavító intézkedések foganatosítása révén. Az állapotjavító intézkedéseket lehetőleg úgy kell ütemezni, hogy azok ne akadályozzák a termelés folyamatosságát. Minden gépleállítás ugyanis a termelési költségek növekedését idézi elő. Igen előnyösen használhatók ki gépfenntartás céljára az úgynevezett holtidők, amikor a gép egyébként sem dolgozna. Ilyen lehet például az a műszak, amikor a gépek nem dolgoznak. Az idényjelleggel üzemelő gépeknél pedig természetes, hogy javításra a naptári év azon napjait használjuk fel, amikor semmilyen munkavégzési feladatot sem programoztak az adott gépre.

A gépfenntartás szükségessége: a gépfenntartás szükségességét elsősorban a gazdaságos termelési folyamat fenntartásával lehet indokolni. Ez azzal a ténnyel magyarázható, hogy a szerkezeti alapanyagok szilárdsági jellemzői és a nem azonos igénybevételnek kitett alkatrészek elhasznál-

lódási idői az egyen-élettartamú berendezések tervezését még nem teszik lehetővé, ezért egy gép életciklusa alatt egy-egy alkatrész vagy részegység egyszer vagy többször is javításra vagy cserére szorul az üzembentartás céljából. Fontos szempont lehet még a honvédelmi igények kielégítése, illetve adott gép muzeális értéként való megőrzése.

Összegezve az elmondottakat, megállapítható, hogy a gépfenntartás, annak tervezése és gyakorlati végrehajtása (pl. a javítástechnológiákat és a javítási időpontokat, időtartamokat meghatározó tervezési módszerek) jobb, de rosszabb irányban is befolyásolhatja a gépek üzemeltetését. A konstrukciós és az üzemviteli tervek gépfenntartás alatti felülvizsgálata természetesen az összes gépjavítási szempontból számításba jöhető alkatrészt érinti, de elsősorban a gépek munkavégző szerveikhez, szerszámaihoz kapcsolódnak. A gépek javítása során megváltoznak, többnyire javulnak az üzemelésre vonatkozó egyes műszaki állapotjelzők értékei.

Abban, hogy a gépek műszaki állapotjellemzői az üzemeltető által megkívánt szintet elérjék, meghatározó a gyártómű tevékenysége. Igen öröndetes, hogy a gépgyárak jelentős összegeket fordítanak a kutatásra, tervezésre, a korszerűbb gyártástechnológiák bevezetésére, a modernebb gyári termelő-berendezésekre, hogy termékeik, azok bizonyos tulajdonságai mind jobbak legyenek. Annál nyugtalanítóbb viszont, hogy gyártmányaik "harmadik születési szakaszára" általában már lényegesen kevesebb gondot fordítanak. Pedig ezáltal nagymértékben megkönnyíthetnék a gépjavítási feladatokkal foglalkozó szakemberek munkáját. A tervezési fázisban eleve jobban figyelembe kellene venni azt, hogy mely alkatrészek, részegységek milyen gyakorisággal hibásodnak meg a gép életciklusa alatt és így hányszor kell javítás céljából a gépet megbontani. A meghibásodott alkatrészek gyors javíthatósága azon is múlik, hogy a tervezés során biztosítják-e az alkatrészek szerelés szempontjából kedvező hozzáférhetőséget. Ugyanakkor a sok szerelési időt igénylő alkatrészek esetében pedig az volna a kívánatos, hogy olyan anyagból és technológiával készüljön az alkatrész, ami biztosítja a kellően hosszú élettartamot.

Jelenleg a gépjavítási kérdések szakértőjének igen bonyolult problémákat kell megoldania, mely széleskörű elméleti és gyakorlati felkészültséget igényel. Ahhoz ugyanis, hogy a gépfenntartási tervek felülvizsgálata során eredményes munkát tudjon kifejtetni, ismernie kell az eredeti tervekben foglalt célkitűzéseket, továbbá azokat a módszereket, amelyekkel az új célkitűzések megvalósíthatók. A kérdés bonyolultságát még csak tovább fokozza a szervezeti formák heterogenitása.

A gépfenntartás szervezeti formáit tekintve kapcsolódhat direkt úton a termelő vállalathoz vagy valamely gyártó céghez, de képezhet teljesen önálló üzemi tevékenységet folytató vállalkozást is.

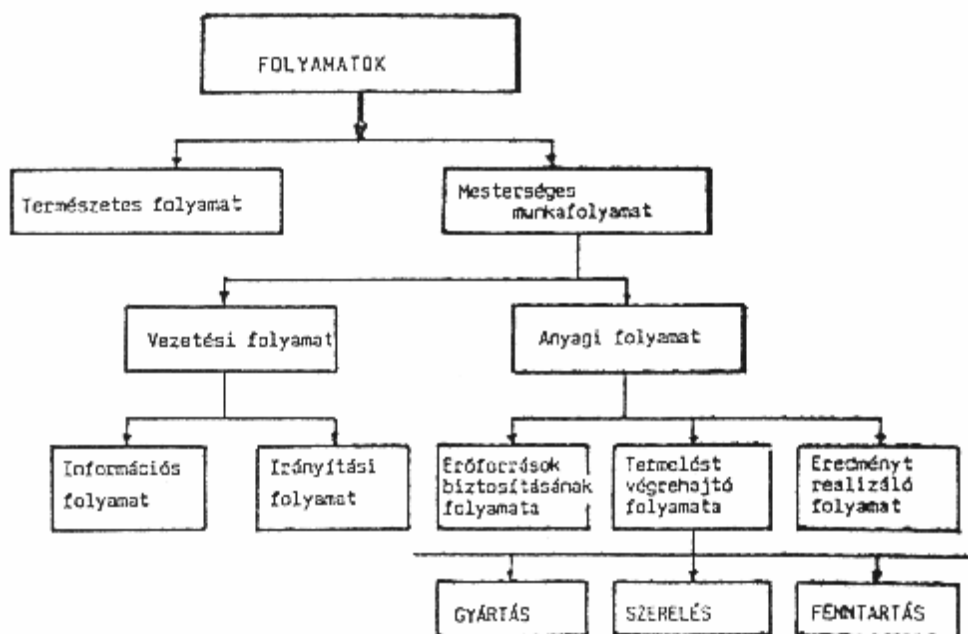
Egyre határozottabban fogalmazódik meg az a környezetvédelmi igény is, hogy olyan berendezéseket gyártsanak, amelyekben lehetőleg minél kevesebb a környezetvédelem szempontjából megsemmisítendő vagy hosszútávon tárolandó alkatrészek, illetve egyéb segédanyagok mennyisége.

Természetesen számtalan olyan elem van, amelyet nem gazdaságos javítani. Így például egy hibás villanykörtét senki sem akar megjavítani, mivel a javítástechnológia igen bonyolult és költséges volna. Sok szerelést igénylő, nehezen hozzáférhető hibás alkatrészt – ha olcsó is a felújítás – inkább cserélünk, mert az esetleges gyakoribb meghibásodásból eredő termelési időkiesés nagy károkat okozhat. Ugyanakkor az is magától értetődő, hogy egy gépkocsit gyújtáshiba vagy nagy szelephézag miatt nem fogunk selejtezni, mivel a hibák megszüntetése jelentősen kisebb javítási költségeket igényel, mint egy új gépkocsi megvásárlása.

Az alapvető probléma általában nem az, hogy bizonyos hibák kijavítása gazdaságos-e vagy sem, hanem az, hogy egy sok elemből álló, drága gépet (pl. autót, mozdonyt, traktort, kombájnt) meddig gazdaságos üzemben tartani? Mikor optimális egy gépet selejtezni és helyette egy újat beruházni? Ezekkel a kérdésekkel részletesebben a 7. fejezet foglalkozik.

2. TERMELÉSI FOLYAMATOK, BERENDEZÉSEKET ÉRŐ HATÁSOK

Egy vállalkozás a termelési feladatát mesterséges munkafolyamatokon keresztül tudja véghezvinni. Ezek a folyamatok a termeléshez időben és térben logikus elrendeződésben kapcsolódó tevékenységek. A folyamatok funkcionális tagozódását a 2.1. ábra mutatja.



2.1. ábra. Folyamatok funkcionális tagozódása

A termelést végrehajtó folyamatban történik – a vállalkozás erőforrásainak felhasználásával – a termékek vagy a szolgáltatások előállítás, méghozzá a vezetési folyamat információinak és irányítási hatásainak segítségével.

A vállalkozás termelési feladatainak elemei:

- a profil – a vállalkozás által gyártott termékek, vagy nyújtott szolgáltatások jellege (Mit csinál? Mit teljesít?)
- a kapacitás – a vállalkozás által teljesítendő mennyiségi feladatok összessége (Mennyit teljesít?)
- és a vertikális – a termelési folyamatot megvalósító rendszer felépítése (Milyen rendszerben és milyen folyamatokon keresztül történik a termelés?).

A termeléshez különböző létesítmények úgymint építmények, gépek, szállítóberendezések, járművek, vagyis anyagi javak szükségesek. A létesítmény rendszerint része valamilyen műszaki rendszernek és gazdaságos üzemeltetéséhez ismerni kell tulajdonságait.

A termelést végrehajtó folyamat megszervezése függvénye a termelési profilnak, annak tehát, hogy ott gyártás, javítás, szolgáltatás stb. folyik-e, mint fő tevékenység.

Mennyiségi értelemben egy vállalkozás nem más, mint

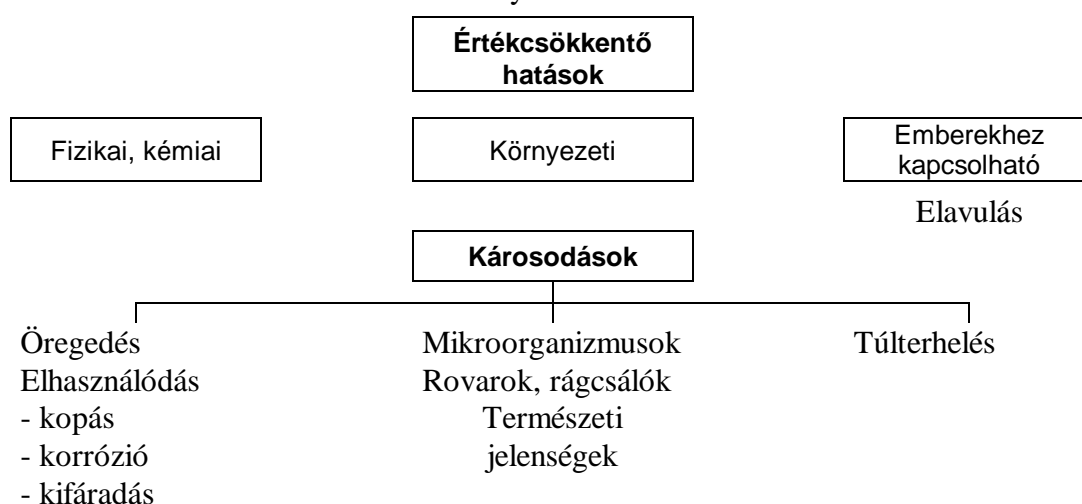
- a rendelkezésre álló erőforrások (pénz, anyag, energia, munkaerő, információ stb.)
- a termékek, szolgáltatások és
- közöttük fennálló kapcsolatok (fajlagos ráfordítások) komplex halmaza.

Ennek megfelelően egy vállalkozás termelési feladatának meghatározásánál arra kell törekedni, hogy az adott feltételek mellett maximális nyereséget vagy árbevételt produkáljon, vagy maximális darabszámot állítson elő.

2.1. Berendezéseket, munkaeszközöket érő hatások

A berendezéseket, műszaki munkaeszközöket üzemeltetésük közben állandóan olyan hatások érik, amelyek csökkentik a berendezés használati értékét, illetve előidéznek használhatósági tulajdonságaik elvesztését. Ezeknek a hatásoknak a módja, a jelentkezési formája, az oka és az időbeli lefolyása különböző.

A befolyások jellege tekintetében fizikai, kémiai, biológiai, illetve az emberekhez kapcsolható hatások különböztethetők meg (2.2. ábra). A műszaki tényezőkből adódó elhasználódás olyan károsodásokat okozhat, mint pl. a méret vagy alakváltozások, az egyes részek egymáshoz való geometriai viszonyainak, a felületek minőségének, vagy más tulajdonságoknak a megváltozása. Ezek nem kerülhetők el a munkaeszközök helyes használatakor sem.



2.2. ábra. A műszaki berendezéseket érő értékcsökkentő hatások

Az öregedés csak akkor tartozik a káros hatások közé, ha a gyártási folyamaton kívül lép fel. Az öregedés az anyag belsejében végbemenő folyamat, amelynek következtében a szilárdság vagy más jellemzők maradandó változása következik be, elsősorban a munkaeszköz korától vagy környezetétől függően.

Az emberekhez kapcsolódó műszaki-gazdasági hatások a munkaeszközök értékcsökkenését idézik elő. Ez annak a következménye, hogy a műszaki fejlődés folytán új, nagyobb termelékenységgű, jobb minőségű, munkateljesítményű munkaeszközök előállítása válik lehetővé. Ebben az esetben a munkaeszközök elöregedéséről vagy erkölcsi elavulásáról – kopásáról beszélünk.

A túlterhelés oka a műszaki munkaeszközök helytelen kezelésében és az elhasználódásban keresendő. Ez közvetlen kárt okozhat. Lehet közvetetten is kárt okozó, vagy a helytelen használat gyorsítja az elhasználódást.

2.2. Jellegzetes rongálódási folyamatok

A gépi berendezések műszaki állapotát meghatározó állapotjellemzők a gépek tervezése és gyártása során jönnek létre. Nagy többségükre tehát az jellemző, hogy a gyártást követő időszakban, így az értékesítés majd a gépüzemvitel folyamán jelentős változáson mennek át. Például a bejárás, beállítás, gépjavítás, felújítás alkalmával az állapotváltozók rendszerint javulnak, a gépüzeme-

lés, tárolás időszakában pedig romlanak. Sajátosságuk, hogy általában hozzájuk rendelhető egy-egy olyan határérték, amelynek elérése után a kérdéses gépalkatrész, gép hibásnak minősül.

A gépek műszaki állapotának a romlását különféle folyamatok hozzák létre. Közülük a gépüzem-fenntartás szempontjából a legfontosabbakat részletezzük:

- súrlódás és kopás,
- repedés és törés,
- korrózió.

2.2.1. Súrlódás és kopás

A gépészetben a leggyakrabban előforduló rongáló folyamat a kopás, amely általában súrlódás következménye. A kopás során az alkatrészek egymással vagy idegen anyaggal (munkaközeggel) súrlódó felületei méret- és tömegcsökkenést szenvednek.

A kopás jelenségén apró, makro- vagy mikro szerkezetű anyagrészecskék káros kiszakadását értjük a súrlódó felületről. A definíció szerint nem tekinthető kopásnak, ha két anyag érintkezésekor az egyik elektront ad át a másiknak.

A súrlódás – általánosan – a mozgást akadályozó hatásként definiálható. Szűkebb értelemben, a súrlódás az egymással érintkező felületek viszonylagos elmozdulásakor lejátszódó, a mozgás ellen ható jelenségek összessége.

A súrlódás és kopás között jelenleg nem mutatható ki egyértelmű összefüggés. A súrlódás már megvalósítható elhanyagolhatóan kis kopással, de a kopás, súrlódás nélkül nem képzelhető el. Ez magyarázza, hogy a két jelenség összefüggéseinek feltárása egy új tudományág, a tribológia (súrlódástan) kutatásainak lett alapvető témája.

A tribológiai folyamatok eddigi kutatásai igazolták, hogy jó konstrukciójú gépeket csak akkor lehetséges kifejleszteni és üzembiztosan működtetni, ha a súrlódást és kopást egy adott tribológiai rendszer jellemzőiként kezeljük. A tribológiai rendszerek bonyolultsága miatt fokozottan érvényes, hogy tudományosan megalapozott, gyakorlatilag is használható összefüggések feltárása az általános rendszerszemlélet és a műszaki rendszerelemzés módszerének az alkalmazásával lehetséges.

A súrlódás hatására kialakuló anyagvesztés, amely a súrlódási folyamat alatt megjelenő mechanikai, termikus és vegyi igénybevételek hatására alakul ki a következő formában jelenhet meg:

- anyagátvitel az egyik elemről a másikra,
- anyagrészecskék válnak le és jutnak a környező közegbe,
- vegyi reakció-termék keletkezik.

Az anyagvesztés nagyságától függően enyhének nevezett kopás a legfelső felületi réteg leválását jelenti, amikor a felület viszonylag sima marad, a szerkezet hosszú időn át megőrzi működő képességét, és vékony, lemez alakú, erősen oxidált kopási részecskék keletkeznek. Erős kopásnál belső anyagrészek szakadnak ki, a felület feldurvul, a szerkezet működőképessége leromlik vagy meg is szűnik, nagyméretű, főleg alapanyagot tartalmazó, kopási szemcsék keletkeznek.

A tribológiai rendszerben jelentkező kopás jellemzésekor figyelembe kell venni:

- a mozgásformát (csúszás, gördülés, ütközés, áramlás, rezgés),
- a kölcsönhatásba kerülő elemeket,
- az uralkodó kopási folyamatot (felületi kifáradás, abrázio, adhézió, kémiai).

A kopás nagyságának jellemzésére további mennyiségeket is figyelembe kell venni, pl.:

- a bevitt energiát: a normálerőt, a súrlódási tényezőt, a súrlódási úthosszat,
- a kopást befolyásoló anyagjellemzőket,
- a kopás sebességet,
- a kopott felületek állapotát.

A kopást okozó folyamatok a súrlódó felületeken jellegzetes elváltozásokat, felületi mintázatot alakítanak ki, amelyek segítenek az uralkodó kopási folyamat felismerésében, azonosításában. Rendszerint az alábbi kopásformákat különböztetik el:

- **adhéziós kopás.** A súrlódás során az érdességi csúcsokon kialakult atomos-molekuláris kapcsolatok elszakadnak, anyagrészek jutnak át az egyik felületről a másikra, mert az érintkező felületek felszíni rétegének szilárdsága a súrlódási igénybevétel és a fizikai-kémiai hatások következtében megnövekszik a belső anyagrészekéhez képest, és a szakadás (az elnyíródás) a kisebb szilárdságú anyag belsejében jön létre. Rendkívül súlyos felületi károsodásokkal, berágódásokkal járhat.
Az adhéziós kopásban fontos szerepet játszik a két súrlódó felület anyagának adhéziós hajlama (hasonló kristályszerkezet), valamint vegyi reakcióképessége, oxidációs hajlama. Az adhéziós hajlam csökkentésére jelentős mértékben eltérő kristályszerkezetű és/vagy heterogén szövetszerkezetű anyagokat célszerű párosítani (pl. acéllal öntöttvasat, bronzot vagy más csapágyfémet, kis adhéziós hajlamú műanyagot (PTFE, HDPE), műanyag vagy fém kompozitot, kerámiát), illetve a felületeket bevonatokkal (pl. TiN, TiC, BN, PTFE, MoS₂, Al₂O₃, ZrO₂, alkalmanként nemesfémek) kell ellátni.
Az oxidáció és más vegyi hatások megnehezítik az ismételt anyagátvitelt, feszültségkoncentrációt okoznak, elősegítve a kopási részecske leválását.
- **abrázios kopás.** A súrlódás során a felületbe benyomódó érdességcsúcs vagy kemény szennyező szemcse barázdát húz, miközben a barázdából kinyomódó anyag részben vagy teljes egészében kopási részecske formájában leválik.
A kopás döntő mértékben a koptató hatásnak kitett anyag keménységétől, illetve rugalmassági modulusától függ, a benyomódó csúcs (amennyiben legalább másfélszer keményebb, mint a koptatott anyag) keménysége a kopás sebességét lényegesen nem befolyásolja. Műanyagoknál a kopásállóság inkább a szakadási nyúlással arányos.
A szerkezet élettartamának növelése megvalósítható hatékony tömítéssel, mely megvédi a súrlódó felületeket a szennyeződéstől, vagy a kemény súrlódó felületek optimálisan simára munkálásával, illetve nagy szilárdságú, de ugyanakkor szívós anyagokkal, vagy kemény, de nem rideg felületi bevonatokkal.
- **fáradásos kopás.** A csúszás vagy gördülés során kialakuló ismétlődő igénybevételek okozzák. Befolyásolják még: az anyag belsejében meglévő feszültséggyűjtő hatások (oxid és más kemény zárványok, szemcsehatárok, diszlokációk), felület jellemzői, hibái (egyenetlenségek, maradó feszültségek, korróziós lyukak, szennyeződések), terhelés eloszlás egyenetlensége (rugalmas alakváltozás, egytengelyűségi hiba, hézag beállítás).
Egymáson legördülő testeknél az anyag belsejében levő feszültséggyűjtő helyeken (zárványoknál, krisztallit határokon, rácshibáknál) repedés indul el, és a felszín felé haladva kráteryszerű kitöredezéshez, pitting képződéshez vezet. Csúszáskor a tangenciális igénybevétel hatására a repedés a felszínnel párhuzamosan indul el, és csak bizonyos hosszúság elérése után fordul a felszín felé és vezet lemezalakú kopási részecske kialakulásához.
- **mechano-kémiai kopás.** Elsősorban fémek súrlódásakor alakul ki, és döntő mértékben befolyásolja a súrlódó testek és a közbe bejutó közeg (oxigén) dinamikus (vegyi és mechanikai)

kölcsönhatása. A súrlódási folyamat alatt az igénybevételek hatására a felszíni anyagréteg átalakul (képlékenyen deformálódik, kristályszerkezete széttöredezik, a mozgás irányában rendeződik), másodlagos - védő - szövetszerkezet alakul ki. Ugyanakkor a súrlódásból származó igénybevétel terheli is a kialakult felületi védőréteget, deformálja, feszültségeket ébreszt benne, repedéseket idéz elő, növeli azokat a felszín környezetében, ami a végül a védőréteg lekopásához vezet (aktivációs energia).

Ha az igénybevételek hatására a védőréteg kopás sebessége meghaladja újraképződésének sebességét, a védőhatás fokozatosan megszűnik, az alsó anyagréteg megsérül, a szerkezet működőképességét akadályozó súlyos felületi károsodások (berágódás, bemaródás, pitting stb.) alakulnak ki. Ebben az esetben a kopási részecskék nagyméretűek, és rendszerint sok fémet tartalmaznak.

Tribológiai szempontból kívánatos egy tartós, kopásálló, vékony felületi réteg a súrlódó felületeken – ami lassan, fokozatosan kopik, miközben állandóan újra képződik – melynek kialakulásában a kenőanyag (adalék) vegyi reakcióképessége döntő szerepet játszik.

- kavitációs kopás. Szilárd testek áramló folyadékkal érintkező felületein alakulhat ki, ahol a kedvezőtlen áramlási viszonyok miatt a folyadékban oldott gázok kis nyomású buborékok alakjában kiválnak, a buborékok azután összeomlanak, és erős folyadékütkezéseket idéznek elő a szilárd test felületén. A folyadékütkezés erős mechanikai igénybevételt okoz (a kialakuló nyomás elérheti az 1500 bar-t), hatására repedések indulnak el a felülettől az anyag belseje felé és tovaterjedve lyukszerű krátereket hoznak létre.

Intenzív kavitációval szemben csak a homogén szerkezetű, nagy szilárdságú, de ugyanakkor szívós anyagok képesek bizonyos mértékig ellenállni. Legjobb az ausztenites szerkezetű mangánacél.

- fretting kopás vagy súrlódási korrózió. Akkor keletkezik, ha az egymással érintkezésben levő felületek egymáshoz képest kis amplitúdójú (70-700 μ m) rezgőmozgást végeznek, így az érintkezési zónában alternáló súrlódás jön létre. E folyamat az érintkezési felületen helyi kopást, felületi pontkorróziós gödrösödést (pit) és kezdődő fáradt repedést okozhat, ami az anyagok kifáradási határát drasztikusan csökkenti.

Elkerülésére a konstrukció módosítása a legjobb megoldás, de lassítható a folyamat a levegő vagy oxigén bejutás gátlásával (tömítés, festés).

- eróziós kopás. Szilárd részecskéket tartalmazó közegek (iszapok, poros gázok), ömlesztett anyagok (cement, szemes termény) csővezetékben szállításakor (főleg áramlási irányváltást okozó idomokban), surrantókon, szállító eszközökben, áramlástechnikai gépekben jelentkezik.

A szilárd testhez ütköző részecskék mozgási energiája ütközési energiává alakul át (a fal és a részecske rugalmasan és/vagy képlékenyen deformálódik, ridegen törik), a becsapódó részecske a falból anyagrészeket szakít ki. A kopás nagysága a mozgási energiát meghatározó paraméterektől (az ütközés irányától és sebességétől, a részecske tömegétől) és a kopásnak kitett anyag, valamint az ütköző részecske tulajdonságaitól (szilárdságától, keménységétől, alakváltozási képességétől, a részecske méretétől és alakjától stb.) függ.

Gyakran a szerkezeti kialakítás megváltoztatásával lehet csökkenteni az eróziós kopást, vagy kopásálló betétek helyezhetők el az erősen igénybevett helyeken, sőt az is elérhető, hogy az áramlás hatására a szilárd részecskék kirakódjanak a kopásnak kitett szakaszokon a falra és védjék azt a koptató igénybevétellel szemben.

Az utóbbi kettő nem egyetlen önálló folyamat, hanem több folyamat egyidejű fellépése, vagy egymást követő megjelenése hatására alakul ki.

2.2.2. Repedések, törések

A repedés a legkárosabb hiba, mert legtöbbször törést idéz elő. A repedések keletkezését általában feszültségkoncentrációs zónák (bemetszések, furatok, ékhornyok, ezenkívül anyaghibák, zárványok, korrózió) okozzák. A repedés így felfogható egy eredő hibának, amely előfeltétele a törésnek és átmenet az anyaghibák, folytonossághiányok és a törés között.

A repedések tényleges töréssé alakulása több tényező együttes hatásának az eredménye. A szerkezeti kialakítás, az anyagfolytonossági hiány jellege és mérete, a terhelésből adódó feszültség együttes dinamikus rendszere határozza meg, hogy bekövetkezik-e törés vagy sem, és ha igen, milyen jellegű.

Alapvetően kétféle törés különböztethető meg:

- a ridegtörés és
- a kifáradási törés.

Az anyag repedését feszültségek okozzák, a repedés keletkezését rugalmas, majd maradó deformáció előzi meg. Repedések keletkezésére több hipotézist állítottak fel, ezek közül kettő látszik igazoltnak:

- az elcsúszási elmélet szerint, ha az anyagban a helyi feszültség meghaladja a folyáshatárt, akkor a kristallitok egymáson elcsúsznak, és a csúszás irányában egy mikrorepedés keletkezik és
- a diszlokációs elmélet szerint a rácshibák feszültséggyűjtő helyek, és mint folytonosság-hiányok okai és kiindulópontjai a repedésnek.

A repedés terjedési sebességétől függ, hogy ridegtörésről vagy kifáradási törésről beszélhetünk. A fémszerkezet teljes teherbíró keresztmetszetének – hangjelenség kíséretében létrejövő gyors kettéválását ridegtörésnek nevezzük.

A repedés terjedésének feltételeit *Griffith* az energiaviszonyok alapján magyarázta meg. A repedés akkor kezd terjedni az anyagban, ha a feszültségintenzitás tényezője (K_I) egy meghatározott értéket elér. A repedés csúcának környezetében kialakult feszültségállapot hatására a repedés felületei a repedés síkjára merőlegesen mozdulnak el.

Az ismétlődő igénybevételek hatására bekövetkező anyagkifáradás jelenségével *Wöhler* foglalkozott. Megállapította, hogy a helyi repedés a polikristallin szerkezet leggyengébb vagy legjobban igénybevett pontjából indul ki, és a terhelés jellégétől függően vagy megáll, vagy továbbterjed. A kifáradási határt több tényező (a szerkezeti kialakítás, az igénybevétel jellege, a felületi érdesség és a környezeti feltételek) is befolyásolja.

Tekintve, hogy a törési folyamatokban az üzemi igénybevétel és környezeti hatások mellett az anyaghibák jelentős szerepet játszanak, röviden összefoglaljuk ezek jellegzetes formáit és keletkezésük okait.

Az anyaghibák szilárdság csökkentő hatása kettős:

- a teherhordó keresztmetszetet csökkentik, vagy
- feszültségtorlódást okoznak.

A teherhordó keresztmetszet csökkenése arányos az anyaghiba méretével. Ha ez ismert, a szilárdságcsökkenés pontosan számítható. A feszültségtorlódás heterogén feszültségeloszlást hoz létre, a feszültségcsúcs nagyságát az alkatrész geometriai kialakítása és az anyaghiba térbeli helyzete is befolyásolja. A feszültségcsúcs helyi plasztikus deformációt hoz létre, és a képlékeny anyag esetén

ez oldja a feszültségeket. Ha az anyag rideg vagy repedékeny, akkor mikrorepedés keletkezik, ami továbbterjedve törést okoz. A feszültségek szilárdságcsökkenő hatásának jellemzésére az alak- vagy a feszültségtorlódási tényezőt (α_k) használják. Ennek értéke egy homogén anyagból készült sima, bemetszés nélküli próbatest esetében egy, más – ennél kedvezőtlenebb – esetben egynél nagyobb szám.

Anyaghibák (folytonossági, rácsszerkezeti, kristály deformáció) keletkezhetnek technológiai, tervezési és üzemeltetési okok következtében. Az anyaghibákat a következő csoportokba soroljuk:

- gázzárványok – általában gömb alakúak vagy legömbölyített felületűek, ezért feszültségtorlódás szempontjából kevésbé veszélyesek. A gázzárványokat tervezéskor $\alpha_k \sim 3$ feszültségtorlódási tényezővel vesszük figyelembe.
- salakzárványok – nem fémes anyagok és legtöbbször szabálytalan alakúak, ezért éles bemetszésként hatva nagy feszültségtorlódást okoznak. Feszültségtorlódási tényezőjük $\alpha_k = 4-5$ értékű.
- rétegesség - melyet korrózió, hibás hengerlés vagy kovácsolás okozhat. A rétegesség is éles bemetszésként viselkedik, irányától, méretétől függően igen veszélyes lehet; $\alpha_k = 3-5$ értékű.

Az öregedés is az anyag rácsszerkezeti hibáival függ össze. A rácshibák külső erők okozta feszültségek hatására helyüket megváltoztatják. Ha mozgásuk során elérik a kristallitok határfelületét, az eredetileg határozott értékű folyáshatár elmosódik, következményeként a keménység növekedik, a nyúlás és a fajlagos ütőmunka csökken. Megkülönböztetünk alakítási öregedést, amely már 10%-os hidegalakításra létrejöhet és edzési öregedést, amely főleg lágyacélok 700°C-ról való gyors hűtésekor keletkezik.

A textúra változását az anyag anizotróp tulajdonságának az érvényesülése okozza. Nagyobb mértékű alakítás (pl. 25-30%-os nyújtás) következtében a kristallitok megnyúlnak, bizonyos határon túl a mikroszemcsézet szinte szétroncsolódásig torzul. Az ilyen anyag egyik irányban szilárdabb lesz, és a repedés, illetve a törés nem az általában ötvözőkben dúsabb szemcsehatáron, hanem a kristallitokban keletkezik. Az ilyen törési felületen a deformációs zóna kristallitjai torzultak és tompább fényűek.

2.2.3. A korrózió

A szerkezeti anyagok és félgyártmányok előállításuk első műveleteiben kémiai átalakuláson mennek keresztül. Fémek esetében például a színtém a kiinduló érc nyersanyaghoz képest magasabb energiaszintű állapotba jut, amely állapot nagy energiafelhasználással hozható létre és környezeti hatásoktól függően – csak meghatározott ideig tartható fenn. Az entrópia ismert törvénye szerint az anyagi rendszerek energifolyamatai olyanok, hogy – külső beavatkozás nélkül is – a legkisebb, illetve legstabilabb energiaszintű állapot elérésére törekednek. Gyakorlatilag ez a korrózió klasszikus megfogalmazása, amely érvényes nemcsak fémekre, hanem minden mesterségesen előállított anyagra, betonra, műanyagokra stb.

A korrózió tehát a fémeknek és más szerkezeti anyagoknak a környezettel végbemenő olyan reakciója, amelynek során kémiai vagy elektrokémiai folyamatok eredményeként az anyag visszaalakul a stabilabb, kisebb energiaszintű állapotba.

Így például a vasércből – amelyekben a fém oxid- vagy hidroxid vegyületekben fordul elő – energiaigényes redukciós folyamattal állítható elő a tiszta fém. Ebből a magasabb szintű energiaállapotból - ha a fémet védelemben nem részesítjük - a környezeti hatásoktól függően újból oxid- vagy hidroxid- komplex vegyületekké alakul vissza. A réz érceiben szulfid- vagy bázisos szulfát-vegyületekben található, és a korrózió során ismét szulfiddá vagy bázisos szulfáttá alakul vissza.

A korrózió – mint műszaki hibát okozó folyamat – az alkatrészeken méret- és tömegváltozást, valamint szilárdságsökkenést okoz. Atmoszférikus környezetben a fémek kopási folyamatában a korróziós hatás mindig megtalálható. Hátrányos tulajdonsága a korróziónak, hogy nemcsak üzem közben, hanem tárolás alatt is rongálja gépeinket, minden esetben, ha elmulasztjuk ellene a védekezést. A gépi berendezések gyakran korrózió-aktív közegben vagy korrózió-aktív anyagokkal dolgoznak, így a korrózió számos műszaki hiba okozója.

A korrózió végbemehet folyadék, gáz és szilárd közegben egyaránt. Ezek szerint beszélhetünk:

- folyadékkorrózióról,
- atmoszférikus, illetve gázkorrózióról és
- talajkorrózióról.

A folyamat mechanizmusa szerint megkülönböztetünk:

- kémiai

Szilárd fém és gázközeg (pl. oxigén) között lezajló határfelületi reakció, mely a fémre roncsoló hatást fejt ki. A reakcióréteg lehet egész vékony, vastagsága a reakció időtartamától és hőmérsékletétől függ, melyre az ún. futtatási színek utalnak. Jellemző példája a rozsdaképződés.

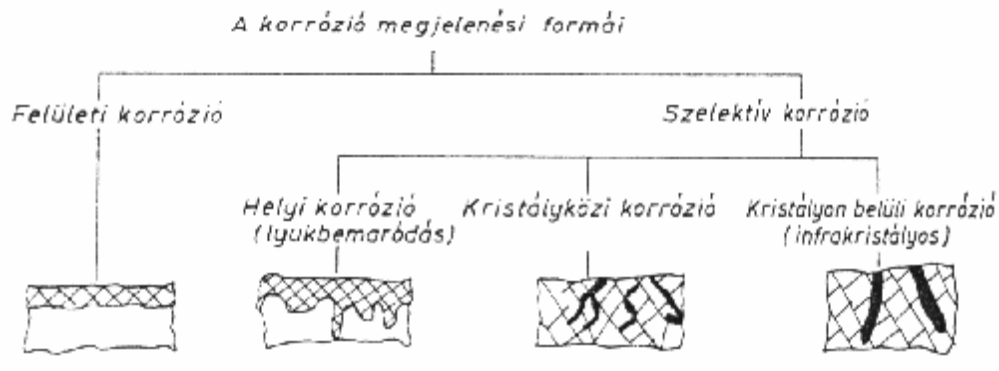
és

- elektrokémiai korróziót.

A fémek elektrolit jelenlétében ionokat bocsátanak az oldatba. Az egyes fémeknél ez a törekvés különböző nagyságú (az elektrokémiai feszültségsorban meghatározott normál potenciáltól függő) és elektrolitikus oldatnyomás néven ismeretes. Mechanizmusa: a helyileg szétválasztott fémfelületek kis területein töltéscsere jön létre. E területek közötti feszültségkülönbség hatására galvánelem keletkezik. Minél messzebb áll a helyi elem két alkotórésze a feszültségsorban, annál nagyobb a szóban forgó kevésbé nemes fémnek a korróziója.

Mind a kémiai, mind az elektrokémiai reakció egyensúlyi állapotot hoz létre, illetve ennek létrehozására törekszik. A korrózió beindulása a kölcsönhatásban levő anyagok termodinamikai egyensúlyától függ. Ha a folyamat beindul, fontos kérdés a korrózió sebessége, amelyet meghatározott tényezők befolyásolnak. A korróziós folyamatok hatásmechanizmusának megértéséhez ismerni kell a témához kapcsolódó termodinamikai alapokat, a korrózió-sebesség csökkentés, illetve a védekezés miatt tanulmányozni kell a korróziós folyamatok törvényszerűségeit.

Előfordulási helyei szerint a korrózió különféle megjelenési formáit különböztetjük meg (2.3. ábra). A felületi korrózió a fém egyenletes lebomlása a felület minden helyén. (Vasnál mintegy 0,2...0,4 mm/év). A felületi korrózió viszonylag veszélytelen és könnyű felismerhetősége folytán jól megoldható az ellene való védekezés.



2.3. ábra. A korrózió megjelenési formái

A szelektív korrózió az ötvözeteket támadja meg.

Az ötvözetekben tapasztalható koncentrációkülönbségekre vezethető vissza az anyag helyi roncsolódása, mely a feszültséggyűjtő hatás következtében a szilárdság csökkenését okozza. A munkadarab akár ki is lyukadhat. Lényegesen veszélyesebb, mint a felületi korrózió, mert külsőleg csak nehezen lehet felismerni. A helyi korróziót ragyás- vagy lyukkorróziónak is hívják.

A kristályközi (interkrisztallin) korrózió az anyagnak a szemcsehatárokon fellépő roncsolódása. Feszültségkorrózióknak nevezett változatának nagysága függ az ötvöző alkotórészeknek az elektrokémiai feszültségsorban elfoglalt helyzetétől vagy a szennyeződés fokától. Az anyag szemcsenagysága is befolyásolja. Minél durvább szemcséjű egy anyag, annál kisebb a szemcséfelületek összege, ezért erősebb lesz a szennyezők koncentrációja a szemcsehatároknál, és annál nagyobb lesz a kristályközi korrózió. A kristályközi korrózió mértéke a struktúrától (durvaszemcséjű vagy finomszemcséjű), a szennyezők jelenlététől, és az ötvözet alkotórészeinek a feszültségsorban elfoglalt helyzetétől függ. Különösen veszélyes, mert kívülről nem ismerhető fel. Másik különleges válfaja a réteges korrózió lemez alkatrészekben észlelhető, hatására a lemez rétegekre válik szét.

A kristályokon belüli (infrakrisztallin) korrózió hasonlít a kristályközihez, de ebben az esetben a korróziós felület a kristályokon keresztül halad. Oka gyakran mechanikai feszültség. (Feszültségi repedési korrózió).

A korrózió elleni védekezés néhány lehetséges módja:

- Olyan konstrukciót kell kialakítani, mely lehetővé teszi az alkatrészek vizsgálatát, hogy a károsodás korai szakaszában felismerhető legyen, illetve kerülni kell a feszültségtorlódásokat, lefolyástalan sarkokat, réseket (galvanikus korrózió).
- Megfelelő szerkezeti anyag választása, gondos hegesztés (gyökoldalról is), ha szükséges feszültségmentesítő hőkezelés.
- A tárolt vagy kenőanyag megfelelő kezelése (pl. gáz nedvességtartalmának leválasztása).
- A korrózióknak kitett szerkezeti elemek különböző bevonatokkal való ellátása. Ilyenek a zománcozás, a lakkozás, az ólmozás, az ónozás, a kromátozás, a foszfátozás, a plattírozás (korrózióálló rétegek az alapfémre való felhengerlése), műanyag és keménygumi bevonatok készítése és más hasonló felületvédő eljárások.

3. A GÉPEK MŰSZAKI ÁLLAPOTA, FENNTARTÁSI JELLEMZŐK

3.1. Műszaki állapot, funkció

A gépek műszaki állapotának, műszaki állapotváltozásának meghatározása, vizsgálata a gépfenntartás egyik legfontosabb feladata. A gépek műszaki állapotát különféle állapotjellemzők határozzák meg, ilyenek például a teljesítmény, a hatásfok, az energetikai-, munkaminőségi-, üzemeltetési-, ergonómiai-, fenntartási jellemzők. Az állapotjellemzők nagy száma és összetettsége miatt kénytelenek vagyunk ezeket azokra szűkíteni, amelyek az előírt állapotot a konkrét gépre szabványokban, irányelvekben, műszaki előírásokban, gépkönyvben stb. rögzítik. Nevezzük e konkrétan kezelt jellemzőket paramétereknek.

Funkción egy felhasználási célnak megfelelő feladatot, illetve e feladatnak a teljesülését értjük. Érzékelhető, hogy sok esetben nincsen szükség a gép, berendezés előírt állapotának megfelelő paraméter értékekre, hiszen a kívánt funkció teljesítéséhez a paramétereknek vagy azok egy részének alacsonyabb szintje is elegendő lehet. Például gondoljunk egy kovácsolt előgyártmány nagyolására használt esztergagépre, amelynél a kívánt funkció nem igényli az esztergagép egyébként nagyobb, a gépkönyvben garantált pontosságát.

Fordított eset csak kivételes esetben teljesülhet. Ebben a megközelítésben az előírt állapot a lehetséges összes funkciót jelenti, míg egy konkrét feladat elvégzéséhez csak a kívánt funkciók szükségesek. Világosan érzékelhető, hogy egy berendezésnél az előírt állapot helyett a *funkcióképesség*, mégpedig a kívánt funkciók ellátására vonatkozó képesség a döntő. Hibaállapot e képesség hiánya esetén következik be.

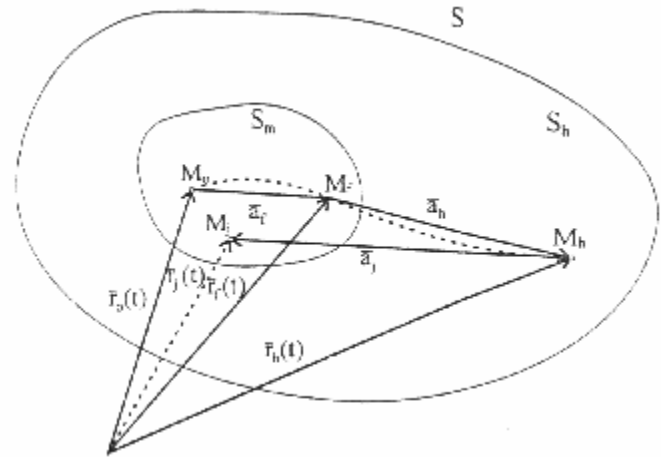
Gépeink, berendezéseink összetettek, így bonyolult rendszerként foghatók fel. Bonyolult rendszer mindazon kölcsönös kapcsolatban álló elemek összessége, amelyek többféle módon biztosítják az előre meghatározott funkciók teljesítését. A bonyolult rendszer elemeire bontható és mindegyik eleme – azon felül, hogy meghatározott funkciót lát el – a rendszer többi elemével kölcsönös kapcsolatban áll. Elemen szerkezeti egységet, részegységet, alkatrészt vagy annak valamely részét, általánosan a rendszer olyan alkotórészét értjük, amelyet önálló bemenő és kimenő paraméterekkel lehet jellemezni. A bonyolult rendszer fogalmába kötelező jelleggel beletartozik a különböző hatékonyságú üzemelési módok lehetősége.

Az állapotjellemzők az idő és/vagy használat függvényében változnak. Az állapot meghatározásában a kimenő paramétereknek van fontos szerepük, amelyek a rendszer struktúrájától, az elemek paramétereinek jellegétől is függenek. A gyakorlatban rendszerint néhány, általában összetett állapotváltozóval dolgozunk, vagyis a szükséges és elegendő számú paraméter megállapítására törekszünk.

A fenntartás szempontjából kitüntetett szerepe van a műszaki állapotnak. Általánosan egy rendszer – n kimenő paraméterekkel jellemzett – állapotát egy n -dimenziós állapottérben lehet értelmezni, amelyben a rendszer minden egyes pontjának az állapottér egy meghatározott pontja felel meg.

Az állapotváltozók általában időfüggők: $Y = f(t)$. Azok az állapotjelzők, amelyek az idő függvényében nem, vagy csak elhanyagolható mértékben változnak, tulajdonképpen a fenntartás szempontjából másodlagosak. Ilyenek lehetnek, pl. a gépállványok, a géptesthez tartozó alkatrészek, a nagy szilárdsági tartalékkal rendelkező és kis terhelésű alkatrészek.

Általános esetben valamely gép kimenő paramétereinek összességét az $\mathbf{r}(t)$ valószínűségi vektor komponenseiként foghatjuk fel az n -dimenziós térben. Ebben az esetben a gép adott időponthoz tartozó állapotát az $\mathbf{r}(t)$ helyzetvektor végpontja jellemzi. Ez a pont a gép használata során különböző helyzeteket foglalhat el a folytonos vagy diszkrét állapotterben. Ezek összessége a lehetséges állapotok tere (\mathbf{S}). A gépek működtetésével azok funkcionális tulajdonságai jellemző módon (fokozatosan, hirtelen) megváltoznak az előzőekben tárgyalt rongálódási folyamatok következtében, vagyis az állapotjellemezők megváltoznak. Ezért a gépek paramétereinek értékeire türéseket kell megállapítanunk. Ezek az intervallumok jelölik ki az \mathbf{S} állapotterben az \mathbf{S}_m munkateret, amelynek komplementere az \mathbf{S}_h hibater (3.1. ábra). Konkrét esetben a munkateret a kívánt funkciók paraméterei határozzák meg. Az M_0 kiinduló állapothoz képesti állapotváltozásokat az \mathbf{a}_f , \mathbf{a}_h vektorok jellemzik, azaz a gépek, berendezések alkalmazása során a használat következtében szükségszerűen bekövetkező állapotromlást érzékeltetik. A javítás folyamatát az \mathbf{a}_j vektor mutatja, e fenntartási intézkedés eredményeképpen a hibaterhez tartozó M_h pontból az M_j munkapontba kerül a berendezés, vagyis funkcióteljesítésre ismét alkalmas.



3.1. ábra. Állapotter

3.2. Állapot-meghatározás, diagnosztika

Egy gép tökéletes üzemképességét, rendeltetésének megfelelő működését csak úgy tudjuk elbírálni, ha ismerjük működési elvét, szerkezeti felépítését, üzemszerű zörejeit, üzemi fordulatszámát, üzemi hőmérsékletét, általában ismerjük az összes üzemi tulajdonságait. A rendes üzemi tulajdonságoktól eltérő jelenségekből (idegen zöreje vagy kopogás, teljesítménycsökkenés, üzemanyagfogyasztás növekedése, melegedés stb.) a gép valamilyen hibájára következtethetünk, aminek felismerése rendszerint nem könnyű feladat és nagy gyakorlatot kíván. A hiba keletkezését az észlelhető hibajelek összességéből tudjuk megállapítani.

A diagnosztika gépek, járművek, egyéb berendezések működésének megbontás nélküli ellenőrzése, szabályozása és beállítása az adott üzemi jellemzőkre. Előnyei:

- elkerülhetők a veszélyes helyzetek;
- csökkenthetők az előre nem látható üzemleállítások;
- csökkenthető az üzem és a berendezések károsodása;
- megtakarítás érhető el a használható gépek szétszedése nélkül;
- a meghibásodott alkatrészek könnyen azonosíthatók.

Gyakorlott szakember érzékszervei segítségével, műszer alkalmazása nélkül is sok hibát észrevehet. Legegyszerűbb a hibát felismerni, ha az szabad szemmel látható, pl. csavarkötések lazulása, külső repedés, törés vagy forgó alkatrészek külpontos futása. Nehezebb a hibát felismerni, ha a belső szerkezeti részek rendellenes működéséből adódik.

Hallható hibajel lehet a gép rendellenes zöreje, az ütés-, a kopogásszerű hangok mind arra utalnak, hogy valamelyik alkatrész meglazult vagy elkopott, vagy esetleg egy siklócsapágy bélésfémme kiolvadt. Egy belsőégésű motornál kopogó hang keletkezhet hibás gyújtásból is. Kopott dugattyú

a hengerben csilingelő hangot ad. Kelepelésszerű hangok keletkezhetnek meglazult borítólemezek, lécek rezgése miatt. A jellegzetes zörejek szabályos ismétlődésének üteméből lehet következtetni valamely forgó, lengő mozgást végző alkatrészcsoporthibájára.

Észlelhető hibajel tapintással is. A nem hallható kisebb rezgések és elmozdulások vagy hőmérséklet-eltérések tapintás útján felderíthetők.

Túlhevülés vagy magas üzemi hőmérséklet égett szagról (olaj, gumi, tömítés, szigetelés stb.) is felismerhető.

Az üzem közbeni hibafelismerést segítik a gépbe épített műszerek is. Ezek jelzik a gép főbb működési paramétereit vagy a gép által végzett munka minőségjellemzőit, ezáltal a hibamegállapítást is szolgálják.

Hőmérséklet mérésekor a megengedhető hőfokváltozást ellenőrizzük érintkezési vagy közvetett (hősugárzás) úton. A kisméretű hőelemet vagy ellenállás-hőmérőt a mérendő géprész felületén helyezzük el. Fontos a jó hőérintkezés. Egyre inkább terjedőben vannak a sugárzáson alapuló és a termokamerás vizsgálatok.

Az olajjal kent alkatrészek kopása mikroszkópikus törmelék juttat az olajáramba. Ez a törmelék jellemzi az adott kopási folyamatot, és felhasználható az alkatrészek állapotának jelzésére.

Színképelemzéses olajvizsgálatkor a mintában lévő anyagok – izzó gőz atomos állapotban – anyagi minőségükre jellemző fénysugárzást bocsátanak ki. Ez a sugárzás különböző hullámhosszúságú fénysugarakból áll, amely a szennyező elemekre jellemző.

Részecskeszám vizsgálatkor egy résen keresztülbocsátott olajminta szilárd részecskéi a fényt méretüknek és számuknak megfelelő mértékben árnyékolják, a fénynyaláb változásait egy fotodióda villamos jelekké alakítja, amelyek számlálóval mérettartományokra osztva megszámlálhatók vagy regisztrálhatók.

Az aktivációs kopásvizsgálatnál a minta kiégetése során keletkező hamu gammaspektrum méréseiből következtetünk a kopástermék összetételére.

A ferrográfias eljárás során a vizsgálandó mintából erős mágneses erőterrel választjuk ki a kopástermékeket, amelyek optikai mikroszkóppal vagy számláló elektronmikroszkóppal vizsgálhatók.

A túl nagy rezgés egyértelműen jelzi a hibás működést. A géphez mechanikai rezgésérzékelők csatlakoztathatók, amelyek a hozzákapcsolt elektronikus egységgel lehetővé teszik a rezgésszint meghatározását az átalakító egész frekvenciatartományára, vagy megfelelő szűrővel egy kiválasztott frekvenciasávban. Nagy értékű forgógépek gépkategóriától függő minősítéséhez javasolt rezgésérősség értékeket szabványok tartalmazzák.

A gép által keltett zaj is jelezheti a bajt. Az akusztikai figyelő berendezés ugyanolyan, mint a rezgés figyeléséhez használt, kivéve, hogy a rezgésátalakítót a gép közelében elhelyezett mikrofon helyettesíti. A megengedhető zajszintet és frekvencia spektrumot csak tapasztalati adatok alapján lehet felállítani.

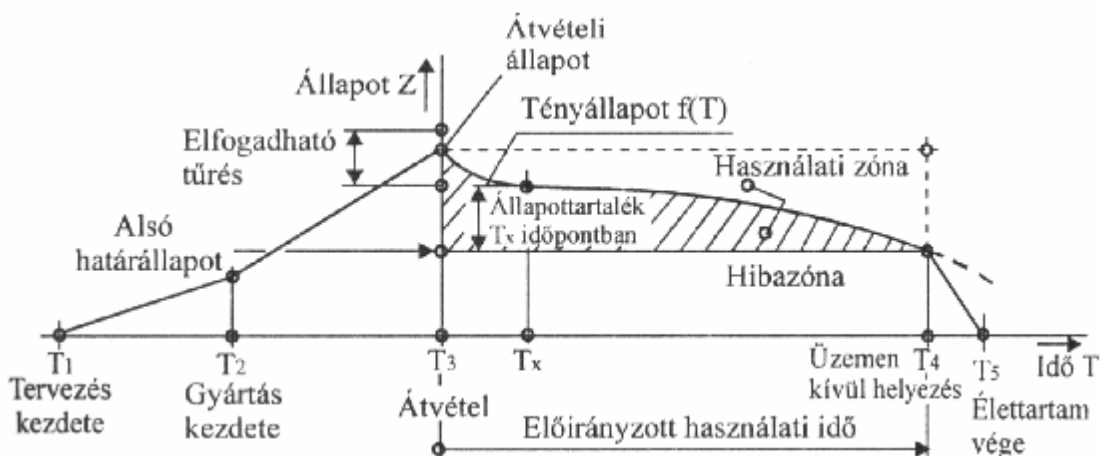
Az üzemi – szubjektív – hibamegállapítást időszakosan műszeres biztonsági, illetve defektoszkópiai vizsgálatokkal egészíthetjük ki. Belsőégésű motorok műszaki állapota elbírálható a kompressziós térhez csatlakozó alkatrészek tömítőképességéből, melyre a sűrítési végnyomás és a forgattyúház átfűvási áramának mérései után következtetünk. Használatosak a defektoszkópiai vizsgálatok a mellő futómű és kormánymű beállításának ellenőrzésére, belsőégésű motorok füstölésének ellenőrzésére is.

3.3. Fenntartási jellemzők

3.3.1. Az elhasználódási tartalék

A funkcióteljesítés az üzemeltetés során valósul meg, miközben a gép szükségszerűen elhasználódik. Az elhasználódás jellege igen változatos: általában hosszabb ideig tartó, időben nem feltétlenül egyenletes lefutású, de bekövetkezhet nagyon rövid idő alatt, hirtelen változások következtében is.

A funkcióképesség feltétele, hogy a gépeket a funkcióteljesítéshez szükséges tartalékkal, készlettel állítsák elő. Jól mutatja ezt a 3.2. ábra.



3.2. ábra. Az elhasználódás folyamata

Valamilyen elfogadható tűréssel történt az eszköz előállítása, majd a használati idő alatt az alsó határállapot eléréséig tart javítás nélkül a működőképes állapot. Ezt a funkcióteljesítést biztosító készletet nevezik elhasználódási tartaléknak (EHT), ez jelenti a gép használati értékét az üzemeltető számára. (Az elhasználódási tartalék fogalmat kezdetben "teljesítménytartalék"-nak fordították.)

A tartalék értékét szerencsés esetben egy géprészre egyetlen jellemzővel – például a kopás mértékével – határozhatjuk meg, de ez az elhasználódás soktényezős jellegéből következően ritka. Ha a tartalék egyetlen fizikai jellemzővel nem határozható meg, akkor általában beszélhetünk az elhasználódási tartalékról és mértékét célszerűen százalékban fejezzük ki a kezdeti (a gyártás befejezésének időpontjához tartozó) értékéhez képest.

Az EHT változásának jelleggörbáját a használati idő függvényében jelenlegi ismereteink szerint csak kísérleti úton lehet felvenni. Néhány jellemző esetre már meghatározták; az ismert kopásgörbének megfeleltethető jelleget fogaskerek kopása esetén észlelték, lineárisan csökken az EHT egyenletes kopásnál, kifáradásos igénybevétel esetén a görbe monoton csökkenő. Az elvesztett tartalék pótlása, illetve helyreállítása kétféle módon valósítható meg:

- vagy selejtezzük az eredeti, elhasználódott eszközt, és pótlásként újat építünk a helyére,
- vagy – ha javítható eszközről van szó – megfelelő technológiát választva a tartalékot helyreállítjuk.

A lényeges az, hogy alkalmas módon gondoskodjunk az elhasználódott tartalék ismételt rendelkezésre állásáról. Javítható rendszerek esetében az élettartam során az elhasználódás és a helyreállítás egymással ellentétes állapotváltozásai többször is megismétlődhetnek.

3.3.2. A hibahatár

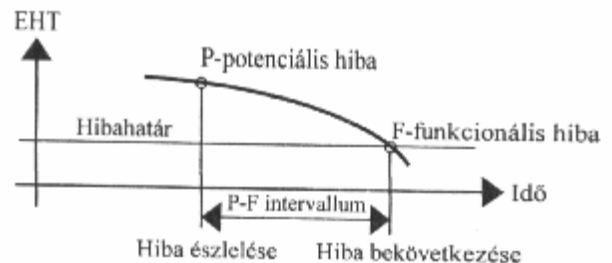
Az EHT lényeges információkat közöl és különösen fontos a karbantartó számára a lefutási görbe károsodási határt (hibahatárt) megelőző szakasza.

a) A hibahatár értékét valamilyen kezelhető paraméter(ek) formájában ismernie kell. Az alsó határérték túllépése, illetve a funkcióképesség nem megengedett csökkenése a károsodás, a hiba értelmezésének alapproblémája. Külön gond a határérték megállapítása, mely:

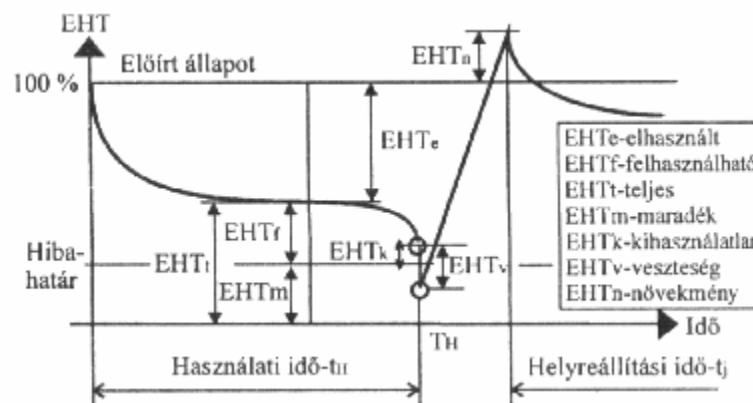
- hatásági és gyári előírásokból válik ismertté;
- statisztikailag értékelhető számú megfigyelés alapján írható elő;
- az EHT jelleggörbéjéből határozható meg (inflexiós pont);
- a gyártási folyamat statisztikai elemzéséből származik;
- elméleti (dinamikai, kinematikai, termodinamikai) alapokon számítható.

b) A karbantartót általában a maradék élettartam érdekléi elsősorban, amelynek meghatározása a karbantartás egyik elméleti, ugyanakkor közvetlen gyakorlati problémája is. A karbantartó és az üzemeltető is jogosan keresi az EHT (ami a gépre vonatkozik) kapcsolatát a még teljesíthető üzemórával, a még legyártható termékmennyiséggel stb. Más kérdés, hogy az EHT elfogyása alatt a ténylegesen elért és az elméletileg elérhető teljesítmények (pl. termékmennyiségek) aránya, az ún. kihasználási fok hogyan alakul. Az EHT mellett a kihasználási tartalékot értelmezhetjük, mint azt a termékmennyiséget, amely a termelési/szolgáltatási kapacitásokkal, meghatározott körülmények között teljesíthető, miközben az elhasználódási tartalék elfogy. Tehát az EHT kiinduló, a kihasználási tartalék pedig célmennyiség, előbbi a gépre, utóbbi a teljesítményre vonatkozik.

c) A hibahatár elérésének előrejelzése szempontjából fontos az ún. P-F intervallum ismerete (3.3. ábra). A P pontban ismerjük fel a potenciális hibát, az elhasználódási görbe mentén kifejlődő funkcionális hiba pedig az F pontban jelentkezik a hibahatár elérésekor. A karbantartó akkor tud az üzem közbeni beavatkozáshoz vagy a tervezett javításhoz felkészülni, ha a P-F intervallum az intézkedések megtételéhez elegendő. A szükséges időtartam értéke egészen szélsőséges is lehet.



3.3. ábra



3.4. ábra

Fentiek kezelésére a 3.4. ábra ad támpontot. Az ábrából a teljes- (EHTt), a felhasználható (EHTf) és a maradék (EHTm) elhasználódási tartalék fogalmait értelmezhetők. Egy konkrét idő-

pontra és eszközre (gép, részegység, alkatrész) vonatkoztatva az EHTf az előre meghatározott hibahatárig rendelkezésre álló, funkcióellátásra igénybe vehető tartalékot jelenti, míg az EHTt a tartalék teljes elfogyásáig tart. Ilyen értelemben használhatjuk az EHT részleges vagy teljes elvesztése fogalmakat, de vegyük figyelembe, hogy az $EHT_m = EHT_t - EHT_f$ funkcióellátásra már nem alkalmas. Az EHT_m értékének a helyreállítás szempontjából van jelentősége, hiszen a helyreállítás megkezdésekor, a t_H időpontban rendelkezésre álló EHTt nagysága elsősorban a javítási költségeket, átfutási időt stb. befolyásolja. A t_H időpontban a kihasználatlan- (EHTk) elhasználódási tartalék és veszteség (EHTv) is értelmezhető. Az EHTf és EHTk nagyságát a hibahatár, vagyis a funkcióellátáshoz megkívánt szint természetesen befolyásolja. A helyreállítás szintjétől, műszaki megoldásától függően az eredeti EHT-hoz képest csökkenés (EHTc) vagy növekedés (EHTn) következik be.

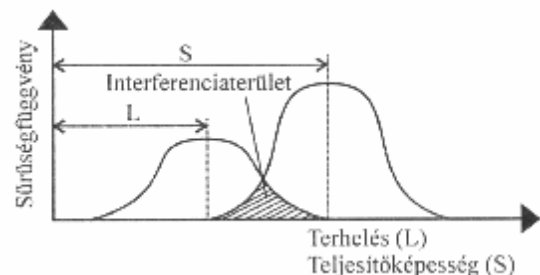
A meghibásodás eseménye a gép, illetve valamely szerkezeti egysége eredeti vagy helyreállított elhasználódási tartalékának a hibahatárt elérő részleges vagy teljes elvesztése. A meghibásodás a gépet olyan állapotba juttatja, amelyben a gépnek funkcióellátásra igénybe vehető tartaléka nincsen; tehát a hibaállapotban az $EHT_f = 0$.

A hibahatár túllépése még nem feltétlenül teszi szükségessé a működtetés megszakítását, mert esetleg csökkent teljesítménnyel az még folytatható. Ennek termelési, gazdasági, műszaki indokai és következményei (alacsonyabb teljesítmény, kisebb pontosság, növekvő selejt stb.) is vannak. Ugyanakkor ez az "alku" új funkcionális követelményt, vagyis új hibahatárt jelent.

3.3.3. Terhelés és teljesítőképesség

A hibák bekövetkezésének egy lehetséges magyarázata az úgynevezett interferenciadiagramon ábrázolható (3.5. ábra).

A terhelés (L) és a teljesítőképesség (S) is véletlenszerűen ingadozik, ezt a két haranggörbe szemlélteti. Hiba akkor jön létre, ha a terhelés nagyobb, mint amit a pillanatnyi teljesítőképesség el tud viselni. Ennek bekövetkezési valószínűsége azonos a két görbe vonalkázott közös területével, az ún. interferencia-területtel. Az ábrából látszik, hogy ennek mértéke függ a két várható érték különbségétől és a szórásoktól.



3.5. ábra. Interferencia diagram

Ezekből számítható az üzemelés biztonságára jellemző határérték SM (Safety margin). Az SM mutatószám a megbízhatóság egy jellemzőjének tekinthető. Értéke annál nagyobb, minél nagyobb a terhelhetőség (teljesítmény) várható értéke a terhelés várható értékéhez képest és minél kisebbek a szórások.

Összefoglalva: a meghibásodás eseményének, a hibaállapot bekövetkezésének fizikai alapja tehát a gép teljesítőképességét meghaladó terhelés. A hiba olyan állapotot jelöl, amelyben a gép nem tudja ellátni előírt funkcióját. E funkcióellátást szolgáló képességet a funkcióteljesítésre meghatározott feltételek mellett rendelkezésre álló készlet, az elhasználódási tartalék (EHT) jelenti, amellyel a gép vagy alkotóeleme az első előállítás (gyártás) vagy a javítás általi helyreállítás révén rendelkezik. Hibaállapotban az EHT egy rögzített, alsó határértéket elér, illetve túllép. Ebben az állapotban a funkcióteljesítésre felhasználható elhasználódási tartalék (EHTf) zérus.

3.3.4. A megbízhatóság

A megbízhatóság-elmélet az a tudományág, amely meghatározza a gépekben, berendezésekben fellépő meghibásodások törvényszerűségeit, ezek előrejelzésének módját, a megbízhatóság növelésének lehetőségeit a tervezés, a tárolás és a felhasználás időszakában, továbbá a megbízhatóság ellenőrzésének módszereit.

A megbízhatóság elméleti igényességű vizsgálatának kezdete a repüléstechnikához kötődik az 1940-es években. Biztonsági okokból a hibaokok módszeres vizsgálatával a hibamegelőzésre törekedtek. Kiterjedtebb alkalmazása az 1970-es évekre jellemző, amikor egyre inkább a nagyobb technológiai rendszerek (jellemzően az atomerőművek, ezek mellett a komplex ipari folyamatok) megbízhatósága került előtérbe. A karbantartási rendszerek fejlődése során, a fejlődés szerves részeként alakult ki a megbízhatóság-központú karbantartás (RCM – Reliability Centered Maintenance). Az RCM viszonylag kötött rendszere a lehetséges és a bekövetkezett hibák elemzésével, okainak feltárásával, a következmények értékelésével a megelőzés érdekében kíván eredményes lenni: a módszerekre helyezi a hangsúlyt, a megelőzést különösen a fontos, a környezetre veszélyt jelentő, súlyos következménnyel járó, a termelést nagymértékben befolyásoló gépek, berendezések esetében alkalmazza.

A megbízhatóság – ma már klasszikusnak számító meghatározás szerint – a termék azon tulajdonsága, hogy feladatát meghatározott feltételek között, meghatározott időtartam alatt elvégzi. E szerint a megbízhatóság fogalma a terméknek csak egy működési tulajdonságára, a hibamentes-ségre vonatkozik.

A megbízhatóságot a hibamentesség mellett más tényezők is befolyásolják. A hibamentesség tulajdonképpen a nem javítható, csupán az első meghibásodásig üzemelő termékek legfontosabb megbízhatósági jellemzője. Gépeink, berendezéseink döntő többsége – még szerkezeti részeit tekintve is – javítható, ezért más, a fenntartás miatt fontos jellemzők figyelembevétele különösen indokolt, például a tartósság, a javíthatóság jelentősen befolyásolja a termék eredő megbízhatóságát.

A megbízhatósági fogalom jelenlegi értelmezése az MSZ IEC 50(191):1992 szabvány szerint: a megbízhatóság gyűjtőfogalom, amelyet a használhatóság és az azt befolyásoló tényezők, azaz a hibamentesség, a karbantarthatóság és a karbantartás-ellátás leírására használnak. E megbízhatósági terminológia szolgáltatóközpontú azáltal, hogy a termék általános értelmű megbízhatóságát beépíti a termék által megvalósított szolgáltatás(ok) minőségének fogalomkörébe.

A szolgáltatás minősége a különféle szolgáltatás-képességektől (különösen az elérhetőségtől és a folyamatosságtól), a szolgáltatás-képességek pedig a termék hatékonyságától függenek, ez utóbbinak két összetevője van: a műszaki teljesítőképesség és a használhatóság. A műszaki teljesítőképesség azt jelenti, hogy a termék adott belső feltételek között (például a hibás és a nem hibás részek valamilyen kombinációja esetén) adott mértékű szolgáltatási igényt tud kielégíteni. A használhatóság a terméknek az a képessége, hogy adott időpontban vagy időszakban, adott feltételek között ellátja előírt funkcióját, feltéve, hogy a szükséges külső erőforrások rendelkezésre állnak.

A karbantartás-ellátás képessége a karbantartási szervezet azon képessége, hogy a termék karbantartását el tudja végezni adott feltételek között és előírt eljárások, valamint erőforrások felhasználásával.

A megbízhatóságot jellemző képességekhez és az azokat leíró időfogalmakhoz mérőszámok segítségével mennyiségi értékek rendelhetők. E mérőszámok (mutatók) a megbízhatósági esemé-

nyek véletlen jellegéből adódóan a valószínűség számítás és a matematikai statisztika módszereivel határozható meg. Néhány mutató a 3.1. táblázatban megtalálható.

A megbízhatóság mérőszámai (mutatói) MSZ IEC 50(191):1992 3.1. táblázat

Jelzők	A hibamentesség mérőszámai	A karbantarthatóság és karbantartás-ellátás mérőszámai	A használhatóság mérőszámai
Valódi	Hibamentesség, a hibamentesség valószínűsége $R(t)$	karbantarthatósági függvény	használhatósági, használhatatlansági függvény
Előre jelzett	Pillanatnyi $\lambda(t)$, átlagos meghibásodási ráta	pillanatnyi $\mu(t)$, átlagos javítási ráta	átlagos használhatóság, használhatatlanság
Extrapolált	Pillanatnyi $z(t)$, átlagos meghibásodási intenzitás (sűrűség)	átlagos karbantartási munkaidő-ráfordítás	stacionárius használhatóság, használhatatlanság
Becsült	Átlagos működési idő	átlagos javítási idő (MRT)*	
Átlag (átlagos)	– az első meghibásodásig (MTTFF)*	átlagos helyreállítási idő (MTTR)*	átlagos belső eredetű működőképességi idő (MUT)*
P-kvantilis	– a meghibásodásig (MTTF)*	átlagos adminisztratív (MAD)*, felkészülési késedelem	átlagos belső eredetű működésképtelenségi idő (MDT)*
Pillanatnyi	– a meghibásodások között (MTBF)*	a felkészülési, adminisztratív késedelem p-kvantilise	átlagos összegzett belső eredetű működésképtelenségi idő (MADT)*
Stacionárius	Meghibásodások közötti átlagos idő		

Fontosabb mutatószámok értelmezése:

- hibamentesség/hibamentesség valószínűsége [jelölése: $R(t_1, t_2)$]
Annak valószínűsége, hogy a termék előírt funkcióját adott feltételek között, adott (t_1, t_2) időszakaszban ellátja.
- (pillanatnyi) meghibásodási ráta [(jelölése: $\lambda(t)$)]
Annak a hányadosnak a határértéke $\Delta t \rightarrow 0$ esetén (ha ez a határérték létezik), amelynek számlálójában az a feltételes valószínűség van, hogy a termék meghibásodásának T időpontja a $(t, t+\Delta t)$ időszakba esik, feltéve, hogy a termék az időszakasz kezdőpontjában belső eredetű működőképes állapotban van, nevezőjében pedig az időszakasz Δt hossza van. Ebben a meghatározásban T jelentheti a működési időt a meghibásodásig, vagy a működési időt az első meghibásodásig.
- átlagos meghibásodási ráta: a pillanatnyi meghibásodási ráta átlaga az előre megadott (t_1, t_2) időszakaszban.

- (pillanatnyi) meghibásodási sűrűség (pillanatnyi) meghibásodási intenzitás [jelölése $z(t)$]
Annak a hányadosnak a határértéke, amelynek számlálójában a javított termék $(t_1+\Delta t)$ időszakaszban bekövetkezett meghibásodásának átlagos száma van, nevezőjében pedig ennek a szakasznak a Δt hossza van, ha ez az időszakasz 0-hoz tart, és ha ilyen határérték létezik.
- átlagos meghibásodási sűrűség/átlagos meghibásodási intenzitás: a pillanatnyi meghibásodási sűrűség átlaga előre megadott (t_1, t_2) időszakaszban.
- pillanatnyi javítási ráta [jelölése: $\mu(t)$]
Annak a hányadosnak a határértéke $\Delta t \rightarrow 0$ esetén (ha ez a határérték létezik), amelynek számlálójában annak feltételes valószínűsége van, hogy a javítási tevékenység a $(t, t+\Delta t)$ időszakaszban befejeződik, feltéve, hogy a javítási tevékenység nem fejeződött be az időszakasz kezdőpontjáig, nevezőjében pedig az időszakasz Δt hossza van.
- átlagos javítási ráta: a pillanatnyi javítási ráta átlaga adott (t_1, t_2) időszakaszban.

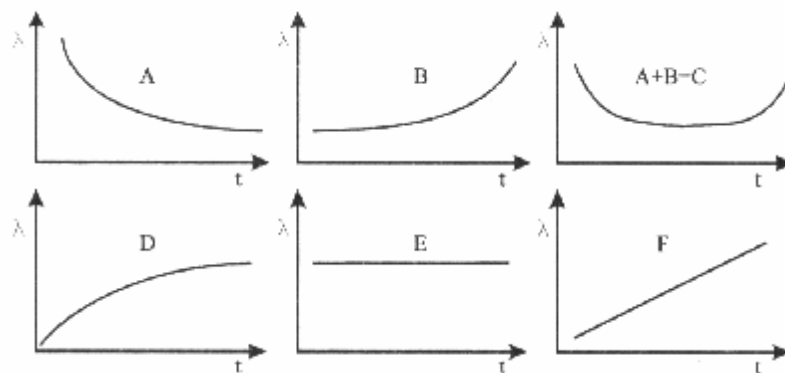
A mérőszámok meghatározása a gyakorlatban nem egyszerű. A vizsgált valószínűség-eloszlások paraméterei, de gyakran az eloszlás típusa sem ismert, ezért a mérőszámok közvetlenül nem számolhatók. Kedvező esetben nagy számú előzetes vizsgálati adat áll rendelkezésünkre (nagy számú működő elem, gép, hosszú vizsgálati idő), melyekből a mérőszámok átlagértékei, az egyes események relatív gyakoriságai számolhatók. Ha a rendelkezésre álló minta (pl. egy konkrét alkatrészfeleségből megvizsgált mennyiség) homogén és elegendően nagy számú, akkor kielégítő pontossággal becsülhetjük a feltételezett eloszlás paramétereit, illetve ellenőrizhetjük az eloszlás típusát (paraméterbecslés, illeszkedés vizsgálat). Sok esetben az eloszlás típusát előzetes tapasztalat vagy műszaki megfontolás alapján nagy valószínűséggel ismertnek vehetjük.

A leggyakrabban előforduló fenntartási problémák ismert eloszlás-típusait, sűrűségfüggvényeit, paramétereit a 3.2. táblázat mutatja.

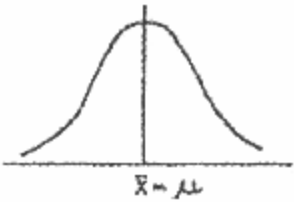
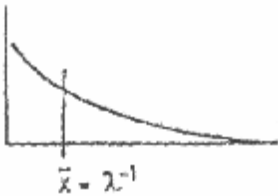
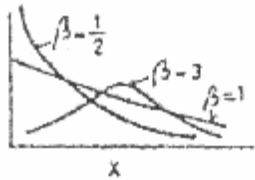
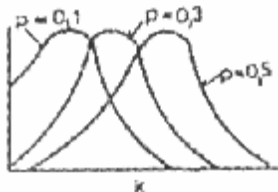
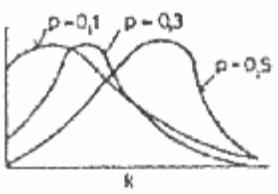
A megbízhatóság vizsgálatánál a gépet, mint rendszert elemekből felépülőnek tekintünk. Az elem olyan rész, amelynek megbízhatóságát (hibamentességét) a többi rész megbízhatóságától függetlenül tanulmányozzuk.

A meghibásodási ráta alakulása az élettartam jellegzetes szakaszaiban eltérő jellegű lehet és alakulása a gépek, szerkezeti részek meghibásodási viselkedésére jellemző (3.6. ábra).

A kezdeti és a késői szakasz csökkenő, illetve emelkedő jellege (a C-típus szerinti ún. fürdőkád-görbe) sokszor nem következik be (például az elem nem öregszik, vagy a bejáratás elmarad), a normál szakasz megléte viszont csaknem általános, amelyen az átlagos meghibásodási ráta állandó.



3.6. ábra. Meghibásodási ráták alakulása

Eloszlás-típus	Sűrűségfüggvény alakja	Az eloszlással leírható jelenségek (probléma)
Normális	 <p>A bell-shaped curve representing a normal distribution. A vertical dashed line marks the mean, labeled $\bar{x} = \mu$.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - tömegjelenségek, amelyeknél a kimenetet sok kisebb, egymástól független tényező befolyásolja (pl. alkatrészek élettartama, gyártási hibája, korrózió, kifáradás, kopás), - egy halmazból vett, azonos elemszámú, különböző minták adatai (függetlenül attól, hogy milyen eloszlásból származnak), - független, nagyszámú, azonos eloszlású valószínűségi változók összessége, - gépek öregedési jelenségei, - nem javítható termékek meghibásodásig tartó tényleges működése, - gépek fokozatos meghibásodása súrlódási folyamatok következtében.
Exponenciális	 <p>A curve starting high on the y-axis and decaying towards the x-axis. A vertical dashed line marks the mean, labeled $\bar{x} = \lambda^{-1}$.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - komplett rendszerek és gépek meghibásodási rátáinak elemzése, - tisztán véletlen eseményből származó meghibásodás (például köfelverődés a szélvédőre), - váratlanul, rendszertelenül fellépő rongáló folyamatok.
Weibull	 <p>Three curves representing different Weibull distributions. The curves are labeled with their respective shape parameters: $\beta = \frac{1}{2}$, $\beta = 3$, and $\beta = 1$. The x-axis is labeled x.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - egyes alkatrészek, illetve gépek jellemzői (például élettartam, meghibásodás), - véletlen és törvényszerű meghibásodások együttes fellépésénél a meghibásodások közötti tényleges (hibamentes) működési idők.
Binomiális	 <p>Three bell-shaped curves representing binomial distributions for different probabilities p. The curves are labeled with $p = 0,1$, $p = 0,3$, and $p = 0,5$. The x-axis is labeled k.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - mintavételes ellenőrzések, - diszkrét valószínűségi változó esetén, - egy gép meghibásodásának valószínűsége egymástól független meghibásodások esetén.
Poisson	 <p>Three bell-shaped curves representing Poisson distributions for different probabilities p. The curves are labeled with $p = 0,1$, $p = 0,3$, and $p = 0,5$. The x-axis is labeled k.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - bonyolult rendszerek adott időtartam alatti meghibásodásainak száma, - gépek egyidejű beérkezése javításra, - homogén anyagban található idegen részecskék száma.

3.3.5. Géprendszer megbízhatósága

A műszaki gyakorlatban viszonylag ritkán korlátozhatjuk a megbízhatósági vizsgálatokat csupán az egyes hibahelyek elemzésére, hiszen az igen nagy számú hibahelyet tartalmazó szerkezeti egységekből felépített összetett, bonyolult berendezések megbízhatósági vizsgálata is szükséges.

A megbízhatóság-elmélet lényegében a géprendszerekre is azokat a paramétereket alkalmazza, amelyeket a hibahelyekre bevezetett, azonban számításuk a géprendszerek esetében rendszerint jóval bonyolultabb, összetettebb feladat.

A megfelelő megbízhatóság elérése annál nehezebb, minél több hibahelyet tartalmaz a vizsgált gép. Ismernünk kell a géprendszereket alkotó hibahelyek megbízhatósági paramétereit, javíthatóságát, valamint kölcsönhatásait. Tudnunk kell azt is, hogy az egyes hibahelyek meghibásodása milyen mértékben befolyásolja a többi üzemképtelenné válását.

Független hibahelyekből állók azok a rendszerek, amelyeknél a hibahelyek meghibásodása nem befolyásolja a többi hibahely megbízhatóságát. Független hibahelyekből álló és első meghibásodásig üzemelő rendszerek megbízhatóságát a hibamentes működés valószínűsége jól leírja: n elem megbízhatósági függvénye $R_1(t), \dots, R_n(t)$. Az n elem kapcsolható sorosan, párhuzamosan és vegyesen.

Soros kapcsolású rendszernek tekintjük az elemek olyan megbízhatósági kapcsolását, ha bármelyikük meghibásodása a rendszer üzemképtelenségét okozza. Ilyen esetben az eredő megbízhatóság

$$R(t) = R_1(t)R_2(t)\dots R_n(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t)$$

Párhuzamos kapcsolású rendszer esetén az elemek megbízhatóság tekintetében függetlenek, a rendszer üzemképtelenségét csak az összes elem meghibásodása okozza vagyis:

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i(t)]$$

Vegyes kapcsolású rendszerben soros és párhuzamos kapcsolású elemek is vannak. Vegyes kapcsolású rendszerek eredőjét elemi kapcsolásokra bontva meghatározhatók az elemcsoportok eredői, majd a rendszert fokozatosan egy elemre (az eredőre) redukáljuk. Az előzőekben ismertetett megbízhatósági és meghibásodási függvények csak olyan esetekben használhatók, ha a vizsgálatot az első meghibásodásig végezzük, vagy (ami ezzel egyenértékű) az elemek nem újíthatók fel.

4. HIBAELEMZÉS, GYENGEPOINT FELTÁRÁS ÉS -MEGSZÜNTETÉS

A hibát olyan állapotként határoztuk meg, amelyben a gép nem tudja ellátni előírt funkcióját, vagyis funkcióellátásra felhasználható elhasználódási tartaléka (EHT) nincsen. Hibaállapotban az EHT részben vagy egészben elveszett.

A hibák a termelő-rendszerekben jelentős zavarokat, veszteségeket okoznak, ezért a hibákhoz vezető folyamatokat, az okokat és következményeket alaposan elemezni szükséges. Léteznek módszerek, amelyekkel a még be nem következett, potenciális hibákat tudjuk megelőző jelleggel feltárni, más módszerek pedig a már bekövetkezett hibák elemzésére alkalmasak.

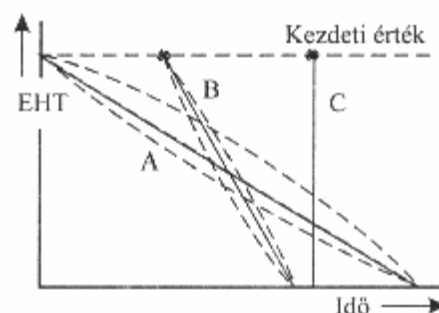
Az MSZ IEC 50 (191):1992 előbbire a hibaelemzés, az utóbbira a meghibásodás elemzés fogalmait vezeti be. Ezekhez csatlakoztatható az ún. gyengepont elemzés módszere is.

A hibaelemzés (hibaanalízis) kifejezés mellett a kárelemzés szóösszetétel is előfordul a szakirodalomban. Mivel a meghibásodás részleges vagy teljes működésképtelenséghez, károkhoz vezet, a kár szó használata (kárfajta, károk) is teljesen helyénvaló.

A névleges vagy az új állapot, valamint a meghibásodások között végtelen sok károsodási állapot van. A károsító hatások sokrétűek, általában sztochasztikus (véletlenszerű) jellegűek és egymáshoz szorosan kötődnek. Ezeknek a hatásoknak a leküzdése a tervezés, a gyártás, a használat és karbantartás területén, valamint hatásuk kiküszöbölése a helyreállítás folyamatában megköveteli a károk okainak és megjelenési formáinak pontos ismeretét.

A gyakorlatban a meghibásodás bekövetkezésének időtartama és mértéke szerint háromféle meghibásodás-típus különböztethető meg (4.1. ábra):

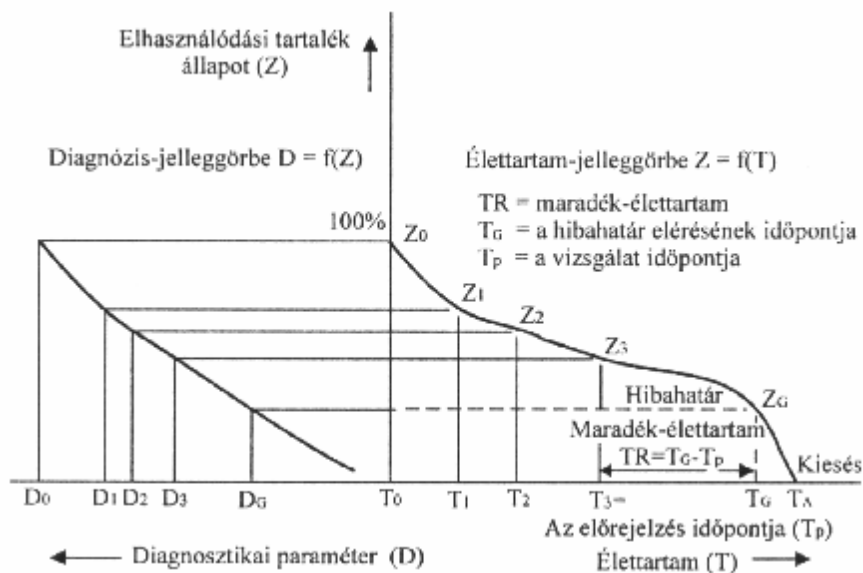
- a fokozatos meghibásodás folyamatosan (pl. kopás miatt) alakul ki az üzemeltetés kezdetétől (A-jelleg, "lágú hiba");
- a késleltetett meghibásodás: a meghibásodási mechanizmus véletlenszerűen későbbi időpontban lép működésbe valamilyen előre nem látható esemény (pl. kenéskimaradás) következtében, majd ezt követően folyamatosan fejti ki hatását (B-jelleg);
- a hirtelen meghibásodás (pl. pneumatikus csővezeték kilyukadása) véletlenszerű időpontban okoz részleges vagy teljes hibát (C-jelleg, "kemény" hiba).



4.1. ábra. Meghibásodás típusok

Jellemző a meghibásodásra, hogy a hiba-bekövetkezés időpontjának mekkora a szórása. A gép jelentősebb megbontása nélkül alkalmazható diagnosztikai eljárások valamilyen alkalmasan választott, kezelhető, szükséges és elegendő számú diagnosztikai paraméter (fizikai mennyiség, üzemi jellemző stb.) segítségével az EHT tényleges értékét képesek megadni. Ehhez az ún. diagnosztikus jelleggörbére is szükség van, vagyis a $D = f(Z)$ függvényre, amely korreláció- és regresszió számítással határozható meg.

Ha a karbantartási rendszerben a működő gépekre vonatkozóan felülvizsgálati, ellenőrzési műveletek vannak, netán állapotfüggő rendszert alkalmaznak, szükség van a hibahatár megállapítására, a diagnosztikai paraméter jelleggörbéjére, valamint az EHT lefutására, a $Z = f(T)$ jelleggörbére.



4.2.ábra. Élettartam előjelzési diagram

Mindezek szerepelnek a 4.2. ábrán. A maradék élettartam – amely a karbantartót és az üzemeltetőt elsődlegesen érdekli – meghatározásához az élettartam-görbe inverz függvényébe – a $D = f(Z)$ függvénybe – a hibahatár értékének behelyettesítésével a T_G időpont számítható. A TR maradék élettartam az utolsó vizsgálat (esetünkben $T_p = T_3$) időpontja és a hibahatár elérésének időpontja (T_G) közötti idő, vagyis $TR = T_G - T_p$.

Természetesen ez a módszer csak akkor alkalmazható, ha a gép, berendezés a használati idővel folyamatosan változó elhasználódási tartalékkal rendelkezik. Ha a meghibásodás véletlenszerűen, hirtelen következik be (C-jelleg szerint), megelőző jellegű diagnosztizálásra nincsen lehetőség. Minél nagyobb a hiba-bekövetkezés időpontjának szórása, annál inkább létjogosultsága van az állapottól függő karbantartási rendszer alkalmazásának, annál inkább kell a diagnosztika prognosztizálási funkcióját igénybe venni.

Azonos típusú gépeken az üzemeltetés során olyan azonos hibák lépnek fel, amelyek gyakori üzemzavart, nem megengedhető állapotot (pl. balesetveszélyt) okoznak. Az ún. típus hibák mértékére a gyártók sokszor egy küszöbértéket határoznak meg és ezek kijavításának költségeit magukra vállalják. Ha a típushiba azonosítható módon adott gyártási időszakban előállított terméknel jelentkezik, sorozathibáról beszélünk. Mindkettő a gyengeponttal rokon fogalom.

A *gyengepont* a köznapi szóhasználatban is elterjedt, ezen általában valamely tárgy hátrányos tulajdonságokkal rendelkező részét értik, de módszernek, eljárásnak, megoldásnak, esetleg személynek is van szélesebb értelemben vett gyengepontja. Gépekre, berendezésekre vonatkoztatva a szakcikkek gyengeponton általában jellegzetes – tényleges vagy feltételezett – hibahelyet, kritikus szerkezeti egységet, meghibásodásra hajlamos elemeket értenek, amelyek a kívánt funkciót nem teljesítik, de műszakilag lehetséges és gazdaságilag elfogadható eszközökkel módosíthatók. Ez az értelmezés tükröződik a 4.5. ábrán.

A gyengepont fogalom tehát a konstrukció sajátja, amely vagy a funkcióellátásra való alkalmatlanná válásban vagy üzemeltetési (kezelési) "gyengeségek"-ben jelentkezik vagy jelentkezhet. Gyengepont minden konstrukcióban szükségszerűen jelen van, hiszen ismereteink mai szintjén nincs "egyenszínvonalú" konstrukció, vagyis megoldatlan az azonos, illetve a tervezett terhelési viszonyok mellett azonos elhasználódási tulajdonságokkal – és azonos elhasználódási tartalékkal – rendelkező gépek, szerkezeti egységek és alkatrészek létrehozása.

A gyengepont mindig más szerkezeti részekhez viszonyított színvonal-elmaradást fejez ki, vagyis relatív jellegű. Követelmény, hogy a konstrukción belül bizonyos színvonal egység valósuljon meg, azaz ne legyen – gazdaságilag, műszakilag elfogadható határok között – kiugróan rossz tulajdonságú rész, amely viszonylagos gyengepontot jelent. Felvethető, hogy tervezett gyengepontok is léteznek (pl. biztonsági törőelem).

A mérés problémáit nem lehet megkerülni, hiszen a gyengepont elemzés fő szempontja a szerkezeti egységek relatív – ugyanazon gép többi szerkezeti egységéhez viszonyított – színvonalának megítélése. Ehhez a használati tulajdonságok összességét kell megítélni, amely egy mutatóhoz nem köthető. Csakis célszerűen megválasztott (illetve rendelkezésre álló), többféle mutatóval (értékelési tényezővel) lehet a szerkezeti egységek, mint komplex rendszerek minősítését (összehasonlítást és összemérést) végrehajtani, csak a hibagyakoriság figyelembevétele nem elegendő.

A gyengepont relatív jellegét és az elhasználódási tartalékot összekötő definíció: a gyengepont a gép konstrukciójának azon szerkezeti része (feltételezett vagy tényleges hibahelye), amelynek eredeti vagy helyreállított elhasználódási tartaléka azonos terhelés mellett több, alkalmasan választott értékelési tényező szerint, más szerkezeti részeihez képest kedvezőtlenebb.

A gyengepontok fajtái megszüntetésük időbeli jellegzetessége szerint:

- egyszeri gyengepont: célszerű intézkedésekkel véglegesen kiküszöbölhető,
- visszatérő gyengepont: meghatározott változtatásokkal csak bizonyos időre szüntethető meg,
- állandó gyengepont: jelenleg nem szüntethető meg, vagy megszüntetése gazdaságilag indokolatlan.

A gyengepontok jellemzői további áttekintést igényelnek.

a) A gyengepont helye általános értelemben a gép, berendezés azon funkcionális része, ahol az üzemzavar fellép. Különbséget kell tenni azonban a gyengepontok kihatásának és okának helye között, ami egy elemzés szerint az esetek 60-80%-ban nem esik egybe. Az elemzéshez szükség van a gyengepontok helyének alkatrész, részegység, gépegység, gépsor stb. szerinti megállapítására, vagyis igazodni kell a vizsgált objektum hierarchikus felépítéséhez.

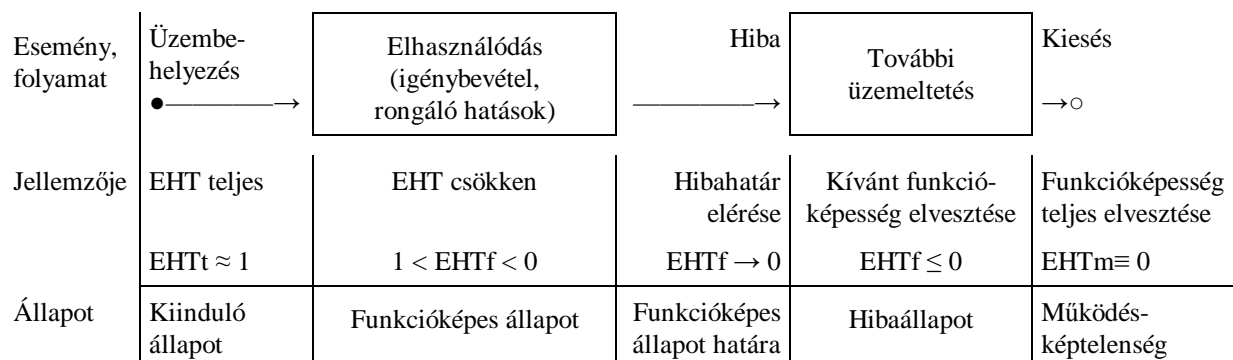
b) A gyengepont megjelenés akkor következik be, ha a gyengepontot kiváltó ok érvényre jut, ezzel az alkatrész vagy szerkezeti rész normál állapotához képest változások állnak be. E változásoknak számos formája lehet, szakaszainak időtartama eltérő. Minél gyorsabban jön létre az üzemzavar, annál kevesebb idő áll rendelkezésre annak időben való lokalizálására. Ezért érdemes egy lehetséges gyengepontot tartalmazó konstrukció változásait hosszabb időszakasz alatt nyomon követni, lehetőleg több jellemző alapján. Így már korai időszakaszban meg lehet állapítani a gyengepontok viselkedését és az elhárító intézkedéseket meg lehet tenni.

c) A gyengepont megjelenés hatásának mértékét a gyengepont intenzitásának nevezik, amely legnagyobb értékét meghibásodás esetén éri el. Konkrét esetben az intenzitást mechanikai, villamos, termikus stb. úton lehet érzékelni. Példaként tekintsünk egy csapágyazást, amely egy konstrukció gyengepontja. Első jelként még csak gyenge zajok érzékelhetők. Az intenzitást lökésimpulzus-mérések értékei mutatják. Az ebben a szakaszban végrehajtott intézkedés csak pótalkatrész- és csere költségekkel jár, míg meghibásodás esetén a költségek lényegesen magasabbak.

d) A gépek, hasonló berendezések viselkedésének becslésére és összehasonlítására vezették be a gyengepont potenciáljának (S_p) fogalmát. Ezen az építőelemek (E_i) számának és a lehetséges hibák (H_i) összegének hányadosát értik. Valamely gép vagy berendezés gyengepontjainak valóságos potenciálja a gyakorlatban 1,4 és 2 között helyezkedik el. Minél nagyobb a potenciál, annál kevesebb a hiba (hibamentes gépre $S_p = \infty$).

4.1. Meghibásodás és hiba

Az MSZ IEC 50(191):1992 szerint a hiba a terméknek az az állapota, amelyben nem tudja ellátni előírt funkcióját, kivéve ha ez az állapot a megelőző karbantartás alatt, vagy egyéb tervezett tevékenység során fordul elő, vagy külső erőforrások hiányából adódik. Tehát a termék a meghibásodás következtében működő állapotból hibaállapotba jut, így a meghibásodást folyamatként is értelmezzük (4.3. ábra).



4.3. ábra. Az elhasználódás folyamata

A kiinduló állapottól kezdődően a különféle igénybevételek és rongáló hatások következtében a működőképes állapot teljes időtartama alatt elhasználódási folyamat értelmezhető. Az eredeti vagy helyreállított EHT az elhasználódás következtében folyamatosan csökken, és a meghibásodás folyamata révén a hibahatárhoz (EHT_f=0) közelít, ahol beáll a hibaállapot, amely az esetek többségében nem a gép összes, hanem csak a kívánt funkcióinak elvesztését jelenti. Ezt meghaladó további elhasználódás a gép funkcióképességének teljes elvesztését okozza, minek következtében működésképtelen állapotba kerül.

Az elhasználódás folyamán különféle, a rendszer (gép) elemeire ható elváltozások, (műszaki hibák, amelyek nem jelentik a rendszer egészének hibaállapotát) léphetnek fel. A meghibásodás folyamatát értékelve a következő megállapítások tehetők:

- a folyamat során valamilyen okból különböző műszaki hibák keletkeznek,
- a keletkezett műszaki hibák megnyilvánulásuk szerint eltérőek (kopás, nyúlás, deformálódás, repedés, törés),
- a hibák kölcsönösen hatnak egymásra, de csak egyiknek a következménye okoz üzemzavart, minőségi változást.

A meghibásodás ezek szerint az üzemeltetés során valamely alkatrész, részegység műszaki állapotában bekövetkező minőségi változás mutatója. A változás meghatározható ok, illetve okok következménye és ennek eredményeképpen okozatként értelmezendő. A meghibásodásra jellemző a folyamatban résztvevő valamennyi elváltozás, amely az alkatrész, részegység műszaki megbízhatóságát csökkenti, üzemképességét befolyásolja. A meghibásodás tehát nem azonos a műszaki hibával, mivel műszaki hiba keletkezhet már a gyártáskor vagy a helyreállításkor is, ahol értelemszerűen nem beszélhetünk meghibásodásról. A műszaki hiba a meghibásodásnak csupán előfeltétele.

A meghibásodás annak ellenére, hogy nem kívánatos, az üzemeltetés szükségszerű és természetes velejárója. A megbízhatóság összefügg a meghibásodással, mert ha adott szerkezet nem működik a kívánt módon, akkor értelemszerűen meghibásodásról beszélhetünk. Logikai alapon kijelenthető, hogy minél nagyobb a megbízhatóság, annál kisebb a meghibásodás valószínűsége.

A meghibásodás fogalma a megbízhatósággal együtt vizsgálva kiegészül, teljessé válik. A két fogalmat ismerve most már kimondhatjuk, hogy a meghibásodás olyan folyamat, amely üzemi használat során az alkatrészek, részegységek rongálódása, elváltozása következtében jelentkezik és azok műszaki megbízhatóságát csökkenti.

Gyakorlati szempontok miatt lényeges, hogy megfogalmazzuk néhány fogalom kapcsolatát.

- Műszaki megbízhatatlanságnak nevezhető, ha egy alkatrész, részegység a feladatait bizonyos üzemi feltételek között, meghatározott időtartam alatt nem látja el megfelelően. Ez az állapot nem minden esetben vezet meghibásodáshoz. Pl. a traktor kopott gumiabroncsa száraz talajon még megbízhatóan működik, de nedves talajon megcsúszik, lehetetlenné teszi a vontatást, megbízhatatlan.
- Elhasználódáson olyan folyamat értendő, amelynek során az alkatrész, részegység stb. külső hatások következtében fokozatosan használhatatlanná válik.
- Az üzemképtelenség (működésképtelenség) olyan jellegű hiba, amely miatt az alkatrész, részegység műszaki állapotában bekövetkező változás a további használatot megakadályozza.
- Élettartamon használhatósági időtartamot értünk. A keletkezett műszaki hibák értelemszerűen csökkentik az élettartamot; például a fogaskerék fogainak kopása, kitöredezése élettartam-csökkenést okoz.

A meghibásodás és hibafogalmak osztályozásának lehetséges szempontjait, a meghibásodások és a hibaállapotok megfeleltetését a 4.1. táblázat mutatja.

A meghibásodás- és a hiba-fogalmakkal összefüggésben kimondható:

a) Ha a funkcióteljesítés fogalmát, – amely a felhasználási cél szerinti feladat végrehajtása – kiegészítjük, akkor lényeges üzemállapotok válnak meghatározhatókká.

LEHETSÉGES FOGALOMPÁROK AZ ÜZEMÁLLAPOTOK JELLEMZÉSÉRE (DIN 31051 alapján)

Funkcióteljesítés FT	Szándékolt Sz	Csökkenés Cs
Funkcióképeség FK	Nem szándékolt NSz	Megszakítás, megszakadás M

Leállítás	FT-Sz-M	Üzemen kívül helyezés	FK-Sz-M
Zavar	FT-NSz-Cs/M	Meghibásodás	FK-NSz-M

A funkcióteljesítéssel kapcsolatos leállítás és zavar elsődlegesen a termelés (kezelő) problémája, míg a funkcióképeség befolyásolása (üzemen kívül helyezés és meghibásodás) a fenntartás feladata.

b) A meghibásodás és a hiba értelmezéséhez a hibahatár meghatározása kötődik (3.3. ábra). A hibahatár lényegében az elhasználódási tartalék minimális értéke, amely funkcionális (minőségi, technológiai) követelményeken túl biztonsági, gazdasági jellemzőkkel is alátámasztható. Elérése azt az időpontot is jelzi, amikor a fenntartási munkákat a legkésőbb el kell végezni. A hibahatár ismerete elsőrendű gyakorlati követelmény, meghatározása többnyire üzemi feladat, amelyet a karbantartó – sokszor a termeléssel együttesen – végez el a 3.2.2. pontban felsorolt módszerek alapján. Az így megállapított hibahatár lehet a funkcióképeség megítélésére alkalmasan választott jellemző

- konkrét értéke;
- várható értékkel és szórással jellemzett valószínűségi értéke;
- meghatározott intervalluma vagy konfidencia-intervalluma.

Az osztályozás szempontjai	Meghibásodások	Hibaállapotok
I. Fogalom-meghatározások	Meghibásodás (esemény, <i>folymat</i>) Meghibásodás oka Meghibásodási mechanizmus Szisztematikus meghibásodás	Hiba (állapot) Hibamód Hibás (termék) Szisztematikus Lappangó (rejtett) Egyértelmű Nem egyértelmű Programérzékeny Adatérzékeny Emberi hiba (tévesztés)
II. A meghibásodás súlyossága (jelentősége) szerint	Kritikus Nemkritikus Lényeges Lényegtelen	Kritikus Nemkritikus Jelentős Jelentéktelen
III. A meghibásodás oka szerint	Belső gyengeség (anyaghiba) Tervezési eredetű Gyártási eredetű Helytelen alkalmazás Helytelen kezelés <i>Szokványos elhasználódási károk (kopás, korrózió, kifáradás)</i>	Belső gyengeség (anyaghiba) Tervezési eredetű Gyártási eredetű Helytelen alkalmazás Helytelen kezelés <i>Szokványos elhasználódási károk (kopás, korrózió, kifáradás)</i>
IV. A meghibásodás bekövetkezésének időtartama szerint	Váratlan Fokozatos <i>Elsődleges</i> <i>Másodlagos</i>	Tartós Időszakos
V. A meghibásodás mértéke szerint	Részleges Teljes	Részleges Teljes
VI. A meghibásodás időtartamának és mértékének együttes hatása szerint	Katasztrofális (váratlan és teljes) Degradációs (fokozatos és részleges)	
VII. A meghibásodás időszaka szerint (az élettartam során)	Öregedési (elhasználódási) Véletlenszerű Korai (hiányozhat)	Öregedési (elhasználódási) Véletlenszerű Korai (hiányozhat)

Megjegyzés: a dőlten szedett pontok nem, vagy más csoportosításban szerepelnek az eredeti dokumentumban.

4.2. Jellegzetes hibaokok

A hibaelemzés egyik legfontosabb feladata a hibák okainak feltárása. Az igen sokféle hibaok rendszerezést igényel egyrészt a hiba okának kiderítése, másrészt a hibaokok vizsgálata, az eredmények összehasonlíthatósága érdekében.

A szakirodalomban a hibaokokat számtalan szempont alapján rendszerezik. A hibák okai általában két nagy csoportra oszthatók:

- közvetlen okok: elsődleges hibaokozók, amelyek a funkcióellátásra való alkalmatlanná válást közvetlenül idézik elő;
- közvetett okok: olyan rongáló hatások kiváltói, amelyek a közvetlen ok hatásának előfeltételei, erősítői.

A hibák okai más szempontból egyszerűek vagy összetettek. Egyszerű (egyedi) a hibaok, ha a hibaállapot homogén, egyféle ok miatt következik be. A gyakorlatban legtöbbször több – leginkább közvetett – ok miatt összetett hibaokról beszélhetünk. Például a féktárcsák meghibásodási folyamatában a kopás méret- és tömegcsökkenést, a súrlódó felületek makro- és mikrogeometriájának megváltozását, esetleg bemaródását eredményezi. A közvetlen ok a súrlódó fékbetétek koptató hatása. A közvetett okok ezt a hatást befolyásolják. Ilyenek a fékbetét anyaga, felületének nagysága, az összeszorító erő, az ébredő súrlódóerő, a szerelés pontossága stb.

Általános érvényű, minden esetre alkalmazható hibaok kategorizálást adni nehéz, de az okok feltárásának elősegítése, a hibát eredményező rongáló folyamatok szisztematikus átgondolásának támogatása érdekében létrehozható egy rendszer. Ennek alapelve egy hibacsoportosítás: azokat a hibákat rendszerezi, amelyek a különféle eredetű, vagyis eltérő hibaokok következtében lépnek fel. Ily módon közvetlen kapcsolat létesíthető a hibaokok jellege és a rendszer magasabb szintjén funkcióképtelenséget okozó hibák között (4.2. táblázat).

Ez a rendszer szükség szerint – a tapasztalatok alapján – bővíthető, segítségével lehetővé válik egy konkrét esetben a lehetséges okok viszonylag teljes áttekintése.

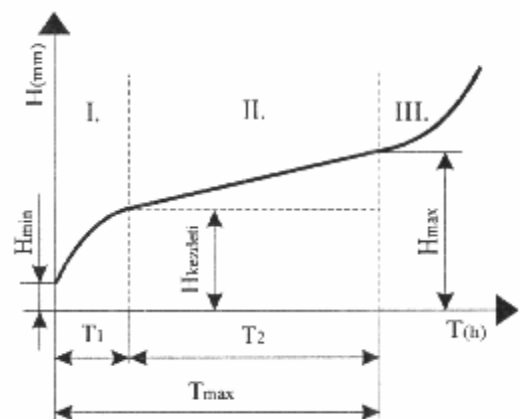
A hibaelemzés gyakorlati végrehajtásának elősegítésére néhány kiemelten fontos hibaokkal részletesebben is foglalkozunk.

a) A hibák tervezési okai

Számos hiba tervezési okra vezethető vissza. Az alkotó-tervező munka objektív és szubjektív elemeket tartalmaz, a hibaforrások a szubjektív módon alkotott részletekben keresendők.

A tudomány jelenlegi szintjén a gépkatrészek szilárdságra, kifáradásra megfelelően, kopásra több-kevesebb bizonytalansággal méretezhetőek, márpedig a gépek hibastatisztikái szerint a hibák 60-70%-a kopásból ered.

A probléma az általános kopási görbén mutatható be (4.4. ábra). A diagram a H illesztési hézag változását szemlélteti a t üzemeltetési idő függvényében. A görbe három jellegzetes szakaszra bontható. Az első a T_1 üzemidővel határolt bejáratási szakasz, ahol a H_{\min} gyári illesztési hézag a kopás miatt gyorsan növekedik. A második szakaszban – T_2 hasznos üzemeltetési idő – ezek az egyenetlenségek



4.4. ábra. Általános kopási görbe

összekopnak, feltételezve a szakszerű kezelést a hézag viszonylag lassan növekszik, a görbe meredeksége csökken. A harmadik szakaszban az illesztési hézag már rohamosan nő. Ennek oka, hogy a sok tényezőtől befolyásolt súrlódó kapcsolatban, bizonyos nagyságú hézag esetén, előre nem ismert időpontban megváltozik az erőjáték, belép az ütési igénybevétel, amely az alkatrészen fokozott kopást okoz.

A görbe három szakaszához három különböző nagyságrendű hézag rendelhető. A tervező szerkesztéskor túrésezi a méreteket. Az együtt dolgozó illeszkedő felületek túrésértékei szabják meg az illeszkedés valódi jellegét. Tehát a H_{\min} gyártási hézag sem olyan pontosan meghatározott, mint amilyennek felületes szemlélettel feltételezhetnénk. Bejáratás után alakul ki a kezdeti hézag (H_{kezdeti}). Láthatóan ez lényegesen nagyobb, mint a gyártási hézag. Ha szétszerelnénk egy H_{kezdeti} hézagú illesztett alkatrészpárt és visszavinnénk gyári bemérésre, ott ezt az esetek többségében selejtnek minősítenék, mivel a kopások miatt a méretek meghaladják a túrésmező szabta határértékeket.

Szerkesztéskor előírják a felületek kívánt érdességét is. Ha megmérjük ugyanezeknek az alkatrészeknek a bejáratás utáni felületi érdességét, egészen más értéket kapunk.

A kopásgörbén a legnagyobb hézagot (H_{\max}) nevezzük a megengedhető maximális hézagnak. Vele tervezéskor általában nem foglalkoznak, a tervező ezt az üzemeltetőre és a fenntartóra hárítja.

Fontos feladat a konstrukció kialakításakor a karbantarthatóság megkönnyítése is. Ez a diagnosztizálhatóság, a javíthatóság (pl. szerelhetőség; gyorsan kopó – biztonsági – alkatrészek beépítése; csereszabotosság; hibajelző, riasztó rendszerek beépítése) szempontjainak érvényesítése a tervezés során. A fentiekén kívül még számos konstrukciós hiba keletkezhet, például a helytelen anyagválasztás, rossz szerkezeti kialakítás, szerkesztési és számítási hiba stb. következtében.

b) A hibák gyártási okai

A konstrukciós tervezés előzőekben taglalt sajátosságai értelemszerűen érvényesek a gyártástervezésre is. Gyártástervezés során egyrészt előre ki kell gondolni olyan technológiai folyamatokat, amelyek a kívánt módon alakítják a munkadarabot, másrészt olyan eszközöket (szerszámot, készüléket, célgépet stb.) kell tervezni, amelyekkel az alakítás elvégezhető.

A szorosabban vett gyártási okok rendkívül szerteágazóak, felölelik a teljes gyártási rendszert, a fő- és kisegítő folyamatok egészét. Hibamentes gyártástervezés esetén például a technológiai előírások be nem tartása miatt megmunkálási, hőkezelési, szerelési hibák keletkeznek, de értelmezhetők raktározásból, helytelen szállításból, vagy hibás ellenőrzésből adódó hibák is. A gyártó a teljes termelési folyamatban, bármilyen okból – például a beszállító hibája következtében – felmerült hibáért – mint gyártási hibáért – felelősséggel tartozik.

c) Egyéb hibaokok

Számos gyakori egyéb termékhiba (pl. anyaghiba) jelentkezik, esetleg hosszabb üzemeltetési idő után. A leggyakoribb hibaokok a természetes elhasználódás körébe tartoznak. Külön felelősségi körbe ilyen eredetű hiba csak akkor tartozik, ha annak oka a természetes elhasználódás adott időben elfogadható mértékénél nagyobb meghibásodáshoz vezet. Ilyenek konstrukciós, gyártási, üzemeltetési stb. hibákból következhetnek be, vagyis ezek termékhibák, gyártási hibák, üzemeltetési hibák. A fenntartás körében tervezési-, gondozási-, felülvizsgálati-, javítási-, tárolási hibaokok jelentkezhetnek, de a külső szolgáltató is okozhat hibát tevékenysége során. Az üzemeltetési okok között kezelési hiba, rendellenes használat, szállítási hiba léphet fel. Az esetek jelentékeny részében sajnos nem tudjuk a hibaokokat megbízhatóan felderíteni. Ennek okai a hibaelemzési módszereink, eszközeink, lehetőségeink korlátaiban keresendők.

<p>1. Külső tényezők okozta hibák (a gyártó, illetve a felhasználó tevékenységétől, akaratától függetlenül lépnek fel)</p> <p>1.1. Természeti csapás</p> <p>1.2. Illetéktelen, rossz beavatkozás (pl. szállítás közbeni hiba)</p> <p>1.4. Egyéb külső tényezők okozta hiba</p>
<p>2. Termékhibák (a gyártó tevékenységi köréhez tartozóan merülnek fel)</p> <p>2.1. Konstruktív hiba (pl. tervezési módszer, méretezés, anyagválasztás szerkezeti elemek és részegységek összeállítása stb. következtében jelentkező hiba)</p> <p>2.2. Gyártási hiba: a teljes termék-előállítási folyamat valamely részénél (pl. megmunkálás, hőkezelés, szerelés, raktározás, bejáratás, szállítás, ellenőrzés) elkövetett hiba</p> <p>2.3. Anyaghiba (az ismert méretezési eljárásoknak és tervezett igénybevételnek megfelelően helyesen megválasztott anyagminőség mellett a felhasznált anyag rendellenességei – pl. előírt minőségtől való eltérés, zárvány, hengerlési hiba stb. – miatt bekövetkező meghibásodás)</p> <p>2.4. Más részegység hibája (a konstrukció sajátossága következtében valamely elemnél bekövetkező hiba más elemnél okozott olyan hibája, amely egyébként nem lépett volna fel)</p> <p>2.5. Egyéb termékhiba</p>
<p>3. Természetes elhasználódás okozta hibák (a tudomány és a technika adott szintjén helyesen kialakított és gyártott gépeken, előírt üzemeltetési feltételek és fenntartás mellett törvényszerűen jelentkező folyamatok következtében jelentkező hibák)</p> <p>3.1. Kopás</p> <p>3.2. Kifáradás</p> <p>3.3. Öregedés (a technológiai folyamatokon kívül lép fel)</p> <p>3.4. Korrozó</p> <p>3.5. Egyéb</p>
<p>4. Fenntartási hibák (az üzemfenntartási tevékenység hiányosságai következtében fellépő hibák)</p> <p>4.1. Fenntartás tervezési hiba (a fenntartási rendszer és a karbantartási műveletek kialakításának hibája)</p> <p>4.2. Gondozási, napi karbantartási hiba</p> <p>4.3. Műszaki felülvizsgálati, diagnosztikai hiba</p> <p>4.4. Javítási hiba (anyag, alkatrész, technológia, szakszerűtlen javítás)</p> <p>4.5. Változtatási hiba (pl. tervezett módosítás, átépítés, bővítés, kiegészítés hibája)</p> <p>4.6. Tárolási, raktározási hiba</p> <p>4.7. Külső szolgáltató általi hiba</p> <p>4.8. Egyéb fenntartási hiba</p>
<p>5. Üzemeltetési hiba</p> <p>5.1. Kezelési hiba (a működés módjától eltérő kezelés által, de rendeltetésszerű célokra történő alkalmazás közben fellépő hiba)</p> <p>5.2. Rendellenes használat (nem a céljának, alkalmasságának megfelelő használat során keletkező hiba)</p> <p>5.3. Szállítási hiba (technológiai műveletek, javítás, áttelepülés stb. miatti szállítás)</p> <p>5.4. Egyéb üzemeltetési hiba</p>
<p>6. A rendelkezésre álló ismeretek és információk alapján ki nem deríthető hibák</p>

4.3. A hiba- és gyengepont elemzés folyamata

Mindkét folyamat a következő elemekből épül fel:

- A hibák az alkatrészek geometriájában vagy anyagában bekövetkező változásban jelentkeznek. Ezek érzékelhető nyomai a hibaképet jelentik és a hibákra jellemzőek.
- A hibakép az anyag igénybevételére utal. Az igénybevétel a terhelésből keletkezik a szerkezeti részekben. A többlet-terhelés az előírt és tényállapot jellemző értékeinek eltérése. A túlterhelést okozó igénybevételek hibafajtaikat mechanikai-, hő-, kémiai- és korróziós-, valamint tribológiai többlet-igénybevételekkel, vagy ezek kombinációival lehet jellemezni.
- A hibafajtaikat kiváltó hatásokat hibaokoknak nevezzük. Ezek konstrukciós-, anyag-, gyártási-, üzemeltetési- stb. hibák lehetnek. Egy károsodást általában több – közvetlen és közvetett – hiba együttes hatása okoz.

A fenti elemekkel a hibamechanizmus a hibaok → hibafajta → hibakép sorrenddel írható le. A hibaelemzés során a hibamechanizmust lényegében fordított sorrendben követjük: hibakép → hibafajta → hibaok.

A hibaelemzés első lépése speciális ismereteket (anyagtudományok, törésmechanika stb.) és a teendő intézkedések szempontjából lényeges megfontolásokat – pl. az alkatrész rekonstrukcióhoz elengedhetetlen anyag- és alakmeghatározást – igényel. Ezt anyagvizsgálatokkal tudjuk végbevinni. A hibaképből információkat nyerünk a túlterhelésről (hibafajta), amely a hibához vezetett.

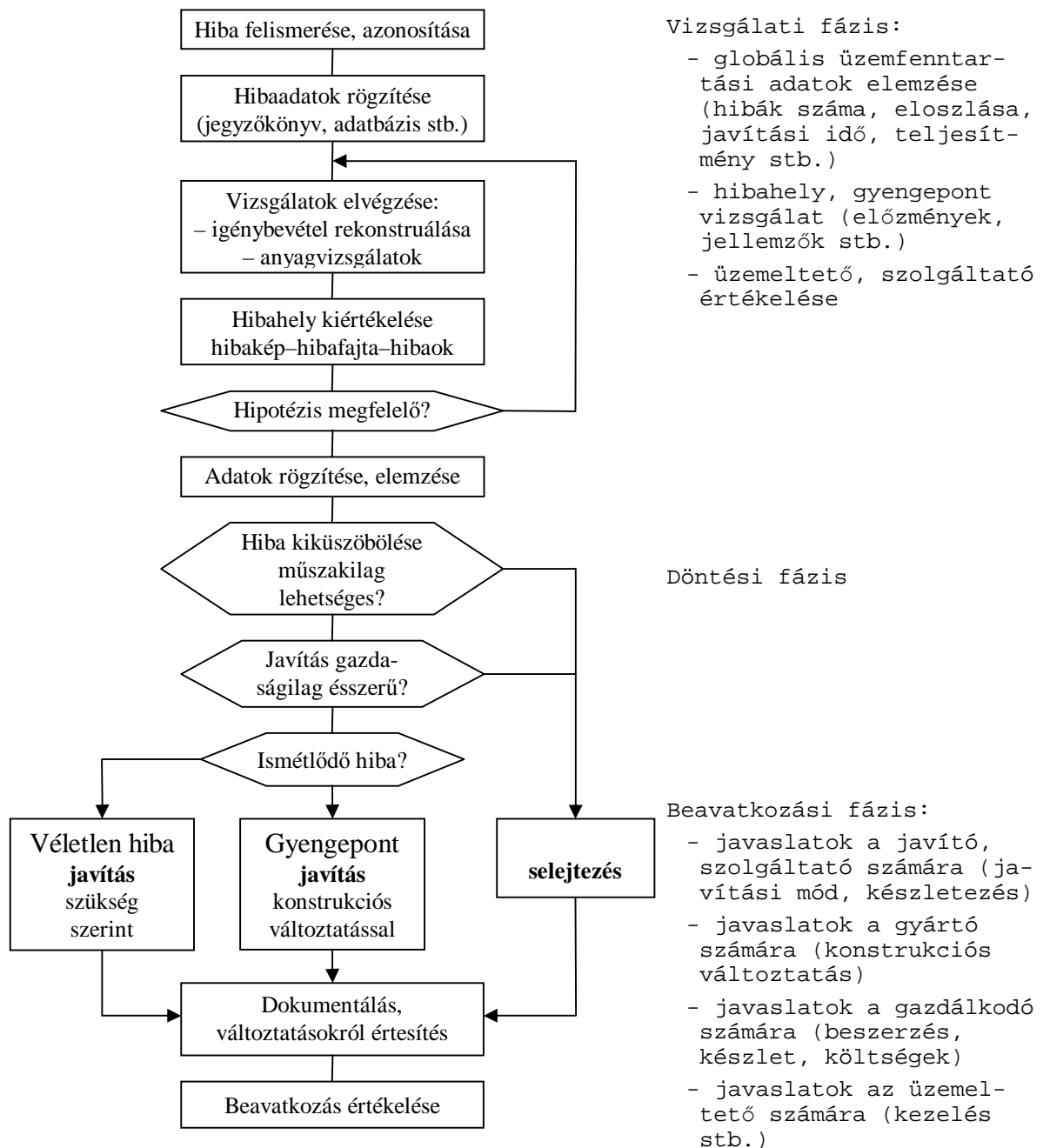
A hibafajtaból a hibaokra következtetés a hibaelemzés második lépése. A hibaok megállapítása sok esetben nehéz vagy egyáltalán nem lehetséges, holott a hibamegelőzés érdekében szükséges intézkedéseknek éppen a hiba okának (okainak) felderítése az alapja.

A hibaelemzés az okok meghatározásán túlmutató jelentőségű. Leszögezhetjük, hogy a hibaelemzés a hiba gyakoriságát, költségeit, fajtáját, okát, következményeit és egyéb jellemzőit tárja fel azzal a céllal, hogy a megfelelő intézkedések megtételét elősegítse. A hibaelemzés sikere az egyes lépések megfelelő megtervezésétől, rendszerbefoglalásától és következetes végrehajtásától függ. A hibaelemzéshez az ún. gyengepont felismerés és -megszüntetés folyamata szorosan hozzákapcsolható. A gyengepont elemzés olyan komplex – műszaki, gazdasági, szervezési jellegű – tartós, szisztematikus eljárás, amely a hibaelemzés információinak felhasználásával, célszerűen választott kritériumok szerint a szerkezeti egységek közül a gyengehelyeket felismeri, kiválasztja, értékeli és javaslatokat tesz abból a célból, hogy a gyengepontok elhasználódási tartalékának mértéke lehetőleg növekedjen vagy csökkenésének sebessége mérséklődjön. A 4.5. ábra ezt a folyamatot és fő fázisait mutatja be.

Törekvésünk az, hogy a gyengepont véglegesen kiküszöbölhető legyen (egyszeri hiba), ha ez nem lehetséges, akkor az ismételt jelentkezésének időpontja minél távolibb legyen (visszatérő gyengepont) és minél kevesebb esetben legyünk kénytelenek belenyugodni abba, hogy nem tudjuk, vagy gazdaságilag nem érdemes a megszüntetése (állandó gyengepont).

Tisztáztuk mind a hibaelemzés, mind a gyengepont elemzés lényegét, célját. Szükséges a kettő viszonyának áttekintése is, amely alakulhat úgy, hogy:

- a teljeskörű hibaelemzés folyamatába a gyengepontok elemzése beépül, de nem feltétlenül tartozik teljes egészében a hibaelemzéshez;
- a gyengepont elemzés szempontjából vizsgálva a hibaelemzés részlegesen jelen van a folyamatban: a gyengepontok kiválasztásához csak a hibahelyekre, míg az értékelésükhöz csak a kiválasztott gyengepontok hibaelemzési információira van szükség.



4.5. ábra. A hiba- és gyengepont elemzés folyamata

A komplex hiba- és gyengepont elemzés elnevezés folyamata a meghibásodással, illetve a hibával kapcsolatos adatok rendezett rendelkezésre állásától a megtett intézkedések hatásának értékeléséig terjedő összetett tevékenységrendszer.

- A hiba felismerése, azonosítása a hibaelemzés kiinduló lépése. Ezt általában nem is a karbantartó, hanem a kezelő (üzemeltető) teszi meg, hiszen a funkcióteljesítés a felelősségi körébe tartozik.

Kedvező, ha nem a már ténylegesen bekövetkezett hibát tudjuk felismerni, hanem valamilyen diagnosztikai értékű jel segítségével – a rövidesen jelentkező, de még következménykárt nem okozó hibát.

- A bekövetkezett hibára, körülményeire vonatkozóan az adatok rögzítése szükséges. Ez történhet a hagyományos hibafelvételi jegyzőkönyvön vagy például számítógépes adatbázisba bevittel. Az adatok minősége, megbízhatósága, terjedelme az elemzés lehetőségét, méreteit és a következtetések minőségét döntően befolyásolja.
- Az információk összegyűjtése után a hibahely megállapítása következik, ügyelve arra, hogy a tényleges hibahely és a hibajelentkezés helye sok esetben nem ugyanaz. A hibahely kezeléséhez a konkrét gépre hierarchikus szerkezeti struktúrát célszerű létrehozni (az elemzés részegységig, kedvező esetben alkatrészekig lebontva történhet).

Ezt követi a hibakép → hibafajta → hibaok elvi sorrend egyes elemeinek a konkrét problémához tartozó elemzése. Le kell írni az elhasználódásra jellemző hibakép jellemzőit, a lehetséges igénybevételekből vagy ezek kombinációjából felépíthető hibafajtákat, valamint a hiba okát. A részletes hibaelemzés lefolytatásához, a nagymennyiségű adat értékeléséhez célszerű számítógépet igénybe venni.

Az adatokat az elemzések tartalma szerinti csoportokba sorolva célszerű szerepeltetni a modellben, de ezek változtathatók. Bizonyos elemzések hiányos adatok miatt eleve kiesnek. Az egyik fő elemzési terület a gyengepont vizsgálat elvégzését tegye lehetővé. Az elemzések nagyobb része általános rendeltetésű programcsomagok segítségével elvégezhető, megjeleníthető.

- Majd a hibára vonatkozóan adataink alapján hipotézist állítunk fel, amelyet ha szükséges – elsősorban a hibafajta vonatkozóan – különféle vizsgálatokkal támasztunk alá.
- A továbbiakban a javítás módjának, jellegének, költségének megállapítása következik.

A folyamat végén ésszerűen végrehajtott változtatások, amelyek – hiszen a hibák nagyobb része a termékhez kötődik – a gyártó felelősségi körébe tartoznak: a konstrukciót, a gyártást, a beszállítókat, a minőségügyi rendszert, a nyújtott szolgáltatást, az üzemeltetési és karbantartási előírásokat is érintik.

A változtatások tulajdonképpen a meglévő termék korszerűsítését, új termék kifejlesztését, a piaci igényeknek történő jobb megfelelést, vagyis az innováció megvalósulását célozzák. Az innovációs tevékenység más megközelítésben arra irányul, hogy valamely funkció ellátására hivatott gép eredeti (a gyártással képződő) elhasználódási tartaléka mennyiségben és minőségben növekedjen, illetve az EHT felhasználásának, helyreállításának feltételei javuljanak. Ily módon a komplex hiba- és gyengepont elemzés az innováció egyik eszköze.

- Az elemzésekből olyan javaslatok, információk származnak, melyeknek a gyártó (mint elsősorban érdekelt), a szolgáltató, az üzemeltető és a gazdálkodó a címzettjei. De a gépesítéssel foglalkozó tanácsadó számára is fontosak a meghibásodásokból eredő információk, felhasználhatók a gépvásárlási döntések, a várható élettartam, javítási- és üzemeltetési költségek, működési idő, gyengepontok stb. tekintetében. Tulajdonképpen mind a négy címzett – egyébként piaci résztvevő – egymással a közös elem, a megvásárolt gép és a vele kapcsolatos információk következtében partnerkapcsolatba kerülnek, közülük pozitív cselekvési szempontból a gyártó van primer helyzetben.

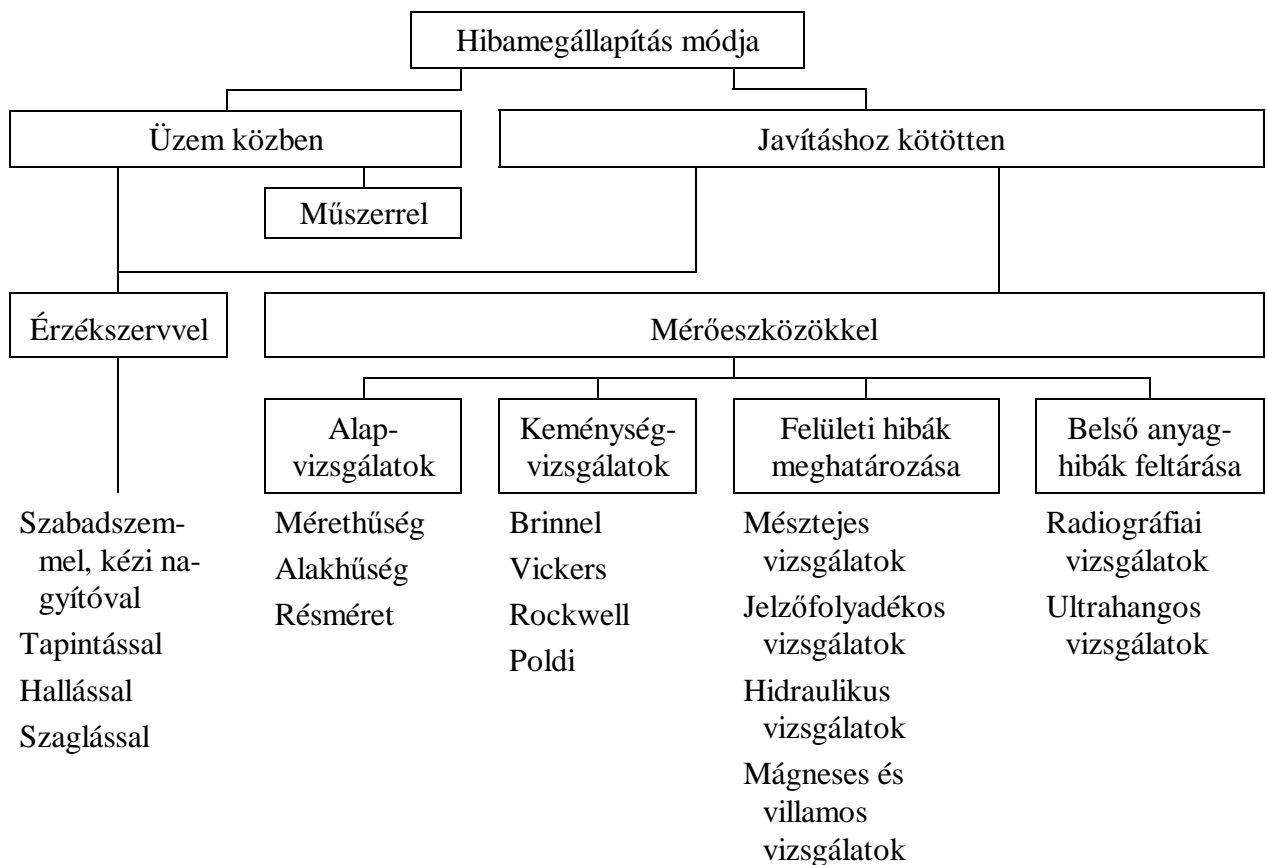
4.4. Hibamegállapítás, hibafelvétel

A gyakorlati hibamegállapítási módszerek ismerete a karbantartási tevékenységet végzők számára elengedhetetlen. Üzemeltetés közben tudnunk kell, hogy a gép milyen típushibával rendelkezik, milyen az adott konstrukció terhelhetősége, továbbá milyen a gép karbantartási igénye. Ezen a területen a hibafelismerés még jelentősebb, mivel karbantartás alkalmával beavatkozhatunk a hibaképződés folyamatába és megelőzhetjük az üzemzavarokat. A gépek megbízhatósága ezek

következtében fokozódik, így érhető el, hogy a gépi munkákat optimális időben tudjuk elvégezni. Tervszerűen meghatározható a fődarab- vagy alkatrészcsere időpontja, illetve a javítás szükségessége. Lehetővé válik továbbá az üzemzavarok számának csökkentése és gyors elhárítása.

Javításkor is nagy jelentőségű a hibafelismerés a visszaépíthető, felújítható és selejt alkatrészek elbírálásakor, a felújítás-technológiák kidolgozásához, az anyag- és alkatrész normatívák meghatározásához, a garanciális- és árkérdések megoldásához.

A géphibák megállapítására különböző körülmények között lehet szükség. A gépek üzemeltetésekor előadódó hibákat a gép működése közben kell felismerni és elhatárolni. Ebben az esetben a gép összeszerelt állapotban van. Esetenként kisebb szerelések szükségesek a hiba megállapításának megkönnyítése végett. Egészen más a hiba megállapításának módja olyan javítás előtt, amikor a gépet teljesen szétszerelve, alkatrészenként lehet ellenőrizni (4.6. ábra).



4.6. ábra. Hibamegállapítási lehetőségek

Az elmondottakból következik, hogy a hibamegállapítás sokrétű, összetett feladat, amely nemcsak az ellenőrzési tevékenységből, hanem az ellenőrzések által szolgáltatott információk feldolgozásából és azok elemzéséből is áll. Fontos a különböző szintű ellenőrzések előírása, a minőségi paramétereknek, az ellenőrzés műszaki előírásainak meghatározása, valamint az információképzés, -áramlás és -feldolgozás megtervezése és megszervezése. Minden ellenőrzési feladathoz el kell készíteni az ellenőrzési utasítást. Ennek az azonosító adatokon kívül tartalmaznia kell:

- az ellenőrzés tárgyának ismertetését;
- az ellenőrzendő paramétereket, értékeiket és tűréseiket;
- az ellenőrzés módszerét, eszközeit és azok hibakorlátait;
- a minősítés módját, bizonylatait.

A hibamegállapítás a valóságos állapot viszonyítása a tervezetthez. Felújításkor (javításkor) a gép szétszerelése és tisztítása után hibafelvétellel állapítjuk meg a hibát. Hibafelvétel során hibafelvételi lapon vagy hibafelvételi jegyzőkönyvben jegyezzük fel az észlelt hibákat. Hibafelvételkor az összes alkatrészt meg kell vizsgálni és három csoportba sorolni, a javítás további műveletei ennek alapján szervezhetők:

- hibátlan alkatrészek, amelyek felújítás nélkül visszaszerelhetők;
- hibás alkatrészek, amelyek javíthatók vagy felújíthatók;
- selejtezendő alkatrészek, amelyek nem javíthatók, helyettük új alkatrészeket kell beépíteni.

A hibafelvételt legcélszerűbb fődarabonként, a gépkönyv és az előzetesen kidolgozott műszaki előírások alapján hibafelvételi utasítás szerint elvégezni. Az utasításnak tartalmaznia kell:

- az alkatrészen, a részegységen előforduló összes ellenőrizendő paramétert, felületminőséget, keménységet stb.;
- a vizsgálandó paraméterekre vonatkozó egyértelmű, lehetőleg számszerűsített hibahatárokat az alkatrészek mindhárom csoportjára;
- a vizsgálandó paraméterek mérés technikáját, műszereit és eszközeit;
- felújítás esetében a felújítás-technológia meghatározását (4.7. ábra).

Hibafelvételi utasítás		Vállalat	Alkatrész				
Sorszám:		Ábra: <i>az alkatrész vázlata vagy fényképe, s rajta számmal megjelölve az előforduló meghibásodás</i>	Megnevezése:				
Készítette:			Rajzszáma:				
Ellenőrizte:			Anyagminősége:				
Dátum:			Keménysége:				
Hibaszám az ábrán	Meghibásodások megnevezése	Hibamegállapítás módja	Minősítése			A felújítási	
			V	J	F	T	S
			<i>visszaépíthető</i>	<i>javítható</i>	<i>felújítható</i>	<i>technológia</i>	<i>műveleti utasítás száma</i>

4.7. ábra. Ellenőrzendő alkatrészekre készített technológiai jellegű hibafelvételi utasítás

A hibafelvételi dokumentumok formái egyébként tetszőlegesen, munkahelyenként változhatnak.

4.4.1. Hibamegállapítás érzékszervvel

Szabad szemmel (szemrevételezéssel) nagyobb mérvű kopások, berágódások, csavarmenetek, fogaskerek, gördülőcsapágycsopályok sérülései, nagyobb alaktorzulások, repedések, törések, korróziós bemarkások, beégések, korróziós védőbevonatok sérülései állapíthatók meg. Kellő szakértelemmel eldönthető, hogy az alkatrész hibátlan-e, vagy mérésekkel kell-e az elhasználódás, illetve a meghibásodás mértékét megállapítani.

Tapintással a felületeken képződő bemélyedések, repedések állapíthatók meg.

Gördülőcsapágycsopályokon megállapítható szabad szemmel az anyagkifáradás, a korrózió, a kosártörés vagy -torzulás, a csopály elfordulása a csapon vagy a fészkekben, a gördülőelemek és gyűrűk kopása. A fogaskerekeken észlelhető a fogtörés (amelynek oka lehet az anyagban levő hiba vagy az

edzésből származó feszültség), a fogak közé került idegen anyag stb. Cementált, edzett fogaskerekek fogfelületei a kifáradás következtében helyenként kipattogzanak.

Hallással a szerelt gépelemek, pl. gördülőcsapágyak, fogaskerekek meghibásodására lehet következtetni.

4.4.2. Hibamegállapítás mérőeszközökkel

Alapvizsgálatok

A mérethűség ellenőrzése. A kopás mértékét a hosszmeret (pl. hosszúság, vastagság, átmérő) változása, az alkatrész térfogatának és tömegének a csökkenése jellemzi. Az abszolút értékeken kívül (mm, mm³, illetve g) gyakran használjuk a viszonylagos jellemzőket is, a mért értéknek az időre, hossza, fordulatszámra vonatkoztatott mutatószámait. Így a kopást – közvetve – tolómérővel, mikrométerrel, mérőórával, vetítőkészülékkel (projektorral), hosszmérő géppel, mérőmikroszkóppal, pneumatikus és villamos hosszmérő eszközökkel, idomszerekkel mérjük.

A hengeres csap külső átmérőjét, valamint furatok belső átmérőjét a tengelyre merőlegesen két vagy több síkban, két-két irányban kell mérni.

Az alakhűség ellenőrzése. Az alkatrészek kopása rendszerint nem egyenletes. Az eredetileg szabályos forgástest a tengelyre merőleges metszetben oválisra, háromszögűre (pszeudokör), sokszögűre, a tengellyel párhuzamos metszetben pedig kúposra, hordósra hullámosra kaphat. Hasonló hibák származhatnak képlékeny alakváltozásból (pl. görbülés) is.

Az alakeltérés mérésének eszközei: mérőhíd, körfutást ellenőrző pad, prizmák, mérőóra, élvonalzó, hézagmérő, egytengelyűséget és egyenes vezetékét vizsgáló optikai műszerek. A csapokat központosító csúcsok közé fogjuk, megforgatjuk, és a mérőórán leolvassuk az eltérést. A szabályos alaktól való eltérés egyes esetekben, mint pl. fogaskerekek fogprofiljának kopása vetítőkészülékkel (profilprojektorral) is ellenőrizhető.

A szükséges mérőeszközök pontosságát a méret nagysága, tűrése és a kopás mértéke határozza meg. Lánctalpas kotrógép futógörgőinek kopása néhány mm-t is elérhet, ellenőrzésére tehát a tolómérce is megfelel, tengelycsapok kopása azonban gyakran tized milliméter nagyságrendű, amit mikrométerrel lehet csak mérni. Ha a kopás kismértékű, és csak a megengedett határmérethez viszonyított eltérést kell megállapítani, akkor az ellenőrzésre idomszer is alkalmas.

Résmérés. Fogaskerek hordozófelületének kopásmérése nagyon körülményes. Általában azt vizsgáljuk, hogy a fog- és fejhézag, illetve a fogirányhiba a megengedhető érték alatt van-e. Ez a legegyszerűbben a fogaskerekek fogai közé helyezett vékony ólomhuzalok alakváltozásából vagy indigófestékekkel állapítható meg.

Sík felületek egyenességtől való eltérését számszerűen élvonalzó és hézagmérő használatával határozzuk meg. Az egyenesség ellenőrizhető fényrésméréssel is.

Keményésvizsgálatok

A kopásállóság egyik jellemzője a keménység. A keménység mérésére kifejlesztett eljárások azon alapulnak, hogy különböző alakzatok milyen mélyen nyomódnak be a vizsgált felületbe. Ennek megfelelően Brinell acélgolyót, Vickers gyémántgúlát, Rockwell pedig gyémántkúpot vagy kis átmérőjű acélgolyót alkalmazott. Kérgesített felületek keménységének meghatározásakor a behatolási mélység ne legyen nagyobb a réteg vastagságának 1/10-dénél.

A Poldi-kalapáccsal való keménységmérés esetén a mérendő tárgy keménységét a készülékbe helyezett mintadarab, mint etalon ismert keménységével hasonlítjuk össze.

Felületi hibák meghatározása

A mésztes vizsgálat a felületi repedések kimutatására jól bevált egyszerű és olcsó eljárás. A munkadarabot 100...120°C hőmérsékletű 10...20 mPa·s viszkozitású fűróolajban 20...30 min-ig melegítjük, majd a felesleges olajat lecsepegtetve és letörölve a munkadarabot híg mésztejbe [Ca(OH)₂] mártjuk és a bevonatot 80...100°C-on megszárazítjuk. A felületi repedésekből, pórusokból, zárványokból kiszivárgó olaj a fehér felületen jól látható olajfolt alakjában kirajzolja a repedést. Mésztej helyett alkoholban oldott krétapor (BaCO₃ vagy BaO) is használható.

Jelzőfolyadék vizsgálatával a felületi repedések külön berendezés nélkül mutathatók ki. Előnye, hogy nagyméretű öntvények (kapcsolószekrény, hengerállvány, sebességváltóház, kerékagy, hátsóhíd) könnyen, egyszerűen vizsgálhatók vele. A folyadék repedésvizsgálattal kimutatott hibákról színes vagy fekete-fehér fényképfelvételek készíthetők.

Színes hibaindikációval sötét és fényes felületű öntöttvas, acél, illetve nemvasfémek is vizsgálhatók. A munkadarab felületét kis felületi feszültségű, színes jelzőfolyadékkal vonjuk be. A folyadék összetétele: petróleumban vagy metil-ciklohexanonban szudánvörös 7B festék jól elkeverve. Finomabb repedések kimutatásához legcélszerűbb a jelzőfolyadékot 1 g/l, durvább hibák kimutatásához 2 g/l arányban elkészíteni.

A nagyobb tárgyakra ecseteléssel, a kisebbekre mártással vihető fel a folyadék. A felesleg lecsepegtése után hideg vízzel öblítjük és pamuttal enyhén letöröljük. Ezután finom eloszlású kalciumkarbonát (CaCO₃), magnézium-karbonát (MgCO₃) és acetone keverékével fújjuk le a felületeket. A felületen néhány másodperc múlva vékony fehér réteg keletkezik, amelyen piros jelzőfolyadék rajzolja ki a repedéseket.

A fluoreszcens jelzőfolyadék a felületi hibákat sötétben világító vonalakként mutatja ki. A munkadarab felületét kis felületi feszültségű folyadékkal, ún. indikátorral vonjuk be, amely a felületi repedésekbe húzódik (nagy penetrációjú ásványolaj). Ezután a száraz felületet magnézium-oxid- (MgO-) porral szórjuk be, amely a vizsgálathoz alkalmazott ibolyántúli fény hatására fluoreszkáló indikátort magába szívja.

A MET-L-CHEK fluoreszcens eljárás igen finom (0,25 µm) repedések kimutatására is alkalmas. Nemcsak vas és acél, hanem minden fém, továbbá műanyag, üveg, beton, kerámia repedésvizsgálatára is használható.

A magneto-fluoreszcens eljárás a mágneses repedésvizsgálat és a fluoreszcens jelzőfolyadék együttes alkalmazásán alapszik. A ferromágneses munkadarabokat mágneses impulzuseljárással felmágnesezzük. A jelzőanyag olajban szuszpendált vaspor és fluoreszcens anyag, amely a mágneses repedésvizsgálatnál ismertetett módon használható. A vizsgálat sötétben ibolyántúli fénysugarakkal végezhető, amelyek hatására sárgászöld színben fluoreszkálnak a felületi hibák és a repedések.

A mágneses repedésvizsgálat főleg olyan hibák láthatóvá tételére használható, amelyek a felületig nyúlnak, de túlságosan finomak ahhoz, hogy szabad szemmel felismerhetők legyenek. Az eljárással mélyen fekvő hiba nem mutatható ki. A próbadarabokon kétféle, hossz- és keresztirányú mágneses teret kell létesíteni, hogy bármilyen helyzetű repedés felismerhető legyen. Fémtest felületén a 0,1...0,01 mm szélességű hiba kimutatható. Durva felületen a megtapadó mágneses por zavarja a megítélést.

Nem köszörült, megmunkálatlan felületek repedései legjobban szemcsefúvatott felületen vizsgálhatók. Szemcsefúvatáshoz a 0,063...0,12 mm szemcseméretű vagy ennél finomabb elektrokorund (Al₂O₃) felel meg.

Belső anyaghibák feltárása

Röntgenvizsgálat. A röntgensugár-nyaláb útjába helyezett tárgy a sugarak egy részét elnyeli, a másik részét szétszórja, a megmaradó rész pedig áthalad a tárgyon. A tárgyon áthaladó sugárzás intenzitásából lehet következtetni az anyag hibáira. Az átsugárzott tárgy vizsgálható:

- fluoreszkáló ernyőn;
- fényképfelvételen;
- számlálócsöves szerkezettel.

A röntgenvizsgálatok túlnyomó többségében fényképfelvételeket készítünk és ennek alapján mőnősítjük a vizsgált munkadarabot. Azokon a helyeken, ahol a filmet erősebb sugárzás éri, az előhívás és a rögzítés után a film sötétebb, mint a gyengébb sugárzásnak kitett részeken.

A röntgenfelvételen a még kimutatható legkisebb hiba vastagságának megállapítására gumitokba ágyazott, a vizsgált munkadarab anyagával megegyező különböző átmérőjő huzalsorokat használunk. A felvételen még látható legvékonyabb huzal átmérője a még kimutatható hiba vastagságának tekinthető.

Vizsgálat radioaktív izotópokkal. Anyagvizsgálat céljára kizárólag atomreaktorban előállított mesterséges radioaktív izotópokat, főleg a Co 60-at és az Ir 192-t használják. Az izotópos vizsgálat a röntgenvizsgálatához hasonló. Előnye, hogy nincs külső energiaforráshoz, bonyolult berendezéshez kötve, a vizsgálat bárhol elvégezhető, a radioaktív preparátum kis mérete lehetővé teszi olyan szűk és nehezen hozzáférhető helyek vizsgálatát is, ahol a röntgencső nem fér el.

Az ultrahangos vizsgálat a nagyfrekvenciás hanghullámoknak a fém/levegő határáról való visszaverődésén alapul. A nagyfrekvenciás hanghullámok a homogén, szilárd közegben, mint irányított és nyalábolt sugarak nagyobb elnyelődés nélkül terjednek. A szilárd közeg és levegő, gáz vagy vákuum határfelületről csaknem teljesen visszaverődnek. Ultrahanggal többméteres anyagvastagság is vizsgálható.

A vizsgálatokat leggyakrabban visszhangmódszerrel végezzük. Ilyenkor a hangimpulzus keltésére és a visszhang érzékelésére ugyanazt a sugárzó vizsgálófejet használjuk. A készülék a megfelelő adó-vevő átkapcsolást automatikusan végzi.

Az anyagban haladó ultrahangimpulzus csak megfelelő helyzetű felületről vagy felületekről visszaverődve jut ismét a vizsgálófejbe. A visszaverő felület lehet a vizsgált munkadarab ellentétes oldala (véglapja) vagy a sugár útjába eső hiba. Olyan esetben, amikor a sugár útjába nem kerül hiba, és a hangimpulzus a véglapról a vizsgálófejbe visszaverődik, a készülék ernyőjén csak a belépőjel és az anyag csillapító hatása és a szóródási veszteségek miatt alacsonyabb, a véglap távolságának megfelelő végvisszhangjel látható.

Hibás anyag vizsgálata esetén a hibáról jövő visszhang hamarabb érkezik a vizsgálófejbe, mint a véglapról jövő. A készülék ernyőjén tehát a végvisszhang előtt, a hiba helyzetétől függő távolságban hibajel jelenik meg. A hiba nagyságára a jel magasságából lehet következtetni.

A vizsgált tárgy alakjától és a hiba helyzetétől függően végezhető a besugárzás a felületre merőlegesen vagy más szög alatt. Erre a célra különböző szögű ferde sugárzófejeket készítenek.

A röntgen- és az ultrahangos vizsgálat együttes alkalmazásával a hegesztési varratok vizsgálatra lényegesen olcsóbb, gyorsabb és megbízhatóbb. Először ultrahanggal a hibás helyeket felderítjük, és csak a hiba alakjának és nagyságának pontos meghatározására készítünk röntgenfelvételt. Ultrahangos vizsgálat felderíthető azok a vékony repedések is, amelyek röntgenvizsgálattal már nem mutathatók ki.

4.4.3. Az alkatrészek anyagminőségének megállapítása

A javítási technológiák kidolgozásának meghatározó eleme a munkadarab anyagának ismerete. A különböző alkatrészek vegyi összetételének pontos meghatározása hosszadalmas laboratóriumi vizsgálatot igényel, felújításkor azonban az alkatrészek javítási technológiájának kiválasztásához, pótalkatrész gyártásához az alkatrész anyagának közelítő, gyors meghatározására van szükség.

Fémek összetételének meghatározására alkalmas vizsgálati eljárások:

- a szikrapróba;
- a csepp-próba;
- a színképelemzés.

A műanyagok szakszerű felhasználásához a kisserelt alkatrészek vizsgálata és a beérkező alkatrészek azonosítása egyszerű eszközökkel elvégezhető. A műanyagok fajtáját, a jellemző anyagcsaládot meghatározó vizsgálatok szempontjai a következők:

- külső megjelenési forma;
- az anyag viselkedése lángban vagy izzítócsőben hevítés hatására;
- égés után visszamaradt melléktermék;
- hőmérséklet-tartományok (lágulás, olvadás, bomlás);
- oldódás különféle oldószerekben.

A gumikat olvadás, szenesedés, zsugorodás és jellegzetes szag jellemzi. A vizsgált anyag egy kis darabkáját először a bunzenláng külső széléhez, majd fokozatosan a láng magjába toljuk és figyeljük a viselkedését. Ha az anyag ég, a lángot elvesszük, ezután tovább ég vagy elalszik. Az olvadék lecseppen és a csepp tovább ég.

Visszamaradó hamuból a következőkre lehet következtetni:

- üvegszál, szervesen töltőanyag, fémpor;
- nagynyomású polietilén (ha nincs hamu);
- kisnyomású polietilén (ha hamu marad vissza).

4.4.4. A javítási feladatok meghatározása

A hibajegyzék készítése előtt meg kell vizsgálni az üzemnaplókat, amelyekbe a termeléssel kapcsolatos műszaki eseményeket jegyzik be folyamatosan. Meg kell vizsgálni továbbá a legutóbbi szerkezeti vizsgálatról készült jelentést a gép nagyjavításra való leállása előtt, amely tájékoztat a gép állapotáról.

A hibajegyzéket az üzemfenntartás művezetője, technológusa vagy lakatos, és – ha a karbantartási művelet beruházásnak minősül – az állóeszköz-nyilvántartó előadó készíti. A hibafelvételi űrlap a 4.7. ábrán látható. A hibák megállapításakor célszerű a helyszínen kitölteni az alkatrész megnevezés, a hibamegállapítás módja és az alkatrész minősítés rovatot.

Szerelési egységenként és szerelvényenként külön lapon tüntetjük fel, növekvő sorszám szerint az összes alkatrészt. Ha van a berendezésről rajzunk, akkor a rajzsorszám utolsó tagja célszerűen egyezzen meg az alkatrész sorszámával. Több azonos alkatrész esetén szokásosan csak egy rajz készül és a rajzsorszám közös. A szerelési sorrend teljessége végett azonban az azonos alkatrészeknek is mindig a szerelési sorrendnek megfelelő sorszámot adjuk, a hibajegyzék végén pedig összesítést készítünk az azonos alkatrészekről, hogy azokat egyszerre vételezhessük ki a raktárból, és szabályozás esetén egy munkautalványon rendelhessük meg a munkákat.

A hibák megállapításával és jegyzékbe foglalásával egyidejűleg, a gép első szétszerelésekor elkészítjük az alkatrészek rajzait. Ha a gyártó mű rajzai rendelkezésre állnak vagy beszerezhetők, akkor ezek tekinthetők bázisnak. Ha az üzemfenntartási iroda szerkesztője készíti el a vázlatokat, illetve rajzokat, akkor a többé-kevésbé elhasználandó alkatrész tényleges méretei alapján következtetéssel és a működési követelmények szem előtt tartásával állapítja meg a méreteket és a helyes, célszerű tűrésarányokat.

A kopott alkatrészek megváltozott méreteit nem mindig állítjuk helyre valamilyen technológiával, hanem a költségesebb alkatrész méreteit fokozatosan csökkentjük vagy növeljük a kopás mértékének megfelelően, és az illeszkedő alkatrészt készítjük el újra.

Az alkatrészejazokon fel kell tüntetni a megengedett kopási méretet és közbenső méretfokozatokat is, és az egyes javítások alkalmával az alkatrészt a legközelebbi közbenső méretre munkáljuk meg, illeszkedő párját pedig e mérethez választjuk. A közbenső méretek száma 4-5 is lehet. A méreteket az illesztési szabályok szerint állapítjuk meg. Az összes méretet: a szabványost, a közbensőket és a határméretet a rajzon táblázatosan állítjuk össze, feltüntetve az alkatrész illesztését, tűrését és a megmunkálás finomságát is. A hibák megállapításakor készített vázlatrajzokról végleget, és megfelelő számban másolatokat készítünk a karbantartásban részt vevő szervek részére. Ezeket célszerű az illető gép leírásának tasakjában tárolni.

A hibajegyzék alapján a karbantartási iroda meghatározza a feladatokat:

- intézkedik a cserealkatrészek legyártásáról vagy kivitelezéséről;
- meghatározza és programozza a javítási műveleteket (javítási jegyzék 4.8. ábra);

Azoknak az alkatrészeknek a sorába, amelyeket nem kell kicserélni vagy javítani, az "új készül", és a "szabályozás" oszlopába mínusz (-) jelet írunk.

A megjegyzés rovatba jegyezhető be pl., hogy a kapcsolódó alkatrész melyik méretét milyenre kell szabályozni, az alkatrész jellemzője (pl. a fogaskerék fogszáma).

- az e célra rendszeresítendő művelettervbe az időelemző beírja a művelethez szükséges időt (javítási jegyzék folytatás 4.9. ábra);
- anyaggal kivételezi a raktárból a javításhoz szükséges anyagokat a javítási jegyzékben meghatározott minőségben és mennyiségben.

Javítási jegyzék

.. számú munka előkalkulációja

Rendelőüzem

A gép megnevezése

Tételszám	Rajzszám	Tartozik	Az alkatrész megnevezése	Db/gép	Új készül	Szabályozás	Megjegyzés	A javításhoz szükséges anyag						
								minősége	nyers mérete	csoport	mennyisége, kg, ill. fm	egységára, Ft/kg	értéke, Ft	

4.8. ábra. A javítási jegyzék űrlapja

Javítási jegyzék

.. számú munka előkalkulációja

(A javítási jegyzék űrlapjának hátoldala)

Tételszám	Gépi munkák, h								Összes gépi idő, h	Kézi munkák, h					Összes kézi idő, h	Bérmunka			
	eszterga	fúrómű	marógép	fúrógép	vésógép	gyalugép	köszörű	fogazógép		lakatos	festő	mintakészítő	hántoló	szereelő					

4.9. ábra. A javítási jegyzék űrlapja (folytatás)

4.5. A hiba- és gyengepont elemzés módszerei

A már bekövetkezett hibák elemzésére alkalmazott módszerek csoportosítása a 4.10. ábrán.

Hibafajta meghatározása	Hibaok meghatározása	Gyengepont elemzés	Komplex módszerek
a) - anyagvizsgálat - törésmechanika - PROSA	b) Általános módszerek - APM - Kepner-Tregoe	d) Általános módszerek - rangsor-analízis - sugársor-analízis - használati-érték analízis	f) Általános módszerek - pontozásos - KIPA
	c) Speciális módszerek - hibafa-elemzés - hiba-mátrix	e) Speciális segédmódszerek - összehasonlító gyengepont elemzés - ötlépéses gyengepont elemzés	g) Speciális módszerek - komplex hiba- és gyengepont elemzés - KÉRT-módszer

4.10. ábra. Hibaelemzési módszerek

A módszerek egy része a tervezés stádiumában alkalmazható. Közülük egyre általánosabban használt a hibamód- és hatáselemzés, az FMEA (németül: Fehler Möglichkeits- und Einfluss-Analyse, angolul: Failure Mode and Effects Analysis). Az FMEA előnye, hogy általa jelentős mértékben csökkenthető a hiba. Általában terméktervezésnél és folyamattervezésnél használják ezt a módszert. Különösen akkor alkalmas a használata, ha azt vizsgáljuk, hogy az alapanyag-, alkatrész- és berendezéshibáknak milyen a hatásuk a rendszer következő, magasabbrendű funkcionális szintjére és milyen hibamechanizmusok jönnek létre ezen a szinten.

A termék-FMEA célja, hogy a tervezés elején kiküszöbölje a várható hibákat, mint pl. a nem megfelelő anyagválasztást, a nem megfelelő geometria kialakítását, rossz méretelőírásokat. Figyelembe veszik a kísérletek tapasztalatait, az anyagvizsgálatok eredményeit. A hibamódot, a hatását és időben való felfedezés valószínűségét 1-től 10-ig terjedő számokkal jelölik. A számok szorzata a "kockázati elsőbbségi számot" adja. Megegyezés szerint beavatkozás, azaz a kockázat csökkentése válhat szükségessé, ha ez az érték a 100-t meghaladja. A termék sorozatgyártásához tehát mindaddig nem szabad hozzákezdeni, míg a konstrukciós kockázati elsőbbségi számot nem sikerült 100 alá csökkenteni.

A folyamat-FMEA célja, hogy a technológiai folyamat lehetséges kockázatát csökkentse. A hibamód lehet nem megfelelő szerelés vagy a folyamat nagymérvű változékonysága (szórása). Hasonlóan a termék-FMEA-hoz, itt is három tényezőt kell becslés alapján osztályozni. Ebben sokat segíthetnek a korábbi gyártási tapasztalatok. Az FMEA megvalósítására olyan szakértői csoportot kell létrehozni, amelyek tagjai nagy tapasztalattal rendelkeznek a konstrukció, a gyártás, a karbantartás és a minőségügy területén. A lehetséges hibákat jól vezetett hibafajta-jegyzék alapján kell figyelembe venni.

A fő csoportok a hibaelemzés alapösszefüggése szerint a hibafajta, illetve a hibaok meghatározására alkalmasak, valamint az elsődlegesen gyengepont elemzésre szolgáló módszereket tartalmazzák, és külön szerepelnek az előzőeknél hangsúlyozottabban komplexnek tekinthető módszerek. Más szempontból a rendszerben általános (nem elsődlegesen a hibaelemzésre kifejlesztett) és speciális (kifejezetten a problémánk valamely területére kidolgozott) módszerek foglalnak helyet. A felsoroltak közül néhányat röviden érintünk.

a) A károsodást és a kárfajtát egy alkatrész hibájánál mindig az építőelem anyagában keresik. Az anyagban tárolt információkat leginkább metallográfiai, anyagvizsgáló módszerekkel lehet felismerni. A hibák feltárásának kiindulópontja a károsodás megjelenése, amit a külső elváltozások és a szerkezeti anyag tulajdonságainak vizsgálata mutat. A károsodás megjelenése, jellege, valamint az igénybevétel között okozati összefüggés van. Így ismert alkatrészek anyagjellemzőinek meghatározása révén az alakváltozásokból és a törések megjelenéséből meghatározható az igénybevétel nagysága.

Az ismert anyagvizsgáló módszerek sok esetben nem elegendőek és az ún. törésmechanikát kell segítségül hívni. A törésmechanika a szerkezeti anyagok vizsgálatának és megítélésének új és korszerű módszere, amely azon a felismerésen alapul, hogy valamennyi gépelem kimutathatók tervezési, gyártási eredetű vagy anyaghibákra visszavezethető feszültségkoncentrációs helyek. Az ilyen helyek gyakran vezetnek hajszálrepedésekhez, majd ezek terhelés alatti instabil növekedése döntő szerepet játszhat az alkatrész törésében. Az anyagok szilárdságának növekedésével – a kutatások szerint – a repedésszerű hibák veszélyessége növekszik és a felületi hibák veszélyesebbek, mint a belső hibák. A roncsolásmentes vizsgálatok fejlődésével egyre kisebb méretű hibák mutathatók ki. Kiemelten fontos, hogy a folyamatok jellemzőit – például a repedés terjedési érzékenységét, azaz a repedéshossz egységnyi változása által okozott élettartam-változás értékét megismerjük.

Az anyagvizsgálatok tervszerű, megfelelő logikai sorrendben történő elvégzésének támogatására fejlesztették ki a PROSA-eljárást és programrendszert (programozott kár- és gyengepont elemzés). Célja a kárfajták egyértelmű azonosítása, segítség a károk behatárolásához. Az eljárásnak két ága van: a vizsgálati ág a tényállapot felvételére és értékelésére szolgál, a döntési ág a további vizsgálatokra és/vagy a hibalefolyásra vonatkozó döntések ága. Minden lépés szigorúan definiált és a vizsgálatok tartalma és eredményei dokumentáltak. Alkalmazási esetek azt mutatták, hogy helyes végkövetkeztetések minden esetben lépcsőzetes módszer eredményei: a feltevéseket tudományos laboratóriumi vizsgálatok támasztják alá vagy helyesbítik, és összhangot teremtenek az üzemi feltételekkel, szerkezettel és gyártási körülményekkel.

b) A kárfajtákból a károk megállapítása ténylegesen nehéz, összetett feladat. Egyetlen kárfajtát többféle ok is kiválthat. A hibaok feltárásához a károsodási vizsgálatokon kívül a gép/géprész előéletének ismeretére és összehasonlító szimulációs vizsgálatokra is szükség lehet.

Az alkalmazható módszerek közül két viszonylag általános, de sikeresnek ítéltet említünk:

– Az általános problémamegoldó módszer (APM) hét lépésből áll:

1. A probléma felismerésének szakasza
A probléma érzékelhető megjelenése. Felismerés és azonosítás
2. Az esemény problémaként való kijelölése
Tudatos döntés a probléma megfigyelésére és megoldására
3. A probléma elemzése és azonosítása
Adatgyűjtés, adatelemzés, információazonosítás
4. A megoldás kijelölése
Modellalkotás (törvényszerűségek, struktúra, paraméterek, peremfeltételek, állapotok...)
Megoldás körvonalazása, (a megoldásban résztvevők körének meghatározása)
Probléma-ismertetés, ötletgyűjtés, -csoportosítás
Megoldási javaslatok kidolgozása, ütemezése
5. A beavatkozás végrehajtása
A megoldási terv szerinti beavatkozás
6. A probléma megoldásának ellenőrzése
Értékelés a várt eredményre vonatkozóan, illetve az eredeti problémával kapcsolatosan
7. A probléma-megoldási technika rendszeres értékelése
A probléma-megoldó technika kiértékelése a hosszú távú eredményesség alapján, vagy más eljárásokkal összevetve...

– A Kepner-Tregoe módszer szerinti lépések a probléma – egy tény és egy kívánt állapot eltérési – okának feltárására:

1. Helyzetelemzés: kár leírása
2. Hibaelemzés: a kár analitikus vizsgálata
3. Okelemzés: a hibaelemzés révén a lehetséges okok meghatározása és igazolása
4. Intézkedés: a hiba megszüntetése

A lépések az APM-módszer megfelelő lépéseire hasonlítanak. A 2. lépésben célszerű kérdések feltevésével és megválaszolásával – mely a káresetet viszonylag pontosan leírja – egzakt elemzés végezhető (4.3. táblázat), így a hibaokok meghatározhatók.

KÉRDÉSEK A KEPNER-TREGOE MÓDSZER HIBAELEMZÉS LÉPÉSÉHEZ

4.3. táblázat

Kérdések	Fennáll (pozitív tényállás)	Nem áll fenn (negatív tényállás)	A probléma jellemzői
Mi?			
Hol?			
Mikor?			
Mértéke?			

c) A hibaok meghatározását több speciális módszer segíti.

A hibafa-elemzés (Fault Tree Analysis) deduktív (fentről lefelé haladó) módszer a rendszer-megbízhatóság elemzésére. Ez a módszer azoknak a feltételeknek és tényezőknek a meghatározásával és elemzésével foglalkozik, amelyek előidézik az előzetesen definiált nemkívánatos esemény (hiba) bekövetkezését, illetve hozzájárulnak ahhoz, és amelyek jelentősen befolyásolják a rendszer működését, biztonságát, gazdaságosságát vagy más előírt jellemzőjét.

A hibafa kialakításakor először egy főeseményt (hibát) kell meghatározni. Ezt kell felbontani al-eseményekre, azaz azokra a lehetséges okokra, amelyek a főesemény bekövetkezését előidézik. Az események egymáshoz logikailag kapcsolódnak. A főesemény az al-eseményeket (bemeneteket) főeseménnyé összekapcsoló ún. logikai főkapu kimeneti eseménye. A hibafa megszerkesztését akkor kell abbahagyni, ha a következő tényezők közül legalább az egyiket elértük:

- alapeseményhez értünk el (olyan független események, amelyek tovább nem bonthatók),
- olyan eseményhez értünk, melyet az elemzést végző nem tart szükségesnek tovább bontani,
- olyan eseményeket kaptunk, amelyeket már felbontottunk vagy fel fogunk bontani más esemény hibafáján.

A számszerű elemzést a hibafa alapján lehet elvégezni. A rendszer hibamentességi és használhatósági mutatóit a Boole-féle algebra módszereinek felhasználásával lehet megbecsülni. A számításokhoz szükséges alapvető adatok a következők: alkatrészek meghibásodási rátái, javítási ráták, hibamódok előfordulási valószínűségei stb.

A hibamátrix a hibajelenségek (hibaképek) és hibaokok teljességének ábrázolására alkalmas módszer. A hiba-megfelelőségi mátrix egyes mezőiben 1 szerepel ok-okozati kapcsolatnál, ellenkező esetben 0. A gyakorisági mátrixhoz konkrét eset adatainak ismeretében juthatunk el. A jelenségek (S_n), a hibaokok (F_m) és a gyakoriságok (H_{mn}) közötti összefüggésekre alkalmazzák a Bayes-féle feltételes valószínűségi tételt. Mivel az események közötti függetlenség nem biztosítható, a gyakoriságokból számított valószínűségek általában súlyozási tényezőként használhatók.

d) A gyengepont-elemző módszerek a gyengepont értelmezése és a már tárgyalt relatív jellege miatt a hibahelyek, mint komplex – legalább két kritérium alapján minősítendő – rendszerek összehasonlításán alapulnak. Az összes kritérium – más néven értékelési tényező – együttes figyelembevételével történő értékelés általánosan használt módszere a rangsor analízis. A módszeres géptervezés elméletéből ismert a használati érték analízis, amely az összemérendő változatokat (például a gyengeponttá minősített hibahelyeket) meghatározott lépésekben, súlyozó-pontozó eljárás alkalmazásával, speciális ábrázolás technikával (értékprofil) minősíti.

Szemléletes a sugársor-analízis alkalmazása, amely polár-diagramban, az origóból kiinduló skálakon ábrázolja az értékelési tényezők különböző változatokhoz tartozó (a_{ij}) értékeit, célszerűen a (0,1) intervallumba transzformálva. Az egyes összemérni kívánt változatokat az értékelési tényezők számának megfelelő oldalú sokszögek jelenítik meg és a változatok sorrendjét ezen sokszögek – a mindenkor értelmezés szerint növekvő vagy csökkenő – területei határozzák meg.

e) A speciális gyengepont-elemzési módszerek közül az összehasonlító módszer a részletezett hibaok gyakoriságai alapján minősíti a változatokat (például két szerszámgépet, grafikusán is). A karbantartási szemléletű gyengepont elemzés ötlépéses módszere a hibafelvétel, a hibaelemzés, a hibaértékelés (a gyengepontokat a hibagyakoriság, az állásidő és a javítási költségek szempontjai alapján választják ki), a gyengepont megszüntetése és dokumentálása lépések végrehajtását tartalmazza.

f) A komplex módszerek közül széles körben elterjedtek a különféle pontozásos módszerek. Ezek ellen számos méréselméleti kifogás merül fel, de viszonylagos egyszerűségük okán gyakran használják. Minden hibahelyre, gyengepontra elvégezve a pontszámérték meghatározását, azok összehasonlíthatóvá, rangsorolhatóvá válnak.

A komplex összehasonlító módszerek közül kiemelkedik a szerzőik vezetékeveiből (Kindler-Papp) képzett betűszóval jelölt KIPA-módszer. Eredményeként a versengő változatok preferencia sorrendjét kapjuk és a módszer a megállapított küszöbértéket el nem érő változatot – esetleg minden összesített előnye ellenére – a versenyből kizárja.

Többféle módszer elemeiből hiba- és gyengepont elemzésre kialakított speciális módszer a komplex értékelő (KÉRT-) módszer, amely a 4.11. ábra szerint négy fő szakaszból és 11 lépésből áll.

a) FELADAT KIVÁLASZTÁS	Minősítés témájának kiválasztása	Géptípus Gép Szerkezeti egység
	Értékelési szempontok meghatározása	Max. 15-féle
b) KRITÉRIUMOK MEGHATÁROZÁSA	Értékelési szempontok fontossága	Max. 10 minősítő Standardizált fontossági számok Minimális fontossági küszöbérték
	Értékelési tényezők megállapítása	Max. 10-féle
	Értékelési tényezők súlyozása	Standardizált súlyszámok
	Változatok megfogalmazása	Hibahelyek
c) VÁLTOZATOK RANGSOROLÁSA	Értékelési tényezők értékeinek megállapítása	Mértékegységek és értékek – változatokra – bázisra
	Változatok összértékének meghatározása	Súlyozással vagy súlyozás nélkül Pontozásos módszerrel Pontozás nélkül
	Változatok minősítése	Összértékek szerinti sorrend – pontozással – pontozás nélkül
d) ÉRTÉKELÉS	Minősítés alapján történő értékelés	Erősségek, gyengeségek Tendenciák, trendek Egyéb szempontok
	Intézkedések megalapozása	Korrekció, változtatás Fejlesztés Ösztönzés elismerés, szankció Egyéb döntések

4.11.ábra. A komplex értékelő (KÉRT) módszer lépései

Az egyes szakaszok összefoglaló jellemzői:

a) Feladat kiválasztás: a géptípus, illetve a gép hierarchikus felépítéséhez igazodóan a hibahelyek azonosítása.

b) Az értékelési tényezők (kritériumok) meghatározása többlépcsős:

- először több minősítő által az értékelési szempontokat és fontosságukat határozzuk meg, majd
- a minimális fontossági küszöbérték megállapítása révén kiválasztjuk az értékelési tényezőket és megállapítjuk ezek standardizált súlyszámait.

c) A rangsorok megállapításához a feladatválasztásnak megfelelően az összemérni kívánt változatokat (hibahelyeket, gyengepontokat) kiválasztjuk, majd az értékelési tényezők változatonkénti értékeit és bázisértékeit meghatározzuk. Így lehetőség kínálkozik a változatok rangsorolására:

- a bázis-értékektől való százalékos eltérések alapján pontértékek meghatározása, súlyozott összértékek megállapítása változatonként;
- pontozás (ezzel információ-vesztés) nélküli megoldás: az értékelési tényezők változatonkénti értékeit a bázis-értékekhez (egy ideális változat, egy átlagokból képzett változat stb. értékei) viszonyítjuk és így számolunk súlyozott összértéket minden változatra.

A változatok sorrendjét a súlyozott összértékek alapulvételével állapítjuk meg, az eredmények szemléletesen megjeleníthetők (értékprofil, polárdiagram stb.).

d) Az értékelés szakaszában a preferencia sorrend és az azt befolyásoló kritériumok értékeinek vizsgálata folyik: egy-egy változat előnyei és hátrányai, időbeli változásai, esetleg egyéb szempontok is figyelembe veendőek. Ezt követően különféle intézkedésekre, döntésekre kerülhet sor szakmai alapon.

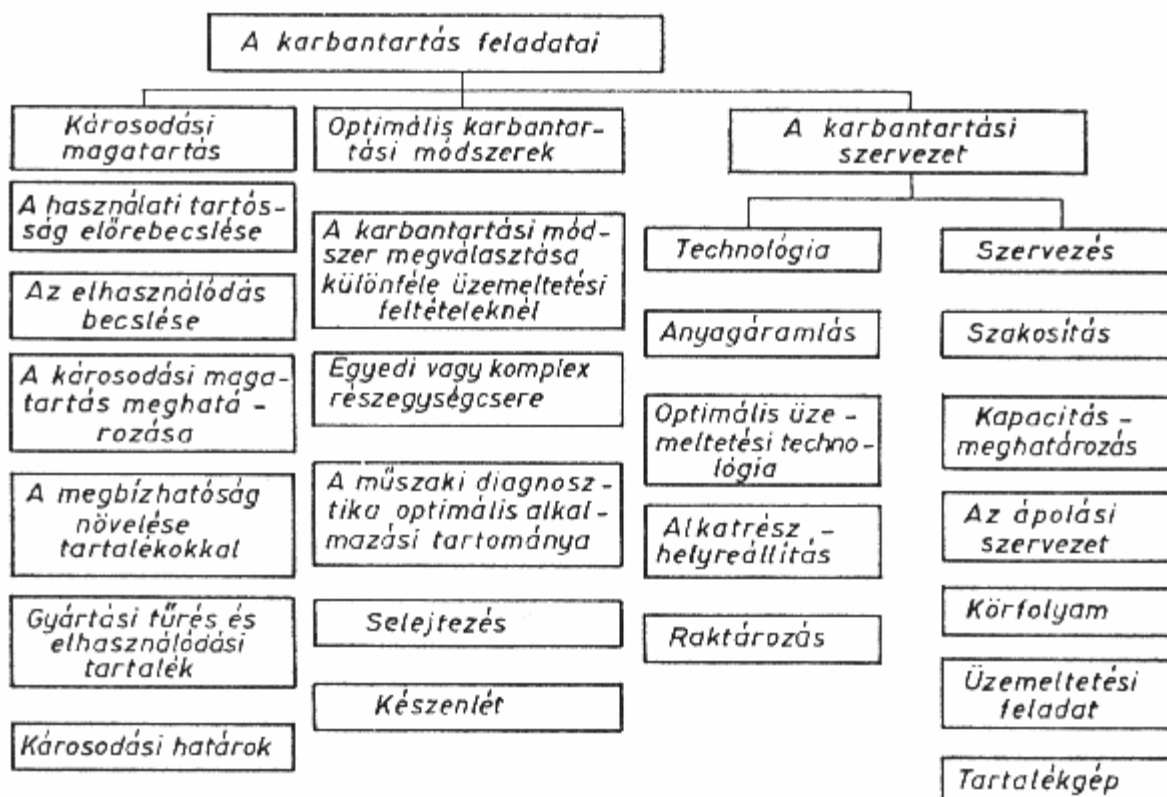
A módszerekben újabban megjelenik a hiba-kritikusság mértéke. Nem elegendő csak a hibagyakoriság figyelembevétele, hanem a hibahelyek minősítésénél különféle módon a kockázatot is igyekeznek figyelembe venni:

- kritikusság (hibabekövetkezés valószínűsége, kapcsolódó alkatrész meghibásodásának lehetősége, a kár komolysága): ötfokozatú skálán mért hatásszámok összege az FMECA (hibamód, -hatás és -kritikusság elemzés) szerint;
- kiesési kockázat: hibagyakoriság és várható időkiesés szorzata;
- hibagyakoriság és költség szorzata;
- kockázatprioritási szám: hibabekövetkezés valószínűsége, a hibafelismerés lehetősége és a hiba súlyossága mérőszámainak szorzata.

5. A KARBANTARTÁS ELEMEI

A karbantartás fogalmát az előzőekben a következőképpen határoztuk meg: "A karbantartás intézkedések összessége, amelyek a különféle létesítmények, az építmények, gépek, szállítóberendezések, vagyis különböző anyagi javak kívánt állapotának megóvására, helyreállítására, valamint a meglevő állapot megállapítására és megítélésére irányulnak. Ezek az intézkedések, – mint felülvizsgálat (ellenőrzés, vizsgálat), gondozás (kezelés), helyreállítás (javítás) – magukba foglalják a karbantartás céljainak a vállalkozás céljával való egyeztetését és a megfelelő karbantartási stratégia megállapítását is."

A berendezéseket, a gépeket a termelés zavartalan végzéséért, a gyártmány elkészítéséért, végső soron működéséből eredő hasznáért vásárolják. Alapvető követelmény ezért a berendezésekkel szemben, hogy működőképesek legyenek. Ezt a karbantartásnak kell biztosítani, tehát a karbantartás feladata a gépek, berendezések jó állapotban tartása, üzembiztonságuk, megbízhatóságuk, rendelkezésre állásuk szavatolása. Ezt a célt a termelőeszközök tulajdonosai a lehető legkisebb költséggel igyekeznek elérni. A karbantartás közvetlenül hat a beruházások megtérülésére, a termelékenységre, a minőségre, az üzemelés hatékonyságára és a hulladék csökkentésére. A karbantartásnak a termelési, gyártási főfolyamat érdekeit kell szem előtt tartania, mely nagyszámú egymással egybefonódó elméleti, műszaki, technológiai, szervezési és gazdasági kérdést vet fel – lásd 5.1. ábra.



5.1. ábra. A karbantartás leggyakoribb műszaki, technológiai, szervezési és gazdasági problémáinak áttekintése

A munkaeszközök vizsgálata – tekintettel károsodási viszonyaikra és az azokra felépítendő karbantartási előírásokra – műszaki feladat, amelynél értékelési ismérvként gazdasági tényezők használatosak. Más jellegű műszaki feladatcsoport, pl. a karbantartás szempontjából kedvező munkaeszközök tervezése és előállítás. A karbantartás technológia kérdéseire tartozik az

ápolás és a gondozás, a használati tulajdonságok helyreállításának jellege és módja, vagy a károsodások hatásainak kiküszöbölése. Mindezek döntően hatnak a karbantartás költségeinek alakulására.

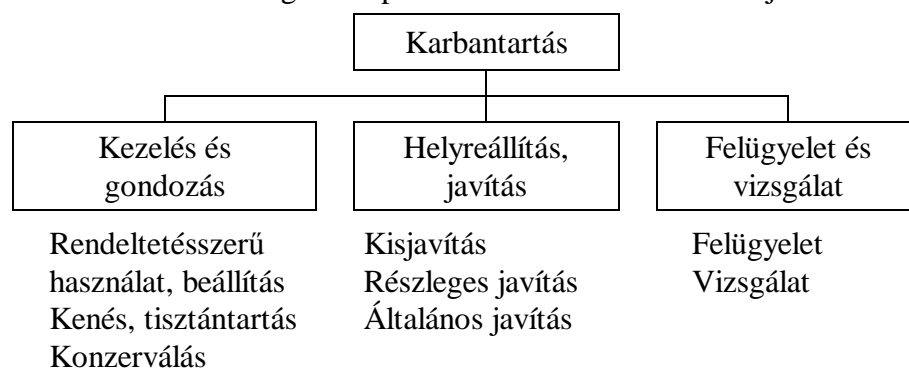
Szervezési kérdések, pl. a használatban levő gépről való gondoskodás, anyagellátás, a karbantartáshoz szükséges kapacitás meghatározása, a karbantartás terén való együttműködés.

A gazdaságosság, mint a karbantartási intézkedések mércéje súlyponti helyet foglal el. A karbantartásra vonatkozó ráfordításoknak és azok kihatásainak helyes értékelése – függetlenül a jelentkezés helyétől és időpontjától – gazdasági szempontból külön probléma. A termelési feladatok elvégzése érdekében optimálni kell a személyi és anyagi ráfordításokat, azaz gazdálkodni kell a felhasznált munkaerővel és anyagokkal. Folyamatosan felül kell vizsgálni a személyzet létszámát, illetve az idegen munkaerő igénybevételére fordított anyagaikat.

A testi épség biztosítása a karbantartóknál kiemelt jelentőségű, mivel számtalan esetben a javítás során a védőberendezést eltávolítva szüntetik meg a berendezésben keletkezett hibát, így fokozott gondossággal kell a javítási munkát elvégezni. Ezért a karbantartási munkáknál fontos szempont a munkavédelmi előírások figyelembevétele, hisz sérülés esetén nemcsak a vétkes szakmunkást, hanem annak szakmai vezetőjét is hátrányosan érinthetik a jogi következmények.

A karbantartók feladata nem merül ki a kívánt állapot helyreállításában, hanem egyre inkább egy új, jobb állapot megvalósítása a cél, amelynek alapját az új ismeretek és nem utolsósorban az új környezetvédelmi előírások képezik. Előfordulhat, hogy működő gépeket érvényes hatósági rendelkezések üzemképtelenné nyilvánítanak, mert nem felelnek meg a biztonságtechnikai előírásoknak, vagy a környezetszennyező hatásuk túl van a megengedett mértéken. Ebben a vonatkozásban is szükséges a karbantartók tevékenysége ahhoz, hogy a gépek kívánt vagy előírt paramétereik megfelelőek legyenek.

A karbantartási műveletek összefoglaló kapcsolatrendszerét az 5.2. ábra jól szemlélteti.



5.2. ábra. A karbantartás műveletei

A gondozás (ápolás), más szóval kezelés olyan műszaki tevékenység, amely a berendezés előírt állapotának megővésére irányul. Ilyen műszaki tevékenységek közé sorolhatók: a tisztítás, kenés, konzerválás stb. Tisztításon azt a gondozási műveletet értjük, amellyel a berendezés egyes nehezebben hozzáférhető alkatrészeiről a port vagy egyéb szennyeződést eltávolítják és e célból a berendezés egyes alkotó elemeit szükség szerint leszerelik. Pl. kapcsolószekrények belső részeinek tisztítása, biztosítók portalanítása stb.

A karbantartási fogalmakon belül kívánatos a rendeltetésszerű használat értelmezése is. Ez azt jelenti, hogy a berendezést csak arra a célra szabad felhasználni, amire készült, csak olyan mértékben szabad terhelni, amilyen igénybevételre méretezték. Ha gépről van szó, akkor úgy kell indítani, leállítani, karbantartani, ahogy ezt a gépkönyv előírja.

A felügyelet, illetve ellenőrzés a meglévő, tényleges állapot megállapítására és értékelésére irányuló tevékenység. Ezt ellenőrző vizsgálatokkal, mérésekkel lehet a leghatékonyabban megtenni. A felügyelet az a folyamatos karbantartási művelet, amelynél az adott berendezéseket figyelve a karbantartó beavatkozik, ha rendellenes működést észlel. A hiányosságokat, a hibákat idejekorán kiküszöböli, mielőtt azok nagyobb üzemzavart okoznának. Pl. gépbeállító a szövődében, varrodában, nagyobb gépműhelyben.

A vizsgálat az az időszakos karbantartási művelet, amelynek során a berendezések és a könnyen hozzáférhető alkatrészek állapotát, elhasználódásának mértékét, szétszerelés nélkül, szemrevételezéssel állapítják meg és egyidejűleg a kisebb hibákat is kijavítják. Ezt a műveletet a gépkarbantartásban szerkezeti vizsgálatnak nevezik. Használják még a karbantartásban a fővizsgálat és a pontossági vizsgálatok fogalmát is.

- A fővizsgálat az a karbantartási művelet, amelynél a karbantartó személyzet – szükség esetén szétszereléssel vagy szétbontással – alaposan ellenőrzi valamennyi alkatrész állapotát kopás vagy egyéb károsodás szempontjából, s a kisebb, a helyszínen egyszerű eszközökkel elvégezhető javításokat elvégzi, a többit előjegyzi. A fővizsgálatnak több fajtája és elnevezése ismert, aszerint hogy melyik iparág milyen berendezéséről van szó.
- A pontossági vizsgálat a szerszámgépeknél alkalmazott karbantartási művelet, amellyel azok megmunkálási pontosságát egységes vizsgálati előírás szerint műszerekkel ellenőrzik. A vizsgálati eljárást *G. Schlesinger* professzor dolgozta ki. A pontossági vizsgálati eljárás lényege, hogy a szerszámgép forgó és egymáson elmozduló alkatrészein mérőtűske, vonalzó, derékszögek, vízmértékek és más mérőműszerek segítségével a gép geometriai és megmunkáló pontosságának megállapítására egyértelműen meghatározott mérések elvégzését írja elő. A gép akkor kifogástalan, ha a mérési eredmény a megengedett tűrésen belül marad. A pontossági vizsgálatokra vonatkozó eljárást számos szerszámgépre vonatkoztatva a magyar szabványok is tartalmazzák.

A helyreállítás az eredeti állapot visszaállítására irányuló tevékenységek halmaza, melybe beletartoznak a javítások, alkatrészek cseréjét, főbb paraméterek beállítását stb.

Javításnak az a karbantartási művelet tekinthető, amely valamely állóeszköz részleges vagy teljes szétszerelésével és a hibás alkatrészek megjavításával vagy kicserélésével a berendezés üzemképességét fokozza. A javításoknak általában három fajtáját különböztetik meg, úgymint a minimális vagy kisjavítást, a részleges vagy közepes javítást és az általános javítást, más néven főjavítást (felújítást, generáljavítást).

- Kis- vagy minimális javítás. Jellemzője, hogy inkább a be szabályozásokra, egyes elemek utánállítására, illetve igen könnyen hozzáférhető elemek cseréjére korlátozódik (pl. láncok, ékszíjak ellenőrzése, utánállítása, gyújtógyertya cserék). A kisebb javításkor ki nem küszöbölhető hibákat elő kell jegyezni a következő, magasabb fokú javításra. A kisjavítás munkaidője az általános javításnak mintegy 10-15%-a.
- A részleges vagy közepes javítás az adott berendezésnek néhány részegységére kiterjedő, részleges megbontásokat igénylő javításokat, illetve alkatrészcsereket elvégzését foglalja magába. A kicserélt szerelési egységeket szerelőműhelyben vagy szakosított helyreállító üzemenben újítják fel.

A közepes javítás munkaidő-szükséglete általában fele az általános javításénak. A kicserélt (elhasználódott vagy károsodott) szerelési egységek helyreállításához rendszerint nagyobb időfelhasználás szükséges, viszont ha úgy hajtjuk végre ezt a munkát, hogy a munkaeszköz azonnal újra üzembe állítható, a kicseréléssel való helyreállítással a karbantartáshoz szükséges állásidő lényegesen csökkentése érhető el. Ez az eljárás feltételezi, hogy komplett szerelési

egységek állnak rendelkezésre kellő számban a kicserélési határidőre. A szükséges szerelési egységek számát az elhasználódási viszonyok, a gépállapot, a gyártási költség, valamint a szétszerelés és összeszerelés időtartamának a helyreállítás idejéhez való aránya határozza meg. Általában kimondható, hogy a karbantartáshoz szükséges állásidő megrövidítése általi megtakarításnak nagyobbak kell lennie, a csereegységek beszerzésének és raktáron tartásának ráfordításainál.

- Az általános javításnál – a gépek esetén – az adott berendezést szinte alkatrészeire bontják, részletes mérésekkel, ellenőrzésekkel megállapítják a további teendőket, majd az összeszerelés, próbaüzem után a berendezés olyan állapotba kerül, hogy az működőképesség, pontosság, teljesítőképesség, illetve használhatóság szempontjából gyakorlatilag egyenértékű egy új berendezéssel.

5.1. A kezelés

A műszaki munkaeszközökkel való bánásmód, annak szakszerű alkalmazása, a túlterhelések elkerülése nagy befolyással van a károsodásra. A géphasználatnak ezért feltétlenül szükséges előfeltétele a kezelőszemélyzet megfelelő képzése. Az ilyen tanfolyamok tananyagának tartalmaznia kell, pl. a kezelést, az ápolást, a gondozást, az egyszerű felülvizsgálati és karbantartási intézkedések végrehajtását, valamint a hibakeresést. A gépek kezelésének alapfeltételeit az üzemeltetési előírások, karbantartási rendelkezések és előírások rögzítik.

5.2. Az ápolás és a gondozás

Valamennyi karbantartási intézkedés között az ápolásnak van a legnagyobb jelentősége. A műszaki munkaeszköz intenzív ápolása által a karbantartási költségek 20%-kal csökkenhetnek és 0,96-os készenlét érhető el. Ennek magyarázata az elhasználódási sebesség csökkentésében rejlik, ami a helyes ápolás és gondozás révén a műszakilag lehetséges minimumra redukálható.

Az ápolás és gondozás feloleli a műszaki munkaeszköz használójának az elhasználódás csökkentésére és elkerülésére tett intézkedéseit. Az ápolási intézkedések végrehajtása az üzemeltetés alatt történik, az üzemmenet által igényelt rövid megszakítások alatt, valamint a hosszabb üzemszünetek alkalmával.

A műszakilag optimális ápolási ráfordításokat illetően mind az élő- és tárgyiasult munka, mind pedig az ápolás végrehajtásával és vezetésével megbízottaktól megkívánt műszaki ismeretek nem nagyok. A probléma többnyire az állandó végrehajtásban és az ellenőrzési tevékenységben van.

5.4.1. Az ápolási intézkedések

A beszennyeződött műszaki munkaeszközöknél a korrózió, a porbehatolás a csapágyakba stb. következtében kezdődik az elhasználódási folyamat. A beszennyeződött gépekkel végzett munka pszichológiailag is káros. Végül a helyreállítási munkák elvégzése szennyes gépeken gyakran gyakorlatilag lehetetlen. Ezért olyan előfeltételeket kell teremteni, hogy a gyakran kedvezőtlen, szennyezett környezetben üzemeltetett műszaki munkaeszközök megfelelően tisztítva legyenek:

- általában naponta bizonyos időszakokban, lehetőleg gyorsan kell elvégezni;
- a tisztítást végző munkás munkakörülményei megfelelőek legyenek;
- az alkalmazandó tisztítószereknek és tisztító eljárásoknak ne legyen korrózió keltő hatásuk;
- a korrózió elleni védelemre alkalmazott festést és egyéb felületkezeléseket nem szabad megsérteni, és meg kell teremteni a korrózió elleni védőszerek időnkénti felvitelének az előfeltételeit;

- a tisztító eljárások megfelelő tisztító hatásúak legyenek, beszáradt pizokréteget, olaj- és porréteget, tapadó szerves vagy szervesetlen anyagot lehetőleg kézi munka nélkül lehessen eltávolítani.

A munkaeszközök tisztítására alkalmazott eljárások 5.1. táblázat.

Tisztító eljárás	Tisztító anyag	Víznyomás, MPa	Vízfelhasználás, m ³ /h
Hidegvíz sugár, kézi mosószivattyú	hideg víz	2,0...2,5	2...6
Hidegvíz sugár, mechanikus mosóberendezésben	hideg víz	1,0...2,5	26...30
Forróvíz sugár, kézi mosószivattyú	forró víz, 40...60°C	1,0...1,8	0,8...1,5
Gőz sugár, kézi sugárvezérléssel	gőz sugár, 140°C	0,5...0,7	0,3...0,6
Forgó mosókefe	forró víz, 40...60°C	1,0...1,2	0,8...1,5

A gyártómű előírásainak megfelelően, valamennyi terhelés alatt egymáson csúszó vagy gördülő géprész – hacsak nem önkenőek a csapágyaik – időnként új kenőanyaggal kell ellátni. A kenőanyagnak a csúszófelületen összefüggő kenőréteget (filmet) kell alkotnia, hogy ennek révén az alap- és ellentestek felületeit egymástól elválassza. Ennek a kenőfilmnek az is a feladata, hogy az idegen testek behatolását megakadályozza és a súrlódás által keletkezett hőt elvezesse.

A legtöbb kenőanyag a használati ideje alatt öregedik, szennyeződik, elveszíti kenőképességét, ezért egy bizonyos idő után le kell cserélni. A csere alkalmával a következő feltételeket kell elegetíteni:

- a gyártó által előírt fajtájú és mennyiségű kenőanyagot alkalmazzuk;
- az alkalmazott kenőanyag tiszta és jó minőségű legyen;
- az előregedett és tisztátalanná vált kenőanyagot maradéktalanul távolítsuk el, és pótoljuk új kenőanyaggal;
- az előírt kenési időközöket tartsuk be.

Bár a kenésre fordított tiszta időtartam (olajöltés, a zsiradékprézelés) az átmeneti és előkészületi idők mellett viszonylag csekély, a kézi zsírzókat mégsem alkalmazzuk. Ezek ugyanis növelik a kenőanyag szennyeződésének veszélyét, és nem adják a szükséges kenési nyomást. Mechanikus vagy sűrített levegővel működő zsírzóeszközök (kenőnyomás 20...45 MPa, a zsírzóanyag-tartály térfogata 50...60 dm³) lehetővé teszik a munka termelékenységének lényeges növelését.

Hajtóművek és motorok olajcseréjéhez néhány olajféleségnél beváltak az olajcserélő készülékek, amelyek a fáradt olajat leszívják, a házat leöblítik és az előírt olajmennyiséget beszivattyúzzák.

Az időközönkénti kenőanyagpótláshoz az olajsintet is ellenőrizni kell.

Fontos előfeltétel a kenőanyag helyes raktározása és kezelése. Amellett ügyelni kell az összeszerelésekre és a szennyeződések elkerülésére, valamint a tűz elleni védelemre. A kenőanyagot száraz, tiszta, különlegesen berendezett raktárhelyiségekben kell tárolni, amelyekben pl. a szükséges előfeltételeket különleges olajtartályok vagy olajos hordók alkalmazása teremti meg.

Az olajszűrő (fő- vagy mellékáramú) feladata, hogy a kopási- és (belsőégésű motoroknál) az égéstermék az olajból kiválassza. A szennyezők nagyságrendje 0,03 mm. Az olajszűrő (szita-tárcsás, vagy rotációs szűrő) a kenőolaj szennyeződési fokától függő időközönként az iszapeltávolítást és a szűrőbetét, valamint a szűrőház tisztítását igényli, elég nagy ápolási ráfordítással.

Dízelmotor tüzelőanyagából a 0,001...0,002 mm-es nagyságrendű szennyezőanyag mennyiséget is el kell távolítani. Ennek nagyságát a befecskendező szivattyú és fúvóka határozza meg. Szűrőként sokszor nem regenerálható nemezbetétet vagy impregnált papírt alkalmaznak.

Belsőégésű motoroknál még a légszűrőnek van nagy jelentősége. A kiszűrendő pormennyiség (általában 0,02...0,2 g/m³) viszonylag tetemes. Száraz levegőszűrőt (szita vagy ciklon) és nedves szűrőt (olaj, mint adszorpciós eszköz) egyaránt alkalmaznak. Az utóbbi friss olajtöltésnél 98...99,5% kiválasztási hatásfokú. Figyelembe kell venni, hogy 1 g olaj mintegy 1 g port tud lekötöni és ezért az olajmegújítás időköze a szűrőben a porterheléstől, a lökettérfogattól és a motorfordulatszámától függ. Jó hatás érhető el ciklonok és az olajfürdős szűrők sorbakapcsolásával.

5.4.2. Az ápolás megszervezése

Ahhoz, hogy műszakilag helyes, minimális ráfordítású ápolással a legkisebb elhasználódási sebességet érjük el, a konstrukcióból, a kenéstechnikából és a használati feltételekből kell kiindulni. Műszaki oldalról az ápolásnak a következőkre kell tekintettel lennie:

- az előírt ápolási intézkedések és ápolási időközök következetes megtartása;
- az ápolási intézkedések műszakilag helyes végrehajtása;
- az elhasználódási feltételek figyelembevétele az ápolás végrehajtásakor.

Az üzemeltetési oldalról fennálló követelmény, hogy az ápolási intézkedések végrehajtásakor nem szabad a műszaki munkaeszköz lehetséges használati idejét csökkenteni.

Ezekhez a követelményekhez csatlakoznak még további figyelemreméltó tényezők:

- az ápolás gépesítése nagyobb munkatermelékenységet eredményez, de az ápolást végzők magasabb fokú képesítését igényli;
- a műszaki haladás megnöveli az ápolási időközöket, de nagyobb követelményeket állít a végrehajtás szabatosságával szemben.

Határidő szerint az ápolási intézkedések két csoportját különböztetjük meg:

- hosszabb, pontosan meghatározott időközökben végrehajtandó intézkedések (pl. kenés és olajcsere), főként merev ciklusú karbantartásnál;
- az üzemeltetési és elhasználódási feltételektől függően szükség szerint végrehajtandó intézkedések (a gép tisztítása, kenőolaj-utántöltés vagy a légszűrő ápolása), főleg a felületvizsgálat utáni karbantartásakor.

A követelményekből kiindulva a következő szervezési alapelvek adódnak:

- az ápolási tevékenység túlnyomó részét a lehetséges használati időn kívül kell végrehajtani;
- az ápolási munkák messzemenő elkülönítése a gépek üzemeltetésétől. A nagyobb időközben végrehajtandó és gépesíthető ápolási munkákat le kell választani a gép kiszolgálásától, és specialistákra kell bízni. Az üzemmel összekapcsolt munkák ellenőrzése, pl. az olajsint ellenőrzése és az esetleges utántöltés a gép kiszolgálójának a feladata legyen;
- a gép használójának és ápolójának az anyagi ösztönzése, tekintettel a maximális használati határidő elérése végett;
- az ápolási munkákat össze kell kapcsolni az állapot felülvizsgálatával;

- a karbantartási intézkedések nagyobb hatékonysága érdekében az ápolást kisebb helyreállítási feladatokkal kell összekötni és a helyreállító műhellyel szoros kapcsolatban kell elvégezni;
- az ápolási munkákat össze kell kapcsolni a gondozási feladatokkal.

Az 5.2. táblázat áttekintést ad a szervezési formákról, azok ismertető jegyeiről, előnyeiről és hátrányairól, valamint az alkalmazási területeikről.

Az ápolás és gondozás szervezési formái

5.2. táblázat.

Jellemző	Egyedi ápolás		Szakosított ápolás	
	folyamatos ápolás	időközönkénti ápolás	helyhez kötött ápolás	mozgóápolás
Végrehajtó	a gép használója		szakosított ápolólakatos, részben a gép használója	
Időpont	a műszak előtt, alatt vagy után	speciális ápolási műszakban (pl. ápolási napon)	műszakon kívül	műszakon kívül vagy műszak-szünetben
Lehetséges gépesítési fok	alacsony fokú		magas fokú	
Az időpont rögzítése	nagyraészt egyéni, a géphasználótól függ		tervszerű	
Ellenőrizhetőség	rossz	sok gépnél egyidejűleg	jó	kielégítő
Hely	garázs, használati hely, vagy tankolóhely	garázs, ápolási hely, vagy tankolóhely,	ápolási állomás	az üzemeltetési hely
Munkatermelékenység	csekély	csekély, kielégítő	magas fokú	
A műszakilag helyes ápolás biztonsága	csekély	ellenőrzésnél magas fokú	magas fokú	
A kifogástalan kenőanyag-gazdálkodás lehetősége	korlátozott	jó		
Beruházási szükséglet	gyakorlatilag nincs	viszonylag csekély	nagy	
Anyagi ösztönzés lehetősége hosszabb használati idő elérésére	jó (személyi számla)		csekély, de elviselhető	

Az egyedi ápolás növeli a gép kezelőjének felelősségét munkaeszköze üzemképességének fenntartásáért. Adódnak ugyan nehézségek, pl. pszichológiai problémák lépnek fel, amikor a műszak végén végzett ápolás az utána következő munkakezddést befolyásolja, vagy észrevett hiányossá-

gokat gyakran nem szüntetik meg azért, hogy a munkaidőt teljesen ki lehessen használni. A műszak végén végzett egyéni ápolás a műszakilag kedvező időpontban (pl. meleg gép olajcseréje) és azért, hogy a kisebb károkat a legközelebbi műszak kezdetére megjavítsanak, előnyös volna, de ez gyakran nem történik meg a gép használójának nagy fizikai megterhelése, és a műszak végére ezzel együtt járó kifáradása miatt.

A specializált ápolás elkerüli az egyedi ápolás hátrányait. Az a gyakran felhozott érv, hogy a gépgondozó nem érdekelt nagy használati határidőtartam elérésében, nem bizonyult helytállóknak.

A specializált ápolásnak három összetartozó formában van értelme:

- az ápolási és gondozási hely;
- ápolási állomás;
- mozgó ápolószolgálat.

Amíg az ápolási és gondozási hely a napi ápolást és gondozást elvégzi, addig az ápolási állomásnak az a feladata, hogy nagy időközönként szükséges ápolási intézkedéseket (pl. olajcsere) végrehajtsa. Mindkét megoldásnak csak mobil munkaeszközöknél van értelme. Mobil ápolószolgálat gondoskodik minden helyhez kötött munkaeszközről, és az olyan mobil gépekről, amelyeket nem kell naponként helyhez kötött speciális ápolóberendezéshez hozni.

5.3. A leállítás, tárolás

Egyes ágazatokban a munkavégzés szezonális jellegéből adódóan a gépek csak időszakosan, évente átlagosan 2-6 hónapot üzemelnek, ezután tárolásra kerülnek. Ilyen időszakos géphasználat jellemzi, pl. az erdészeti gépeket, a földmunka-gépeket, a közút- és közterület-fenntartás gépeit stb., de elsősorban a mezőgazdasági erő- és munkagépeket. A termelő és üzemszüneti ciklusokhoz igazodó géptárolás feladata az üzemben kívüli gépek és tartozékaik főleg műszaki, de emellett munka- és tűzvédelmi, valamint gazdaságossági követelményeket is kielégítő állagmegóvása, lehetőleg a gépkonstrukciónak megfelelő klímájú területen. Ez szabad terület, fedett vagy zárt tér lehet. Beruházásigényes zárt és fedett tárolók hiányában a nagyértékű géppark több mint 80%-át télen-nyáron, tehát a korróziós szempontból legártalmasabb időszakokban is szabadtéren tárolják.

A leállított munkaeszközöket műszakilag kifogástalan állapotban kell tartani. Ennek betartásához a következő követelményeket kell teljesíteni:

- a korrózió elleni védelmet;
- az öregedés elleni védelmet;
- védelem a beállítási értékek megváltozása vagy elvetemedések ellen;
- a munkaeszköz teljességének megóvása.

A leállítás módját a leállítási utasítások tartalmazzák. A leállítási utasításban, amely kötelező dokumentum, rögzíteni kell valamennyi leállítandó műszaki munkaeszközre a következő adatokat:

- a leállítás időpontja;
- a leállítás helye;
- a leállítási intézkedések;
- a felelősség.

A leállítási időn belül számításba kell venni a nem használt gépeknél beálló változásokat, a konzerváló intézkedések felújításait. Gyakran célszerű leállítási megbízott alkalmazása, aki a leállítást szervezi, ellenőrzi, folytonosan vizsgálja a leállítást, és szükség esetén intézkedik.

5.5.1. A leállítási helyek

Mobil műszaki eszközöket a leállítás után zárt, fűtetlen vagy fűtött helyiségekben, védőtetők, műanyag ponyva alatt, vagy a szabadban tárolják. Annak eldöntése, hogy a különféle munkaeszközöket hol állítsuk le, függ a gép konstrukciós kialakításától, a tárolóhelyiségek építési költségétől és a klimatikus viszonyoktól. Általában a következő alapelveket kell a döntésnél kiindulásként felhasználni:

- fűtött épületekben általában olyan járműveket kell leállítani, amelyek állandó üzemképessége – katasztrófaesetekre számítva – szükséges;
- zárt, fűtetlen épületekben a járműveket és bonyolult, nagy gépeket kell elhelyezni;
- védőtető alatt kisebb, bonyolult munkaeszközöket kell leállítani. Ügyelni kell azonban arra, hogy a védőtető szélverte oldala zárt legyen;
- szabadban egyszerű gépeket lehet leállítani, ha a korrózió iránt érzékeny elemeiket (pl. hidraulikus egységek stb.) eltávolítottuk és megfelelő korrózió elleni védelemmel láttuk el.

Az üzemszünet idejére leállított erő- és munkagépek szakszerű állagmegóvása tárolótelepen, ún. gépudvaron elhelyezve biztosítható. Kijelölésekor üzemszervezési, műszaki és tűzrendészeti szempontokat és előírásokat célszerű, illetve szükséges figyelembe venni.

A gépudvar lehetőleg a gépek működési területéhez közel, a természetes vízfolyás érdekében "magaslaton" helyezkedjen el. Mezőgazdasági üzemekben a gépudvar megközelítő útja nem haladhat át állattartó telepeken, azok esetleges állategészségügyi zárlata miatt. Helyét a raktárak, valamint a javító- és szervizműhelyek közelében célszerű kijelölni önálló, elkülönített egységként. Tűzrendészeti előírások miatt a gépudvar tüzelőanyag tárolótól mért távolsága legalább 30, gépműhelytől mért távolsága pedig 15 méter legyen.

Kialakításakor csatornákkal, árokrendszerrel meg kell oldani a területről a csapadék- és talajvíz elvezetését. Szükséges a tárolótér talajának vízszintes elegyengetése és lehetőleg szilárd burkolattal történő lefedése. A minden oldalról kerítéssel védett gépudvart zárható (min. 8 méter széles) kapuval kell ellátni, és biztosítani kell a terület megfelelő megvilágítását is.

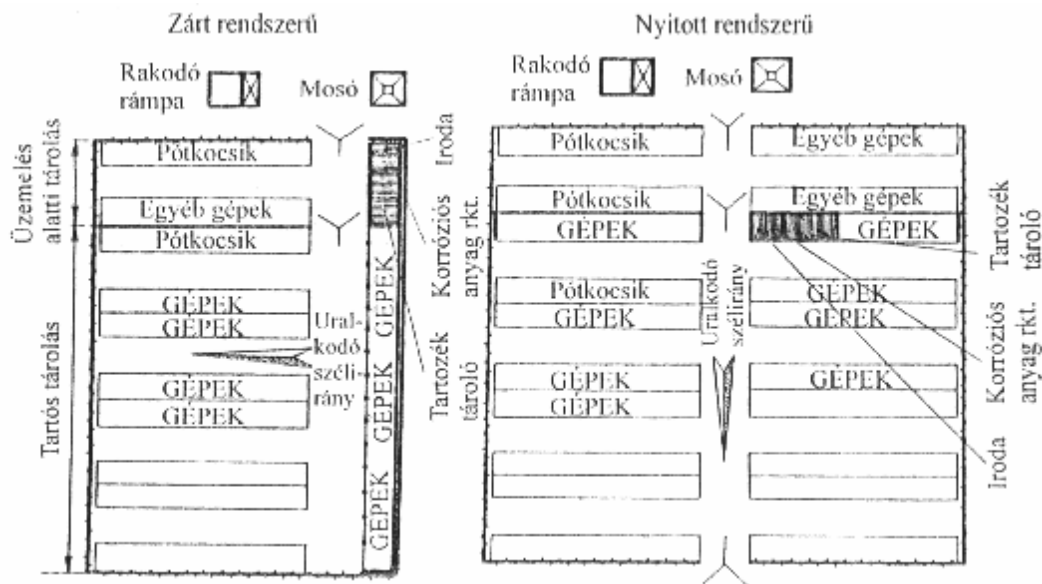
A gépudvar létesítményei:

- | | |
|--------------------------------|-------------------------|
| – zárt és félig zárt gépszínek | – korróziós anyagraktár |
| – szabad tárolótér | – mosóállás |
| – közlekedési utak | – rakodórámpa és |
| – szerelvénytároló | – szociális épület. |

A zárt gépszín főleg gumikerekes erőgépek, tehergépkocsik, targoncák, belsőégésű és villamos motorok tárolására szolgáló fedett épület. A félig zárt gépszín csak három oldalról zárt, a negyedik – hófúvásveszély miatt nem az uralkodó szélirányba eső – oldalról általában nyitott és tetővel ellátott épület a légköri hatásokra érzékenyebb munkagépek (rakodó-, ültető-, vető-, permetezőgépek, műtrágyaszórók, kombájnok stb.) tárolására. A minden oldalról nyitott, fedett gépszínek állagvédő hatása igen mérsékelt, ezért csak időszakos, átmeneti tárolóként célszerű alkalmazni. A szabad tárolótér alapterületét – és egyben a gépudvar méretét – elsősorban a munkafolyamatok szerint csoportosított és "utcaszerűen" elhelyezni kívánt gépek tárolási területigénye határozza meg. A gépcsoportokat párhuzamosan több sorban helyezik el, az egyes sorok között min. 8 méter széles közlekedési utakkal. A szerelvénytároló a tárolási időkből leszerelt tartozékok és szerelvények (akkumulátorok, ékszíjak, hidraulika és légfűtőmlők, kézi szerszámok, kasszaszerkezetek, bőr, gumi és textiltartozékok, csatlakoztatható ellenőrző műszerek stb.) tárolá-

sára; a korróziós anyagraktár az átmeneti korrózióvédelem eszközeinek és védőanyagainak elhelyezésére szolgál. A mosóálláson végezhető a szerelés vagy tárolás előtti külső géptisztítás. A rakodórámpa a gépek szállításakor könnyíti meg a le- és felrakodást. A szociális épület a gépudvar kiszolgáló személyzet elhelyezése és a gépudvarral kapcsolatos nyilvántartások lebonyolítása miatt szükséges.

Az 5.3. ábrán az ellenőrizhetőség és vagyonzbiztonság miatt célszerűbb, egy bejárattal kialakított zárt, és az áthajtó rendszerű, nyitott elrendezésű gépudvar látható.



5.3. ábra. Gépudvar elrendezések

A gépek, részegységek tárolásához különböző segédeszközöket, állítható magasságú és fix tartóbakokat, gerendákat, polcokat és állványokat használhatunk.

5.5.2. A tárolás általános szabályai

Ahhoz, hogy az előző pontban ismertetett leállítási feltételek megfelelőek legyenek, sok leállítási intézkedés szükséges. A gépek kezelési- és karbantartási ajánlásai részletesen megadják a tárolással összefüggő feladatokat. Ezek az alábbi, általános szabályként elfogadható technológiai műveletekből állnak:

- tisztítás és rozsaeltávolítás
- szerelvények és tartozékok leszerelése
- csúszófelületek kenése
- korrózió elleni átmeneti védelem
- beállító mechanizmusok (pl. rugók) tehermentesítése.

Néhány konkrétan megteendő lépés:

- tárolás alatt ponyvával vagy műanyag fóliával letakarva kell védeni az oldalról nem burkolt motorokat és a fülke nélküli gépek vezetőállásait;
- nem szilárd térburkolatú gépudvarokon célszerű a lánctalpas jároszerkezeteket fagerendákra állítva tárolni. Tartós üzemszünet alatt a láncfeszítő szerkezetek rugóit tehermentesíteni kell;

- légtömlelvel ellátott gépek vagy járművek bakokra helyezése, az így tehermentesített abroncsok belső nyomásának az alaktartást már biztosító, kb. 0,1 MPa-ra való csökkentése, a tömlők lehetőleg száraz, sötét helyen való raktározása;
- tehermentesíteni kell alábakolással vagy a tartószerkezet bekapcsolásával a hidraulikus emelőszerveket is. A dugattyúrúd munkahengerből kiálló korrózióra érzékeny krómzott felületének védelme érdekében a hidraulika dugattyúkat a dugattyúrúd behúzása mellett kell véghelyzetbe állítani;
- szerszámok, hidraulikus egységek és tartozékok teljességének és üzemképességének megvizsgálása, konzerválása és raktározása temperált helyen (kaszákat a gépből kiszervezve és védőzsírral bevonva, teljes hosszukban polcokon felfektetve kell tárolni a vetemedés elkerülése érdekében);
- nyílások elzárása, különösen a szabadban levő eszközök leállításakor;
- görgős (Gall) láncok levétele, tisztítása, láncsírban (3 rész orsóolaj, 1 rész parafin) vagy grafitos zsírban 15 percig 60°C-on való kifőzése és elfektetve raktározása. A tagolt (Ewart) láncok általában temperöntvényből készülnek, ezért ellenállóbbak a korrózióval szemben;
- ékszíjhatások, szállítószalagok stb. levétele, raktározása;
- a hajtást átadó gépelemek (fogas- és lánckerekek, ékszíjtárcsák, csavarorsók, csapok, tengelyek, csapágyak) tárolás alatt általában – tisztítás, rozsdamentesítés és védőzsírral való bevonás után – a gépre szerelt állapotban maradnak;
- a járművek akkumulátortelegeinek kivétele, tisztítása, feltöltése, majd a keletkező korróziót okozó savgőzök miatt elkülönített, száraz, fagymentes helyen való raktározása. Az üzemén kívüli savas akkumulátorok önkiszülés miatt 4-5 hónap alatt kimerülnek, töltés nélkül elszulfátosodnak;
- kapcsolók, villamos berendezések csatlakozói oxidrétegének letisztítása, póluszsírral való konzerválása;
- hűtővíz, hidraulika-folyadék leeresztése a fagyveszély elkerülése érdekében. A szivattyúk, tartályok, csővezetékek és tömlők teljes leürítésének ellenőrzése;
- motorok égésterének konzerválása (gyantamentes, magas viszkozitású olajjal);
- különleges károk megállapítása, regisztrálása és a műhellyel való közlése.

Különleges munkaeszközök esetében az ismertetett általános leállítási intézkedéseket ki kell egészíteni vagy meg kell változtatni.

5.5.3. A korrózió elleni védelem, konzerválás

Fémek korróziós közeggel szembeni ellenállása növelhető aktív módon a konstrukció korrózióvédelmi szempontból helyes kialakításával és passzív védelemmel is a használat során. A korrózió elleni védelem sokféle technológiai variációja közül a legmegfelelőbb eljárás kiválasztása

- a védendő tárgy tulajdonságaitól (alak, méret, szerkezeti anyag stb.)
- a tárgyat érő környezeti hatásoktól (hőmérséklet, páratartalom, vegyi hatás stb.)
- a rendelkezésre álló technológiai adottságoktól és a
- védőhatás megkövetelt időtartamától függ.

Üzemi gyakorlatban a passzív védelmet jelentő és egyben leggyakrabban alkalmazott felületvédelmi eljárás a részegységek felületén igénybevételek ellenálló bevonatot kialakító, átmeneti és tartós korrózió elleni védelem.

a) A korrózió elleni átmeneti védelem

Az időszakos korrózió elleni védőszereknek a következő feltételeket kell teljesíteniük:

- a szabadban tárolt eszközöknél 2...10 hónapig tartó védelem;
- porlaszthatóság (kis hőmérsékleten könnyű és gyors felvitel);
- jó folyási tulajdonság (nehezen hozzáférhető helyek konzerválása);
- jó vízelvonó képesség;
- fémes és nem fémes anyagokkal való összeegyeztethetőség;
- a korrózió termékének oldása és átalakítása;
- könnyű eltávolíthatóság a festéskor és a helyreállítási munkák alkalmával;
- az egészségre ne legyen káros.

A korróziós folyamat megindulása vegyi anyagok és/vagy elektrolit (nedvesség) jelenlétét tételezi fel a szerkezeti anyagok felületein. Mint minden bevonatos korrózióvédelmi technológiának, az átmeneti védelemnek is az a feladata, hogy ezektől a hatásoktól lehetőleg minél tökéletesebben elszigetelje a felületet. Az átmeneti védőanyagok a felületen védőbevonatot, védőfilmet (olaj, lágy és kemény) képeznek. A védőfilm csak akkor alakulhat ki, ha a védőanyag képes kiszorítani a felületről az adszorbeált gáz-, illetve gőzréteget, a felület kapillárisaiból pedig a kondenzált nedvességet.

Az olajfilmet képező anyagok kis viszkozitású, ásványolaj alapú, korróziógátló, tapadásjavító és réteggépző adalékot tartalmazó védőolajok, elsősorban tartósan üzemben kívül helyezett belső-égésű motorok, kompresszorok, szivattyúk stb. belső fémfelületeinek zárttéri, kb. 2 évig tartó védelmére. A bevonat felhordása általában szórással végezhető.

A lágyfilmet képező anyagok vastagabb bevonatot adó, adalékot és inhibitort tartalmazó zsírok, pl. kaszapengék, láncok védelmére. Védőhatásuk egy évtől (szabadtéren) másfél évig (zárt térben) tart. Felhordásuk ecseteléssel vagy szórással történik. Nem melegálló, nem forgásbiztos bevonat.

Kemény filmet képező anyagok korróziógátló inhibitort, tapadást és réteggépzést javító adalékot tartalmazó viaszok vagy lakkfilmet képező anyagok festett és festetlen fémfelületek védelmére. Védőhatásuk időtartama és felhordásuk módja megegyezik a lágyfilmet képező bevonatokéval.

Az átmeneti korrózió elleni védelem technológiai lépései:

- külső tisztítás (talaj, növényi és vegyszermaradványok, porszennyeződés eltávolítása),
- zsírtalanítás (zsír- és olajszenyeződések eltávolítása),
- öblítés (tisztító- és mosószer maradványok eltávolítása),
- lefúvatás (letörlés, a víz eltávolítása a felületről),
- mechanikai rozsdeltávolítás (mélyebben bemaródott rozsdagócok eltávolítása),
- vegyszeres rozsdeltávolítás (pl. foszforsavas felületkezelő szerekkel),
- semlegesítő öblítés (enyhén lúgos, pl. 0,5%-os szódaoldattal),
- szárítás,
- védőbevonat felhordása.

A védőanyagok felhordásánál biztosítani kell az előírt és egyenletes rétegvastagságot, a száradás utáni folyamatos és pórusmentes védőréteget. A felhordás történhet olcsó és kis termelékenységgű ecseteléssel, vagy beruházásigényes, de termelékeny szórással, illetve mobil korrózióvédő egységgel.

A minden művelethez megfelelő szerszámokkal felszerelt korrózióvédelmi mobil egységek gazdaságossági okok miatt nem terjedtek el, mert a korrózió elleni átmeneti védelem költségei gyakran magasabbak voltak annál, mint amit az üzemek korróziós kárként érzékeltek. Az átmeneti korrózió elleni védelem technológiájának elterjedtebb alkalmazását a kisebb költséget jelentő eljárások kidolgozása és bevezetése gyorsíthatja majd meg. Ez kevesebb műveletet igénylő, komplex hatású korróziógátló anyag (nedves felületre felhordható, rozsdáátalakító tulajdonságú, vízzel hígítható és forgásbiztos védőréteget képező) alkalmazásával lehetséges.

b) Korrózió elleni tartós védelem

A gépek és berendezések tartós korrózió elleni védelme festéssel oldható meg. A többéves védelmet biztosító bevonat az alapfelülethez adhéziós és mechanikus erők hatására tapad. Tartós bevonat kialakítása elsősorban gyártási feladat, de a gépek felújítása vagy a berendezések használata során is gyakran szükséges a sérült fémfelületeket tartós korrózió elleni védelemben részesíteni. A speciális légterű zárt terek (istállók, műtrágya- és vegyszerraktárak, fejő- és szivattyúházak) berendezéseit a légköri (hőmérséklet, nedvességtartalom stb.) és mechanikai hatásokon kívül a mikroklíma is károsítja. A légtérszennyező anyagokra – pl. a szén-dioxid, kén-dioxid, kénhidrogén és mint legagresszívabb, az ammónia – jellemző, hogy a nagy (vagy lecsapódó) páratartalommal együtt vegyületet (kénessav, ammóniumhidroxid, szénsav) alkotva okoznak korróziót.

A fémfelületek tartós korrózió elleni védelmére alkalmazott anyagok felépítésüket és funkciójukat tekintve az alábbi csoportokba sorolhatók:

- alapozófestékek,
- közbenső festékek,
- fedőzománcok, lakkok,
- egyéb bevonó anyagok.

Az alapozó festékek tartalmazzák a passzíváló hatású korróziógátló pigmenteket és rétegvastagság növelő töltő anyagokat. Viszonylag alacsony kötőanyag tartalmuk miatt a mechanikai jellegű igénybevételekkel szemben kis ellenálló-képességgel rendelkeznek. A közbenső festékek hasonlóak, de korróziógátló, passzíváló pigmenteket nem tartalmaznak, magas töltőanyag tartalmukkal a rétegvastagság növelését szolgálják. A fedőzománcok és lakkok a kötőanyagon túl csak színező pigmenteket tartalmaznak, így a kötőanyag fizikai-mechanikai jellemzőit átviszik a bevonatba, döntően meghatározva annak külső hatásokkal szembeni ellenálló-képességét.

Az egyes rétegek száradásakor oldószer párolog el a bevonatból, az oldószer-tartalomtól függően pórusossá téve azt. A következő réteg eltömíti ezeket a pórusokat, jelentősen megnöveli a réteg szigetelő-képességét. Az előzőekből következik, hogy hatásos védelem csak minimum 2 rétegből (alapozóból és fedőzománcból) álló bevonattól várható el. A lakktechnikai tulajdonságok és technológiai jellemzők figyelembevételével 2-6 rétegből összeállított festékbevonatokat nevezik bevonatrendszereknek. A szigorodó környezetvédelmi előírások és rendszabályok következtében a festékipar fő törekvése az ún. "környezetbarát" bevonatrendszerek kifejlesztése volt. A korszerű festékekben lényegesen lecsökkent a mérgező fémpigment tartalom és az oldószerek, illetve hígítók aromás szénhidrogén tartalma. Egyre nagyobb védőképességgel bíró, vízzel hígítható bevonatrendszerek kerülnek forgalomba.

A festéstechnológia három műveletcsoportra, a

- felület előkészítésre (zsírtalanítás, oxidmentesítés),
- felület előkezelésre és a
- bevonatkészítésre osztható.

A védelem hatékonyságát a felület kiképzése, a védőeljárás helyes kiválasztása, a felhasznált anyagok típusa és minősége, a megfelelő technológia alkalmazása, legfőképpen pedig a felület-előkészítés és az esetleges felület-előkezelés módszerei döntenek el.

A festékbevonatok tartós védőhatásának előfeltétele, hogy a felület fémtiszta legyen. A festendő felülettel kapcsolatos tisztasági követelményeket szabvány rögzíti, melyet előfeltételként írnak elő a festékanyagok ismertetői. Üzemi körülmények között a mérsékelt rozsdás felület elérése lehet reális célkitűzés. Ennek jellemzője, hogy az acél felületéről a laza revét, rozsdát eltávolították, portalanítás után a rozsdaszínű alaptónusú felületen matt vagy fémes fényű foltok vannak.

Mint klasszikus felület-előkezelő eljárás, a meleg foszfátózás gazdaságosan kizárólag gyártóművi technológiákban alkalmazható. A foszfátréteg a festékbevonat tapadását és korrózióállóságát növeli. Helyettesítésére a passziváló hatású, rozsdáátalakítóhoz hasonló szereket (pl. wash primer – WP) használják. Nem helyettesíti az alapozófestéket, ezért célszerű a felületet a bevonatrendszerek megfelelő alapozófestékekkel közvetlenül száradás után átvonni.

A felület-előkészítés és -kezelés technológiai sorrendje:

- tisztító lemosás a teljes felületen, célszerűen nagynyomású mosóberendezéssel, lúgos vagy mosószeres adalékolással;
- mechanikus felület előkészítés: lazán tapadó festékbevonat eltávolítása acél spatulyával, illetve drótkéfélléssel, átrozsdásodott felületrészek átcsiszolása;
- vegyszeres rozsdáátalakítás a korrodálódott felületrészeken, beleértve az átrozsdásodott, részben festékbevonattal fedett részeket is;
- semlegesítő lemosás a teljes felületen;
- oldószeres zsírtalanítás a bevonat nélküli felületrészeken lemezszírtalanítóval vagy mosóbenzinnel;
- festetlen részek előkezelése WP-vel;
- a rozsdásodás miatt WP-vel kezelt – legjobban igénybe vett – felületrészeket a teljes felület festése előtt két réteg alapozó festéssel kell ellátni.

A felület-előkészítő és felület-előkezelő műveletek után kerül sor a bevonat kialakítására ecseteléssel vagy szórásos eljárással. Ismeretesek levegőporlasztásos és levegőnélküli, nagynyomású porlasztással működő (airless) módszerek. A levegőporlasztással működő szórópisztolyok adagolási rendszerüket tekintve lehetnek alsótartályos szívórendszerűek, felsőtartályos gravitációs rendszerűek, vagy különálló tartállyal rendelkező nyomás alatti festékadagolással működők.

5.4. A helyreállítás, javítás

5.4.1. Meghatározások

A helyreállítás olyan intézkedés, amely a használatban volt munkaeszköznek, szerelési egységnek vagy alkatrésznek egy meghatározott használati időtartamot visszaad függetlenül attól, hogy a munkaeszköz, szerelési egység vagy az alkatrész a helyreállítás időpontjában még üzemképes volt-e vagy sem.

Többnyire a helyreállítást csak abban az időpontban kell végrehajtani, amikor a munkaeszköz, szerelési egység vagy alkatrész a munkaalkalmasságát már elvesztette. Ekkor az üzemképességet visszaállító helyreállításról (általános javítás) van szó, amellyel elegendő nagy használati időtartalmat kell megteremteni. A helyreállítás által visszaadott elhasználódási tartalék nagysága az üzemeltetési feltételektől és a karbantartási módszerektől függ.

A helyreállítás bekövetkezhet olyan időpontban is, amikor a munkaeszköz még üzemképes, de az elhasználódási tartaléka már nem elegendő arra, hogy pl. a következő kampányban a megkövetelt megbízhatósággal üzemeljen. Ilyen esetben a megelőző helyreállítás szükséges.

Aszerint, hogy a helyreállítás terjedelme egy munkaeszközre vagy egy szerelési csoporthoz tartozó elemek összességére, vagy a munkaeszköznek adandó használati időtartaléokra vonatkozik, a szervezési feltételektől függően a helyreállítás különböző fajtáit különböztetjük meg:

- minimális, részleges, vagy alapvető helyreállítás (általános javítás) helyreállítással vagy kicseréléssel;
- kampányhoz kapcsolódó helyreállítás (kampány alatti általános javítás).

5.4.2. A minimális helyreállítás

Minimális helyreállítás (szükségjavítás) egy műszaki munkaeszköz váratlan meghibásodása után (röviddel egy nagyobb tervszerű megelőző helyreállítás előtt) a munkaeszköznek a munkaképességét vagy az üzemeltetésre való alkalmasságát egy tudatosan ideiglenes, nem konstrukcióhelyes helyreállítási intézkedéssel, egy nem meghatározott használati időtartalékkal visszaadja, hogy az lehetőleg a következő betervezett helyreállítási intézkedésig kitartson. Minimális helyreállításkor a részben már hibás elemek is beépíthetők, ezáltal az anyaggazdálkodás követelményeinek is eleget teszünk. A védőberendezések hatékonyságát a minimális helyreállításkor sem szabad csökkenteni, és az utólagos károsodási hajlamot sem szabad növelni. Ezért célszerű az ismételten visszatérő, nagy kiesési tényezőjű, váratlan meghibásodásoknál a minimális helyreállítási technológiát előírni.

5.4.3. A részleges helyreállítás

A részleges (közepes) helyreállítás a munkaeszköz egy vagy több szerelési egységére vagy alkatrészére korlátozódik. Inkább állagfenntartási, mint teljes fenntartási jellege van. Terjedelme szerint egyedi, egy elemre vagy komplex, számos elemre kiterjedő intézkedéseket foglal magába.

A használati időtartalék nagysága, amelyet részleges helyreállítással a munkaeszköz vagy a szerelési egység visszanyer, nincs pontosan lerögzítve, az különböző nagyságú lehet.

Ha a részleges helyreállítás a munkaeszköznek csak egy részére vonatkozik, és a fennmaradó elemek maradék használati időtartamát nem befolyásolja, a munkaeszköz kiesési közeire csak korlátozott befolyást gyakorol.

5.4.4. Az alapvető helyreállítás (általános javítás)

Az alapvető helyreállítás (általános javítás, generáljavítás) visszaadja a munkaeszköznek az új állapotot maximális mértékben megközelítő, műszakilag lehetséges elhasználódási tartalékát. Magába foglalja a kárfelvételt is, amely a munkaeszköz valamennyi elemére vagy szerelési egységére kiterjed.

Ha az alapvető helyreállításnak vissza kell adni a munkaeszköz vagy szerelési egység új állapotbeli elhasználódási tartalékát, akkor valamennyi elemét az eredeti állapotába kell visszaállítani: ekkor lesz az üzemelési határértéke egyenlő a névleges értékkel. Másrészt, azokat az elemeket, amelyek kifáradásnak vannak kitéve és nincs rajtuk hajszáltrepedés-képződés, gyakorlatilag nem kell helyreállítani mindaddig, amíg a kifáradás nem észlelhető. E két ok miatt egy alapvető helyreállítás – mint a legátfogóbb helyreállítási fajta – a munkaeszközt gazdaságilag új állapotának megfelelően nem tudja felújítani. Ez csak akkor lenne lehetséges, ha a munkaeszköz valamennyi elemét kicserélnénk.

Egy alapvető helyreállítással, amelynek lényeges ismérve valamennyi elem károsodásának felmérése és egy megadott mértékű használati idő tartaléknak a visszaállítása, gazdaságosan csak a gyárilag új munkaeszköz mintegy 80%-os elhasználódási tartalékát lehet elérni, aminél a kármegállapítás és a helyreállítási technológia mértékadó tényezők.

Az alapvető helyreállítás, amely egy objektum minden elemére kiterjed, azzal a helyreállítástechnológiai előnnyel jár, hogy a munkaráfordítás minden azonos felépítésű eszköznél egyenlő nagyságú.

5.4.5. A kampányhoz kapcsolódó általános javítás

A kampányhoz kapcsolódó általános javítás túlnyomó részben megelőző helyreállítás. Arra szorítkozik: hogy a munkaeszköznek olyan használati időtartalékot adjon, amely a következő használati kampányban a megkövetelt megbízhatóságot biztosítja. Terjedelme a munkaeszköz károsodás utáni állapotára és a megkövetelt elhasználódási tartaléokra terjed ki.

A gép üzemeltetési feltételei különbözőek, ezért a kampányhoz kapcsolódó általános javítás ráfordítása is különböző. Minden esetben felül kell vizsgálni a gép károsodási állapotát. Az ehhez szükséges ráfordítás egyenlő munkaszervezési eljárások esetén egy-egy géptípusra nézve egyforma. Ha az alkatrészek helyreállítása szükséges, és egyeseket új alkatrészekkel kell kicserélni, akkor ennek eldöntése azok károsodási állapotától és a következő kampányban tőlük várt teljesítménytől függ. Az üzemeltetés határát a megkövetelt kampányteljesítmény szabja meg.

Egy kampányhoz kapcsolódó általános javítás sokrétű. Extrém eset az a felülvizsgálat, amikor megállapítják azt, hogy a használati időtartalék elegendő a következő kampányra. A másik extrém eset a felülvizsgálatból kiindulva a gép valamennyi elemének felújítása. Elméletileg gondolni lehet az ócskavaskénti feldarabolásra is. Ezek között van a részhelyreállítás számos változata.

A felülvizsgálatot messzemenő szétszereléssel – beleértve a kárfelvételt is – kell egybekötni, vagy ha az műszakilag megoldható, szétszerelés nélkül kell végrehajtani. A munkaeszközt annyira kell szétszerelni, hogy valamennyi elhasználódott rész elbírálható legyen. Mindazokat az elemeket helyre kell állítani vagy ki kell cserélni, amelyek a következő kampányban az üzemképességük határát el fogják érni. Kivételt képeznek azok a még használható kopott részek, amelyek lényeges időráfordítás nélkül kicserélhetők lesznek az üzemeltetési feltételek mellett, és amelyek károsodása miatt semmiféle nagyobb károsodási utókövetkezmény nem lesz.

A kampányhoz kapcsolódó általános javítás előnye abban áll, hogy egy teljes kampányra nagy megbízhatóságot nyújt, és az elhasználódásnak kitett részek használati időtartama maximális mértékben kihasználható.

A kampányhoz kapcsolódó általános javítás problémája a károsodási állapot felülvizsgálatában, és a maradék használati idő meghatározásában rejlik. Az objektumok egyforma felülvizsgálata és a széles sávban szóródó helyreállítási terjedelem is problémákat okoz a helyreállítás technológiájában.

A kampányhoz kapcsolódó általános javítások különbözősége további problémát vet fel a helyreállítási teljesítmény tervezésekor, mert annak terjedelmét és a javítási határidőt előre nem tudjuk megállapítani. A kampányhoz kötött általános javításokra rögzített, fix ár alkalmazása a különböző terjedelmük miatt nem ajánlható. Fix árképzés csak a részárak összegezésével értelemszerű. Ezt az összeget a felülvizsgálat fix árából (szétszerelés, tisztítás, kármegállapítás, összeszerelés vagy szétszerelés nélküli felülvizsgálat), és az egyes szerelési egységek helyreállításának részárából kell képezni.

6. A GÉPFENNTARTÁS MEGVALÓSULÁSA

A gépfenntartásnak (termék utógondozásnak, szerviznek) sokféle megvalósítási formája alakult ki alapvetően azzal a céllal, hogy a különböző cégek által készített termékek garancia idő alatti és utáni javítását, azaz a működőképes állapotát fenntartsák. Hogy ezekből melyik a helyes választás, erre a válasz azért nem egyszerű, mert több szempont összehangolása szükséges ahhoz, hogy az adott termék piaci igényét a gépfenntartás vonatkozásában megítélhessük. Adott termék esetében a főbb kérdések a következők:

- milyen az adott gép terítettsége hazai és nemzetközi vonatkozásban,
- mi az üzemeltetők gépfenntartási igénye,
- milyen a gépfenntartás eszköz és műszerigénye,
- milyen szakember ellátottságot igényel ez a tevékenység,
- a konstrukció alkatrészcsere-, vagy felújításra alapozott-e,
- milyen az adott gép pótalkatrész ellátása,
- hogyan elégíthetők ki a környezetvédelmi szempontok.

A felsoroltakból is kitűnik, hogy a gépfenntartás megvalósulási formái is piacfüggők, hiszen ha egy termék gyártása megszűnik, akkor bizonyos idő eltelte után annak utógondozása is szükségtelemmé válik. Ezzel szemben, ha egy új termék kerül piacra, akkor annak utógondozását is biztosítani kell, minthogy ez a tényező jelentősen befolyásolhatja a termék piaci versenyképességét.

A megvalósulási módokat csoportosíthatjuk hosszútávú, *stratégiai*, illetve rövidtávú, *taktikai* döntéseket igénylő formákra. Az előbbibe a fenntartási rendszerek (hibajavító, hibahely-kiváltó, tervszerű megelőző, állapotvizsgálaton alapuló és totális karbantartás), az utóbbiba pedig a különböző megoldási lehetőségek, formák sorolhatók.

6.1. Fenntartási rendszerek

Tekintettel arra, hogy a gépek, berendezések, egyes alkatrészek meghibásodása, javíthatósága, a hibák következményei és a technológiai lehetőségek a legkülönbözőbbek lehetnek – számos eltérő fenntartási rendszer fejlődött ki. A gazdasági követelményeket is figyelembe véve a gépek üzemképességének biztosításához a következő rendszerek alkalmazhatók:

- szükség szerinti (hibahely-kiváltó, "tűzoltó jellegű") fenntartás, javítás,
- tervszerű, megelőző karbantartás (TMK) (idő- vagy teljesítményarányos),
- műszaki állapotvizsgálat (diagnosztika) alapján végzett fenntartás,
- totális karbantartás.

6.1.1. Szükség szerinti, vagy hibahely-kiváltó fenntartás, javítás

Ebben a karbantartási rendszerben javítást csak a meghibásodás bekövetkezése után végeznek. Megjavítják, vagy újjal kicserélik a meghibásodott alkatrészt vagy fődarabot. Az ápolási, kenési műveleteket ebben a karbantartási formában is rendszeresen kell végezni.

Előnye más fenntartási rendszerekkel szemben, hogy a berendezések egyes alkatrészei, részegységei az elhasználódás határáig kihasználhatók.

Hátránya, hogy a beavatkozási, javítási idő előre nem tervezhető, emiatt az üzemből való kiesés a javító kapacitás leterhelésétől függően általában hosszabb, mivel ezek leterhelése tervszerűtlen és nagymértékben ingadozó.

A váratlanul meghibásodott gép azonnali pótlására általában nincs lehetőség, és így rendszerint problémát okoz, illetve a váratlanul bekövetkező meghibásodások késői felismerése további károsodásokat hozhat létre az alkatrészek között. Ennek megfelelően a hiba időben való elhárításához viszonylag nagy alkatrész-készletet kell biztosítani.

A fentiek eredményeként nagy fenntartási költségek adódhatnak.

A szükség szerinti javítást csak azokban az esetekben célszerű alkalmazni, ha a felsorolt hátrányok hatása kismértékű. Ezek a következők:

- a meghibásodás várható bekövetkezésére vonatkozóan nem állnak rendelkezésünkre adatok,
- a meghibásodás nem jelent balesetveszélyt,
- a váratlan meghibásodásból adódó termelés kiesés nem jelent nagy anyagi veszteséget,
- a hiba időben való fel nem ismerése nem okoz további károsodást,
- a hiba könnyen, a kezelőszemélyzet által gyorsan elhárítható,
- a hiba rövid időn belüli elhárítása érdekében a pótalkatrészek raktározása az üzemeltetés kezelésében megoldható, a viszonylag nagyobb mennyiségű alkatrész raktározás nem okoz komolyabb anyagi megterhelést.

Összegzésként elmondható, hogy a szükség szerinti javítás alkalmazása elsősorban a kis bonyolultságú, egyszerű gépeknél lehet csak célszerű.

A fenntartással összefüggő költségek elemzéséből már korábban megállapítást nyert, hogy a berendezésektől függően a karbantartási, javítási ráfordítás mintegy 60%-a a gyakori hibahelyek okozta kár, veszteség. Azaz a berendezések "élettörténetét" elemezve megállapítható, hogy az üzemzavarok tekintélyes részét nem az elhasználódás során mutatkozó kopás okozta, hanem a berendezés gyártására, üzembehelyezésére visszavezethető hibahelyek sokasága.

Az ezekkel a vizsgálatokkal foglalkozó ipari kutatóintézetek új üzemfenntartási stratégiát javasolnak a jelenlegi rendszerek helyett, s ennek lényege a valószínű hibahelyek feltárása, elhárítása. Ezt a stratégiát az indokolja, hogy jelenleg alig csökkenthetők az üzemfenntartás költségei, a hibahelyek viszont elméletileg csaknem teljesen megszüntethetők.

Még kevés vállalat ismerte fel, hogy sokkal kisebb idő- és költségráfordítással jár a hibamegelőzés, mint a ténylegesen fellépett üzemzavarok elhárítása. Az jellemzi a legtöbb vállalat gépberuházását, hogy az üzemfenntartás szempontjainál sokkal fontosabbnak ítélik, hogy az előirányzott (gyakran szűkös) beszerzési pénzfedezeteket ne lépjék túl. Kevés figyelmet fordítanak emiatt arra, hogy a kompromisszumok árán kiválasztott berendezések üzemeltetése során milyen üzemzavarok adódhatnak.

A beruházók – a pénzügyi fedezet szűkössége mellett – az idővel is kénytelenek versenyt futni. Sokszor hosszúra nyúlik a döntés-előkészítés és a döntés folyamata, s mindezt az üzembehelyezésre fordított idő megrövidítésével igyekeznek ellensúlyozni. Nem marad ilyenkor elég idő arra, hogy feltárják az új berendezés előforduló hibáit, gyenge pontjait, s emiatt a későbbi üzemfenntartási ráfordítások megsokszorozódhatnak. Az üzemfenntartás csökkentése érdekében az új berendezésekre vonatkozóan célszerű az alábbi hármas követelményt betartani:

- mielőtt az új gép, berendezés üzembehelyezését megkezdhenék, a felismert hibahelyeket küszöbölgék ki,
- körültekintő üzembehelyezési eljárással a lehető legtöbb "gyerekbetegséget" ismerjek fel és szüntessék meg,
- az ezután is megmaradó hibahelyek, hibajelenségek felderítését oldják meg a szavatossági idő (3-6 hónap) alatt.

Felmérések megállapították, hogy a kialakított üzemfenntartó szervezetek mellett nem működnek a hibamegelőzésért felelős szervezetek. Az is hátráltatja az elgondolás bevezetését, hogy az üzemfenntartás költségeit kevés helyen mérik fel jól, s emiatt az esetlegesen elvégzett elemzések alapján gyakran téves következtetésekre jutnak.

A tényleges üzemfenntartási költségek közé sorolható többek között: a műszaki felülvizsgálat, a gondozás és ápolás, a felújítás, a kopott és elhasználódott részek javításának költségei. A költségek meghatározásánál, azok szétválasztásánál néhány tipikus hiba azonban tapasztalható:

- az üzemfenntartás tényleges ráfordításától nem választják el – helytelenül – a gép hibahelyei és gyenge pontjai által okozott többletráfordításokat,
- ezeket a – hibahelyek által okozott – ráfordításokat csak esetlegesen rögzítik,
- az üzemfenntartási költségek felmerülésének pontos azonosítását gyakran nem végzik el (gépekre, hibaokokra bontva),
- a változó és fix költségelemeket gyakran együttesen határozzák meg.

Az elemzők azt is javasolták, hogy az üzemfenntartás megrendelése közül emeljék ki azokat, amelyek a berendezés ismert gyenge pontjai miatti javítás, hibaelhárítás elvégzését igénylik. Ez az új elgondolás többszámot, nagyobb ráfordítást nem igényel a vállalatok többségénél.

Bevált az a szervezési elv, hogy az üzemfenntartás főnöke mind a már működő, mind az újonnan beszerzendő berendezések gyenge pontjait köteles figyelemmel kísérni.

A hibahely feltáró elgondolás az üzemzavarokat minden egyes potenciális hibahely elemzésével előzi meg, majd az elemzésekre alapozva olyan intézkedéseket ír elő, amelyekkel a keletkező károk, veszteségek elkerülhetők, de legalábbis enyhíthetők. Ezek az intézkedések is ráfordításokkal járnak, azonban lényegesen kisebbek az itt adódó költségek, mint amelyekkel az üzemfenntartást megoldhatnák.

A valószínű hibahelyeket már a berendezés tervezése során célszerű kellő részletességgel elemezni, mert így a gyártás, illetve garanciális javítás költségeit lényegesen csökkenthetik.

6.1.2. Tervszerű megelőző karbantartás

Az iparilag fejlett országok idejekorán felismerték a karbantartás fontosságát. Ennek eredményeként jött létre a korábbi, csak a bekövetkezett hibák javítása helyett a tervszerű megelőző karbantartás (közhasználatú rövidítéssel TMK). Ez a karbantartási rendszer a hibák megelőzését, a váratlan meghibásodások kiküszöbölését tekinti fő feladatának.

A TMK rendszer egyaránt elterjedt az iparban, a szolgáltatásban és a közlekedésben. A műszaki gyakorlatban alkalmazott, rendszeresen és megelőző jelleggel végzett vizsgálatok, javítások egyes iparágakban régebbi időszakra vezethetők vissza. Pl. a vasutak fenntartási rendszerének alapjai több mint 100 évre nyúlnak vissza, amelyeket a sokéves tapasztalatok alapján finomítottak.

A gépek, berendezések, járművek állandó működőképes állapotát a rendszeresen ismétlődő tervszerű vizsgálatokkal és javításokkal érik el. A felülvizsgálatokat, javításokat a fenntartási rendszer keretében előre mereven meghatározott rend – a ciklusrend – szerint végzik, ami tartalmazza az elvégzett munka módját, mértékét, rögzíti azok sorrendjét, valamint a vizsgálatok, javítások közötti egyéb paramétereket (idő, teljesítmény stb.) és azok nagyságát.

Karbantartáskor a gépek ápolását, gondozását, vizsgálatát, a szükséges beállításokat, valamint kisebb javításokat végezne. Javítások alkalmával viszont a gép részleges vagy teljes szétszerelése mellett, a meghibásodás mértékétől függetlenül megjavítják vagy kicserélik azokat az alkatrésze-

ket, részegységeket, amelyek további élettartama várhatóan rövidebb, mint a következő javításig terjedő idő. Ezzel az intézkedéssel igyekeznek megelőzni, hogy a következő tervszerű javítás előtt váratlan meghibásodás következzen be. Felújításkor a javításon túl esetleg korszerűsítést is végeznek, új használati értéket, fejlett műszaki színvonalat is megvalósítanak.

A TMK rendszerében a berendezést tervszerűen veszik ki a termelésből és ezáltal a költségek közül elmarad a váratlan meghibásodások miatti költséghányad, a javítókapacitás terhelése egyenletessé válik, ugyanakkor felesleges veszteséget okoz viszont a még működőképes alkatrészek kicserélése.

A TMK rendszernek a feladatai általánosságban a következők:

- olyan javítási rendszer kidolgozása, amely az alkatrészek igénybevételének és várható élettartamának ismeretében megelőző jelleggel törekszik a meghibásodásokat kiküszöbölni, ezáltal az üzem zavartalanságát az eltűrt időtartamon belül tudja biztosítani,
- olyan javítási rendszer kialakítása, amelynél a javítások kezdő és befejező időpontja megközelítően már előre megállapítható,
- olyan karbantartó, javító szervezet létrehozása, amelynek helyes működése mellett a gépeket, járműveket csak a lehető legkisebb időre vonják ki a termelő munkából, illetve
- a javítási munkák olyan megszervezése, amely lehetővé teszi, hogy a termelést a gépeknek, járműveknek javításba vétele ne változtassa meg,
- a javítások minőségének biztosítása, hogy a gépek, berendezések, járművek üzemképessége minden időben kielégítő legyen,
- a berendezések korszerűsítése, amely csökkenti a javítási munkát, a termék önköltségét, növeli a berendezés teljesítményét és javítja a termék minőségét.

Összefoglalóan a TMK feladata a megbízhatóság állandósítása, amelynek célszerű mértékét a szükséges biztonsági és gazdasági megfontolások döntenek el.

A TMK rendszer előnye – megalapozott, helyes ciklusrend kialakítását feltételezve – a nagyobb időintervallumra vonatkozó javítási feladatok jó tervezhetősége, illetve az ebből eredő üzemből való kieső idők csökkentése, valamint a gépek, járművek élettartamának növelése.

Azonon a területeken, ahol előírt megbízhatósági érték tartása fontos és még nem rendelkeznek megfelelő diagnosztikával, ez a módszer biztosíthatja a legkedvezőbb eredményeket.

A felsorolt eredményeket csak a bevezetést megelőző és üzemeltetés közben is folyamatosan végzett kutatás alapján kidolgozott ciklusrenddel lehet biztosítani.

A kialakított fenntartási ciklusrend alapvetően kétféle lehet:

- időarányos (időtől függően), amely nem veszi figyelembe a tényleges igénybevételt,
- teljesítményarányos (teljesítménytől függő), amely a beavatkozások idejét az igénybevételhez igazítja.

A TMK gazdasági hatása könnyen felmérhető a termelési költségek csökkenéséből, a gépek, járművek élettartamának emelkedéséből és a jó állapotban termelő gépnél a selejt csökkenéséből. A tervszerűen karbantartott gépek, járművek munkája, termelőképesége csaknem zavartalan, üzemből alig fordul elő. Ebből adódóan a termelési egységre eső javítási költség, illetve a termelési költség javítási költséghányada csökken.

Összegezve megállapítható, hogy TMK rendszer alkalmazása – a megbízható működés és az álagmegóvás szempontjából – nagybonyolultságú és nagyértékű berendezéseknél elengedhetetlen.

6.1.3. Műszaki állapotvizsgálat (diagnosztika) alapján végzett megelőző fenntartás

A viszonylag merev fenntartási ciklusrend szerinti megelőző karbantartás (TMK) az alkatrészek elhasználódásának vizsgálatából, abból levont törvényszerűségekből indul ki. Azonban a gyorsan fejlődő műszaki tudományok és üzemi adatok sokrétű és részletes elemezhetősége sem képes minden esetben pontos választ adni az alkatrészek teherbírására, hibamentes működésére, élettartamára vonatkozóan.

Az alkatrészek élettartamát sok tényező befolyásolja, már maga a gyártás és javítás minősége, az erősen változó üzemi körülmények (terhelések), az idő előtti szétszerelés, a gondatlan üzemeltetés stb. A várható élettartam meghatározása bizonytalan, ha az alkatrész új, még alig ismert anyagból készült, a berendezés új konstrukció, nincs vele kapcsolatban üzemi tapasztalat stb.

A gyártás és a javítás minősége többek között függ a megmunkálás és a szerelés pontosságától, felületi minőségétől, hőkezeléstől, továbbá a szerelés gondosságától.

Az üzemi körülményeket meghatározzák az időjárás, a környezet (a portartalom, páratartalom stb.) a változó, sokszor előre nem várt igénybevétel, a gépek kezelése. A sok bizonytalanságot növelő tényező miatt olyan fenntartási rendszer kialakítása a célszerű, amely az üzem közben időszakos vagy folyamatos, műszeres műszaki állapotvizsgálat (pl. az alkatrészek elhasználódásának mérése) alapján állapítja meg a karbantartás, javítás idejét és biztosítja a berendezések üzemképes állapotát.

Megfelelő mérő- és regisztráló berendezésekkel a műszeres műszaki állapotvizsgálaton (műszaki diagnosztika) szétszerelés nélkül megállapíthatók az egyes alkatrészek, részegységek elhasználódásának jellemzői (pl. kompressziónyomás, rezgés, villamos berendezések szigetelésének állapota, csapágyak, vezetékek helyzete, egyéb villamos hibák stb.).

A gép műszaki állapotának rendszeres figyelése, a megfigyelés eredményeinek kiértékelése elősegíti az elhasználódás törvényszerűségeinek megismerését. Az elhasználódási törvényszerűségek ismeretében előre meghatározható a szükségessé váló javítás időpontja és várható mértéke.

Pl. belső égésű motoroknál a henger- és a dugattyú teljesítményétől és üzemeltetési körülményektől függő kopásának arányában csökken a kompresszió végnyomás. Ha ismerjük a kopás sebességét, a gazdaságos és üzemképes működés szempontjából megengedett kopás mértékét és az adott kopásokhoz tartozó kompressziónyomást, akkor előre meghatározható a javítás időpontja.

Más esetben a kenőolajban levő kopástermék mennyiségéből, illetve annak előző méréséhez viszonyított növekedéséből lehet az elhasználódás mértékére következtetni.

Az olajszűrő állapotát az előtte és utána mért nyomások különbsége jellemzi. A beépített gördülő- és siklócsapágyak állapota rezgésméréssel figyelhető. Az elektromos aktív és passzív alkatrészek – vagy a belőlük felépített erősítők, szűrők, modulátorok, demodulátorok – paramétereinek a méréséből következtetni lehet az alkatrész vagy a modul pillanatnyi állapotára, illetve az újrabéállítás vagy az esetleges javítás szükségességére és időpontjára.

A technikai haladás eredményeként gyártott egyre nagyobb bonyolultsági fokú, de termelékenyebb és viszonylag drágább gépek termelésből való váratlan kiesése egyre nagyobb veszteséget okoz. A műszaki állapotvizsgálat alapján működtetett fenntartási rendszer alkalmas arra, hogy az üzemből való kiesés mértékét csökkentse.

Mivel a gépek, berendezések műszaki állapotáról rendszeres információk állnak rendelkezésre, nemcsak a váratlan meghibásodások száma csökkenthető, hanem a nagyjavítások közötti ciklusidő növelhető, illetve csökkenthető a nagyjavítások száma. A gép, berendezés, jármű jellegétől, a

termelési folyamatban betöltött szerepétől függően a klasszikus értelemben vett nagyjavítástól el is lehet tekinteni.

A rendszer megfelelő információt szolgáltat a tervezéshez. A várható meghibásodás ismeretében meghatározható a javításhoz szükséges alkatrészek választéka, mennyisége, ezzel az optimális raktárkészlet is biztosítható. Meghatározható az egyes időszakokban – a javítások várható ismerete alapján – a szükséges javítói, karbantartói létszám, illetve lehetővé válik az üzem részére a külső cégek által végzett karbantartói munka jogi és tényleges előkészítése.

A diagnosztikai vizsgálatokon alapuló megelőző fenntartási rendszer megteremti a lehetőséget a javítások szervezetségének növelésére, korszerűbb javítási módszerek, pl. fődarab-cserés javítás bevezetésére, illetve csereszabatos berendezéseknél funkcionális egységek (modulok) cseréjére.

Az eddigiek alapján a műszaki állapotvizsgálaton alapuló fenntartási rendszer létrehozása látszik a leggazdaságosabbnak, hatékonysága azonban nagymértékben függ a diagnosztikai módszerek színvonalától, az előrebecslések hibájából.

A műszaki állapotvizsgálat (diagnosztika) körébe tartozó eljárások és módszerek nagyon sokrétűek. Egyes vizsgálati módszerek hagyományosnak tekinthetők és általános használatban vannak, másokat pedig csak helyenként alkalmaznak a gyakorlatban.

A hagyományos eljárások közé tartoznak: hossz mérés, nyomásmérés, hőmérséklet mérés, fordulatszám mérés, tömeg- (átfolyó tömeg) mérés, erő mérés, teljesítmény mérés, forgatónyomaték mérés, villamos értékek mérése, keménység mérés stb.

Az új, általánosan még nem használt módszerek: rezgésmérés, rezgéselemzés, impulzus mérés, ultrahangos eljárások, hangforráselemzés, zaj mérés, sztetoszkópia, radiográfia, radioaktív izotópok alkalmazása, potenciálszonda-eljárás, mágnesporos eljárás, endoszkópia, színeképelemzés, impulzusszámlálás, fotogrammetria stb.

Az eljárások harmadik csoportjába olyan módszerek tartoznak, amelyek elméleti alapjai már tisztázottak, de még további laboratóriumi fejlesztést igényelnek, hogy műszakilag és gazdaságilag a gyakorlatban is alkalmazhatók legyenek. Ebbe a csoportba tartozik, pl. a holográfia a négy főirányzatával, a holográfiai fényoptikai ábrázolással, a holográfiai interferenciaméréssel, holográfiai adatfeldolgozással, valamint az akusztikai és mikrohullámú holográfiával.

A műszaki állapotvizsgálat elterjedésének további akadálya, hogy ma még kevés a diagnosztikára alkalmas gépi berendezés. Ez abban mutatkozik meg, hogy

- a legtöbb esetben jelentős szétszerelésre van szükség a műszaki diagnosztika alkalmazásához,
- a diagnosztikai helyek csatlakozási pontjai nehezen hozzáférhetők,
- a gépi berendezéseken nincsenek kialakítva a vizsgálóeszközök csatlakozási pontjai,
- a csatlakozási pontok mérete és formája nincs szabványosítva,
- a működés szempontjából fontos minőségi és biztonsági jellemzők csak részben ellenőrizhetők a műszaki diagnosztika módszereivel.

A műszaki állapotvizsgálatokat meghatározott időszakonként vagy folyamatosan lehet végezni. Az előbbit kereső módszernek is mondják. Fejlettebb rendszereknél a vizsgálatokat egy megadott program szerint automata végzi, amely először a főbb jellemzőket méri, majd ha valahol hibát észlel, ott részletesebb vizsgálatokra tér át.

A folyamatos vizsgálatkor – az ún. mutatómódszernél – a gépre, berendezésre szerelt műszerek és adatrögzítő készülékek folyamatosan mérik és rögzítik (pl. analóg-digitális átalakító után mágnesszalagon) a műszaki állapotot jellemző paramétereket. Ezeket a jellemzőket meghatározott

időnként számítógéppel értékelik, amely összehasonlító elemzés után közli a várható meghibásodás idejét, mértékét és annak valószínű okait.

A diagnosztikai vizsgálatok fenntartás célját szolgáló bevezetése viszonylag nagy költséggel jár. Abban az esetben mégis indokolt a bevezetése, amikor a berendezés:

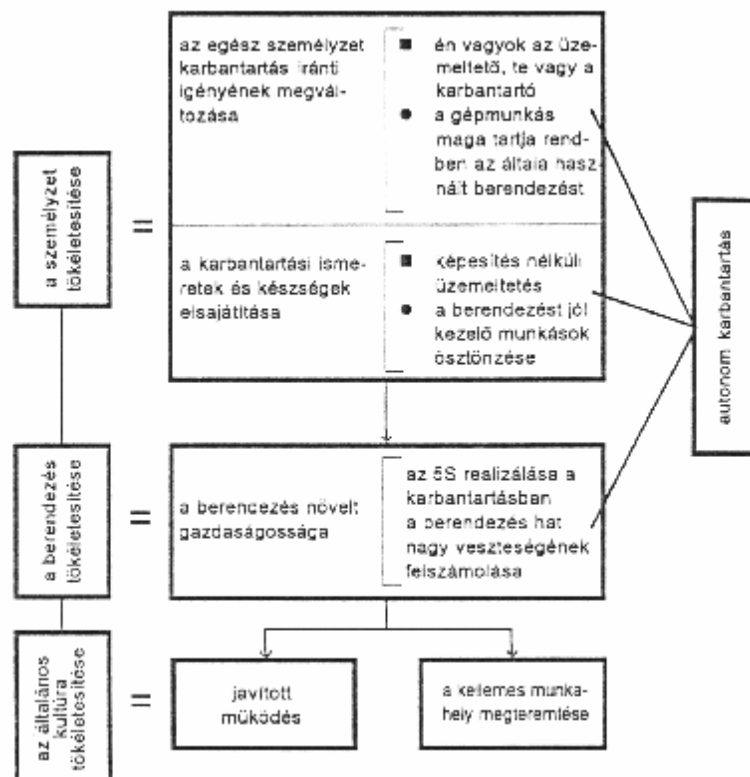
- különlegesen nagy értékű és magas bonyolultsági fokú és a meghibásodás miatti kiesés nagy költséggel jár, vagy
- ha magas megbízhatósági követelményeket támasztunk.

6.1.4. A totális karbantartás

A totális vagy teljeskörű karbantartás a japán iparban ismertté vált fogalom, amely tartalmát illetően egy megelőző karbantartás az összes alkalmazott kiscsoportos tevékenység formájában megvalósuló részvételével.

A karbantartás korszerűsítése Japánban 1951-ben a megelőző karbantartás USA-ból való átvételével kezdődött. Első használója a Nippondenso Co Ltd volt, a Toyota csoport része, az autóvilla-mossági cikkek legnagyobb japán gyártója. A cég 1960-ban vezette be az amerikai stílusú megelőző karbantartást, amely szerint a gépkezelők termelnek, a karbantartásért pedig a karbantartó személyzet felel. A termelési folyamatok növekvő automatizálásával a karbantartás kritikussá vált. A hagyományos karbantartó személyzet már nem volt képes a növekvő számú automatizált berendezés karbantartására. A vállalat úgy döntött, hogy a gépkezelő munkásokat felelőssé teszi saját gépeik rutinszerű karbantartásáért.

A Nippondenso már korábban bevezette a minőségi körök rendszerét, amelyben az összes alkalmazott részt vett. E tapasztalatot is felhasználva fejlesztették ki a totális karbantartást, melynek alapkonceptióját a 6.1. ábra mutatja be.



6.1. ábra. A totális karbantartás alapkonceptiója

A totális karbantartási program meg kell feleljen az egyes vállalatok adottságainak, figyelembe véve az iparágat, a gyártási módszert, a berendezés típusát és állapotát, a megoldandó problémákat. Megállapítottak azonban öt olyan abszolút követelményt, amely a totális karbantartást bevezető bármely vállalatra nézve érvényes.

Ezek szerepelnek a program kifejlesztéséhez ajánlott 12 lépés között:

- javítani kell minden egyes gép kihasználását;
Ennek kidolgozására célszerű tervezőcsoportokat kialakítani, amelyek megállapítják a veszteségek kiküszöböléséhez szükséges feladatokat, és optimalják az egyes berendezések kihasználását.
- be kell vezetni a gépkezelők által végzett autonóm karbantartást, az erre irányuló kiscsoportos tevékenységgel, a lépésenkénti módszer használatával;
- létre kell hozni a tervszerű karbantartás rendszerét a karbantartó részlegben, az ehhez szükséges határidőzéssel, alkatrész, szerszám, technológiai utasítás biztosításával stb.;
- képzési programot kell bevezetni a gépkezelők termelési és karbantartási felkészültségének és a karbantartó személyzet felkészültségének javítására;
- létre kell hozni a megbízható, karbantartható és gazdaságos élettartam-költségű gépek és szerszámok tervezésének és gyártásának rendszerét. A teljes program 12 lépése a 6.1. táblázatban látható.

Az "öt lényeges elemet" (7-11. lépések) csak megfelelő előkészítés után lehet bevezetni. Részletes tervet kell kidolgozni arra vonatkozóan, mikor és milyen sorrendben kell eljárni. Az időszükséglet ugyan vállalatonként változó, de az előkészítő szakasz általában 3-6 hónapot igényel, a bevezetés teljes időszükséglete pedig 2-3 év.

A rendszer bevezetésének hétfokozatú rendszerét szemlélteti a 6.2 táblázat. A munkást minden lépésnél értékelik a vezetők vagy műszakiak. Ha egy lépés végrehajtására felkészültnek minősítik, erről bizonyítványt kap és egy lépcsővel tovább halad. E folyamat során a berendezés állapota is javult.

A Nippondenso vállalatnál a berendezések váratlan üzemzavarainak számát havi ezer esetről húszra csökkentették. A berendezés kihasználása 50%-kal javult. A gyártási folyamatban a hibaszázalék 1,0-ról 0,1-re mérséklődött. 75%-kal csökkent a reklamációk száma, 30%-kal a karbantartás költsége. A készletléti készlet felére csökkent, a termelékenység 50%-kal nőtt.

A totális karbantartás koncepciójával gondolatilag rokon a TQM (Total Quality Management), amely azt jelenti, hogy a teljes vezetési folyamatra kiterjed a minőségi szemlélet, a beszerzéstől az eladásig, vagyis a beszállított anyagok, félkész termékek, alkatrészek minőségétől az eladóhelyek és személyek minőségéig, színvonaláig.

Mindkettő valójában egy vezetési filozófia, amely szerint folyamatos adatgyűjtésre és értékelésre van szükség, és a döntéseknek erre és nem véleményekre, feltételezésekre kell hagyatkoznia. Az emberek bevonása a folyamatba nélkülözhetetlen.

Ez az új vezetési filozófia változásokat jelent:

- változások a jövőképből, a stratégiában;
A vevő megelégedettsége a teljesítmények mércéjévé válik.

– változások a vezető-beosztott kapcsolatban;

Megnő a beosztottak tudásának, döntés-képességének, önállóságának, kreativitásának szerepe.

– változások a formális struktúrákban;

A tervezési, szervezeti, érdekeltségi, szervezési és információs rendszerek konzisztenciája válik döntő fontosságúvá.

A totális karbantartási program 12 lépése

6.1. táblázat

Kategória	Lépés	Fő pontok
Előkészítő szakasz	1. A felső vezetés bejelentése a totális karbantartás bevezetésére irányuló döntéséről	Bejelentés belső értekezleten, közlemény a gyári sajtóban
	2. A totális karbantartás bevezetésére irányuló nevelés és kampány	Tisztségviselők részére képzés minden szinten; a beosztott alkalmazottak részére diavetítés
	3. A totális karbantartást elősegítő szervezetek létrehozása	Bizottságok, szakosított munkacsoportok
	4. Az alapvető célok megállapítása	Szintek és célok, a hatékonyság prognózisa
	5. A bevezetés alaptervének kidolgozása	A bevezetési előkészületektől a realizálásig
Bevezetés	6. A totális karbantartás elindítása	A vevők, kooperáló és társ-vállalatok meghívása
Megvalósítási szakasz	7. Az egyes berendezések hatékonyságának javítása	Mintaberendezések kiválasztása, tervező csoportok alakítása
	8. Az autonóm karbantartás rendszerének kialakítása	Lépésenkénti módszer, minősítés és bizonyítvány
	9. A tervszerű karbantartás rendszerének kialakítása a karbantartó részlegben	Periodikus és előírt karbantartás, ütemezés, alkatrész, szerszám és technológiai utasítás biztosítása
	10. Az üzemeltetési és karbantartási készség javítására irányuló képzés	A vezetők kollektív nevelése, a célok továbbítása a munkásokhoz
	11. A berendezés kezdeti kezelési rendszerének kialakítása	Kevés karbantartást igénylő konstrukció, kezdeti kezelés, élettartamköltségek
Fejlesztési szakasz	12. Teljes bevezetés és a totális karbantartás magasabb szintje	Magasabb célok kitűzése

Lépés	Megnevezés	A tevékenység tartalma
1.	Indító tisztítás	A por és piszok letisztítása, kenési program bevezetése, géprészek beállítása, hibák megállapítása és javítása
2.	Zavarforrások elleni intézkedések	A por, piszok, fröcskölés okainak kiküszöbölése; nehezen tisztítható és kenhető helyek kijavítása, a tisztításhoz és kenéshez szükséges idő csökkentése
3.	Tisztítási-kenési szabályok kialakítása	Olyan magatartási szabályok kidolgozása, amelyek lehetővé teszik a tisztítás, kenés és beállítás rövid időszakban való végrehajtását (naponta vagy periodikusan használható időbeosztást szükséges megjelölni)
4.	Általános ellenőrzés	A munkások képzése ellenőrzési készsége, valamint kisebb géphibák kimutatására és javítására az általános szemlék során
5.	Autonóm ellenőrzés	Autonóm ellenőrzési lapok kidolgozása és hatályba léptetése
6.	Rend és tisztaság	A munkahelyi kezelési feladatok szabályozása és a fenntartó kezelés teljes rendszerének megtervezése: <ul style="list-style-type: none"> – tisztítási, ellenőrzési és kenési szabályok, – nyilvántartási szabályok, – szerszámkezelési szabályok
7.	Teljes autonóm kezelés	Az általános vonal és célok kialakítása, a rutintevékenységek javítása, a meghibásodások közötti időtartamok rögzítése és elemzése, a berendezés tökéletesítése

6.1.5. Karbantartási stratégiák összehasonlítása

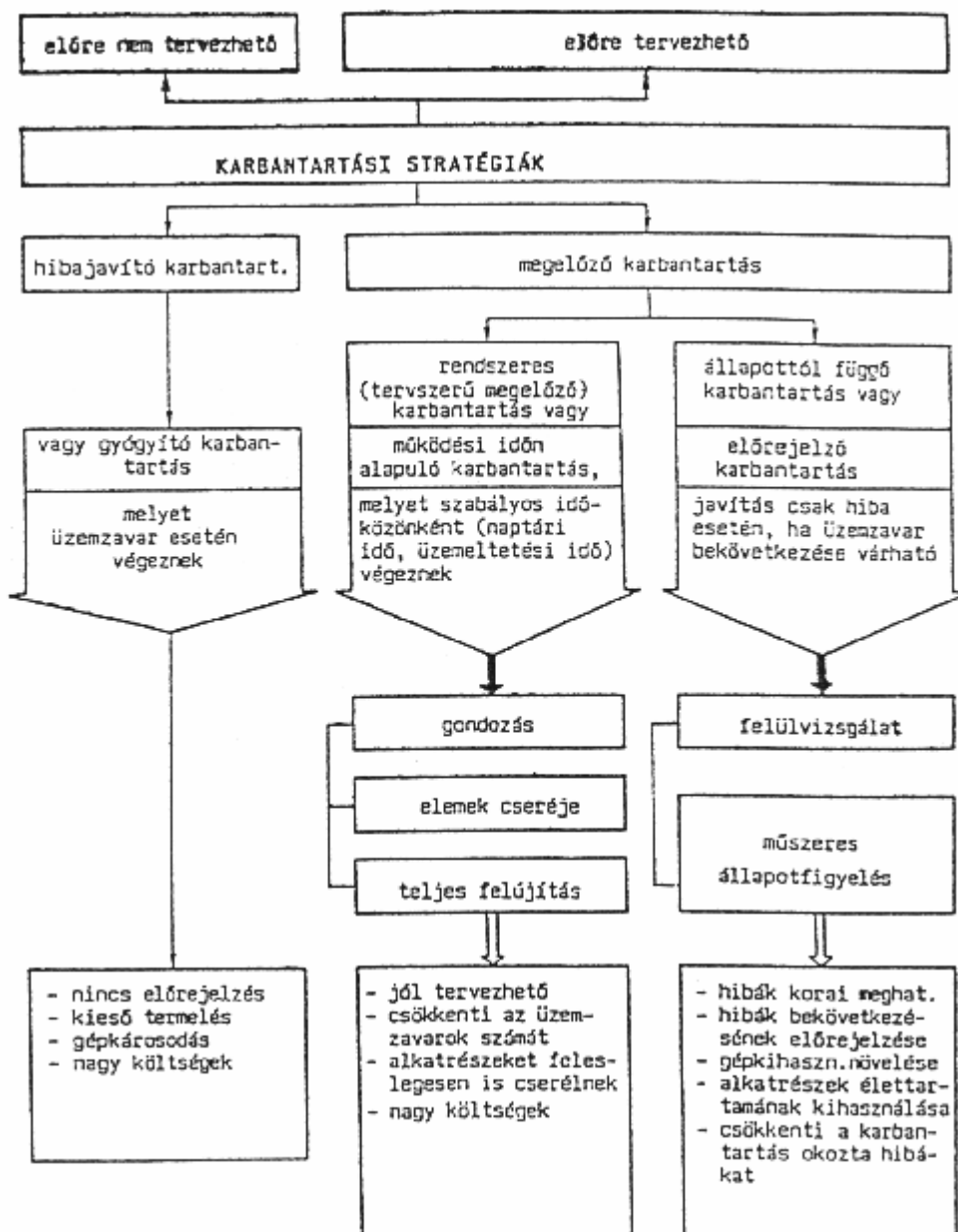
A karbantartási stratégiák rendszerét a 6.2. ábra szemlélteti. A gyakorlatban a karbantartással kapcsolatos taktikai kérdések a különféle karbantartási eljárások kiválasztására irányulnak.

Manapság még a tervszerű megelőző karbantartás a gyakoribb. Ezt bizonyítja, hogy a gépkönyvek általában üzemórák szerint írják elő a karbantartási vonatkozásokat, alkatrészeket, függetlenül a gép állapotától. Köztudott, hogy az üzemzavar-elhárítási stratégia a legdrágább, az állapottól függő stratégia pedig a leggazdaságosabb.

Gondos szakértői vizsgálatokkal kell eldönteni, hogy adott vállalaton belül, adott gép esetében melyik stratégia kerüljön alkalmazásra. Tudni kell azt is, hogy nem minden stratégia alkalmazható azonban minden gép esetében, illetve az állapotfigyelő karbantartás sohasem helyettesíti teljesen az egyéb rendszereket, azaz a tervszerű megelőző karbantartást és a hibaelhárító karbantartást.

Egy vállalat karbantartásához nem lehet egységes szervezeti formát ajánlani. A megfelelő rendszer kialakítása körültekintően, gazdaságossági számítások alapján, a műszaki feltételek figyelembevételével történhet.

Az egyszerűbb gépeknél, ahol a hiba viszonylag gyorsan kijavítható és nem okoz jelentős termélc kiesést, a tönkremeneteles, szükség szerinti javítás megfelelő megoldásnak bizonyul, ha a meghibásodás nem okoz további károsodást.



6.2. ábra. Karbantartási stratégiák

Tervszerű megelőző karbantartást célszerű olyan közepesen bonyolult gépeknél, gépcsoportoknál alkalmazni, ahol jelentős termelőkiesést okoz a meghibásodás miatti leállás. Abban az esetben is indokolt alkalmazni, ha a meghibásodás nagy anyagi kárt, élet- és balesetveszélyt jelent.

A műszaki állapotvizsgálat alapján végzendő megelőző fenntartást drága, bonyolult gépeknél célszerű alkalmazni, amelyeknél olyan műszaki paramétereket lehet a vizsgálatokhoz találni, amelyek alapján egyértelmű következtetést lehet kialakítani.

A műszaki gyakorlatban ismerős az úgynevezett DOM eljárás – (angol Designing Out Maintenance rövidítése), amely a karbantartás kiküszöbölésére irányul. Lényege az, hogy olyan konstrukciót alakítanak ki, melyben lehetőleg valamennyi alkatrész egyforma hosszú ideig legyen üzemeltethető.

Ezt az eljárást elsősorban a sok építőelemből összerakott, villamos berendezéseknél alkalmazzák. A berendezéseket a gyártó üzem alaposan megvizsgálja vagy vizsgáltatja a sorozatgyártásuk előtt,

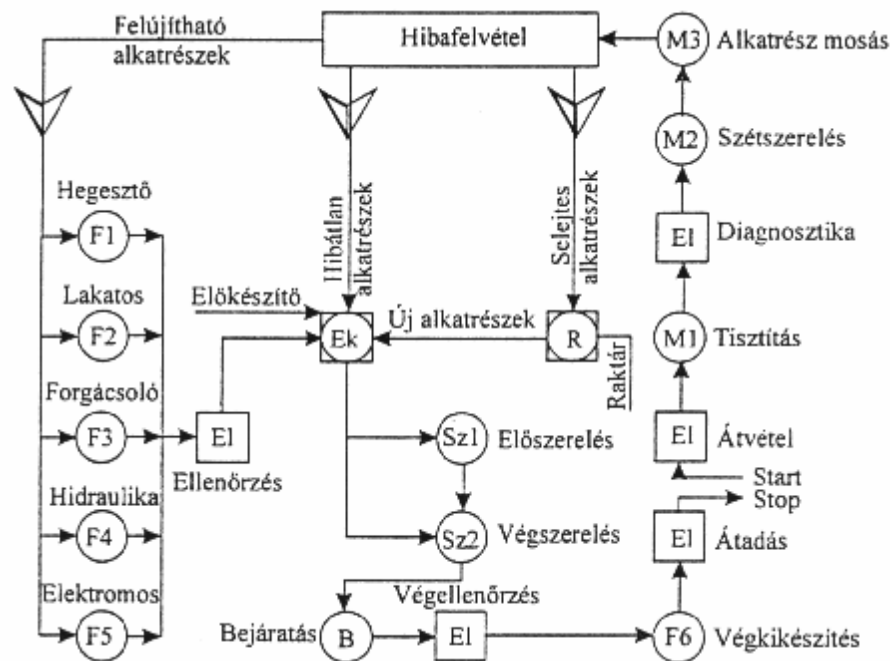
gyorsított üzemeltetési próbával állapítják meg, melyek azok az alkatrészek, amelyek leghamarabb mennek tönkre. Ezeket fejlesztik ki úgy, hogy a közel azonos élettartam biztosított legyen.

A megfelelő rendszer kialakítása nem egyszerű és nem ajánlható egységesen. Csak azért alkalmazni valamilyen eljárást, mert ez tetszik a versenytársnak is, a gazdaságos logika ellen szól. Azonban a számítástechnikai és mérés technikai eszközök gyors fejlődése, az árak relatív csökkenése gazdaságossá tehet ma olyan eszközöket, amelyek néhány évvel ezelőtt éppen a gazdasági megfontolások miatt nem voltak alkalmazhatók.

6.2. A karbantartás területei, elrendezési és javítási formái

Az ember mindennapi munkájában sokáig nem volt szükség képzett, csak karbantartásra szakosodott szakemberekre. A kézműipari korszakban a karbantartás is egyszerűbb volt, a termelőeszközök felhasználója rendszerint maga végezte el a szükséges javítást.

A gépfenntartás, illetve szervizszolgáltatás javítástechnológiai eljárásai nagyszámú, bonyolult, a gyártással részben vagy egészben megegyező, illetve attól teljesen független, kizárólag a gépjavítás által létrehozott technológiákból tevődnek össze. Sokrétűségüket példaként egy javítóüzem technológiai folyamatának vázlatával (6.3. ábra) szemléltetjük.



6.3. ábra Javítóüzemben zajló folyamatok

A javítóüzemben a gépek átvételéről – az átadó jelenlétében – jegyzőkönyvet készítünk, amelyben felsoroljuk a gépekkel együtt átvett tartozékokat és az esetleg hiányzó egységeket, alkatrészeket. Az átvétel után külső tisztítással készítjük elő a gépeket a szétszerelésre. Szétszerelés előtt azonban célszerű egy diagnosztikai vizsgálatot végezni, aminek során képet kaphatunk az egyes részegységek (fődarabok) állapotáról. Adott körülmények között jelentős szerelési költségeket takaríthatunk meg azáltal, hogy a megfelelő állapotú egységeket meg sem bontjuk. Igen jellemző példája ennek a gépjárművek lengéscsillapítóinak az ellenőrzése. Természetes azonban az, hogy az ilyen jellegű vizsgálatokhoz megfelelő ellenőrző berendezések szükségesek. Ez utóbbit az alkatrészek mosása követi. Az alkatrésztisztítás után következik a hibafelvétel, amikor három csoportba soroljuk az alkatrészeket: a hibátlan, a felújítandó, és a selejtezendő alkatrészek csoportjába.

ba. A hibátlanokat az előkészítőbe szállítjuk, a selejt alkatrészeket pedig az anyag- és alkatrészraktár újakkal cseréli ki, amelyet ugyancsak az előkészítőbe továbbítunk. A felújítandó alkatrészeket a szükséges technológiáknak megfelelően a felújító-műhelybe szállítjuk. A felújított alkatrészek szintén az előkészítőbe kerülnek. Ez – megfelelő ütemezéssel – a gépek valamennyi alkatrészét a szereldébe továbbítja.

A folyamat szervezése a darabszámtól függően történhet egyedi-, csoportos-, vagy szalagrendszerű formában. Összeszerelés után a gépeket üzemszerűen ellenőrizzük, szükség szerint bejáratjuk. Megfelelő minőségellenőrzés után a javítást a gépek festésével, felületkikészítésével fejezzük be. A gép átadásáról tételes jegyzőkönyvet állítunk ki.

Az ábrán felsorolt tevékenységekből az is kitűnik, hogy egy összetettebb szolgáltatói tevékenységhez milyen sokrétű szakismerettel rendelkező dolgozói kollektívára van szükség. Az esetek többségében az univerzális képesítésű szakemberek nélkülözhetetlenek, mivel a feladatok ellátásához nagyon jól ismerni kell az adott gép működését, konstrukciós kialakítását, üzemi paramétereit, a beállításokhoz, illetve ellenőrzésekhez szükséges műszereket, hibajeleket és azok megszüntetésének módját.

A gépipar kialakulásával együtt fejlődött a karbantartás is, és ma a gépfenntartással kapcsolatos tevékenységek egymástól két, élesen elkülöníthető területen valósulnak meg. Az egyik a szolgáltatói, a másik pedig a termelőüzemi terület. A szolgáltató területhez sorolhatjuk mindazt a gép- fenntartási tevékenységet, amelyet a termelőüzem idegenben, illetve saját magának idegennel végeztek. Ennek megfelelően a szolgáltatás felőleli például a kereskedelmi vállalatokat, a gépgyártó vállalatokat, a termelési társulásokat. Szolgáltatásnak minősül tehát a termelőüzem számára, ha alkatrészt, részegységet vagy gépet javítat, illetve ha pótalkatrészt, vagy részegységet vásárol javítás céljára valahol. A szolgáltatás kiterjedhet az üzemen belüli tevékenységre is, ha azt külső szervek végzik helyszínre küldött brigádokkal (gépfelülvizsgálatok, diagnosztizálás, korrózióvédelem stb.).

A döntésnél alapvetően fontos szerepet játszik az üzem termelőeszközeinek a darabszáma és típus szerinti összetétele, továbbá a javításhoz szükséges gépek, eszközök, műszerek, javítás területén képzett mérnökök, közgazdászok, szakmunkások megléte. A kis gépparkokat üzemeltető vállalkozóknak természetesen nem szabad berendezkedni a saját gépeik javítására, hiszen sem kellő szaktudással, sem a javításhoz szükséges eszközökkel nem rendelkeznek. Ugyanakkor nagy gépparkkal rendelkező vállalatnak már érdemes gazdaságossági számításokat végezni a tekintetben, hogy kiépítsen-e saját javító-műhelyt vagy idegennel végeztesse el a szükséges gépjavításokat. Annak ellenére, hogy a kérdés egzakt formában nem válaszolható meg, bizonyos logikai megközelítéssel mód van döntési jellemzők számbavételével mérlegelni, illetve kiválasztani a megfelelő gépjavítási formát.

A karbantartás tevékenységi terület, elrendezési és javítási módszer szerint is osztályozható.

6.2.1. Tevékenységi terület

- a) A gép- fenntartást (szervizellátást, karbantartást stb.) maga a gyártó cég végzi. Jellemzője a nagy darabszám és adott területen olyan terméksűrűség, hogy egy önálló szervizműhely gazdaságosan fenntartható. A hibás berendezés kijavítására kétféle megoldás lehetséges:
 - helyszíni javítás, mozgó szervizkocsival történő kiszállással,
 - szervizműhelyben történő javítás, a hibás gép beszállításával.

Megjegyzendő, hogy speciális egyedi, nagy értékű berendezések esetében is találkozunk olyan megoldással, hogy a szervizmunkákat maga a gyártó cég végzi a helyszínen.

b) A gépfenntartást erre a célra szakosodott vállalat látja el. Jellemzője, hogy általában nem egyféle termék javítását végzi, hanem célirányosan összegyűjtött termékek szervizelésére rendezkedik be. Így pl. rádió, televízió, hűtőgépek, továbbá meghatározott típusú gépkecsik, mezőgazdasági gépek stb.

A szolgáltató megbízásával, illetve ellenőrzésével kapcsolatos üzemvezetői feladatok:

- az elvégzendő feladatok megtervezése, amelyben rögzíteni kell a gépeket, berendezéseket, amelyekre az üzemfenntartási szolgáltatás kiterjed, továbbá azokat a várható időintervallumokat, amikor a tevékenység végezhető,
 - a gépfenntartás végrehajtásának szervezése és felügyelete, azaz a konkrét tevékenység idejének koordinálása, a berendezések megközelítésének biztosítása, a műveletek elvégzéséhez szükséges terület előkészítése,
 - a gépfenntartás folyamatának felügyelete, a minőség ellenőrzése, az elvégzett munka átvétele,
 - az érintett személyek szükséges továbbképzése,
 - a gépfenntartás mellékköltségeinek számbavétele (igénybevett terület, energiaszolgáltatás).
- c) A szervizellátást a gépeket üzemben tartó vállalat (szövetkezés) saját karbantartó részleg működtetése keretében végzi. Teljeskörű szervizt, illetve javítást az ilyen szerveződések általában korlátozott mértékben végeznek, mivel a gépfenntartáshoz szükséges berendezések, eszközök beruházása csak kellően nagy volumenű munkák esetében gazdaságos.

Vállalati rezsiműhelyben történő gépjavítás. A termelő vállalaton belül alakítanak ki olyan üzemi részt (amit rezsiműhelynek neveznek), ahol a vállalat termelőeszközeit javítják. A gépjavítás szervezési formáját tekintve elvileg lehet egyedi-, csoportos- vagy sorozat javítás. A tömegszerűséget figyelembe véve, gyakorlatilag az egyedi és csoportos szervezési forma a jellemző. A javítási folyamatra a részegység-cserés javítás jellemző. Az ilyen szervezési forma jellemzői:

- a rezsiműhely felszerszámozása nem költségigényes, mivel csak szerelőszerszámok beszerzéséről kell gondoskodni,
- a szerelőműhely, szerelőcsarnok egyszerűen kialakítható,
- a jó szerelő szakmunkások mellett betanított dolgozók is alkalmazhatók,
- megfelelő diagnosztikai műszerekkel kell rendelkeznie a hibás részegység kimutatásához.

A vállalatok számára a másik javítási forma az alkatrészcsere javítás. Ennek főbb jellemzői:

- mind a fődarabok, mind az alkatrészek sérülésmentes szerelését biztosító felszerszámozásra van szükség,
- a szerelőműhely, szerelőcsarnok egyszerűen kialakítható,
- szerelő szakmunkások és betanított munkások alkalmazhatók.

A két szervezési forma között igen sok a hasonlóság, azonban az alkatrészcsere javítás jelentősen több időt igényel, mint a részegység-cserés.

Mindkét esetben igen nagy a jelentősége az átfutási idő tekintetében annak, hogy az üzem milyen raktári készletekkel rendelkezik. Amennyiben az üzem raktárában rendelkezésre áll a csere-fődarab vagy cserealkatrész, akkor kizárólag a szét- és összeszerelési időre kell a gépet a termelésből kivonni. Ha azonban raktári készlet nincs, akkor a gép állásideje jelentősen megnövekedhet a beszerzés idejével. Ezért a termelőüzemnek vagy saját magának kell megfelelően gazdaságos cserékészletről gondoskodni, vagy szerződéses kapcsolatot kiépíteni kereskedelmi üzletekkel, illetve javító-szolgáltató vállalatokkal, hogy szinte várakozási idő nélkül elégítsék ki az üzemi igényeket. A döntéshez természetesen gazdaságossági számítást kell készíteni.

Nagy gépparkot üzemben tartó vállalatok esetében szinte jellemző a saját gépfenntartó üzem kiépítése, ami érthető is, hiszen a közlekedésben a vasútüzem, az autóbuszüzem, a villamosüzem, nagyobb városokban a közterület-fenntartó üzem olyan jelentős feladatot lát el, hogy számukra nélkülözhetetlen a főtevékenység és a gépfenntartás összehangolt tervezése és irányítása. Különösen nagy jelentősége van a tömegközlekedési eszközök fenntartási folyamatában a minőség biztosításának és a megbízhatóságnak, mivel az élet- és vagyonbiztonság kiemelkedő szerepet tölt be a teljesítendő követelmények tekintetében.

- d) Az egyes karbantartó műveleteket maga az egyén, a gép tulajdonosa végzi. Az elvégezhető szervizfeladatok ilyen esetben természetesen igen behatároltak. A legtöbb esetben tisztításra, átmeneti felületvédelemre, esetleg olajcserére, olajutántöltésre, légszűrőcserére, laza láncoknak vagy ékszíjaknak az utánpótlására stb. terjedhetnek ki.

A gépkezelő által elvégzendő fenntartási munkákat pontosan meg kell határozni, a műveletek elvégzéséhez biztosítani kell a szükséges anyagokat és szerszámokat.

6.2.2. Elrendezési formák

Mint ahogy a gépfenntartó műhelyek elrendezése elvi vonatkozásban jelentős hasonlóságot mutat a gyártási rendszerek elrendezéséhez, ezért a célszerűség határain belül részletesebben is foglalkozunk a különböző, lehetséges elrendezési formákkal, azaz:

- kötött munkahelyes elrendezés,
- technológiai szempontú elrendezés, amelyet műhelygyártásnak is neveznek,
- termék (tárgy, gyártmány) szempontú elrendezés, amely lehet csoportos, folyamatos, kötött és kötetlen ütemű.

Az elrendezés tervezése során igen fontos figyelembe venni a következőket:

- a lehető legkedvezőbb műveletek, műveletsorok kialakítása,
- magas termelési volumen,
- alacsony költségek,
- ügyfelek legjobb kiszolgálása,
- vállalati dolgozók igényeinek kielégítése.

A felsorolt célok egyaránt fontosak új üzem tervezése, vagy meglévő fejlesztése esetében.

1. Kötött munkahely. Jellemzősége, hogy a termék, anyag egyhelyben marad, és a dolgozók mennek egyik helyről a másikra és viszik a szükséges szerszámokat, eszközöket, esetleg alkatrészeket magukkal. Előnye elsősorban a nehéz, nagy teret elfoglaló és ennek következtében nehezen mozgatható termékek esetében van (pl. autóbuszok, vasúti kocsik, traktorok). Az elrendezés rugalmasan tud alkalmazkodni a változó igényekhez, nem igényel költséges tervezést, jól biztosíthatók a minőséggel kapcsolatos igények.

2. Technológia szerinti elrendezés. Alapvető jellemzője, hogy a munkahelyek az azonos jellegű munkák elvégzésére alkalmas módon kerülnek kialakításra, aminek eredményeképpen műhelyelvű elrendezésről beszélünk. Ez azt jelenti, hogy az egyforma technológiát kivitelező munkahelyek képeznek műhelyeket, illetve üzemeket. Az előállítandó termék általában több műhely közös munkája révén készül el, a műhelyek a termék egy-egy technológiai fázisát készítik el, s ennek következtében a munkadarab akár többször is visszakerülhet ugyanabba a műhelybe. Az útvonalak csökkentése céljából tehát nagy jelentősége van a technológiai műveleti sorrend meghatározásának.

Ez mutatja a műhelygyártás egyik hátrányát is, miszerint az átfutási ideje a terméknek igen nagy. További hátránya, hogy a műhelyek egymás közötti kapcsolata rendszertelen, de még műhelyen belül sincs rendszeres munkakapcsolat az egyes munkahelyek között, ami a gépek kihasználtságát is hátrányosan érinti, és ez természetesen megmutatkozik a magasabb költségekben.

Előnye, hogy a műhelyelv szerint elrendezett gépek jól áttekinthetők, a technológia kellően ellenőrizhető, nem érzékeny a profilváltásra, a műveleti sorrendiségre, új termék előállítására rugalmasan át tud állni, mivel az erőforrásokra (gépek és szakmunkások) az univerzalitás a jellemző. Anyaghiány, dolgozói kimaradás, gépmeghibásodás nem veszélyezteti a termelés folytonosságát.

A műhelyelv szerinti elrendezés tipikusan az egyedi termékek gyártási feltételeit elégíti ki.

3. Tárgyi (termék), illetve gyártóvonal szerinti elrendezés. Jellemző, hogy egy terméket vagy terméktípust állítanak elő. A termék (alkatrész) a műveleti sorrendnek megfelelően kerül egyik munkahelyről a másikra. A munkahelyek (gépek) elrendezéséből alakul ki az úgynevezett csoportos vagy folytonos gyártás. Előnye, hogy jelentősen csökken az anyagmozgatás útvonala és a készletezett mennyiség, kedvezően emelhető a minőségi követelmény a magasabb fokú specializáltság révén.

A tárgyi szempontú elrendezés keretében beszélhetünk csoportos-, illetve folyamatos gyártási rendszerről.

Csoportos szempontú szervezés. A csoportos szervezési forma eredeti értelmezésében a technológiai sorrendnek megfelelő gépeket, munkahelyeket helyezte el térbelileg egymáshoz közel, esetenként egy műhelyben. A későbbiek során a csoportos szervezési formának kialakult egy alkatrészekre orientált változata, amelynél a gépek elrendezését nem kell megváltoztatni, azaz megtartható a műhelyelvű elrendezés.

A munkahelyek tárgyi szempontú csoportosítása abban az esetben célszerű, ha viszonylag nagy mennyiségű, a termelésbe kellő gyakorisággal visszatérő termékről (gyártmányról) van szó. Ilyen esetben, a technológiai műveletek (pl. esztergálás, marás, fúrás, hegesztés, esztergálás) igénye szerint egy helyre szervezzük a munkahelyeket. Ilyen elrendezésre a műhelygyártás esetében is van lehetőség, ha bizonyos gyártmányok mennyisége ezt indokoltá teszi. Az így kialakított gyártási csoportokat gyakran önálló műhelyként szervezik meg.

A csoportos gyártás helyett használatos még a ciklusos gyártás elnevezés is. Jellemzője, hogy a működő berendezések jelentős része univerzális abból a célból, hogy jól alkalmazkodjon a rendre bekövetkező termékváltozáshoz. Nagy előnye még, hogy a térbelileg kis helyre összevont termelő-berendezések következtében a szállítási utak jelentősen lerövidülnek, kedvezően alakulnak a költségek a jó kihasználtság révén, gazdaságos a készülékezés és a felszerszámozás a nagy darabszám következtében.

Megjegyzendő, hogy a ciklusok az esetek többségében nem terhelhetők százszázalékosan a tervezett termékekkel, és ezért mindenkor számolni kell a kihasználást célzó kilépő műveletekkel és a ciklusba belépő műveletekkel.

Alkatrészek csoportos megmunkálásának az az alapvető lényege, hogy az egyedi vagy néhány darabban gyártott termékek esetében az alkatrészek egy-egy része bizonyos hasonlósági jegyek alapján egy csoportba sorolhatók, s így akár kis vagy nagysorozatként is szervezhető a gyártás a műhelyelvű elrendezési formában. Ez azzal az előnnyel jár, hogy egyszerűsödik a gyártás előkészítése, kedvezőbb az átfutási idő, egységes technológia dolgozható ki a csoportra. Az alkatrészek csoportosítása különböző szempontok szerint lehetséges.

Jellegzetes csoportok:

- az ugyanolyan gépi berendezéseket igénylő,
- az egyforma technológiai műveletekkel megmunkálható,
- az azonos műveleti idővel gyártható,
- a hasonló alakú (pl. tengelyek, tárcsák),
- az azonos anyagból készülő alkatrészek.

Folyamatos gyártási rendszer. A munkahelyek tárgyi elvű elrendezés szerint kerülnek egymáshoz viszonyítva elhelyezésre. A munkadarabok a műveleti sorrend szerint kerülnek egyik munkahelyről a másikra. Minden művelet más és más munkahelyhez van kötve.

Folyamatos gyártást csak akkor gazdaságos szervezni, ha a tömegszerűsége igen magas. Előnye, hogy bonyolult termékek átfutási ideje rendkívül kicsi lehet, a termelési terület és a berendezések időalapja kedvezően használható ki, a gyártás jól irányítható, a gyártás ügyvitele leegyszerűsíthető. A legnagyobb nehézséget a különböző munkahelyeken elvégzendő műveleti idők szinkronizálása jelenti. Akkor mondható ideálisnak a munkahelyek összehangoltsága, ha sikerül minden munkahelyi keresztmetszetben egyenlő intenzitást igénylő műveleti időket meghatározni. Ez igen aprólékos technológiai műveletelemzést igénylő munka, amely csak nagy darabszámoknál térül meg. Futószalagos gyártás esetén általában speciális célgépeket állítanak be a termelésbe és a műveletek többségét betanított munkások végzik. A gépfenntartási tevékenységhez viszont igen magas fokú szakmai képesítéssel rendelkező dolgozók szükségesek a hibák szakszerű, gyors elhárítása érdekében, mivel bármelyik műveleti hely leállítása – a hibaelhárítás idejére – az egész szalag leállítását vonja maga után, ami jelentős költségnövekedéssel jár.

A gépfenntartás területén valójában mindhárom elrendezési forma megtalálható, azonban a mindenkori gazdasági viszonyok jelentősen meghatározzák az egymásközi arányokat. Kétségtelen, hogy a gépfenntartás sajátosságai révén az első két pontban említett elrendezési forma elterjedtebb a harmadikhoz viszonyítva, ami az egyedi vagy kis darabszámú jelentkező gépjavítási munkáknak tulajdonítható, továbbá a meghibásodott gép helyhez kötöttségének (pl. meghibásodott gépjármű az országúton, traktor a szántóföldön stb.).

6.2.3. Javítási módszerek

A gépfenntartás ipari jellegű javítási módszereit tekintve beszélhetünk:

- gépcserés javításról,
- részegység-cserés javításról és
- alkatrészcsere javításról.

A gépcserés javítás elvileg a legkedvezőbb módja a javító-szolgáltató tevékenységnek, mert a hibás gép (legyen az akár egy teherautó, személygépkocsi, markológép, traktor stb.) jegyzőkönyvi átadása után a megrendelő (üzembentartó) megkapja a jó, működőképes cseregépet.

E javítási mód a kétségtelen előnyei ellenére sem terjedt el, mivel jelentősek azok a tényezők, amelyek ellene szólnak. Fontosabb jellemzők a következők:

- A megrendelő (üzembentartó) gyakorlatilag azonnal működőképes gépet kap az üzembentartó helyett. Termelési elmaradása csak annyi van, amennyi időt a szállítás igényel. Javítóképességet az üzembentartónál nem igényel.
- A gépjavító vállalatnak jelentős cseregép készlettel kell rendelkeznie, ami az összköltségek növekedését idézi elő.

- A gazdaságos javításhoz szükséges gépszám biztosítása nagy nehézségekbe ütközik.
- Nagy távolságok esetén a szállítási költségek jelentősek lehetnek.
- Kellően nagy darabszám esetén, a műszaki felkészültség révén biztosíthatók a minőségi feltételek.

A részegység-cserés javítási formának az egyik változata, amikor a megrendelő saját üzemén, vállalatán belül kissereli a gépből a hibás részegységet, elviszi az adott részegység-javító vállalathoz, azt átadja jegyzőkönyvileg és a jót átveszi. Elszállítás és beszerelés után a gép üzembe állítható.

A másik változat pedig az, amikor a megrendelő elviszi a gépet a javító-szolgáltatóhoz, a vállalat elvégzi a részegység-cserét, ami valójában csak szerelési műveletet és kipróbálást igényel, és ezzel a javítási feladatot teljesítette is.

A javított termékek átadási jegyzőkönyvének fontos tartozéka a minőségi tanúsítvány, valamint a garanciális kötelezettségeket és feltételeket tartalmazó okmány.

A részegység-cserés javítási módszer különösen ismeretes a gépjárműveknél, motorok, sebességváltók, adagolószivattyúk, önindítók és egyéb vonatkozásában. A zavartalan kiszolgáláshoz jelentős részegység-cserékészlettel kell rendelkeznie a vállalatnak.

A hibás részegységek javítási folyamatának fontosabb jellemzői a következők:

- A megrendelő számára a javítás átfutási idő igen kedvező, kicsi a gép termelésből való kiesése.
- A gépjavító vállalatoknak jelentős cserekészlettel kell rendelkezniük, ami a költségeket növeli.
- Meg kell határozni a gazdaságos javításhoz a megfelelő darabszámot.
- Szállítás szempontjából kedvező a részegységek kicsi raktérfogata.
- A kellően nagy darabszám jó feltételeket teremt a közép vagy nagysorozatokban történő alkatrész-felújításhoz, vagy pótalkatrészgyártáshoz.
- Gazdaságos a célgépek és készülékek alkalmazása.
- A műveletek egy részénél előnyösen alkalmazhatók a betanított munkások.

A különböző javítási módokat, ha nézzük, akkor a legáltalánosabban elterjedt az alkatrészcsere javítás. A javítás történhet felújított vagy új alkatrészszel. Elvileg végezheti az adott gép üzem-bentartója, vagy javító vállalat. Mivel az alkatrészcsere a legtöbb esetben jelentős szerelési munkát igényel, amihez a megfelelő szerelő szakembereken kívül speciális szerelő szerszámok is szükségesek, ezért az üzem-bentartó korlátozott mértékben végzi csak el az ilyen jellegű munkákat. Természetesen vannak olyan vállalatok, ahol az üzemben tartott géppark (pl. vasút, busz, villamos, köztisztasági üzem stb.) nagysága miatt jól kiépített javítóüzemmel rendelkeznek, s a saját igényeinek megfelelő szervezeti formát építi ki, amely javító vállalatként működik.

A javító vállalatnál történő munkafolyamat a gép átvételével kezdődik, a tulajdonos elmondja az észlelt hibákat, a vállalat gyakorlatilag a 6.3. ábrafolyamat szerint ellenőrzi a megrendelő által jelzett hibákat, majd felújított vagy új alkatrész beépítésével elvégzi a javítást. A javított gépet ellenőrzi, majd átadja a megrendelőnek. A kisserelt hibás alkatrészt, amennyiben felújító részleggel rendelkezik és az alkatrész javítható, akkor egyedi- vagy csoportos szervezési formában felújítja és készletezi. Ha felújítással nem foglalkozik, akkor valamilyen formában értékesíti (pl. ócskavas).

Az alkatrészcsere javítás fontosabb jellemzői:

- Amennyiben alkatrész-felújítással nem foglalkozik a vállalat, akkor csak a szerelésre kell be-
rendezkednie, ami viszonylag egyszerű és nem költségigényes tevékenység.
- Jól képzett szerelő szakmunkások mellett jelentős részben alkalmazhatók betanított dolgo-
zók, ha az azonos jellegű feladatok kellő tömegszerűséggel ismétlődnek.
- Fontos feltétel az alkatrészek csereszabotossága.
- Az átfutási idő nagyságát elsősorban a szerelési idő határozza meg.
- Nem igényel jelentősebb szerszámzárási költséget.
- A munka folytonossága javító vállalat esetében nagy raktárkészlet fenntartását igényli, ami
természetesen eredményezi a magasabb költségeket.
- A szervezés tekintetében az egyedi javítási forma a jellemző.

Kiemelkedően jellemzőek az alkatrészcsere javítási formára például a gépjármű-szervizek, rádió és televízió javítások, hűtőgép-, háztartási gépjavítók, szolgáltatók. Ezeknél a típusú szolgálta-
tónál a leggyakrabban esetekben foglalkoznak a meghibásodott alkatrész kijavításával: részben azért,
mert alkatrész-felújításra nem rendezkedtek be, de elsősorban azért, mert az esetek többségében
nem javítható konstrukcióval állunk szemben. A meghibásodott gépelemek (tengelyek, perselyek,
hajtókarok stb.) számos esetben gazdaságosan javíthatók, illetve a nem javíthatók új pótalkatrés-
szekkel helyettesíthetők. Ennek megfelelően beszélhetünk alkatrész-felújításról és pótalkatrész-
gyártásról.

a. Alkatrész-felújítás

Minden olyan esetben, amikor a meghibásodott alkatrészt felújíthatónak minősítik a hibafelvétel
alkalmával, kellő részletességgel a következőket kell kidolgozni:

- az eredeti alkatrészrajzok alapján meghatározandók a méretek, tűrések, gyártási előírások,
hőkezelés stb. Amennyiben az eredeti rajzokhoz nem lehet hozzájutni, meg kell állapítani,
hogy milyen alapanyagból készült az alkatrész, milyen hőkezelési, illetve felületkezelési
műveleteknek vetették alá, és rekonstruálni kell a méreteket, tűréseket,
- az alkatrész funkciója és igénybevétele alapján ki kell választani az alkalmazható felújítás-
technológiákból a legmegfelelőbbet,
- az alkalmazásra kerülő felújítás-technológia lehetőleg az új alkatrész állapotjellemzőinek
megfelelő értékeket biztosítsa (élettartam, megbízhatóság) és olcsóbb legyen, mintha új al-
katrészt építettünk volna be.

Az alkatrész-felújítás szervezési formáját (egyedi-, sorozat- vagy tömeggyártás jellegű) a minden-
kori darabszám nagysága, tömegszerűségi foka határozza meg.

Az alkatrész-felújítás főbb jellemzői:

- Egy felújító üzem akkor gazdaságos, ha kellően nagy darabszám biztosított.
- Beruházásigényes a gépek, eszközök, különböző berendezések vonatkozásában.
- A gazdaságos darabszám nem biztosítható minden esetben.
- A jó képzettségű szakemberek mellett előnyösen alkalmazhatók a betanított munkások.
- Kedvezően szervezhető a minőségbiztosítás.
- A drága alkatrészeket sok esetben még egyedileg is gazdaságos felújítani.
- Részletes technológiai dokumentációt és műszaki adminisztrációt igényel.

Alkatrész-felújítás tulajdonképpen valamennyi javítási módnál (gépcserés, részegység-cserés, alkatrészcsere) megtalálható, illetve ha a feltételek adottak, kiépíthető. Az alkatrészfelújító-üzem létesítését mindenkor alapjaiban határozza meg az, hogy az új alkatrész beszerezhető-e, mi az ára, mennyi idő alatt lehet hozzájutni. Ugyanis az is előfordulhat, hogy az adott gép állásából származó károk jelentősen nagyobbak, mint akár a felújított- vagy új alkatrész költsége és ilyenkor legtöbbször az időtényező a döntő, azaz melyik megoldással lehet rövidebb idő alatt üzemképesé tenni a berendezést.

b. Pótalkatrész-gyártás

Pótalkatrészeknek nevezzük a – hazai gyártású és a külföldről vásárolt gépekhez – javítás céljára gyártott és forgalomba hozott alkatrészeket.

A pótalkatrész-gyártás lényegében üzemfenntartó tevékenység, formáját tekintve azonban gyártás, amely igényfelméréssel és munkavállalással kezdődik. Jobb esetben az igényfelmerüléssel egyidejűleg műhelyrajzokat és gyártási dokumentációt is kap a javítóüzem. Ebben az esetben a szerszámgeppark által megszabott lehetőségekre megkezdhető a gyártástervezés.

Roszbab a helyzet, ha mintadarabról modellezve kell a műhelyrajzot elkészíteni. Ez rekonstrukciós tervezésnek fogható fel, mivel anyagvizsgálat alapján megfelelő anyagot kell előírni, a működési funkció és a csatlakozó alkatrészek figyelembevételével pedig a tűréseket, illetve az illesztéseket is meg kell határozni. Ezután megkezdhető a gyártástervezés, ennek alapján a készülék, szerszám és idomszer gyártása, illetve az anyagbeszerzéssel egybekapcsolt gyártás-előkészítés. Ezt követi szükség esetén a kísérleti, majd a sorozatgyártás.

A pótalkatrész-gyártás főbb jellemzői:

- gazdaságos gyártáshoz biztosítani kell a szükséges darabszámot,
- a pótalkatrész-gyártás lehet a javítási forma része, de lehet teljesen önálló gyártóüzemi tevékenység is,
- sorozatgyártás esetén önálló javítóüzem kiegészítő profiljaként különálló tevékenységként is működtethető,
- szervezési formát tekintve különösen nagyértékű alkatrészeknél egyedi-, de általában a közép és nagysorozatgyártás szervezése a gazdaságos.
- eredetileg nagysorozatban gyártott alkatrészek kissorozatú gyártása költséges, és az eredeti minőséget általában nem éri el,
- beruházásigényes a gépek, eszközök és speciális eszközök tekintetében,
- magas fokú gyártástervezői és gyártásszervezői tevékenységet igényel,
- a minőségbiztosítás megköveteli a jól képzett szakmunkásgárdát és a kellő gyakorlattal rendelkező betanított munkásokat.

Szükséges megjegyezni, hogy a felsorolt jellegzetes javítási módok – a gyakorlatban – inkább integráltak, azaz nem úgynevezett tiszta profilként fordulnak elő, ami abból adódik, hogy a gazdaságosságot jelentő nagy darabszámok nem biztosíthatók. Így például jellegzetes kombinációk:

- alkatrészcsere alkatrész-felújítással,
- alkatrészcsere, alkatrész-felújítás és egyes pótalkatrészek gyártása,
- részegység-csere, alkatrészcsere, alkatrész-felújítás, alkatrészgyártás.

Említést kell tennünk még a gépfenntartási folyamatok megvalósítása mellett, a gépfenntartó üzemek (vállalatok, vállalkozások stb.) szervezeti kapcsolódási lehetőségeiről is, amelyek eléggé sokrétűek lehetnek.

6.2.4. Gépfenntartó üzemek szakosíthatósága

Az üzemi tapasztalatok egyértelműen azt mutatják, hogy a meghibásodott gépek kisebb hányada igényel csak speciális ismeretekkel rendelkező szakembereket és speciális berendezéseket, míg a nagyobb hányad egyedi jellegű, jelentősebb felszerszámozás nélküli javítással ismét üzemképesé tehető.

Szakosított javítóüzem szervezési előfeltételeihez a következőket kell főbb vonatkozásokban figyelembe venni.

- a) Megfelelő nagyságú darabszám a gazdaságos javításhoz. A gazdaságossági elv szerint legmegfelelőbb sorozatnagyság (darabszám) meghatározásakor azt vizsgáljuk, hogy a költség-tényezők hogyan alakulnak a darabszám függvényében és miképpen alakul a fajlagos költség. Lényeges továbbá, hogy minél nagyobb darabszámban legyenek az azonos típusú javítandó termékek.

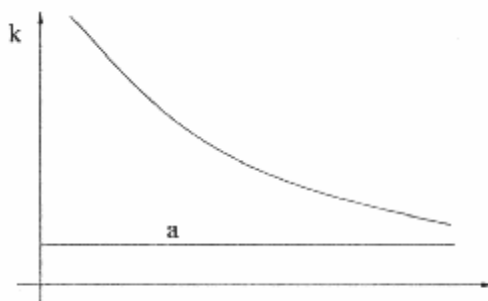
A darabszám és a költségek közötti összefüggést a következő képlet adja:

$$K = a \cdot n + E$$

ahol K	az "n" darabszámú termék (sorozat) előállítási, javítási költsége
a	a sorozatnagyságtól független állandó költség
n	a sorozat darabszáma
E	a sorozat munkába adásából adódó, előkészületi és befejező műveleteivel kapcsolatos költségek.

A darabszám hatását a termelési költségekre a fajlagos költség (Ft/db) változása mutatja igen szemléletesen (6.4. ábra).

$$k = \frac{K}{n} = a + \frac{E}{n}$$



6.4. ábra Fajlagos javítási költség alakulása

- b) A vállalt munkák bérigényes feladatokat foglaljanak magukba. Minél munkaigényesebbek a javítómunkák, annál kedvezőbbek a szakosítás feltételei. Nagy darabszám esetén jó munkaszervezéssel, betanított munkások alkalmazásával csökkenthetők a bérköltségek.
- c) Különleges szakképzettséget igénylő javítómunkák, pl. villamos berendezések, Diesel befecskendező-szivattyúk felújítási munkái alkalmasak szakosításra, mivel kisebb üzemekben nem állnak rendelkezésre különleges szakképzettségű munkaerők, ezeknek foglalkoztatása csak nagyüzemi szinten gazdaságos.
- d) A nagy szerszámozási költségű javítómunkákat is szakosítani kell, mert célgépek, különleges készülékek, berendezések csak így használhatók ki. Ebben a vonatkozásban például a motorfelújításhoz szükséges hengerfúrás, forgattyútengely köszörülés, vonalbefúrás, hajtórúdcsapágyak felújítása stb. olyan javítómunka, amelyet gazdaságosan csak szakosított javítóüzem végezhet.
- e) Szerelési egységet képező, zárt fődarabok alkalmasak szakosításra. Ezek műszaki ellenőrzése külön is megoldható, szállításuk egyszerűbb.
- f) Nagy darabszámban rendelkezésre álló, bonyolult, nagyobb pl. földgépek is alkalmasak lehetnek szakosításra, a nagy munkabérhányad, a speciális szakképzettség igénye és a nagy darabszám miatt, ha a szállítási költségek befolyása jelentéktelen.

g) Egy ellátott területről a karbantartásra érkező objektumok mennyiségét a karbantartási szükséglet és a gépsűrűség határozza meg. A beérkezési tényező jellemzi a karbantartandó objektumok elhasználódási magatartását. Nagyobb számú egyforma gépnél vagy részegységénél, amelyek már elérték egy meghatározott életkort, közelítőleg a közepes használati határidőtartam reciprok értékével egyenlőnek vehető fel.

Ha meghatározott típusoknál a beérkezési tényező adott gépesítettségi foknál és gépsűrűségénél állandó, a darabszámot csak az ellátási terület kiterjesztése növelheti.

h) Az ellátási terület megnövekedése maga után vonja a szállítási költségek növekedését is. A szállítási költségeket a szállítandó objektumok száma és tömege, a szállítási távolságok, a szállítóeszközök és a szállítás szervezése befolyásolja.

A szakosítás gazdaságilag helyes megoldása érdekében a szakosított karbantartási üzem ellátási területét úgy kell megállapítani, hogy az összköltség minimális legyen.

A költségeknek a darabszámtól való függése megszabja az ellátási terület nagyságát adott időpontra, ami így határozható meg:

$$K_{\text{össz}}(n) = K_K(n) + K_{Tk}(n) + K_A + K_R$$

ahol $K_{\text{össz}}$ az összköltség;
 K_K a karbantartási költség;
 K_{Tk} a közepes szállítási költség;
 n a sorozatnagyság;
 K_A a csereobjektum költsége;
 K_R a raktározási költség.

A raktározási költséget és a csereobjektum költségét előzetesen, mint az időegység alatti darabszámtól függetlent kell számításba venni, és a helyreállító üzem optimális nagyságának meghatározásánál el kell hanyagolni.

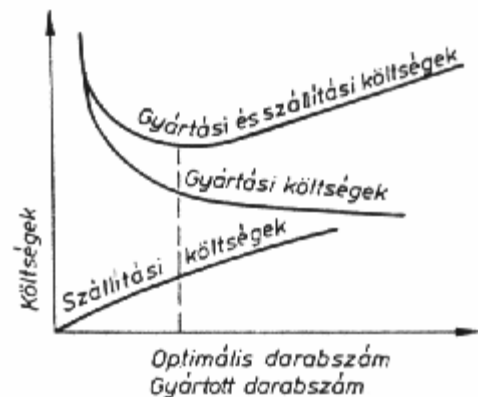
Ha a javítási és szállítási költség görbéit a darabszám függvényében ábrázoljuk és geometriailag összegezzük (6.5. ábra), eredményül olyan görbét kapunk, amelynek többé-kevésbé jellegzetes minimuma van, ez az optimális darabszám (n_{opt}).

Amennyiben nem jelentkezik egyértelmű minimum, akkor a helyreállító üzem kapacitását olyan nagyra kell kialakítani, hogy a dK/dn nulla felé tartson.

A felhasználók helyreállított részegységekkel való ellátására meg kell szervezni a cserehelyeket tartalmazó hálózatot. Ez lehetővé teszi, hogy a részegységek szállításának legnagyobb része a felhasználó és a helyreállító üzem között oda-vissza nagy, teljesen leterhelt járművekkel történjék, ezáltal a szállítási költség alacsony szinten tartható. Hogy ez az azonnali csere lehetővé váljék, a helyreállító üzemben készenlétben kell állnia bizonyos számú cserealkalmas részegységnek.

A szükséges csereraktár nagyságának meghatározásához a következő feltételeket kell figyelembe venni:

- a csere-részegységek mennyiségének olyan nagyra kell lenni, hogy a felhasználó minden időben megkaphassa az üzemi szervezetének megfelelően a tervszerű felújításokhoz, valamint a váratlan meghibásodások alkalmával bekövetkezett károk megszüntetéséhez a csere-részegységeket;



6.5. ábra. Az optimális darabszám egy szakosított karbantartó üzemben

- a csere-részegységek mennyiségének olyan nagyoknak kell lenni, hogy a helyreállító műhely folyamatosan foglalkoztatható legyen.

Az eddig ismertetett összefüggésekből és egyéb vizsgálatokból a szakosíthatóság előfeltételeit így lehet összefoglalni:

- bérigényes felújítási munkák különösen alkalmasak szakosításra;
- a szakosítás mindig szállítással van összekapcsolva, ezért a szakosíthatóságot a szükséges élőmunka és a szállítandó mennyiség (tömeg) közötti viszony alapján kell eldönteni;
- azokat a munkákat, amelyek különleges gépeket és berendezéseket igényelnek központosítani kell;
- önmagukban zárt szerelési csoportok (gépegységek) alkalmasak a szakosításra, mert csekély szállítási költséget okoznak;
- gépek és gépegységek, amelyek helyreállítása nagymértékben alkatrészek helyreállításával jár együtt, szintén alkalmasak szakosított helyreállításra;
- különleges gépek helyreállítási munkái, minthogy ezek kis számban fordulnak elő, ugyancsak alkalmasak szakosításra, mert nem minden üzem rendelkezik erre a célra megfelelő gazdaságos gyártóberendezéssel.

Azok a fenntartási munkák, amelyek csak egy-két darabban jelentkeznek, egyedi javítási szervezési formában oldhatók meg, az esetek többségében kisüzemi vállalkozások formájában. Az erőforrásokra, mind a szakmunkások, mind a gépek és eszközök tekintetében az univerzalitás a jellemző. Alkatrész-felújítást igen mérsékeltén végeznek, jellemzője az alkatrész vagy részegység-cserés javítás.

6.3. Fenntartási ciklusrend kialakítása

A gépek berendezések természetes velejárója, hogy az üzemben tartás ideje alatt fokozatosan veszítenek használhatóságukból, míg végül meghibásodnak és üzemképtelenné válnak.

A gépek, berendezések, járművek elhasználódása az alkatrészeik tönkremeneteli folyamatától függ. A meghibásodások elsősorban az üzemi körülmények függvényei. A legfontosabb két tényező, ami a meghibásodás gyakoriságát befolyásolja: a használati idő és a teljesítmény.

A meghibásodások mértéke és annak következményei a legkülönbözőbbek lehetnek. A meghibásodások, az üzemből való kiesési idő csökkentése csak jól szervezett megelőzéssel érhető el. A meghatározott szintű minőség, megbízhatóság fenntartása érdekében a gépeket, járműveket rendszeresen felül kell vizsgálni és ha kell, javítani. A meghibásodás nélküli üzemidő (ciklusidő) meghatározása a gépfenntartás tervezési feladatai közé tartozik és arra hivatott választ adni, hogy adott gépet milyen időközönként kell a termelésből kivonni további üzemképességének helyreállítása céljából.

Az egymást követő felülvizsgálatok és javítások rendszerét ciklusrendnek, a közöttük levő időt ciklusidőnek nevezik. A ciklusrend kialakításának elvi összefüggéseit a 6.6. ábra szemlélteti.

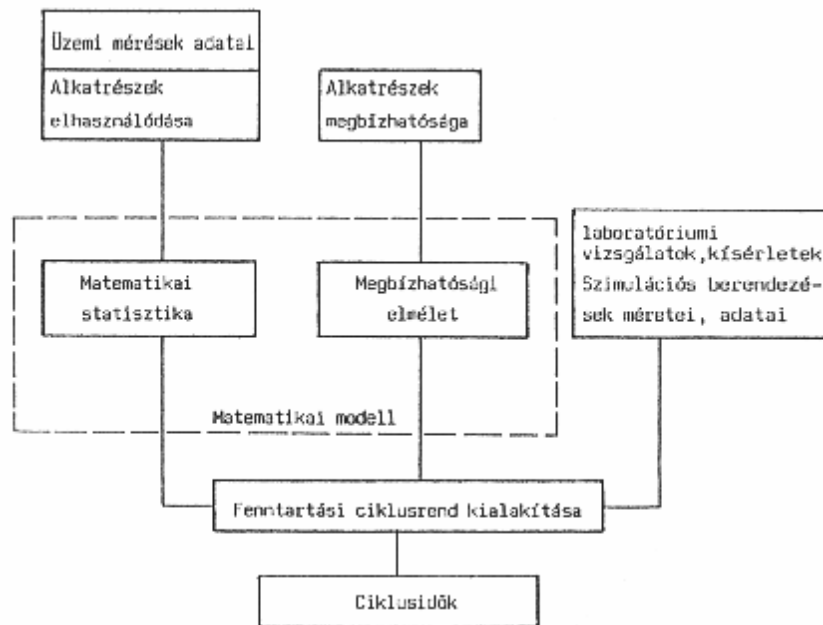
A ciklusrend magában foglalja a karbantartás gyakoriságát, az elvégzendő vizsgálatok, javítások sorrendjét, az elvégzendő munka módját, részleteit, valamint a javítások közötti paramétereket (idő, km stb.). A ciklusok időtartamába a javítások időtartamai nem tartoznak bele.

A fenntartási ciklusrendet különböző módszerekkel alakítják ki. A ciklusidő meghatározásának az egyik legismertebb módja az alkatrészek elhasználódási folyamatának (élettartama) tanulmányozása, a másik a fenntartási költségeket vizsgáló gazdasági számítások.

A beavatkozások sorrendjét és időpontját úgy kell meghatározni, hogy azok a várható meghibásodásokat megelőzzék. Ennek alapját az üzemeltetés, karbantartás, javítás során szerzett tapasztalatok feldolgozása adja.

Viszonylag igen egyszerű a gépjavítási ciklusidők és technológiák meghatározása akkor, amikor az üzemképességet képviselő állapotváltozók üzemeltetés alatti változása determinisztikus.

A gyakorlatban a gépek hibahelyeinek többségére az jellemző, hogy műszaki állapotváltozásuk, így üzemeltetés alatti leromlásuk, a beépített anyagok inhomogenitása, a gyártástechnológiák pontatlansága, az igénybevétel változása miatt sztochasztikus jellegű.



6.6. ábra. Fenntartási ciklusrend kialakításának módjai

6.3.1. A javítási ciklusidő megállapításának gyakorlati módszerei

Ezeknek a módszereknek a lényege, hogy a gépek meghibásodásait, élettartamának adatait statisztikai módszerekkel vizsgálják és elemzik.

- Több azonos gép üzemeltetése esetén, ha az adott típusú gép folyamatosan a továbbiakban is beszerzésre kerül, előnyösen állítható be a ciklusidő, néhány gépen végzett megfigyelés esetén. A kijelölt gépeket addig üzemeltetik állandó ellenőrzés mellett, míg a hibái olyanok nem lesznek, hogy a felújítás már indokolt. Közben minden egyes gép meghibásodását feljegyzik és igyekeznek azok okait is felderíteni. Több gépen végzett vizsgálatok alapján meghatározható a vizsgált típus felújítási időpontja, ezen belül a beavatkozások időpontjai és azok mértékei is.
- A kontrolcsoportos vizsgálatoknál a vizsgált gépeket az addigi tapasztalatok alapján valamekkora ciklusidőbe besorolják, és eszerint végzik a beavatkozásokat és a vizsgálatokat. De csak az egyik csoporton végzik el az előírt javításokat, míg a másik csoportot tovább üzemeltetik. Az így kialakított két csoport adatait rögzítik, majd ezekből átlagot számítanak. Az adatok feldolgozása és értékelése a pontosított ciklusidő megállapítását teszi lehetővé.
- Összehasonlító módszer új gépeknél. Lényege, hogy az új gépet a hozzá leginkább hasonló géptípussal vetik össze. Megvizsgálják, hogy fődarabjai, alkatrészei, azok funkciói miben különböznek egymástól és ezektől a különbségektől hogyan függ az új gépek ciklusideje.

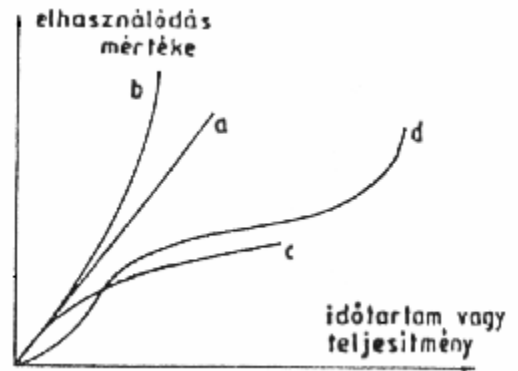
6.3.2. Ciklusidők meghatározása az elhasználódás folyamata alapján

Ha a fenntartási ciklusrendet az elhasználódás folyamata alapján akarják kialakítani, akkor ismerni kell a különböző alkatrészek elhasználódásának a megengedett maximális mértékét, a határértéket. Ez azt a határt jelenti, ameddig az alkatrész üzemben tartható.

Az elhasználódás mértékét mindig az elhasználódás paramétereinek – idő, teljesítmény – függvényében vizsgálhatjuk.

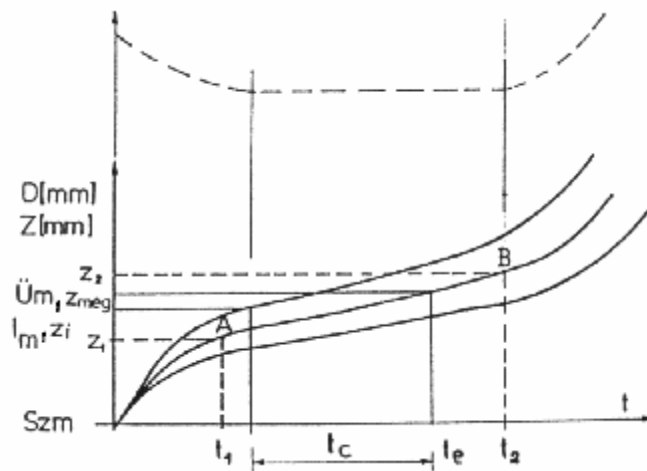
Ezek függvényében az elhasználódás jellege

- lineáris (a)
- progresszív (b)
- degresszív (c)
- vegyes jellegű (d) lehet (6.7. ábra).



6.7. ábra. Az elhasználódás mértékének alakulása az igénybevétel függvényében

Megjegyzendő, hogy egyes gépelemekre (pl. görgősláncokra) vonatkozóan viszonylag könnyen megállapítható és számítható a várható élettartam, ezzel szemben bonyolult gépeknél, mivel ezek sok elemből tevődnek össze, az élettartam gyakorlatilag nem számítható. A gépek és berendezések alkatrészei működés közben különböző ütemben használódnak el, vannak olyan elemek, amelyek gyorsan kopnak, másokat hosszabb időközönként kell cserélni. Végül olyan alkatrészeket is beépítenek a berendezésbe, amelyek túlterhelések levezetésére szolgálnak és a túlterhelés alkalmával szándékolatlan törnek el. Mivel az egyes gépelemek eltérő élettartamúak, a karbantartás tervezésekor ezt a körülményt figyelembe kell venni.



6.8. ábra. Alkatrészek kopási határméretei

Egy alkatrész eredeti méretét S_{zm} -el (szerkesztési méret), elhasználódásának határméretét \bar{U}_m -el (üzembentartás határmérete) jelöltük. Az üzembentartás határméretét a szerkezet megbízható működése, szilárdsági szempontok, különféle előírások és a kopásdiagram alapján állapítják meg (6.8. ábra).

Az elhasználódási folyamat ismeretében a viszonyítási alap (idő, teljesítmény) függvényében meghatározható az elhasználódás sebessége. Az alkatrészek élettartama a megengedett elhasználódásnak és az elhasználódási sebességnek az ismeretében számítható:

$$\text{alkatrész élettartam} = \text{megengedett elhasználódás} / \text{elhasználódási sebesség}$$

(A váratlan meghibásodás elkerülése miatt szükség van az időszakos javításnál megengedett hátráméret "Im" megállapítására is. Ezt úgy kell meghatározni, hogy az "Im" mérettel beépített alkatrészek a ciklusrend szerinti következő időszakos javításig ne lépjék túl az üzembentartás hátráméretét.)

A gépek, berendezések fenntartása, karbantartása szempontjából az volna az ideális állapot, ha valamennyi alkatrész, fődarab élettartama azonos lenne, és így egy meghatározott időpontban kellene valamennyit megjavítani. Ez az ideális állapot azonban nem érhető el, a ciklusrend kialakításakor tehát meg kell határozni az egyes alkatrészek, fődarabok élettartamát és az egymáshoz közel eső élettartamúakat egy csoportba kell sorolni.

A különböző élettartamú csoportokat úgy kell kialakítani, hogy a csoportok élettartamai egymásnak egész számú többszöröse legyenek. Az egyes alkatrészcsoportok jellemző élettartamát a legkisebb alkatrész-élettartam határozza meg, így amikor nagyobb volumenű karbantartásra (magasabb élettartamú alkatrészek esete) kerül sor, a kisebb élettartammal rendelkező alkatrészek, modulok, szerelési egységek is karbantartásra kerülhetnek.

Ha az alkatrészcsoport optimális élettartamához képest egyes alkatrészek élettartama kisebb, akkor meg kell vizsgálni, hogy ezen alkatrészek élettartama nem növelhető-e meg a csoportra jellemző élettartam mértékéig az üzemi körülmények megváltoztatásával (más kenőanyaggal, jobb minőségű anyag kiválasztásával, kedvezőbb anyagpárosítással), gyártási, illetve javítási technológia megváltoztatásával, vagy egyéb elhasználódást csökkentő intézkedéssel.

6.3.3. Ciklusidők meghatározása műszaki megbízhatóság alapján

A műszaki megbízhatóság annak a valószínűségét fejezi ki, hogy egy adott gép, illetve jármű, vagy annak szerkezeti egysége, gépalkatrésze eleget tesz az üzemeltetés meghatározott feltételeinek, vagyis hibamentesen működik. A megbízhatóság fogalma a hibamentesség, meghibásodás, a tartósság, a javíthatóság fogalmaknak az összessége.

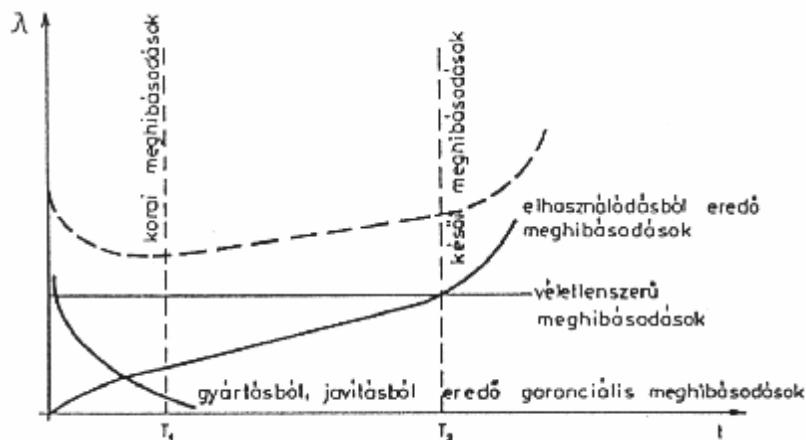
A fenti fogalmak mennyiségi mutatóinak meghatározásához a megbízhatósági elmélet által felvetett kérdések nagy részének kutatásához és megoldásához valószínűségszámítási és matematikai-statisztikai módszerek szükségesek.

A megbízhatósági vizsgálatok során kapott eredmények sok esetben a valószínűségszámításból ismert eloszlási- és sűrűségfüggvényekkel jellemezhetők. A különböző gépek meghibásodásainak a leírásához a gyakorlatban elegendő háromféle valószínűség eloszlás a matematikusok által alkotott rengetegféle eloszlás közül. Ezek:

- exponenciális eloszlás a bonyolult rendszerek véletlen jellegű,
- Weibull-eloszlás a kifáradás miatti,
- Gauss-eloszlás az öregedés és kopás, beégés miatti véletlen jellegű hibásokaság leírásához, modellezéséhez.

A tapasztalat szerint a legtöbb esetben a meghibásodási ráta $\lambda(t)$ függvényre a 6.9. ábrán látható görbe jellemző. Az eredő a három görbe összegéből adódik. A meghibásodások, az üzemből való kiesés ugyanis háromféle okra vezethető vissza:

- gyártási, javítási hibából eredő kiesés, amely az idő függvényében csökken;
- az élettartammal arányos, természetes elhasználódásból (kopás, fáradás stb.) eredő kiesés, amely az idő függvényében növekszik;
- a váratlan meghibásodásból származó, véletlenszerű kiesés.



6.9. ábra Meghibásodási ráta

A háromféle jelenség leírására más-más matematikai modell szükséges. A meghibásodási ráta görbéjének első szakasza megközelíthető, pl. Weibull-eloszlással $b < 1$ kitevő esetében. A középső szakasz, ahol $\lambda = \text{const}$ az exponenciális eloszlás törvényszerűségét követi. Természetesen alkalmazható a Weibull-eloszlás is, mivel $b = 1$ kitevő esetében az exponenciális eloszlásnak felel meg. A hirtelen bekövetkező meghibásodások leírására, amely a harmadik görbeszakasz szerint alakul, alkalmas a normális eloszlás, vagy a Weibull-eloszlás a $b > 2$ kitevő esetében.

A ciklusrend kialakításakor a meghibásodás következményeitől függően megkívánt műszaki megbízhatóság alapján kell a t üzemidőt kiszámítani.

Az azonnal javítható elem a (javítási ideje az elem élettartamához képest elhanyagolhatóan rövid) felújítási folyamatának elemzése szempontjából az elem élettartamának várható értékét, valamint annak szórásnégyzetét és a t idő alatt bekövetkezett meghibásodások, illetve javítások számát határozzák meg.

A számottevő javítási időt igénylő elem megbízhatóságának elemzésekor az elemek és azok javítási idejének eloszlását, az elemek élettartamának és javításidejének eloszlását, az elemek élettartamának és javításidejének középértékét, a meghibásodások és a felújítások számát vizsgálják.

6.3.4. Merev ciklusú gépfenntartás

Merev ciklusú gépfenntartásban a gépjavítások ütemezése nem a gépállapothoz kötődik, hanem annak üzembe állíthatósága a cél, azaz biztosítani a gép olyan készenléti állapotát, hogy bizonyos feladatok ellátására adott időben képes legyen. Ennek megfelelően, meghatározott időben, a gép károsodásának mértékétől függetlenül, helyre kell állítani az eredeti gépállapot jellemzőket.

A károsodásnak kitett elemek helyreállításának időpontja kötődhet szabályos és nem szabályos naptári időközökhöz.

A szabályos naptári időközökben ismétlődő gépfenntartás jellemzője, hogy külön-külön ciklusokat kell meghatározni a jellegzetes alkatrészekre, részegységekre. Minthogy a váratlan meghibásodás elkerülése alapvetően fontos, a naptári ciklusokat – kellő biztonsággal – a gyári előírások és üzemi tapasztalatok alapján kisebb időtartamra választják, mint amekkora üzemidő a teljes elhasználódási tartalék kihasználásához szükséges volna. Ez a fenntartási filozófia igen költséges.

Hasonló folyamattal jellemezhető a nem szabályos naptári időközök szerinti gépfenntartás, amelynek az a jellemzője, hogy az idenyjelleggel üzemelő gépeket a feladat befejezése után az eredeti állapotra újítják fel. Jellegzetes példák mondhatók a köztisztaság és a mezőgazdaság területéről.

A merev ciklusú módszer előnyei és hátrányai a következőkben foglalhatók össze.

Előnyei:

- a javítási műhelymunkák idő szempontjából jól szervezhetők, mert a szabályos naptári időközök előre tervezhetők, a nem szabályos naptári időközök esetében pedig az idényjellegű géphasználatból adódóan a nagy holtidő ad rugalmas lehetőséget a javítás ütemezésére,
- a javító kapacitás viszonylag egyenletesen terhelhető, tehát jó a kihasználtság,
- a károsodási magatartást csak nagyságrendjében kell ismerni.

Hátrányai:

- az elhasználódási tartalék csak részben van kihasználva,
- a javítások gyakorisága miatt nagyok a fenntartási költségek.

6.3.5. Mérhető paraméter szerinti gépfenntartás

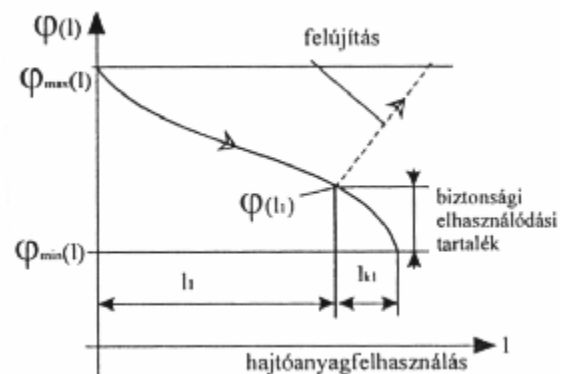
Az időtől függő ciklusrend előírásának az egyszerű tervezhetőség az előnye. A gépeknek, járműveknek azonban egy bizonyos időtartam alatt különböző lehet a kihasználása, ami eltérő meghibásodásokhoz, illetve műszaki állapothoz vezet.

A teljesítményarányos ciklusrend bevezetése az azonos műszaki állapot utáni javítást célozza. Ennek érdekében, ebben az esetben a gép, illetve a jármű üzemére leginkább jellemző és mérhető jellemzőt választanak. Járműveknél általában a futás km terjedt el. Mélni lehet azonban más teljesítményt vagy ezzel arányos jellemzőt is, mint pl. villamos berendezéseknél a kWh, belsőégésű motoroknál az üzemanyag fogyasztás stb. Mobil vagy stabil gépeknél az üzemóra szerinti ciklusrend terjedt el.

Sok helyen a teljesített üzemóra meghatározásának a gépnapló az alapja, amely nem ad hű képet a ténylegesen teljesített üzemóráról, mert a naplóba az üzemkézség időtartamát írják be. Jobb megoldás az, ha a gépre üzemóra számlálót szerelnek fel, amely a gép indításakor az áramkör bekapcsolásával vagy az indítókulcs elfordításával kezdi el a számlálást a gép leállításáig. Ez a megoldás sem ad arra nézve pontos információt, hogy a gép terhelés alatti üzemben vagy üresjáratban dolgozott, ezért hibás adatokat szolgáltat. Ezenkívül beszélhetünk az egyes részegységek rendkívül eltérő kihasználásáról és az ebből eredő valószínű különböző mértékű elhasználódásáról is.

A javítási ciklus meghatározásának alapját az elhasználódási tartalék nem teljes kihasználása képezi. A 6.10. ábrán a vízszintes tengelyen elvileg bármelyik mért paraméter lehet a felsoroltak közül, a függőleges tengelyen pedig az állapotváltozás szerepel. A példában a hajtóanyag felhasználás függvényében tüntetjük fel az állapotváltozást, bejelölve azt a $(\varphi(I_1))$ állapot szintet is, amelynél már a szükséges felújításokat el kell végezni, ha a váratlan meghibásodást el akarjuk kerülni.

Az (I_1) határérték meghatározása szinte csak gyakorlati tapasztalatok alapján lehetséges, amit kellően nagyszámú kísérlettel lehet csak igazolni.



6.10. ábra Állapotváltozás az elfogyasztott hajtóanyag függvényében

A különböző paraméterek szerinti szervezés főbb jellemzői:

- a) Ledolgozott üzemóra a legegyszerűbben mérhető paraméter. Jellegzetes alkalmazási területei azok a berendezések, amelyeknél az elhasználódás mértéke szinte csak az üzemben eltöltött idővel mérhető: mozgólépcsők, szállítószalagok, liftek, rakodógépek, útépítő gépek.
- b) Elfogyasztott hajtóanyag szerinti gépfenntartás abból indul ki, hogy növekvő fogyasztáshoz több munkavégzés tartozik és ennek megfelelően a gép terhelése is nagyobb, ami a rongálódás mértékét is meghatározza. Előnyösen alkalmazható: teherautóknál, traktoroknál, kompresszorok motorjainál, szivattyúk motorjainál, önjáró munkagépeknél (pl. kombájnok).

Összehasonlítva más gépfenntartási módszerekkel megállapítható, hogy a hajtóanyag fogyasztás alkalmazható a legkedvezőbben a javítási ciklus meghatározására.

- c) Lefutott kilométer szerinti gépfenntartás ütemezése előnyösen alkalmazható személygépkocsiknál, pótkocsiknál, vasúti kocsiknál, autóbuszoknál. A gyártóművek részletes előírásokat adnak arra vonatkozóan, hogy mely alkatrészeknél milyen műveleteket kell végrehajtani a lefutott kilométer függvényében. A karbantartási tevékenységre az utánállítások, illetve be szabályozások, továbbá a hibás alkatrészek cserével történő javítása a jellemző. Az előírás szerinti javításon való megjelenés elmulasztása sokszor a garanciális jogok elvesztésével jár.
- d) Megmozgatott anyagmennyiség szerinti gépfenntartás esetében az elvégzett munka képezi a gép igénybevételének jellemző mérőszámát. A végzett munka meghatározására elvileg kedvezően használható a tonnakilométer és az adott mélységben felszántott föld. Hátránya ennek a módszernek, hogy jelentős a terhelésingadozás, amely a rakomány változó súlyából, különböző útviszonyokból és az elkerülhetetlen üresmenetekből adódik.

A ciklusidők meghatározásának a felsorolt hiányosságokból eredő bizonytalanságát jelentősen lehet csökkenteni azáltal, hogy a ciklusidőkhöz közeledve műszeres ellenőrzést végzünk az állapotszint és a még javítás nélkül ledolgozható üzemórák megállapítása céljából.

7. A GÉPFENNTARTÁS GAZDASÁGOSSÁGA

7.1. A fenntartás gazdaságosságát, hatékonyságát meghatározó tényezők

A gépfenntartásban is, mint minden más termelési folyamatban, a legnehezebben a gazdaságossági és szervezési kérdések válaszolhatók meg. Mindkét esetben a fő problémát az jelenti, hogy ún. determinisztikus összefüggésekkel nem írhatók le ezek a folyamatok, s ennek következtében csak valószínűsíteni lehet az eredményeket. A folyamatok kezdete és vége között igen sok zavaró hatás léphet fel, ami a tervezett végeredményt jelentősen meg is változtathatja.

A gazdaságosság vonatkozásában bonyolítja még a helyzetet az a szinte egymással szemben álló magatartás is, amit a javítsunk, vagy ne javítsunk (azaz újat vegyünk) nézetek okoznak. Ezek a szemléletek annak ellenére léteznek, hogy egyszerű logikával mindenkor bebizonyítható, miszerint nagyon kevés az olyan gép, berendezés, amely ha meghibásodik, selejtezésre kerül a hiba kijavításának megkísérlése nélkül.

Az üzemfenntartás ökonómiai kérdéseinek elemzése során két egymástól alapjaiban eltérő tartalmi tevékenység és ezek költségvonzata különböztethető meg:

- a) egyrészt a meghibásodott gép, berendezés műszaki állapota milyen javítástechnológiai folyamat alkalmazásával állítható helyre, illetve milyen költségvonzattal,
- b) másrészt a szóban forgó gép, berendezés hogyan hasznosul a termelési folyamatban, azaz milyen költségek merülnek fel az adott feladat teljesítése – illetve termék előállítás – során, amit úgy is fogalmazhatnánk, hogy milyen ráfordításokkal vesz részt egy gép a termelési folyamatban.

A dolog természetéből adódóan az *a* pontban felsoroltak hatásaikban integrálódnak a *b* pontban említett ráfordításokban. A felvetett problémát rendszerszemléletileg célszerű elemezni, mivel sok elemből álló, bonyolult folyamattal vagy géppel állunk szemben, az elemek közötti kapcsolat determinisztikus törvényszerűségekkel általában nem írható le, és az időtényező jelentős szerepet játszik az elemek változása és a kimeneti eredmény vonatkozásában.

Összefoglalva megállapítható:

- a gazdaságos üzemfenntartás kritériuma – a gépkiesések okozta veszteségek korlátozó feltételek mellett – a ráfordítások minimalizálása;
- az üzemfenntartás költségei termelési költségek, ezért gazdaságossága a termelés gazdaságosságával együtt, annak részeként vizsgálható.

7.1.1. A karbantartás költségei

A karbantartási ráfordítások pénzben kifejezett összegei képezik a karbantartási költségeket. A keletkezési hely szempontjából érvényes összefüggés:

$$K_i = K_E + K_B + K_K,$$

- ahol
- K_i a karbantartás teljes költsége;
 - K_E a kezelőszemélyzet által szolgáltatott karbantartási munkák költségei az üzemeltetés folyamán;
 - K_B a saját üzem által végzett, a karbantartandó berendezésekre fordított karbantartási munkák költségei;
 - K_K más üzemekkel kooperációban végzett karbantartási munkák.

A karbantartási intézkedések fajtájának nézőpontjából:

$$K_i = K_p + K_v + K_R,$$

- ahol K_p az ápolás és leállítás (esetleg a várakozás) költségei;
 K_v a megelőző karbantartási intézkedések költségei, beleértve a felülvizsgálatokat is;
 K_R a hirtelen kiesésnél előálló javítási költségek.

Alapköltségek szerint csoportosítva:

$$K_i = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n K_{Gij} + K_{LGij} + K_{GMij} + K_{MGij},$$

- ahol j az m gépfajta folyó indexe;
 i az n karbantartási szerv folyó indexe;
 K_{GL} bérköltségek (közvetlenül a tárgyra számlázható munkabér összege);
 K_{LG} a bérre eső általános (rezsi-) költségek (nem közvetlenül a tárgyra számlázható költségek, pl. az irányítás, a vezetés, a műhelyfelszerelés leírása, energia stb. költségei);
 K_{GM} anyagköltségek (közvetlenül a tárgyra számlázható anyagérték);
 K_{MG} anyagra eső általános költségek (a tárgyra nem közvetlenül számlázható anyag, pl. szabványos alkatrészek, elektródák stb.).

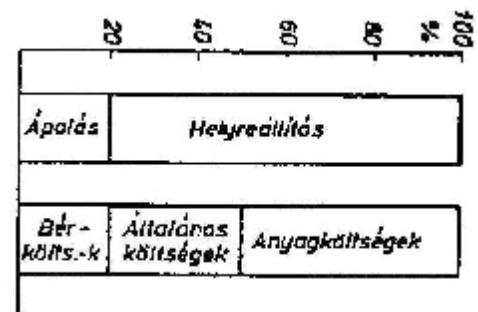
A karbantartási költségek – mely a gépköltségeknek mintegy 20...40%-a – abszolút nagysága nem mindig kifejező. A nagy szóródás okai az erősen változatos üzemi feltételek, a karbantartás különböző fejlettségi szintje, a különböző gépesítési fok, a géppark különböző struktúrája stb. (7.1. ábra).

A karbantartási költségek alakulása (7.2. ábra) függ a műszaki munkaeszköz életkorától az optimális fenntartási stratégiától, valamint sok más, a gyakorlatban előforduló döntő kérdéstől:

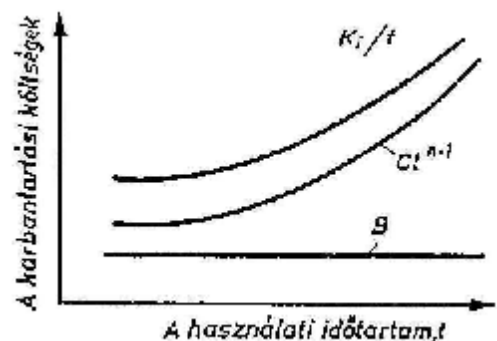
$$K_i = Bt + Ct^n$$

- ahol K_i a karbantartási költségek;
 Bt a használati tartammal arányos ráfordítások, pl. a megelőzésre (ápolás, felülvizsgálat stb.);
 Ct^n a használati tartammal növekvő költségek főleg a helyreállításoknál (javításoknál);
 t a munkaeszköz használati időtartama;
 n exponenciális kitevő, amely a károsodási magatartástól és a karbantartástól függ.

A karbantartási költségek tehát egy állandó és egy, a használatától függő hányadból tevődnek össze.



7.1. ábra. A karbantartási költségek szerkezete



7.2. ábra. A karbantartási költségek alakulása az alkatrészek használati időtartama folyamán

7.1.2. A kiesési veszteségek

A kiesési veszteségen valamely műszaki munkaeszköz karbantartás miatti állásideje alatti veszteségeket, a járulékos ráfordításokat vagy kieső bevételeket értjük. A kiesési veszteség meghatározása bonyolult feladat.

Gyártáskor a karbantartáshoz szükséges állásidők miatt a következő területeken jelentkeznek kiesési veszteségek:

- a gyártási folyamaton belüli gépláncolatban, ha egy lánc tag kiesik, és az utána következő gépek ezáltal állásra kényszerülnek (primer szféra);
- a bevételek kiesése, ha a karbantartáshoz szükséges állásidőben, pl. a szállítási idők nem tarthatók be vagy kémiai és biológiai folyamatoknál termelési veszteségek (károk) keletkeznek (szekundér szféra).

A kiesési veszteségek a szekunder szférában jelenleg az egyes befolyásoló tényezők működésére vonatkozó – a nem elegendő ismereteink folytán – gyakran nem deríthetők ki. Ezért többnyire csak a primer szférában keletkező kiesési veszteség kísérhető figyelemmel, noha ezek a szekunder szférában nagyobbak is lehetnek, mint a primer szférában. Meghatározására a következő megoldások használhatók.

Tételezzük fel, hogy egy munkaeszkőzzel elvégzendő munkák időben nem halaszthatók el. Ezért a munkaeszköz kiesésekor szükséges munkákat a készenlétben álló tartalék munkaeszkőzzel kell végrehajtani. A kiesés költségei tehát a tartalékgép üzembeállításakor kiesési óránként mintegy:

$$K_{A1} = \frac{B + V + J_i}{nT(1 - \bar{A})}$$

ahol	B	a tartalék gép évi leírási költsége;
	V	a tartalék gép évi biztosítási, elhelyezési stb. költsége;
	J_i	a tartalék gép évi karbantartási költsége;
	n	a gépek száma, amelyek részére a tartalék gép készenlétben áll;
	T	a főgép évi üzemóráinak száma;
	\bar{A}	a főgép közepes rendelkezésre állása (készenléte).

Másfelől időben eltolható (halasztható) munkák is vannak, úgyhogy a kiesési veszteségek a nem üzemelő gépnél a munkával nem fedezett amortizáció és a biztosítási, elhelyezési stb. ráfordítások miatt keletkező költségekből üzemóránként:

$$K_{A2} = B_h + V_h + K_L,$$

ahol	B_h	a leírás (tervezett) üzemóránként;
	V_h	biztosítási, elhelyezési és egyéb költségek (tervezett érték);
	K_L	a gép kezelőjének munkabéreköltsége a kiesés alatti órákra.

A tényleges kiesési veszteség e két érték között helyezkedik el.

7.2. A gépek üzemi viselkedésének célfüggvénye

Abból az alapkövetelményből, hogy a gyártást minimális gazdasági ráfordítással végezzük, levezethető a gép üzemi viselkedésének a célfüggvénye a karbantartás problémáit is figyelembe véve.

A tervezésre, a gyártásra, az üzemeltetésre és a karbantartásra fordított, a teljesítmény egységére (a gép használati időtartamára vagy a teljesített munkamennyiségre) vonatkoztatott költségek

használati időtartamra összegezett mennyiségénél – azok jelentkezési helyétől és időpontjától függetlenül – a minimumra kell törekedni.

Ez a célfüggvény, amely gyakran sztochasztikus és egymással ellentétesen működő sokféle befolyásból ered. Ezért nem elegendő csak a három terület egyikénél a felhasználás minimumára törekedni, hanem valamennyi gazdasági területet figyelembe kell venni.

A gép üzemi viselkedésének célfüggvénye egyszerűsítve így írható le:

$$\sum_{t=0}^{t_K} (K_{H(K,S,D)} + K_{E(B,O)} + K_{I(K,S,O)}) = K_{\text{össz}} \rightarrow \text{minimum},$$

ahol $K_{H(K,S,D)}$ a H gyártási költségek, a K károsodási viszonyoktól, az S sorozatnagyságtól és a D tervezett élettartamtól függenek;

$K_{E(B,O)}$ az E üzemi költség többek között a B használati feltételektől és az O üzemi szervezettől függ;

$K_{I(K,S,O)}$ a karbantartási költségek, amelyek többek között a konstrukciótól és a K károsodási viselkedéstől, az S sorozatnagyságtól és az üzemeltetés, valamint a karbantartás szervezésétől (az O üzemi szervezettől) függenek;

t az üzemeltetés időtartama;

t_K a tervezett élettartam.

A célfüggvény nagyszámú, bonyolult és részben fel nem tárt problémát foglal magába. A folyamatra ható tényezők sokrétűsége lehetetlenné teszi, hogy csak a legfontosabbat vegyük figyelembe, amikor a célfüggvényt felállítjuk. A legkedvezőbb karbantartási intézkedések megválasztása optimálási feladat.

Egy berendezés – ami termelésre szolgál – folyamatos üzemeltetését a karbantartásnak kell biztosítani. Ezt a feladatot csak úgy lehet ellátni, ha a berendezés szerkezetét, működését, az előforduló meghibásodásokat, elhasználódási formákat stb. a karbantartók ismerik és elhárításukra, illetve az elhasználódott elemek felújítására vagy pótlására képesek.

7.3. A karbantartás és a használati érték

Az üzemfenntartó szervezet jó működése előfeltétele a gépesített termelésnek, mivel a gépi berendezések műszaki állapota és megbízhatósága a konstrukciós kialakítástól és az üzemfenntartó munkák szintjétől függ. A 7.3. ábra a gépek használati értékének változását szemlélteti az üzemeltetési idő függvényében jól végzett és elhanyagolt üzemfenntartó munka esetén.

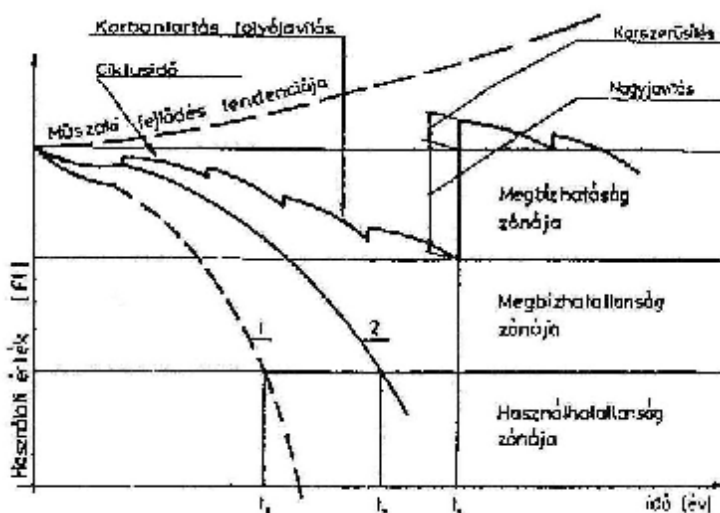
A használati érték a műszaki állapottól függően három zónába sorolható. Ezek a kívánt megbízhatóság, a megbízhatatlanság és a használhatatlanság zónái. Ha az üzemfenntartó munkákat elhanyagoljuk, egy rossz konstrukció (1) t_1 időpontban, egy jobb konstrukció (2) t_2 időpontban válik használhatatlanná.

Megfelelő ciklusban végzett karbantartással és folyójavítással a gép műszaki állapota viszonylag hosszú ideig a megbízhatóság zónájában tartható. Ha megelőző jellegű az üzemfenntartás, a gépet nem üzemeltethetjük a megbízhatatlanság zónájában, ezért t_3 időpontban nagyjavításnak vetjük alá, amely a használati értéket az új állapothoz közelíti. Ezen túlmenően, ha a nagyjavítás során a korszerűsítés lehetősége is fennáll, és ezt végrehajtjuk, a gép használati értéke nagyobb lesz, mint új korában volt.

A korszerű nagytermelékenyséű, nagyértékű gépek, berendezések, járművek fokozódó funkcionális összetettsége, bonyolultsága általában a hibalehetőségek növekedésével jár együtt. Az a he-

lyes üzemfenntartási stratégia, ha a gépparkot a termelésben betöltött szerep szerint különböző csoportokba soroljuk. Ezek a következők:

- kulcsfontosságú gépek, járművek és berendezések, amelyeknek a kiesése a termelést leállítja;
- jelentős szerepű gépek, járművek és berendezések, amelyeknek a kiesése nem veszélyezteti a termelés folyamatosságát, de tetemes anyagi veszteségeket okoznak;
- átlagos szerepű gépek, járművek és berendezések;
- alárendelt szerepű gépek, járművek és berendezések.



7.3. ábra. A gépek használati értékének változása jól szervezett és elhanyagolt üzemfenntartás esetén

Az első két csoportba sorolt termelőeszközöket megelőző jelleggel kell fenntartani, ha azt akarjuk, hogy az üzemképtelen állapot ne következzen be. A meghibásodásból adódó állásidők jelentős termelőkiesést okoznak és ezzel komoly veszteségeket idéznek elő. Ezért döntő a fenntartás gazdaságosságának szem előtt tartása, amelyet a következő tényezők befolyásolnak:

- a konstrukció,
- az üzem- és munkaszervezés,
- a személyi és tárgyi feltételek.

7.4. A konstrukció hatása

A fenntartás problémája már a konstrukció kialakításakor elkezdődik. Az üzemeltetési és fenntartási tapasztalatokat már a gépek, berendezések stb. tervezésekor célszerű figyelembe venni.

A tervezéskor ügyelni kell arra, hogy a gépek, berendezések ne csak a funkciójuk maradéktalan elsajátítását szolgálják jó hatásfokkal, hanem alkalmasak legyenek karbantartásra és javításra is, a fenntartásukra szükséges ráfordítás pedig minimális legyen. Ennek érdekében biztosítani kell a könnyű szerelhetőséget. Előfeltétele a fődarabok csereszabotossága, egységesítése, szabványosítása. Az adott gépen, fődarabon belül az alkatrészek, illetve gépelemek típusainak számát tudatosan csökkenteni kell.

A javíthatóság fogalmához tartoznak olyan szempontok is, hogy a munkásnak a javítási művelet kényelmes testhelyzetben való elvégzéséhez van-e elegendő helye, elég-e a hely a csavarkulcs elforgatásához, mekkora súlyokat kell emelnie, vagy mekkora erőt kell kifejtenie a javítás során. A karbantartási munkák maradéktalan elvégzése érdekében a kenésre szoruló alkatrészek kenőberendezései, az ellenőrzést igénylő helyek könnyen hozzáférhetőek legyenek.

A fenntartás gazdaságosságát meghatározza a beépített alkatrészek élettartama is. Törekedni kell arra, hogy részegységen belül a mechanikai hatásnak kitett alkatrészek lehetőleg egyszerre használódjanak el, és ne legyen szükség a gyakori leállításra, szétszerelésre és részleges alkatrészcsere-rekre.

A minőséggel kapcsolatos követelményeket ugyancsak már a tervezés során rögzíteni kell. Fontos, hogy ezek a gyártás, üzemeltetés és javítás gazdaságossági szempontjainak feleljenek meg. A túlzott követelmények a gyártási költségeket növelik.

A konstruktőrnek számításba kell vennie az üzemeltetés körülményeit is, hogy az adott berendezés milyen környezetben működik majd és ez hogyan befolyásolja az élettartamot. Figyelembe kell venni a kezelő személyzet hatását is, azok képzettségét.

Az üzemeltetés gazdaságosságának fontos eleme a felhasznált energia. Ma már nem elhanyagolható ezeknek a környezet-szennyező hatása sem.

A fentiekben ismertetett konstrukciós szempontokat a megrendeléskor, a gépek kiválasztásakor lehetőleg maradéktalanul érvényesíteni kell ahhoz, hogy az üzemeltetés és fenntartás gazdaságosságát biztosítani, és ezzel a vállalati eredményességet növelni lehessen.

7.5. Üzem- és munkaszervezés

A javítóiparban az elvégzendő munka jellegének megfelelően – az állandó technológiai fejlesztés ellenére is – nagy az élőmunka aránya. Ezért a gazdaságos javítás egyik feltétele a jól szervezett, optimális kapacitáskihasználást eredményező javítási folyamat. A megfelelő folyamat kialakításakor figyelembe kell venni a javítandó gépek, járművek típusainak számát és az egy-egy típuson belüli mennyiségét. Ennek függvényében kell eldönteni, hogy alkalmazzuk-e a szakosított javítást, illetve melyik javítási módszer és javítási rendszer a legkedvezőbb.

A javítás szervezettebbé tételét nehezíti az előzőekben említett sokféle típusból adódó kis tömegszerűség, amellyel még jó ideig számolni kell.

Jelenleg gyakori, hogy az üzemeltetők saját maguk javítják gépeiket. Előnyeik szerintük a következők:

- a külső vállalattal végeztetett javítás költsége nagyobb,
- az átfutási idő hosszabb, következésképpen zavartalan munkához nagyobb eszközkötés szükséges,
- olyan szakemberek végzik a javítást, akik ismerik a vállalat célját, érdekeltek a vállalat eredményes működésében, rendkívüli esetekben a gyors hibaelhárítás érdekében is könnyen elérhetők.

Hátrányai ennek a gyakorlatnak az alábbiak:

- a vállalaton belüli géppark rendkívül heterogén lehet, ebből eredően többféle típus javításával kell foglalkozniuk, egy-egy típusból évente csak néhány darabot javítanak,
- a dolgozók egy-egy típus jellegzetes hibáit kevésbé ismerhetik meg és az ilyen hibák elhárításában, kijavításában nem lehet olyan gyakorlatuk, mint azoknak, akik állandóan csak egy típusú gépet javítanak,
- nem biztosítható a megfelelő termelékenység,
- nincs lehetőség a korszerű, gépipari technológiák bevezetésére,
- nagyobb mennyiségű tartalék alkatrészt igényel.

Közel azonos szerkezetű gépek előre meghatározott rendszer szerint végzett javítási munkáinak koncentrációja a tömegszerűséget növeli. Ezért célszerű a hasonló gépek javítását egy-egy vállalatnál elvégeztetni. Ez az ún. szakosított javítás lehetővé teszi korszerűbb, nagyobb termelékenységet biztosító technológiák bevezetését, speciális berendezések, gépek, szerszámok, ellenőrző- és mérőműszerek gazdaságos alkalmazását. A szakosítással együtt járó begyakorlottság a termelékenység növelése mellett a végzett munka minőségének javítását is biztosítja.

Az így megszerzett nagyobb mennyiségű, közel azonos javítási feladat esetére érdemes részletes technológiákat kidolgozni és az azzal járó műszaki normát bevezetni.

A fenti előnyök a ráfordított munka és a költségek csökkentését eredményezik. A szakosított javítást különösen a nagyobb bonyolultságú gépeknél célszerű alkalmazni.

A nagy tömegben előforduló alkatrészek, fődarabok gazdaságos javítása központosított formában oldható meg. Ezeknek a javítását országosan egy-két üzemben célszerű megszervezni, ahol megvan a lehetőség a legkorszerűbb technológiai eljárások bevezetésére. A javítás technológiai folyamatának kialakítása függ az üzem adottságától, valamint az adott helyen javítandó azonos típusú gépek, járművek mennyiségétől.

A tömegszerű javítás érdekében a több iparágban is előforduló alkatrészek, fődarabok javítását, felújítását célszerű az egyes ágazatok között egyeztetni.

A célszerűen megválasztott javítási módszer is kedvezően befolyásolja a javítás gazdaságosságát.

7.6. A fenntartás személyi és tárgyi feltételei

A fenntartás személyi feltétele alatt a megfelelő szakképzettséggel rendelkező dolgozókat és vezetőket értjük. Különösen jelentős szempont ez a javítóiparban, ahol a fenntartási munkák csak kismértékben gépesíthetők. A viszonylag sok géptípus miatt a javítási munkák kellőképpen nem szakosíthatók. Ez, valamint az új, korszerű és egyre bonyolultabb gépek javítása magas szintű, sokoldalú szakismeretet (konstrukciós, technológiai és szervezési) igényelnek.

A gépkezelők elsőrendű feladata a gépek üzemeltetése, valamint azok ápolása. Így az ő képzettségük is döntő abban, hogy milyen lesz a gépek állapota. A szakszerű kezelés és a gép lelkiismeretes ápolása nagymértékben járul hozzá a gép problémamentes üzemeltetéséhez.

Egy-egy vállalat esetében a termelési, szállítási követelmények miatt ezekhez a folyamatokhoz szükségszerűen többféle géptípust kell üzemeltetni. Tapasztalható azonban, hogy egy gyár által gyártott gépek típusai és alaptípusai között általában azonos vagy hasonló szerkezeti megoldások találhatók. Ezért elkerülendő, hogy azonos feladatra, több gyártó cégtől szerezzenek be azonos paraméterű gépet.

A tárgyi feltételek megteremtése a megfelelő munkakörülmények (létesítmények), a karbantartáshoz szükséges szerszámok, korszerű gépek, berendezések, diagnosztikai eszközök, anyagok, alkatrészek biztosítását jelenti. A megkívánt korszerű feltételek kielégítésének azonban gyakran határt szab a technológiai berendezések, gépek kihasználhatóságának mértéke.

7.7. Ellentétes hatások, többcélúság, optimálás

A tervezésnek, a gyártásnak, a gépfenntartásnak, a termelésnek aligha vannak olyan elemei, ahol ne lehetne felfedezni az ellentétes hatásokat, a többcélúságot és az optimálás jeleit. Optimálásra olyan folyamatok, eredmények vonatkozásában gondolhatunk, amikor legalább kettő vagy több megoldása lehet az adott feladatnak. Ilyen jellegűek az alábbi fejezetekben leírt feladatok.

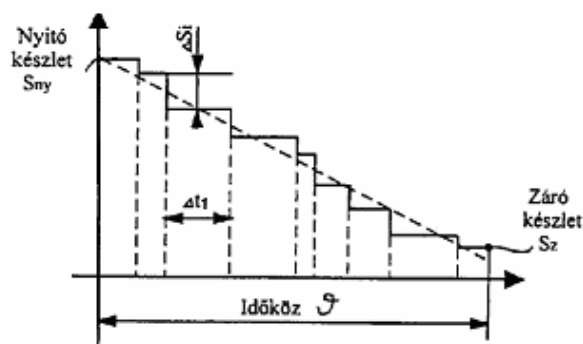
7.7.1. Optimális készlet nagyság

A tartalékolás a gépek és gépiüzemvitel műszaki megbízhatóságának egyik alapvető eljárása, amivel – legalábbis elvben – a gépek megbízhatóságának korlátlan növelésére nyílik lehetőség. Ennek természetesen határt szab az a tény, hogy a gépiüzemvitel minél biztonságosabbá tétele, a termelőkiesési költségek csökkentése a tartalék gépek számának növelését, a tartalék gépek beszerzési és fenntartási ára pedig a tartalékok csökkentését indokolják. Az optimális tartalék nyilvánvalóan az ebből fakadó két szélsőség (végtelen sok tartalék, nulla tartalék) között keresendő.

A készletezés jelentősége abban áll, hogy a különböző üzemviteli tevékenységek kényszerszünetei megszüntethetők, illetve valamilyen optimális szinten tarthatók. A készletezés alapproblémájává válójában mindenkor az, hogy miből mennyit és hol tartalékoljunk.

Mivel a készletezés költséget is jelent, így elsősorban a pénzügyi határai, mint korlátozó feltétel kell, hogy figyelembevételre kerüljön. Egyéb korlátozó feltételek lehetnek még pl. a különböző termékek közötti kölcsönös összefüggés, vagy a súly, vagy a műveleti időtartam.

A készletek nagyságának megállapításához tehát, minden esetben célszerű megadni egy optimálandó gazdasági függvényt. Ez célszerűen az összköltség várható értéke, ha a szükséglet véletlenszerű (a problémát a 7.4. ábra mutatja).



7.4. ábra. Készletváltozás az idő függvényében

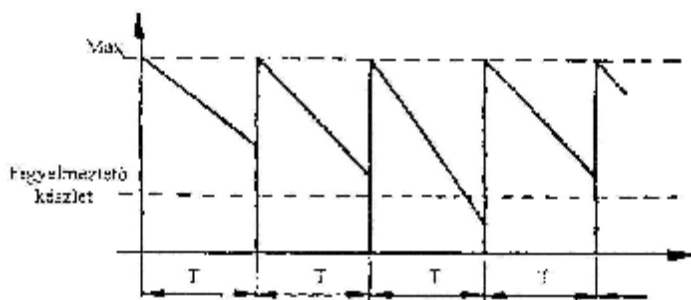
A $t=0$ időpontban a nyitó készlet (S_{ny}), $t=v$ időpontban a záró készlet (S_z) került feltüntetésre. Mivel a szükséglet véletlenszerű, ezért a különböző Δt_i szakaszokhoz különböző fogyaték (ΔS_i) tartozik. A szakaszok helyettesíthetők egy folytonos ferde egyenessel, ami elhanyagolást jelent, de ugyanakkor bizonyos számítási lehetőséget biztosít.

Feltételezve, hogy a megrendelés feladása és az áru beérkezése közötti idő zérus, a készletgazdálkodásnak két alapvető módszerét különböztetjük meg:

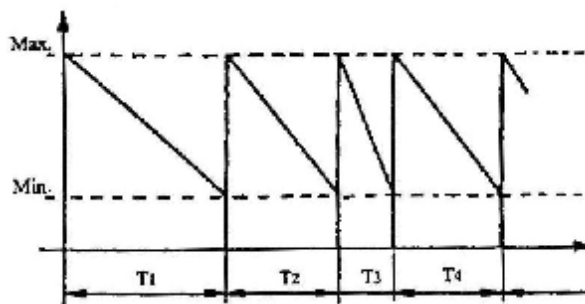
- periodikus módszer (7.5. ábra),
- csillapításos módszer (7.6. ábra).

A periodikus módszerre jellemző, hogy előre megállapítunk egy T időintervallumot, amelynek végén rendszeresen sor kerül a készletek pótlására. Hátránya, hogy előfordulhat a készletek kifogyása, előnye viszont az, hogy automatikus.

A csillapításos módszerre jellemző, hogy a készletpótlás konstans, ezzel szemben az időintervallum (T_i) változó. Készletkifogyási kockázat nincs, de nehezebb a rendszert működtetni.



7.5. ábra. Periodikus módszer



7.6. ábra. Csillapításos módszer

A gazdaságos mennyiség (tétel nagyság) meghatározásához tételezzük fel, hogy az igény N darabszám egy ν időintervallumra, továbbá egy tétel (mely áll n darabból) beszerzési költsége C_n , és egy darab egy napra jutó raktározási költsége C_r .

A ν időintervallumra eső összköltség ($K_{\bar{o}}$) összetevődik a beszerzési költségből (K_n) és a raktározási költségből (K_r):

$$K_{\bar{o}} = K_n + K_r = C_n \frac{N}{n} + C_r \frac{nT}{2} \frac{N}{n}$$

hasonlóságok alapján a költségfüggvény a következő alakban írható:

$$K_{\bar{o}} = C_n \frac{N}{n} + C_r \frac{nu}{2}$$

A költségfüggvény szélsőértékét meghatározva, kapjuk a gazdaságos sorozatnagyságot

$$n = \sqrt{\frac{C_n N}{C_r u}}$$

7.7.2. Optimális javítási körzethatár

A szolgáltatás területi terjedelmének meghatározása abból a megfontolásból vezethető le, hogy a darabszám növekedésével csökkenő költségekkel számolhatunk, de ugyanakkor növekednek a szállítási költségek. Alapvetően tehát a körzethatárt és a vállalati kapacitást kell összhangba hozni.

A nagyobb darabszám valójában az alábbi következményeket vonhatja maga után:

- növekszik a vállalat termelékenységé,
- a munkamegosztás révén növelhető a szolgáltatás minősége,
- a jobb szervezési lehetőségek révén csökkenthetők a holtidők,
- készletek csökkenése révén kedvezőbbek a raktározási költségek,
- a darabszám növelése, adott területi gépsűrűség esetén csak a körzethatár kiterjesztésével növelhető, ami a szállítási költségek növekedésével jár.

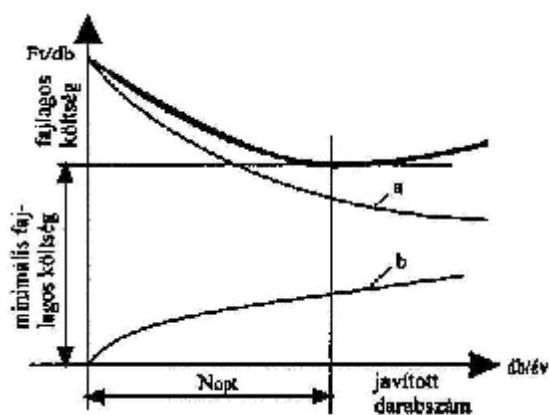
Ha kör alakú körzetet tételezünk fel, a javításra esedékes darabszám:

$$N = r^2 \pi d K \text{ (db/év),}$$

ahol r a javítóüzem körzetének sugara (km);
 d gépsűrűség (db/km²);
 K gyakorisági tényező (1/év);

A szállítási költségek alakulását befolyásolja a gépsűrűség, a szállítás távolsága, a javítandó gép, fődarab vagy alkatrész tömege és terjedelme, a szállítóeszközök kihasználása, a szállítás és raktározás szervezése. Azonos gépek szállítási költsége növekvő darabszám esetén kedvezőbb.

A 7.7. ábra az egy darabra eső javítási (a) és szállítási (b) költségek elvi diagramjait ábrázolja, az évente javított darabszám függvényében. A két görbe értékeit összeadva az összköltség alakulását szemléltethetjük.



7.7. ábra. Költségek a darabszám függvényében

Az optimális darabszám annál több lehet, minél nagyobb a gépsűrűség a körzetben. A gazdaságosság érdekében a javítóüzem körzethatárát úgy kell meghatározni, hogy a darabszám függvényében a javítási költségek, a távolság függvényében az összes javítási költség összege a lehető legkisebb legyen, illetve az optimális darabszám begyűjthető legyen.

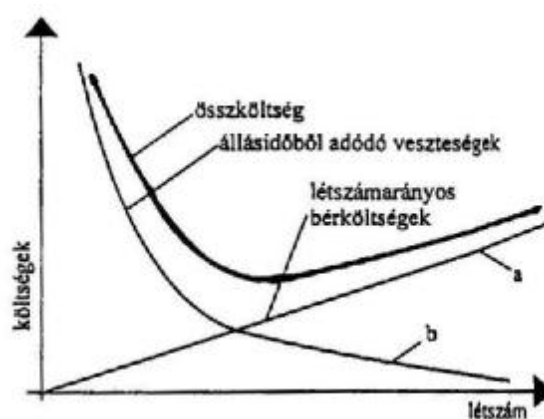
7.7.3. Optimális szakemberszükséglet

A gépfenntartással foglalkozó szakemberszükséglet meghatározása azokban az esetekben okoz nehézséget, amikor a termelésben dolgozó gépek hibaelhárító, illetve hibamegelőző javítási (karbantartási) feladataira kell biztosítani a szükséges létszámot. Az esetek többségében tapasztalatra alapozva alakítják ki a karbantartó brigádokat, és így örökös vita folyik arról, hogy sok-e vagy kevés a javítással foglalkozók létszáma. Ha ugyanis kevés a létszám, akkor a meghibásodott gép állásidőből származó vesztesége nagy lehet, esetleg nagyságrendekkel nagyobb, mint egy vagy két karbantartó bére.

A meghibásodott gép kétféle veszteséget jelent a vállalat számára:

- az egyik a helyreállítási (javítási) költség,
- a másik pedig a gép állásidejére eső termelési veszteség, melyet ugyancsak költségként kezelhetünk.

Mindkét költség ténylegesen függ a karbantartók létszámától (7.8. ábra). A két görbe eredőjének minimuma adja az optimális létszámot. Ez a módszer ott alkalmazható sikeresen, ahol megfelelő pontossággal meghatározhatók a veszteségek és azok forintosíthatók.



7.8. ábra. Veszteségek és bérköltségek alakulása

Amennyiben az optimumot meghatározzuk mind speciális szakosodású, mind univerzális képesítésű szakmunkásokra, akkor meghatározható az optimumok összehasonlítása révén, hogy melyik megoldás adja a kevesebb karbantartási összköltséget. Gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy az univerzálisan képzett karbantartók esetében kedvezőbb az összköltség. Ez azzal magyarázható, hogy az állásidők ebben az esetben jelentősen csökkennek a hibaelhárítási, illetve karbantartási műveletek gyorsabb elvégzése következtében.

7.7.4. Selejtezés, pótlás, optimális gépelettartam

A gépüzem-fenntartás alapvető kérdése, hogy a meghibásodott alkatrészt, részegységet, gépet hibafelvételéskor javítsuk-e vagy selejtezünk.

A mérlegelés általános szempontjai a következők:

- az élet- és vagyonszükségleti előírásokat figyelembe véve, a javítható vagy nem javítható alkatrészek csoportjába tartozik-e a vizsgált alkatrész,
- technológiailag javítható-e az alkatrész,
- beszerezhető-e selejtezés esetén az új alkatrész,
- a gép vagy a berendezés (amely a hiba miatt nem működik) állásidejéből adódó veszteség milyen mértékű,
- gazdaságos-e a javítás vagy sem?

A főbb kérdések a következő formában válaszolhatók meg.

A döntés teljesen egyértelmű az élet- és vagyónbiztonsági kategóriába tartozó alkatrészeknél, mivel itt kötelező a selejtezés és az új alkatrész beépítése a régi helyére.

A technológiailag javítható alkatrész esetében, ha kiválasztásra került műszaki és gazdaságossági szempontok figyelembevételével a megfelelő felújítás-technológia, általában elsődlegesen a felújítási költséget (F) és az új alkatrész beszerzési árát (B) hasonlítják össze. Amennyiben a felújítási költség kisebb, mint az új alkatrész beszerzési ára, akkor elvileg ez a gazdaságosabb megoldás. A gyakorlatban az alakult ki, hogy ha a felújítási költség 50-75%-a az új alkatrész beszerzési árának, akkor a felújítás mellett döntenek, magasabb érték esetén az új alkatrész beszerzését részesítik előnyben. Ahhoz azonban, hogy ez a döntés kellően megnyugtató legyen, szükséges még a mindkét alkatrészhez tartozó élettartamokat is összehasonlítani, mert egy árban igen kedvező felújított alkatrész élettartama (t_F) lehet jelentősen kisebb is, mint az új alkatrészé (t_H), ami már nagyon kedvezőtlen lehet a rövid élettartam okozta gyakori leállások és a sok szerelést igénylő munkák miatt.

Célszerű továbbá a költségek és az élettartamok hányadosait is meghatározni (mivel a fajlagos költségmutatók a ráfordítások hatékonyságát adják meg), ami a fajlagos üzemórára eső költséget mutatja, azaz

$$\frac{F}{t_F} \Leftrightarrow \frac{B}{t_B}$$

Adott alkatrész esetében elfogadható döntés hozható mind műszakilag, mind pedig gazdaságossági vonatkozásban. Mivel bonyolult, sok alkatrészből álló gép esetében ez a módszer nem alkalmazható, számos kísérlet történt arra vonatkozólag, hogy milyen megoldásokkal lehetne gépek esetében meghatározni a selejtezés időpontját.

Bode-féle modell. Függvénykapcsolatot állít fel a fenntartási költségek és az amortizáció vonatkozásában, amelynek alapján optimum számítást végez.

Kaufmann-féle modell. A berendezésre felállított modell költségfüggvénye alapján minimalizálja a ráfordítási költségeket a használati időtartamra. A ráfordítások optima ott van, ahol az átlagos éves használathoz tartozó fajlagos költségfüggvény minimumot ér el.

Rámutat arra, hogy bizonyos feltételek mellett elvileg a végtelen élettartamig való üzemelés a gazdaságos, más feltételek esetén pedig közömbös a pótlási idő, mivel a fajlagos költség konstans.

Szelivanov-féle modell. Általános jellegű pótlási modellt állít fel az összköltségek (K) vizsgálata alapján. Valamely berendezés élettartama során felmerülő összköltségre a következő összefüggést adja meg:

$$K = A + Bt + Ct^n$$

ahol

A	az egyszeri ráfordításokból adódó költségek,
B t	az élettartammal arányos költségek,
C t ⁿ	járolékos költségek,
t	élettartam (mérhető üzemórában, megtett úthosszban stb.),
n	konstans, ami függ a károsodástól és karbantartás szervezésétől.

A vizsgált berendezés optimális élettartama a fajlagos függvény minimumánál van:

$$t_{opt} = \sqrt[n]{\frac{A}{(n-1)C}}$$

Nagy n értéknél a minimum egyértelműen meghatározható, $n \sim 1$ -nél a minimum $t = \infty$ -nél van.

Az említett modellek teoretikusan, elegánsan kezelhetők, az optimumok expliciten is kifejezhetők. Az optimális élettartam meghatározásától azonban még igen távol vagyunk, mivel a konstansok meghatározására általában csak annyi információ áll rendelkezésre, hogy azok bizonyos peremfeltételekből meghatározhatók. Ebből már magyarázható is az a tény, hogy a gyakorlati életben való alkalmazhatóságuk a potenciális lehetőséget nem lépi túl, és a vállalatok az általánosan elfogadott, valamilyen amortizációs kulcs alapján határozzák meg az üzemeltetés idejét. Az ilyen vagy ehhez hasonló selejtezési politika mindenkor azzal a következménnyel jár, hogy a gép még gazdaságosan tovább üzemeltethető lett volna, vagy már korábban – a nagymértékű éves kihasználás miatt – elérte azt az elhasználódási szintet, amikor további üzemeltetése a jelentős javítási költségek miatt nem gazdaságos.

Janik-féle modell. A modell felépítése abból az alapelvből indul ki, hogy egy gép által előállított termék vagy elvégzett munka ráfordítási tényezői között a fenntartási költség csak egy elem, még ha jelentős is a hatása az optimalásra, és a gépfenntartás az előállított termékben (termékekben) hasznosul.

A vállalat, mint relatíve zárt rendszer fogható fel. Ennek megfelelően a gépfenntartás a vállalati tevékenységeknek csak egy részét alkotja, és annak alrendszerét képezi. A rendszer a bemenetek (munkaerő, anyagok, energiák, információk, valamint zavaró hatások) hatására megváltoztatja állapotát, mely változás eredményeképpen a keletkezett anyagok, termékek, energiák vagy bennmaradnak a rendszerben, vagy kimenetek formájában elhagyják a rendszert, azaz kilépnek a környezetbe.

A vállalat matematikai modelljének leírásaként alapnak a környezet és rendszer közötti input és output elemek áramlását tekinti. A rendszer működésének energiaáramlás szempontjából történő jellemzése az állapotváltozókra vonatkozó mérlegegyenletekkel adható meg.

A rendszerben végbemenő folyamatok célszerű megváltoztatásához szükséges az ún. szabályozási mérlegegyenletek felírása is. A vállalat szabályozási mérlegegyenlete célszerűen a rendszer forrásai (létrejött javak) és nyelői (ráfordítások) különbségeként létrejött pénzügyi eredmény.

Egy vállalat nyereségének maximalizálásához a gépüzem-fenntartás úgy járulhat hozzá, hogy adott peremfeltételek mellett minimalizálja a ráfordításokat.

7.7.5. Optimális minőség

A gépek, eszközök, berendezések minőségének és megbízhatóságának mind a piaci pozíciók biztosítása, mind pedig a termelés biztonsága szempontjából alapvető, meghatározó szerepe van. Ennek oka (a szinte egyértelműen megfigyelhető tendencia), hogy a gépek iránt egyre újabb és magasabb szintű minőségi követelmények fogalmazódnak meg. Így például:

- a gépek élettartama és megbízhatósága;
- az automatizáltság, különös tekintettel a munkaminőség ellenőrzésére;
- a fenntarthatóság (karbantarthatóság, javíthatóság, tárolhatóság);
- az energiatakarékos és környezetkímélő működés;
- a fajlagos tömeg, térfogat csökkenése stb.

A minőségbiztosítás alapvetően kétféle szemlélet szerint érvényesült és érvényesül még napjainkban is. Az egyik, az úgynevezett európai koncepció, amelyre az jellemző, hogy nagy apparátussal dolgozó garanciális és javítószolgáltatás útján teremtik meg a "gyengébb minőségű beren-

dezések" üzemképességét, versenyképességét. Ez a vállalati filozófia esetleg olcsóbb termék-előállítás, de költségesebb termék utógondozást kíván.

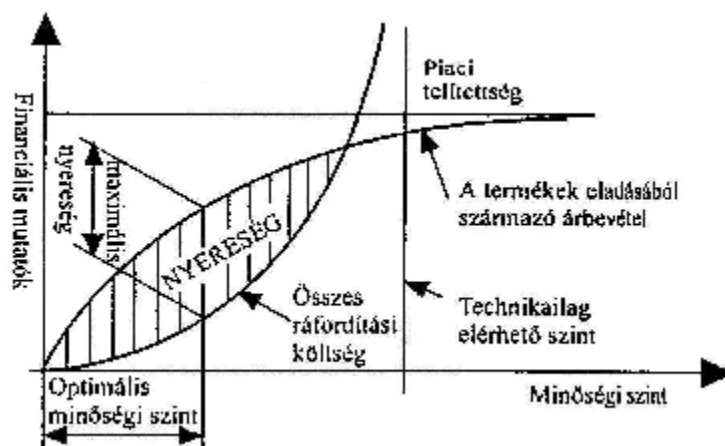
A másik, az úgynevezett japán koncepció, amely szerint az a feladat, hogy a termék előállítása során biztosítsák a versenyképes minőséget – bizonyos többletráfordítások révén – hatékony minőségbiztosítási rendszerek működtetésével. A piac is arra ösztönzi a gyártókat, hogy a minőséget eleve betervezzék a termékbe, a gyártási folyamatokba és ne utólag kíséreljék megjavítani a hibásan előállított árut.

A minőségszabályozási rendszer akkor működik jól, ha az előállított termék olyan minőségű, hogy a vásárló jó használati értékűnek tekinti, és ha megfelelő nyereséget hoz a vállalatnak. A termék piaci versenyképességét az ára és minősége együttesen határozza meg. Ennek megfelelően a vállalat számára mindenkor döntő fontosságú a költség és a minőség összehangolt megtervezése.

Logikai megfontolások alapján kimondható, hogy jól megtervezett minőségnövelés esetén növekszik az eladható mennyiség és a bevétel, bár ezzel együtt nő az összes költség is, mivel a minőség növelése általában többletköltséggel jár.

Fontos annak átgondolása is, hogy milyen korlátozó hatások érvényesülnek a termékminőség komplex hatásmechanizmusában. A minőségi szint növelésekor az egyik ilyen korlátozó tényező a piac minőségítélete és felvevő képessége. A piac általában adott határon túl törvényszerűen telítődik, és a minőség további növelése önmagában már nem elég a termék megfelelően nyereséges előállításához. A másik korlátozó tényező a kor színvonalából adódó technikai határ, amelynek fontosabb összetevői az alapanyag, a technológiák, valamint a gépek és eszközök pontossági jellemzői, és az azokat kezelő emberek felkészültsége. A korlátozó tényezők is arra intenek, hogy a minőség tervezésekor körültekintően vizsgálni kell a minőség költségének és a várható árbevételnek az arányát. E tényezők közti kölcsönhatást szemlélteti a 7.9. ábra.

Ezen a bevonalkázott részhez tartozó ordinátahosszak adják a különféle minőségi szintekhez tartozó nyereséget, amely ott maximális, ahol a minőségi szint a legkedvezőbb (optimális minőség). A maximális nyereségre való törekvés egyik útja a minőségszint növelésével az árbevétel növelése, a másik pedig, hogy a feladatok teljesítése során törekszünk a minimális ráfordításokra.



7.9. ábra. A nyereség és minőség kölcsönhatása

7.8. Mutatószámrendszer a karbantartás irányítására

A karbantartás jelentős költségtényező. A vállalatokat a jelenlegi gazdasági helyzetben rájuk nehezedő nyomások, a szabályozók és a műszaki fejlesztés követelményei arra kényszerítik, hogy gondos tervezéssel és ésszerűsítéssel csökkentsék ezt a költséghányadot, de úgy, hogy a karbantartás továbbra is betöltse feladatát: biztosítsa a berendezések használhatóságát és megőrizze teljesítőképeségüket.

Ebben a vonatkozásban rendkívüli jelentősége van az áttekinthető információszervezésnek. A hibák és hiányosságok felismeréséhez, valamint a karbantartási intézkedések értékeléséhez és célzott megváltoztatásához arra van szükség, hogy a karbantartás területéről rendelkezésre álljanak módszeresen gyűjtött és feltárt információk. A jól szervezett információs rendszeren alapszik a gép- és berendezés kiesések valószínűségének becslése és a megelőzésükhöz szükséges intézkedések megtervezése is a meghibásodások elemzésével együtt.

A karbantartást segítő információáramlás fő célkitűzései elsősorban az alábbiak:

- gépek és berendezések meghibásodás szempontjából kritikus részeinek, működési gyengéinek felderítése,
- a karbantartási eszközök működőképességének fenntartására fordított idő meghatározása,
- a dolgozók munkaóráinak ellenőrzése,
- az okszerű költségelszámolás megalapozása,
- karbantartási tételek (anyagok) meghatározása a beruházási költségszámításhoz.

Az elemzési eredmények ezenkívül megkönnyítik az írásbeli karbantartási utasítások elkészítését, valamint a szükségesnek mutatózó műszaki változások indoklását. Végül a több éven át rendszeresen végzett elemzés értékes tanulságokkal szolgálhat a gyártóknak. Az ellenőrzéshez és elemzéshez szükséges adatgyűjtésre fordított személyenkénti és napi munkakiesés bőségesen megtérül.

Üzemi események elemzéséhez, a gazdasági összefüggések feltárásához, vizsgálatához elengedhetetlen a mutatószámok használata. Az üzemgazdasági mutatószámok viszonyszámok és abszolút számok lehetnek, amelyek különböző események összefüggéséről adnak felvilágosítást. Tárgyilagos megítéléshez a mutatószámok összefüggő rendszere szükséges. A rendszert úgy kell felépíteni, hogy az elemek számszerűsítése az üzemi cselekmények, a karbantartás eseményeinek tükröképét adja, vagy az üzem eseményeinek közvetlen jellemzőit fejezze ki.

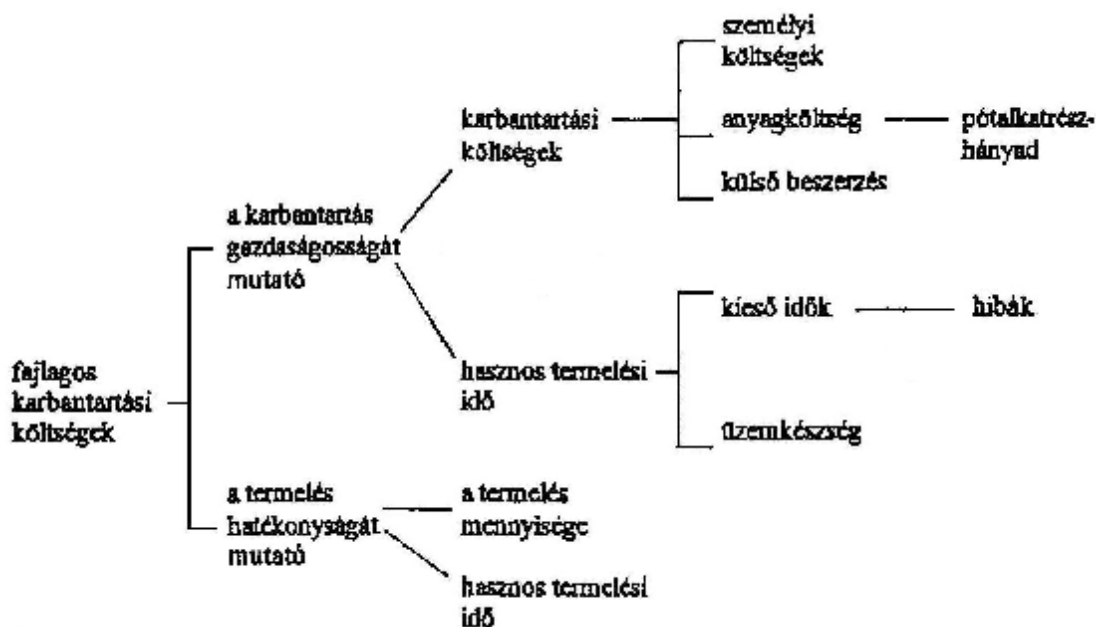
A teljes élettartamra kiterjedő vizsgálat során a rendszerben különböző input és output információtömegek hatnak, ezek a berendezések előállítójától, a karbantartó üzemtől és a berendezés üzemeltetőjétől származnak.

A berendezéseket gyártó cég meghatározza a gyártmány paramétereit, és ezek összességét az eladási árral jellemzi. A berendezést üzemeltető folyamatos karbantartással igyekszik a berendezés minőségét szinten tartani, ezzel közvetlen módon hosszabbítja meg a rendszer használati idejét. A befektetés ellenértékeként a termelés mennyisége jelenik meg, amely fajlagos értékkel, mint az időegységre jutó termelési mennyiség határozható meg.

Rendszerelemzési szempontból a berendezések beszerzési vagy újra beszerzési költségeit és a használati időt lehet szembeállítani. Mutatószámrendszerrel kimutatható a karbantartási ráfordítás, vagyis a fajlagos karbantartási és javítási költség, ami a ráfordítások értékelését és a termelés gazdaságosságának megítélését segíti elő. A karbantartási ráfordításokat, valamint a gyártás gazdaságosságát közvetlenül nem lehet kapcsolatba hozni, ezért ezt a mutatószámot két részre kell felbontani, mint ahogy azt a 7.10. ábra mutatja.

A fajlagos karbantartási és javítási költségekből kiindulva egyrészt a karbantartás gazdaságosságát, másrészt a termelés hatékonyságát követik. Az árváltozások hatásától függetlenül a karbantartási költségek és a termelésre használható tiszta idő adják a karbantartás gazdaságosságát. A termelési mennyiség és a termelésre használt tiszta idő viszonya a termelés hatékonyságát adja meg. A karbantartási költségeket tovább lehet bontani személyi-, anyag- és alkatrész-beszerzési költséghányadokra.

A termelésre ráfordított összes időt is fel lehet bontani az értékelés könnyítése érdekében több összetevőre.



7.10. ábra. A mutatószámrendszer felépítése

A teljes élettartamra kiterjedő vizsgálat során a rendszerben különböző input és output információ-tömegek hatnak, ezek a berendezések előállítójától, a karbantartó üzemtől és a berendezés üzemeltetőjétől származnak.

A karbantartási műveletek irányításában és az ellenőrzésben használt mutatószámrendszer a vállalat- és üzemvezetőség részére információkat szolgáltat az "üzemképesség fenntartására a legkisebb költségek mellett". Megjegyzendő, hogy a mutatószámrendszer nem helyettesíti a szokványos vállalati nyilvántartási és könyvelési módszereket.

7.8.1. Karbantartási mutatók

Létszámjellemzők

Karbantartók létszámaránya = karbantartók átlagos állományi létszáma / összes foglalkoztatott átlagos állományi létszáma * 100%.

Alkalmazottak létszámaránya = alkalmazotti állományú karbantartók átlagos állományi létszáma / karbantartók átlagos állományi létszáma * 100%

Egy karbantartóra jutó állóeszközérték = állóeszközök bruttó értéke (mFt/fő) / fizikai állományú karbantartók átlagos állományi létszáma * 100%

Egy karbantartóra jutó karbantartási költség = saját kivitelezésben végzett karbantartás költsége (eFt/fő) / fizikai állományú karbantartók átlagos állományi létszáma * 100%

Egy órára eső karbantartási költség = saját kivitelezésben végzett karbantartás költsége (Ft/fő) / karbantartásra fordított idő * 100%

A karbantartásra fordított idő százalékos megoszlása tevékenységenként.

Költségjellemzők

Termelési érték-arányos karbantartási költség = összes karbantartási költség / teljes termelési érték (Ft/Ft)

Fenntartási hányados = összes karbantartási költség / állóeszköz bruttó értéke * 100%

Időjellemzők (kiemelt üzemekre, gépekre, berendezésekre és más objektumokra)

A termelési idő-arányos karbantartási idő = karbantartás miatti állásidő / munkarend szerinti időalap * 100%

A kieső idő-arányos karbantartási idő = karbantartás miatti állásidő / termelésből kieső összes idő * 100%

Tervszerűségi hányados = váratlan hiba miatti kieső idő / karbantartás miatti állásidő * 100%

Tartalékalkatrész-gazdálkodási mutatók

Karbantartandó állóeszközökre jutó tartalékalkatrész-hányados = tartalékalkatrész-készlet értéke / állóeszközök eredeti bruttó értéke * 100%

Az anyagköltség alkatrészhányada (félévenként) = tartalékalkatrész-felhasználás értéke / karbantartási költség teljes anyagköltsége * 100%

Tartalék alkatrészek forgási sebessége (félévenként) = tartalék alkatrész felhasználás értéke / tartalék alkatrész-állomány készletértéke * 100%

7.8.2. Gondozhatóság

Egyszerű mutatószámú rendszert ír elő a SAE (Society of Automobile Engineers = gépkocsi-mérnökök társasága) J 817. sz. szabványa. A gépkocsikra vonatkozólag karbantarthatósági indexet állapítanak meg. Ebben a rendszerben a költség- és időráfordításokat nem rögzítik. Hasonló eljárással két mutatószámot képeznek:

- a gondozhatósági indexet és
- a javíthatósági indexet.

A módszer alkalmas az új gépkocsi-modelleknek a régiekkel, az adott gyár modelljeinek a versenytársak modelljeivel való összehasonlítására, de nem alkalmas egymástól nagymértékben eltérő gépi berendezések karbantarthatóságának értékelésére. A gondozhatósági index meghatározását a következő lépésekben kell végezni:

- Minden gondozási műveletet rögzítenek és könnyen kezelhető lépésekre bontanak fel (jegyzékbe foglalják pl. a gépkocsi minden kenési pontját).
- Minden lépést pontozásos rendszerben értékelnek.
- A pontértékekből összesített pontszámot képeznek.
- Az összesített pontértékeket időköz, illetve gyakorisági tényezővel súlyozzák.
- A súlyozott értékek összege adja a gondozhatósági indexet.

A gondozás tevékenységei és pontjaik

A tevékenység jellemzői	Pontok
<u>Folyadékszint ellenőrzés</u>	
Vizuális ellenőrzés	1
Mérópálca	3
Lecsavarozott fedél, szerszám nem kell	4
Lecsavarozott fedél, több kötőelem, szerszám nem szükséges	6
Lecsavarozott fedél, szerszám kell	8
Több csavarkötés, szerszám kell	10
<u>Szerkezeti elemek vizsgálata</u>	
Vizuális vizsgálat	1
Egyszerű eszközzel	5
Precíziós műszerrel	10
<u>Kenés</u>	
Zsírzófej	1
Különleges zsírzófej	3
Kenőanyagok felhordása segédeszközzel (pl. ecset)	3
Olajbetöltés kannából	3
Csatlakozóelemet megfelelő helyzetbe kell hozni	5
Zsírkamra feltöltése kézzel	20
<u>Leeresztés</u>	
Leeresztőcsap nyitása, vagy dugó eltávolítása	1
Vízszintes dugó eltávolítása	6
Függőleges dugó kicsavarása	8
A fedelet is el kell távolítani	10
Több dugót, vagy fedelet kell eltávolítani	15
<u>Feltöltés</u>	
Szerszám nélkül eltávolítható fedél	1
Fedél eltávolítása függőlegesen, szerszámmal	3
Fedél eltávolítása vízszintesen, szerszámmal	10
Több fedél, vagy dugó	15
<u>Tisztítás</u>	
Sűrített levegővel	3
Vízzel, fürdőben	5
Többszöri mosás és olajozás	10

<u>Kicserélés</u>	
Felcsavarás kézzel	1
Egyszerű felerősítés szerszám nélkül	3
Egyszerű felerősítés szerszámmal	4
Több helyen való felerősítés szerszám nélkül	5
Egyszerű felerősítés szerszámmal	6
<u>Beszabályozás</u>	
Egy lépésben	2
Több lépésben	4
Több lépésben különböző helyeken	10

7.1. táblázat

Különféle testhelyzetek és pontszámaik

A testhelyzet jellemzői	Pontok
A padlón állva, függőleges tartással, munkavégzés a normális elérhetőségi tartományban.	1
A padlón állva, a test elfordításával, vagy erős nyújtózkodással, munkavégzés a normális elérhetőségi tartományon kívül.	2
A padlón guggolva vagy térdelve, de nem a gépkocsi alatt fekve.	3
A gépre felmászva, normális elérhetőségi tartományban.	6
A gépre felmászva, guggoló vagy elfordult testhelyzetben.	8
Minden testhelyzet (a normális testhelyzeteken kívül) a gépek alatt vagy között.	10

7.2. táblázat

Hozzáférhetőség és pontjai

A hozzáférhetőség jellemzői	Pontok
Könnyen elérhető	1
Kis előkészülettel elérhető	2
Könnyen nyitható fedélen át elérhető	3
A fedél szerszám nélkül kinyitható	4
A fedél egy csavarkötés oldásával kinyitható	5
A fedél kinyitásához több csavarkötés oldása szükséges	10
Ferde, vagy elfordított fedél	10
A motorházfedelelet is ki kell nyitni	12
Néhány, többszörösen leeresztett burkolatot kell eltávolítani	15

7.3. táblázat

A gondozás egyéb feltételei és pontjaik

Egyéb feltételek jellemzői	Pontok
A tartályba való leürítés csak közvetve végezhető el (cső, tömlő stb. szükséges)	2
Az időközök nem felelnek meg az SAE szabványoknak	2
Folyadékot leeresztése, vagy levegő kieresztése más munkák előfeltétele	3
Különleges előkészületre van szükség	3
Különleges szerszámra van szükség	4
Nincs megfelelő jelölés	4
A töltőnyílás nem megfelelő	5
Szennyeződési veszély	5
Csak járó motoron végezhető	5
Céltanfolyam elvégzésére van szükség	10
A csavarok meghúzásához nyomatékkulcs szükséges	10
A szerkezeti egységet pontos helyzetbe kell hozni	10
A munkához két személy szükséges	20
Különleges elővigyázatosságra van szükség	30

7.4. táblázat

Gyakoriság szerinti súlyozás

Időköz, gyakoriság	Pontok
Kb. 2000 üzemóra- évente	0,5
Kb. 1000 üzemóra- félévente	1,0
Kb. 500 üzemóra- negyedévente	2,0
Kb. 250 üzemóra- havonta	4,0
Kb. 100 üzemóra- félhavonta	10,0
Kb. 50 üzemóra- hetente	20,0
Kb. 10 üzemóra- félhetente	100,0

7.5. táblázat

Az SAE gonozhatósági index kiszámítása

A gonozzás		Tevé- kenység	Test- helyz.	Hozzá- férhet.	Egyéb	Össz.	Súlyo- zás	Vég- össz.	Megjegyzés
tárgya	művelete								
Olajsint	Vizsgálat	3	2	2	0	7	100	700	
Hűtés	Vizsgálat	4	6	1	0	11	100	1100	
Ékszíj	Vizsgálat	2	1	2	0	5	20	100	
Telep	Vizsgálat	4	1	10	0	15	10	150	
Főtengely	Kenés	1	1	1	0	3	10	30	
Kormánymű	Kenés	2	3	1	0	6	10	60	
Motorolaj	Leeresztés	1	10	2	2	15	4	60	Tömlő kell
Olajszűrő	Csere	1	1	1	0	3	4	12	
Olajteknő	Feltöltés	1	6	3	5	15	4	60	Szennyeződés
Tengelykapcs.- csapágy	Kenés	1	10	10	2	23	4	92	Ferde ház
Differenciálmű	Leeresztés	6	3	1	10	20	0,5	10	Az autó helyzetbe állít.
Differenciálmű	Feltöltés	15	2	1	0	18	0,5	9	Több dugó
Összesen: 2383									

7.6. táblázat

A tervezés fejlesztés során a minél alacsonyabb index elérése a cél. Bár a pontozási szempontok és maguk a pontértékek egyedileg alakítandók ki, célszerű azokat huzamosabb ideig változatlanul hagyni, ezzel biztosítva a korrekt összehasonlítás lehetőségét.

8. A KARBANTARTÁS IRÁNYÍTÁSA

Hazánkban is a vállalatok és vállalkozások több milliárd forintot költenek karbantartásra. Érthető tehát a szakemberek törekvése, miszerint a karbantartási tevékenységek irányítását korszerű műszaki és szervezési módszerek alkalmazásával kívánják megoldani. Ezzel elérhető a karbantartási költségek relatív csökkentése a karbantartási munka minőségének tartása mellett is.

A hazai és nemzetközi tapasztalatok azt bizonyítják, hogy az utóbbi években a karbantartás szervezési és irányítási módszereiben figyelemreméltó előrehaladás történt. Természetesen minden eredményt általánosítani nem lehet. Azt, hogy egy vállalatnál milyen javítási-, karbantartási stratégia és irányítási rendszer kerül alkalmazásra, azt számos tényező közül elsősorban a termelés műszaki, technológiai színvonala határozza meg.

8.1. A karbantartás-irányítási rendszer alap gondolata

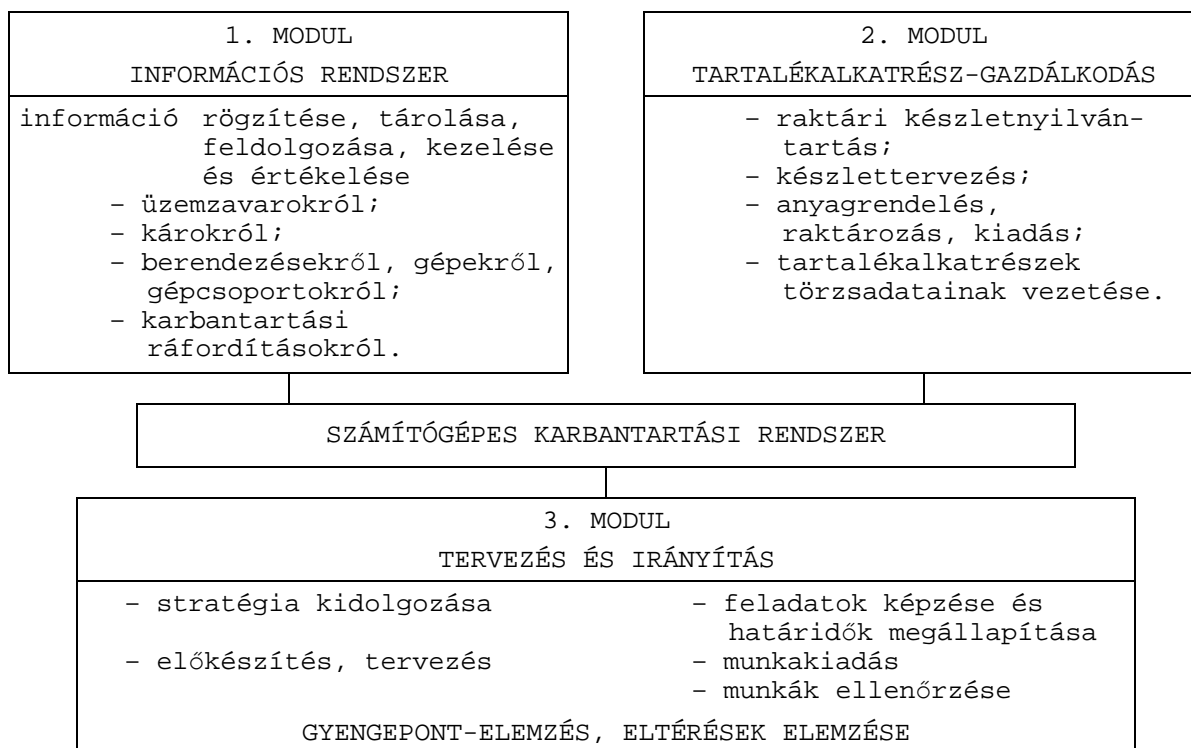
A karbantartás irányítási rendszerének egyik lehetséges alap gondolatát a 8.1. ábra szemlélteti. A rendszer struktúrája elvileg három modulból épül fel, melynek funkciói az alábbiak.

Az első modult a karbantartás műszaki és költség információs rendszere alkotja, amelynek fontos eleme az üzemi adatok gyors és valósághű visszajelzése.

A második modul a tartalékalkatrész gazdálkodás, amely olyan kérdésekre ad választ, mint:

- meghatározott tartalékalkatrész melyik géphez, berendezéshez vagy részegységhez tartozik?
- vannak-e más, helyettesítő alkatrészek?

A harmadik rész a tervezés, programozás feladatát látja el és felhasználja az előző két modul által szolgáltatott információkat. A modul feladata az egyes berendezésekre vonatkozóan az emberi és anyagi erőforrásokkal való gazdálkodás, a karbantartási folyamatok tervezése.



8.1. ábra. A karbantartás irányítási rendszerének alap gondolata

A programozási és irányítási feladatok közül a legfontosabb az egyes feladatok meghatározása, időszükségletének, valamint határidejének megállapítása, a munka kiadása, továbbá különböző teljesítmények rögzítése.

8.2. Az irányítási rendszer megvalósítása

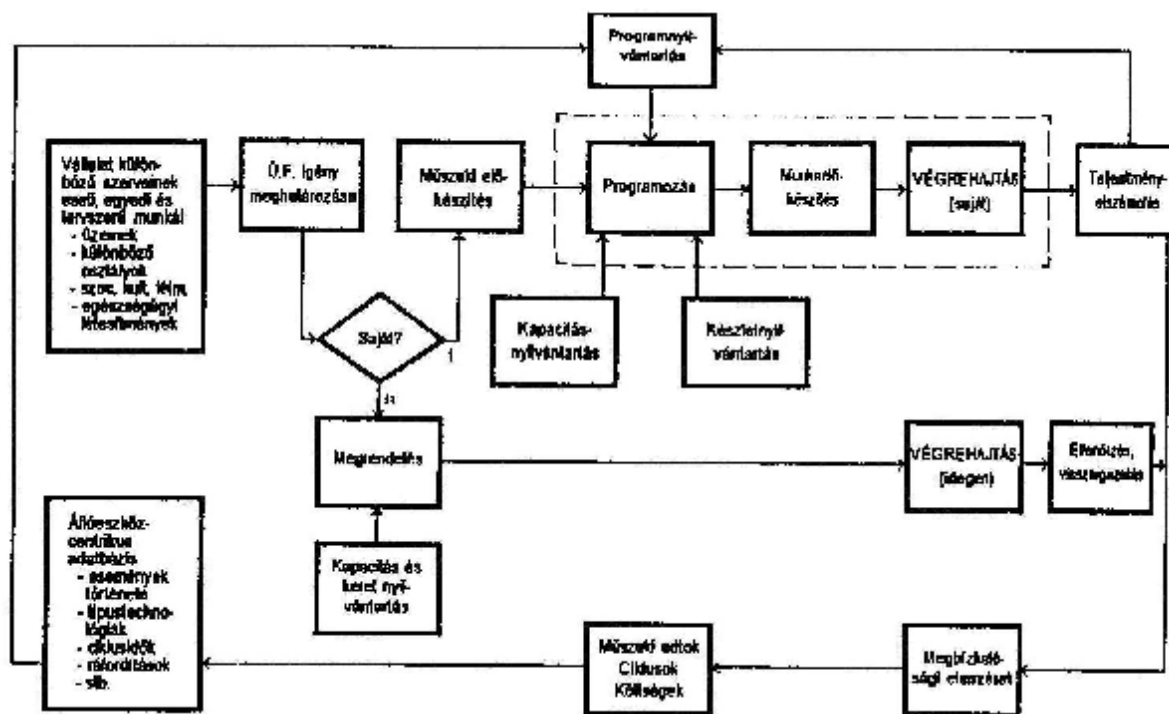
Az irányítás – működési mechanizmusa szempontjából – három fontos tevékenységet ölel fel:

- utasítások kiadása,
- információk visszajuttatása, visszajelzése az irányító szervhez,
- az információknak az utasításokkal történő összehasonlítása alapján korrigáló beavatkozás a végrehajtott folyamatba.

Ennek értelmében az irányítási rendszerben a

- döntés,
- szabályozás és
- ellenőrző funkciók jelennek meg.

A 8.2. ábrán látható a karbantartás-irányítási rendszer egy lehetséges változata.



8.2. ábra. Karbantartás-irányítási rendszer lehetséges vázlata

A folyamat a karbantartási igények felmerülésével kezdődik, ez hozza működésbe az irányítási rendszert. Ezek az igények alapvetően kétfélek lehetnek:

- tervszerű (előre meghatározott) és/vagy
- eseti feladatok elvégzésére vonatkozhatnak.

A tervszerű feladatok elvégzésének igényei automatikusan havonta jelennek meg az állóeszközcentrikus adatbázisból. Eseti igények részben a különböző vállalati szervek, részben külső vállalatok részéről merülhetnek fel. Egyaránt lehetnek javítási, saját vállalkozásban végzett beruházás, tartalékalatrész gyártási vagy szolgáltatási feladatok.

Az igények alapján munkarendelések készülnek, melyek a karbantartási/üzemfenntartási szervezetnél elbírálásra kerülnek abból a szempontból, hogy a megrendelt munkák saját kapacitással elvégezhető-e, vagy célszerű azok részét külső vállalatoktól megrendelni?

A saját kapacitással végzendő munkák megrendelése a műszaki előkészítésre kerülnek. Itt a munkák prioritásának megfelelően gondoskodnak a munkavégzés előfeltételeiről (rajz, engedélyek, alkatrészek stb.). Az előkészített feladatok elvégzésére havi programot kell készíteni. A nyilvánosság fejlett színvonalú megoldásával elérhető, hogy az közvetlenül munkautalványokat szolgáltat az egyes munkák előkészítése és végrehajtása céljából. Ezek a munkalapok az elvégzendő tevékenységek egyértelmű leírása mellett az alkatrész felhasználásról és az utalványozott kivitelezési időről is intézkednek.

A feladatok elvégzése után közvetlen visszacsatolások biztosítják a szabályozási funkció működését. Az elvégzett feladatok alapján (teljesítmény-elszámolás) a programnyilvántartás egyrészt folyamatosan aktualizálható, másrészt az elvégzett javítások (tervszerű és hibaelhárítás) alapján a berendezésekre folyamatosan megbízhatósági elemzések végezhetőek, s ennek alapján a karbantartási ciklusidők, költségek, összességében az állóeszköz-centrikus adatbázis aktualizálható, beleértve a berendezésekkel kapcsolatos események történetét is.

A bemutatott irányítási rendszer egy másik ágon kezeli az idegen kapacitások igénybevételével végzett javításokat. Ezen az ágon az irányítási rendszer értelemszerűen egyszerűbb, hiszen a munkák operatív megszervezése az idegen vállalkozó feladatát képezi. Ugyanakkor az egységes kezelés szempontjából a megrendelések feladásáról és a munkák tartalmi, szakmai ellenőrzéséről gondoskodni kell.

A saját és idegen kapacitás felhasználásával végzett javítási munkák a teljesítmény-elszámolás fázisában találkoznak ismét, érdemben biztosítva ezzel az egységes kezelést.

Az irányítási rendszerben látszólag nem jelenik meg a tervezési funkció. Figyeljünk fel azonban arra, hogy a megbízhatósági vizsgálatok az alkalmazott karbantartási ciklusidőket vagy megerősítik, vagy vitatják, s felülvizsgálatukat javasolják. Ebben a megközelítésben a javítási munkákat tehát tervezik. A megbízhatósági elemzések értékelik, ha a berendezés a stabil működésen túl, az előregedés tartományába került. Így döntési helyzetet teremt a berendezés felújítása, vagy lecserélése vonatkozásában. Az első esetben tervszerű munkakötelezettség lép fel az üzemfenntartási szervezet számára, a második eset pedig selejtezési és gépbeszerzési terv készítését alapozza meg.

Az irányítási rendszerben a külön bekeretezett rész jelenti az operatív irányítás területét.

8.3. Integrált irányítási rendszerek

Egy integrált karbantartás-irányítási rendszer biztosítja a termelő-berendezések üzemképességének megőrzésére, fenntartására tett műszaki és szervezési intézkedések megfelelő hasznosulását. A rendszer nem csupán a rutin jellegű vagy megelőző karbantartási feladatokat ütemezi, hanem felölel minden olyan területet, amely hatást gyakorol a karbantartás rendelkezésére álló erőforrások célszerű felhasználására.

A korszerű műszaki nyilvántartás, a karbantartás szervezése és irányítása számítógépek alkalmazása nélkül, csupán hagyományos, manuális módszerekkel nehezen megoldható feladat. E feladatok mindegyike információk gyűjtésével, tárolásával és feldolgozásával kapcsolódik össze, ezért széleskörű lehetőséget biztosít a számítástechnikai eszközök, számítógépek alkalmazására.

A karbantartás irányításának problémái közé tartoznak például a következők:

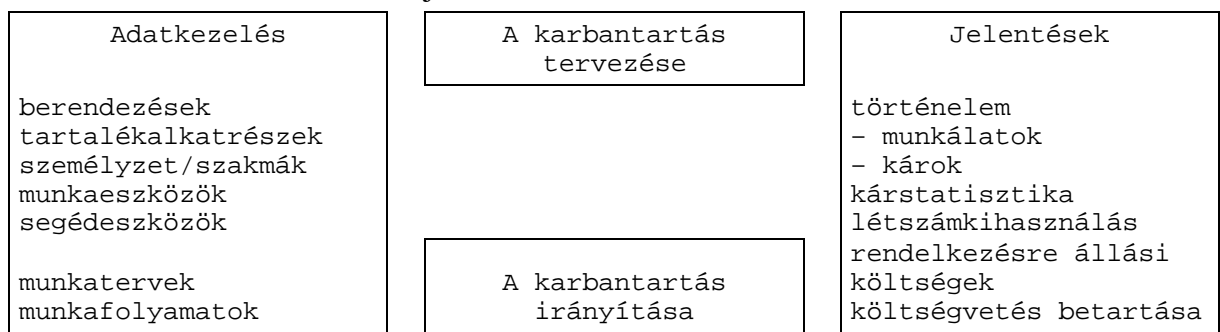
- a szükséges tartalékalkatrészek fajtáinak és ésszerű raktárkészletének meghatározása,
- a termelő-berendezések állapotának folyamatos figyelése,
- a várható üzemzavar helyzet kialakulásának minél korábbi előrejelzése,
- a karbantartások optimális időpontjának és az elvégzendő feladatok körének meghatározása,
- a tervezett karbantartások teljes körű előkészítése, hogy a munka megkezdésének időpontjában minden szükséges adat, eszköz és berendezés rendelkezésre álljon,
- az időnként elvégzett ellenőrző mérések eredményeinek gyors kiértékelése és ebből helyes következtetések levonása stb.

Mindezek a problémák a megfelelően kialakított és számítógéppel támogatott karbantartás-irányítási rendszerek üzemeltetésével megoldhatók.

Az irányítási rendszerek alapvető jellegzetessége, hogy azokat alulról felfelé kell építeni. Megközelítésünk szerint a számítógép alkalmazása a karbantartásban nem teremthet "adattemetőket". Olyan irányítási rendszert kell kialakítani, amilyen szükséges és nem amilyent lehetséges.

8.3.1. CHAMPS programcsomag

A számítógéppel támogatott rendszert Spiess és Ackermann a karbantartási munka hatékonyságának növelése céljából dolgozták ki. Az irányítási rendszert kiszolgáló információs rendszer általános tartalmát a 8.3. ábra mutatja.



8.3. ábra. Az információs rendszer tartalma



8.4. ábra. A CHAMPS programcsomag funkciói

A CHAMPS programcsomag kidolgozásakor a részterületeket illetően a következők voltak a főbb célkitűzések (funkcióit a 8.4. ábra mutatja):

a) üzemidő gazdálkodás:

- megbízhatóbb, a munkafolyamatok tipizálásán alapuló programozás,
- rugalmas tervezés, amely folyamatosan alkalmazkodik a felmerülő prioritásokhoz, határidő-módosulásokhoz, kapacitásváltozásokhoz,
- a határidők teljesítésének figyelése, a munkálatoknak a határidők szerinti irányítása,
- a karbantartók állásidejének csökkentése.

b) anyaggazdálkodás:

- ABC-elemzésen alapuló döntés, miből mennyit kell raktározni,
- alkatrészek készletben tartásának optimalása,
- alkatrészek foglalási lehetősége előirányzott munkálatokhoz,
- a raktározási (beszerzési és kiadási) ráfordítások minimalása,
- az alkatrész-felhasználási tapasztalatokon alapuló beszerzési stratégia kialakítása.

c) munkaerő-gazdálkodás:

- a létszám minőségi és mennyiségi tervezése,
- a rendelkezésre álló személyzet nyilvántartása szakmák szerint,
- személyenkénti nyilvántartás vezetése a rendelkezésre állásról (műszak, beosztás, szabadságok stb.).

d) költséggazdálkodás:

- a termelékenység és hatékonyság megfigyelése adott műveletekre vonatkozóan,
- a felmerült költségek és az előirányzatok folyamatos egybevetése és értékelése: az értékelések alapján döntések a beruházásokról,
- a költségek differenciált nyilvántartása (bér, anyag, szolgáltatás stb.),
- összehasonlító előkalkulációk külső megrendelések kiadása előtt.

e) a káresetek figyelése:

- a hibagyakoriságok és a hibaokok értékelése, meghatározott kárszintek túllépésének jelzése,
- a tapasztalatok alapján az ellenőrzési és a karbantartási gyakoriságok változtatása, a rendelkezésre állás javítása érdekében,
- a jótállási időn belüli hibák figyelemmel kísérése.

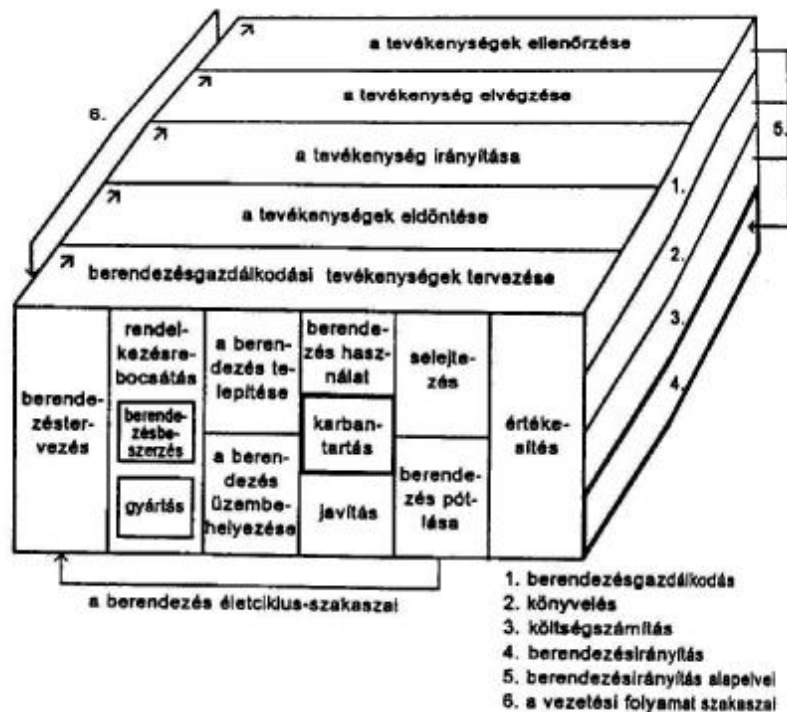
8.3.2. Berendezés-gazdálkodás Mannel szerint

Mannel koncepcionális megközelítése szerint a karbantartás a berendezés-gazdálkodás szerves része. Az integrált berendezés-gazdálkodás lényeges döntési területeit, szakaszait a 8.5. ábra vázolja.

A berendezés-gazdálkodás integrációjának alapvető, átfogó szervezési követelményei vannak, ugyanakkor szükség van integrációs tevékenységre több síkon, mégpedig elsősorban:

- a célkitűzésben, tervezésben és döntésben,
- a rövid határidejű, nem átfogóan tervezett diszponálásokban,
- a berendezés-gazdálkodási intézkedések megvalósításában,

- a berendezés-gazdálkodási tevékenységek adatfeldolgozó rendszerekkel való támogatásában,
- a megfelelő irányítási koncepció kialakításában.



8.5. ábra. Integrált berendezés-gazdálkodás jelentős döntési területei

A karbantartás irányítás alapvető kérdései Mannel szerint az alábbiak:

- milyen változtatásokra van szükség a karbantartási szervezetben,
- milyen arányt kell kialakítani a saját és a külső munkában végzett karbantartás között,
- milyen módon javítható a karbantartás számítógépes adatfeldolgozással való támogatása?

8.3.3. UMS karbantartás-irányítási rendszer

Az UMS (Universal Maintenance System) karbantartási rendszert a Maynard-cég dolgozta ki.

A karbantartási rendszer alapelvei:

- a karbantartási tevékenység termelékenysége – minden más munkához hasonlóan – mérhető. A termelékenység mutatója az elvégzett munkamennyiség (standard órákban kifejezve) viszonyítva a karbantartási dolgozók jelenléti idejéhez;
- a karbantartás gazdaságosságát a berendezések megbízhatósága (rendelkezésre állása) és a karbantartási ráfordítások közötti viszony jellemzi;
- a karbantartási tevékenységet a legtermelékenyebb munkamódszerekkel addig érdemes fokozni, amíg a ráfordítások nem haladják meg azt a hasznot, amely a nagyobb rendelkezésre állási időből, zavarmentes termelésből ered;
- a karbantartási munkák termelékenysége három tényezőből tevődik össze:
 - módszerek,
 - időkihasználás,
 - munkaintenzitás.

A szervezéssel foglalkozók csupán elemzésre alkalmas formában gyűjtik a karbantartásra vonatkozó adatokat, és a műszaki szakemberek ezek alapján korszerűsíthetik a módszereket.

Az időkihasználás javítása szervezési feladat. A karbantartási munka egymást követő egyedi tevékenységekből áll, amelyek között elkerülhetetlenek bizonyos várakozási idők.

A munkaintenzitás fokozása úgy lehetséges, hogy minden munkára reális időértéket adnak; ezen időadatok figyelembevételével tervezik a karbantartási dolgozók munkáját, és ösztönző bérezési rendszert alkalmaznak. A cél olyan munkairányítási rendszer kidolgozása, amely a feladatok közötti várakozási időket a minimálisra csökkenti.

A karbantartási munkák elvégzéséhez szükséges, megfelelően pontos alapadatokat az MTM eljárások (Methods Time Measurement – magyar értelmezésben Mozdulatelemzéses Mozdulattanulmányozás és Munkakialakítás (3M)) is biztosítanak. A normázás időszükséglete azonban – egyéni munkához viszonyítva – pl. MTM-1 esetében háromszáz az egyhez (egy percnyi munkatartalom elemzéséhez 300 perc – közel egy nap munkája szükséges). Az UMS rendszernél egy órai becslési munkával 20 munkaórányi feladat időszükséglete állapítható meg kielégítő pontossággal, más szóval 20 karbantartóhoz egy fő UMS-normázó (programozó) szükséges.

Az UMS alapja egy szakmai adattáblázat, melynek legmagasabb szintjén az alaplakok helyezkednek el. Az alapmunka tulajdonképpen egy konkrét karbantartási feladat, amelynek munkatartalmát az UMS-normázó – általában megfigyelés alapján – megállapítja és tárolja.

A gyors és megfelelően pontos alkalmazást a kidolgozott alaplakok munkatartalmának és az újonnan jelentkező feladatok munkatartalmának összehasonlítása teszi lehetővé. Az összehasonlítás lehetőségét az ún. terítőlapok alkalmazása segíti elő. A terítőlapok feladattípusok szerint készített gyűjtőlapok, amelyekre a kidolgozott alaplakok rövid leírását – munkatartalom kategóriánként, kis átfedéssel – vezetik fel. Minthogy a normázás során csak munkatartalmat hasonlítanak össze, viszonylag kevés alaplakkal is jól mérhetővé válik olyan munkaterület is, amely pontosan ismétlődő tevékenységet csak ritkán tartalmaz.

A munkairányítás alapja a munkalap, s a karbantartási dolgozók feladataikat mindig írásban kapják. A munkalap kiindulhat:

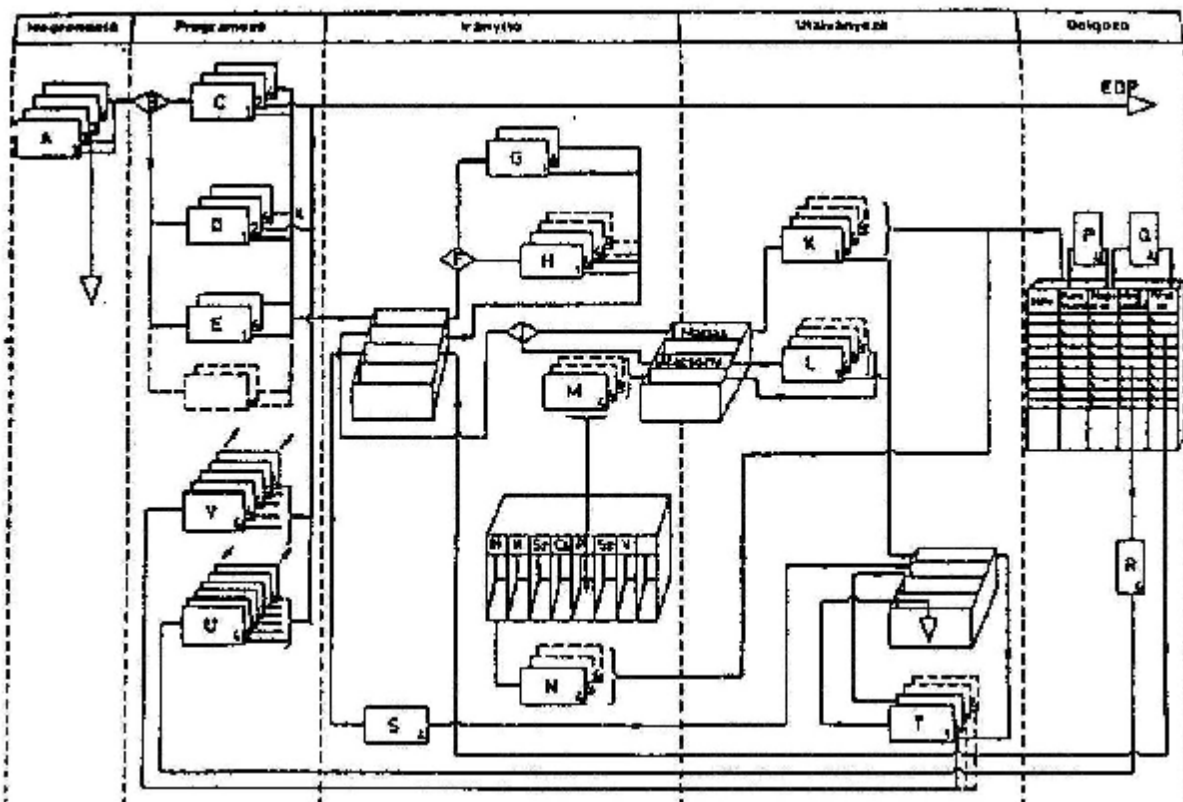
- a karbantartó szervezettől, amely a karbantartási terv szerint állít ki munkalapot az elvégzendő feladatokra,
- a termelő részlegek vezetőjétől, aki a gép működésében valamilyen rendellenességet tapasztalt,
- a karbantartási művezetőtől, aki egy korábbi karbantartási feladatról készült jelentés alapján lát szükségesnek bizonyos feladatot elvégezni.

Az irányítás szintjeinek kapcsolódását és az irányításra szolgáló munkalap útját a 8.6. ábra mutatja.

Döntési szempontból vizsgálva a folyamatot, a következő megállapítások tehetőek. A normázást végző dolgozó szintjén jelentkezik az első lényeges döntési helyzet (B): a megrendelőtől származó karbantartási feladatot egy karbantartó csoport el tudja-e végezni, vagy sem. Ha nem, akkor mellék munkalapok kiállításával biztosítja a programozó a munkakiadás egyértelműségét.

Az irányító két alkalommal kerül döntési helyzetbe. Első esetben (F) az elvégzendő feladat nagysága függvényében dönt arról, hogy a feladatot egy vagy több dolgozónak célszerű-e elvégezni? A második esetben (J) az elvégzendő feladatok sürgőssége alapján a munkák prioritási sorrendjéről dönt, s annak megfelelően irányítja a munkalapok útját.

Az operatív irányítási rendszer – figyelembe véve R, T, U, V elemeket is -, megfelelő szabályozási és ellenőrzési funkciókat is tartalmaz.



8.6. ábra. A munkalap útja az irányítási rendszerben

Tekintsük át az irányítási folyamatot az ábra betűjelöléseinek sorrendjében!

- A – Kiállít egy négy lapból álló igénylést, a 3. példányt megtartja.
- B – Eldönti, hogy a munkát egy csoport önállóan el tudja-e végezni.
- C – Az 1. és 4. példányokat elküldi a kiválasztott csoport irányítójának, a 2. példányt elektronikus adatfeldolgozásra.
- D – A 2. példányt elküldi elektronikus adatfeldolgozásra, az egyszemélyes 4. példányt megsemmisíti. Az 1. példányon feltünteti azoknak a csoportoknak a (kód)-számát, amelyeknek mellék munkalapokat fog küldeni, majd ezt egy mellék munkalap blokkal (1. és 4. példány) elküldi a munkavezető csoportnak.
- E – Kiállítja a mellék munkalapokat és elküldi valamennyi csoport irányítójának.
- F – Eldönti, hogy a munkához egynél több emberre van-e szükség?
- G – Kiegészíti az egyszemélyes feladat munkalapját, és elhelyezi az "indításra kész" tálcán.
- H – Kiegészíti a többszemélyes feladat munkalapját, hozzácsatol annyi "további dolgozó" lapot amennyi szükséges a 4. példányhoz, és elhelyezi az "indításra kész" tálcán.
- J – Különválasztja a magas és az alacsony prioritású munkákat, és elhelyezi azokat a programozó doboz megfelelő részében. Magas prioritású munkáknál felírja a dolgozó nevét a 4. példány hátoldalára.
- K – Megállapítja az utalványozott normaidőt, elhelyezi az 1. példányt a programozó doboz "készül" részébe, a 4. példányt vagy példányokat pedig a munkalap-táblára az adott munkás (vagy a munkavezető) neve mellé.

- L – Ugyanaz, mint a K-nál, de a 4. példány(oka)t a programozó doboz "kiadásra kész" részébe teszi.
- M – A 4. példány(oka)t az előterhelő tábla megfelelő napjánál helyezi el.
- N – Feltölti a munkalap táblát.
- P – A munkalapot a "következő munka" rekeszből áthelyezi a "jelenlegi munka" rekeszbe és megkezdi a munkát.
- Q – Befejezi a munkát, és a munkalapot átteszi a "befejezett munka" rekeszbe.
- R – Feljegyzi a feladat nélkül töltött időt a "Feladathiány" lapra (ezt a lapot hetenként adják ki).
- S – Áttekinti a munkát, elfogadja az (elvégzett) pluszmunkát, feljegyzi a jelentett meghibásodásokat és aláír.
- T – Az 1. és a 4. példány(oka)t összekapcsolja, szükség esetén korrigálja a szabványidőt, összeadja a felhasznált időt és átírja a példány(ok) első oldalára. Az 1. példányt lefűzi, a 4. példányt(oka)t elküldi a programozónak.
- U – Az adatokat elküldi elektronikus adatfeldolgozásra.
- V – Az adatokat elküldi elektronikus adatfeldolgozásra.

A dolgozó csak olyan munkalapot kaphat, amelynél a munkavégzés feltételei rendelkezésre állnak:

- anyagot biztosítottak, a raktárból kivételeztek és a helyszínre kiszállítottak;
- szerszámok, segédeszközök az anyaghoz hasonlóan helyben vannak;
- társszakmák (pl. villanyszerelő, állványozó) közreműködését megszervezték;
- termelő szervezettel való egyeztetés és előkészítés megtörtént;
- a munka elvégzéséhez megfelelő szakmai utasításokat adtak (a munkalapon vagy csatolt állandó leírással).

8.3.4. Proteus – a CMMS megoldás

Az Eagle Technology, Inc. ProTeus II karbantartási szoftver termékcsaládja lehetőséget ad a vállalatok számára, hogy meglévő munkaerő állományukat hatékonyabban, költségtakarékosabban használják ki, csökkentsék berendezéseik állásidejét, ezzel növelve termelékenységüket és csökkentve az állásból adódó többlet kiadásokat. A ProTeus II segítségével optimalizálhatják készletgazdálkodásukat és átcsoportosíthatják az így felszabaduló pénzkészletet, biztosítva a vállalat pénzügyi erőforrásainak hatékonyabb kihasználását, csökkenthetik a felesleges beszerzésekből adódó többletköltségeket.

Könnyen integrálható; az ERPII modul segítségével már meglévő ERP, illetve más alkalmazáshoz kapcsolható. A Metasys interface biztosítja a Johnson Controls épületfelügyeleti szoftverével való együttműködést.

Különböző méretű vállalatok igényeihez rugalmasan illeszkedik. Az eltérő verziók eltérő nagyságú vállalatok karbantartási feladatainak irányítását szolgálják. Háromféle adatbázis-kezelő szoftvert (Sybase, MS SQL, Oracle) támogat a rendszer, ami megengedi a felhasználónak, hogy saját adatbázisának nagysága szerint válassza ki a számára teljesítményben és árban legmegfelelőbb adatbázis-kezelőt.

A ProTeus Enterprise jól szolgálja nagyobb méretű, illetve több telephellyel, vagy létesítménnyel rendelkező vállalatok készletgazdálkodási igényeit. A rendszer naponta nagy mennyiségű munkalapot, eszközt, beszerzést és raktári tranzakciót kezel. Gyakorlatilag akármennyi felhasználó

csatlakozhat a rendszerhez, biztonsági kódok akadályozzák meg a jogosulatlan adatbázis műveleteket. A rendszerhez opcionális modulok egész sora kapcsolható.

A közepes méretű létesítményekkel rendelkező vállalkozások céljait kiszolgáló karbantartási szoftver a ProTeus Expert. Hatékony eszköz a karbantartás jellegű tevékenységek szervezésére és tervezésére, beleértve a TMK ütemezését, az eszközök nyilvántartását, a munkalapok készítését, vagy a raktár kezelését is. A rendszer rendelkezik a riport készítés és grafikus megjelenítés eszközeivel, melyek lehetővé teszik a rendelkezésre álló adatok és információk leghatékonyabb felhasználását a döntéshozatalban.

A ProTeus Pro és ProTeus SP egyfelhasználós alkalmazások. Mindkettő teljes megoldást biztosít kisebb vállalatok részére a karbantartási tevékenység irányítására és ellenőrzésére.

Kiegészítő modulok

Document Viewer teszi lehetővé az AutoCAD, illetve más CAD alkalmazások által létrehozott dokumentumok megtekintését, kinyomtatását, összehasonlítását.

PM Task előre definiált megelőző karbantartási feladatokat tartalmaz, melyeket az általános HVAC eszközök esetén lehet alkalmazni. A lista bővíthető és szerkeszthető a felhasználó igényei szerint.

Szerviz-igénylő modullal a hálózaton lévő bármely munkaállomásról munkát rendelhetünk, ami megjelenik a ProTeus rendszerben. A megfelelő engedélyezési procedúra után a munkalap egyszerűen kinyomtatható. A ProLink bármely Java-s böngészővel működik és lehetővé teszi, hogy LAN, WAN, illetve intranet hálózaton keresztül is hozzáférjünk a ProTeus-hoz.

MS Project interface lehetővé teszi, hogy a projekt információkat a karbantartási részleg is nyomon követhesse.

A ProTeus II CMMS rendszer legfontosabb tulajdonságai:

- Különböző méretű vállalatok számára, a vállalat igényeit és lehetőségeit figyelembe véve került kialakításra.
- Minden verzió nagyon hasonló felhasználói felülettel készült, így nincs szükség külön oktatásra, ha egy magasabb verzióra tér át a vállalat.
- A ProTeus-t úgy tervezték, hogy könnyen illeszthető legyen a vállalatok igényeihez. A mezőnevek könnyen megváltoztathatók a vállalat tevékenységének és szokásainak megfelelően.
- A ProTeus-t könnyű használni, hatékony, jól szervezett, átfogó és megfizethető.

8.3.5. Voyager – egy integrált állapotfüggő karbantartási környezet



A Predict/DLI fejlesztette Voyager-ben az összes állapotfüggő karbantartási (PdM) technológiai alkalmazás kölcsönhat és információt cserél. Központjában nagy teljesítményű kliens/szerver SQL adatbázis áll. Ez integrálja és javítja az összes Predict/DLI állapotfüggő karbantartási technológiára az elemzési információkat és adatformátumokat.

Mint sok Windows™ alkalmazás, ez is egy hierarchikus fát használ a navigáláshoz: üzemek, területek, gépek és technológiák szerinti csoportosításban.



Virtuális karbantartás

Az állapotfüggő karbantartási tevékenységek közvetlenül elérhetők a Voyager környezetben, azok virtuálisan össze is kapcsolhatók. A Voyager képes centralizálni, olvasni és megjeleníteni az összesített gépállapot információkat bármelyik hálózatba kapcsolt munkaállomáson. Felhasználva bármely állapotfüggő karbantartási jelentést, egy vezető megjegyzéseket, általános kiértékelést adhat hozzá, kinyomtathatja, áttekintheti a végrehajtott teszteseteket, vagy automatikusan munkamegrendeléseket küldhet a CMM rendszerhez. Ezen túl részletes analízist és szakértői képességeket biztosító modulokkal bővíthető.



PASSPORT™ for Voyager (PPV)

komplett olajlaboratóriumi management és adatanalizáló szoftvercsomag. Elsősorban, mint egy gép kopási állapotot monitorozó programot fejlesztették ki, hangsúlyozottan a gyors és pontos, részecske kopási analízis trend-információkra, jelentős karbantartási javaslatok elkészítéséhez. A használt olajanalízis (Used Oil Analysis – UOA) és a laboratóriumi mérőeszközöktől kapott adatok direkt fogadásával tovább növekedett a PASSPORT kapacitása a gépállapot vizsgálat végrehajtásában. Sokféle, a felhasználó által meghatározott jelentésformátum áll rendelkezésre minden mintavételi ponthoz, a kvantitatív adatok áttekintésére a normál olajminták feldolgozására fordított idő rövidítése érdekében.



ExpertALERT™ for Voyager (EAV)

tartalmazza a napjainkban használatos összes rezgésvizsgálati eljárási eszközt, továbbá egy fejlett automatikus szakértői diagnosztikai végrehajtó szoftvert (Expert Automated Diagnostics Engine), amely kényelmesen használható akár egyirányú rezgésadatokhoz, akár a PREDICT/DLI által kifejlesztett triaxiális megközelítéshez. Kezelése hasonlít a Windows Explorer-hez, telepítése le lett egyszerűsítve egy Wizzard segítségével.



PredictVISA™ for Voyager (PVV)

távolból menedzseli az olajminták adatait és a berendezés adatait a PREDICT/DLI legmodernebb laboratóriumában. Az eredményeket az olajlaboratóriumból megtekintés, trendanalízis és jelentésgenerálás céljából automatikusan le lehet hívni.



PerFORMance™ for Voyager (PFV)

folyamat adatokat és a teljesítési információkat jelenthet kézi adatbejelentő segítségével. Az adatok a normál üzemeltetési körjáratokon gyűjthetők be. Trendelemzés és riasztási szintek kijelzése került megvalósításra, hogy a folyamat optimális állapothoz szükséges problémamegoldást a közelből lehetővé tegye.



Net Present Value™ for Voyager (NPV)

arra használatos, hogy kiszámolja és dokumentálja a költségeket. A szoftver lehetővé teszi az üzemeltetési költségek szerinti bemenő adatok csoportosítását (beleértve a selejthez és a leltárhoz kapcsolódókat is), a raktári készletek beszerzési időzítését és a beruházási költségeket, és a költségmegtakarításokat.



Datastream's Maintaintl® CMMS

(Computerized Maintenance Management System – Számítógépes Karbantartás Management Rendszer). A Voyager kapcsolódik a Maintain It adatbázisához, ez lehetővé teszi a teljes CMMS képességeket a kisebb üzemek részére is. A közeljövőben lehetséges lesz a kapcsolat a nagykapacitású CMM rendszerekhez, mint pl. a Datastream MP-2 és a Maximo-hoz is.

8.4. A karbantartási előírások

8.4.1. Tartalmuk

A karbantartási előírás mindazoknak az intézkedéseknek az iránymutatója, amelyeket egy rendszer karbantartásánál meg kell tenni, tekintettel azok műszaki-gazdasági optimális végrehajtási időpontjára és műszaki-technológiai végrehajtási feltételeire. Utalásokat tartalmazhat a főfolyamat üzemelési eseményeibe való szervezeti besorolására és az alkalmazandó technológiára is.

A végrehajtási időpontok és a műszaki-technológiai végrehajtási feltételek kötelező lerögzítése során – amelyekben a különböző üzemeltetési feltételekkel összekapcsolt változatok is megadhatók, szükség van eljárások ajánlására, valamint az alkalmazási feltételek megadására is.

A különleges műszaki munkaeszközökre vonatkozó karbantartási előírások tartalmát és azok felépítését lényegileg a munkaeszközök fajtája és üzemeltetésének a szervezeti formája szabja meg. A karbantartási előírások tartalmának és kialakításának során célszerű rögzíteni az iparági különleges feltételeket is. Lényeges, hogy valamennyi munkaeszköz karbantartásához szükséges intézkedés – mint egységes egész – műszakilag-gazdaságilag helyesen, teljes és érthető módon legyen elkészítve, hogy a karbantartási intézkedések – a szervezési és technológiai lehetőségekhez illesztve – a gépmagatartás célfüggvényének értelmében teljesíthetők legyenek.

A karbantartási előírások a kezelési utasításokkal, az állóeszköz-nyilvántartással, az alkatrészjegyzékekkel, valamint a helyreállítási kézikönyvekkel és munkaeszköz-katalógusokkal a karbantartás számára egységet képezzenek, vagy mint önálló dokumentációk ezekkel össze legyenek hangolva. Ennek részei – az ágazati feltételektől függően – önállóak vagy elkülönítettek lehetnek. Az üzemeltetési dokumentáció okmánykészletét a termék jellegétől, bonyolultságától és az üzemeltetés körülményeitől függően kell megválasztani.

8.4.2. A fenntartási munkák műszaki dokumentációja

Az üzemeltetési dokumentáció (korábbi elnevezés szerint "Gépkönyv") az ipari termék rendelését előíró gyártóművi műszaki okmány, amelynek fejezetei, ún. okmánykészlete a következő:

– A karbantartandó objektumok műszaki leírása.

Ennek tartalmaznia kell a karbantartandó objektumnak a karbantartás számára lényeges szerkezetét (pl. azok megbízhatóság-technikai szerkezetét a meghibásodási magatartásra vonatkozó adatok, használati határidőtartam értékek meghatározott üzemeltetési feltételek mellett, vagy a meghibásodási magatartás fennálló összefüggéseit a rendszer meghatározott elemeivel).

– Üzembehelyezési, bejáratási előírás.

Amennyiben szükség van a megbízható üzemeltetéshez meghatározott bejáratási intézkedésekre ezeket a gyártó garancia-feltételeivel egybehangzóan kell rögzíteni. Különbséget kell tenni a bejáratási előkészületek, a bejáratási feltételek és a bejáratási intézkedések között.

– Karbantartási utasítás.

A karbantartási utasításban kell előírni a termék rendeltetésszerű használatához szükséges és a működőképesség megőrzését célzó műveleteket. Fel kell sorolni benne a karbantartási műveletek elvégzéséhez szükséges készülékeket, műszereket, berendezéseket, célszerszámokat, próbapadokat és más szerviztartozékokat is.

Általános esetben a karbantartási utasítás tartalma:

1. Bevezető, a karbantartási utasítás tárgya.
2. Általános előírások.
3. Biztonságtechnikai, munkavédelmi stb. előírások a karbantartási műveletek végzéséhez.
4. A műveletek fajtái és ciklusai.
5. A műveletek előkészítése, az elvégzéshez szükséges anyagok és eszközök.
6. Elvégzendő műveletek a termék egészén.
7. Elvégzendő műveletek a termék részegységein.
8. A műszaki ellenőrzés és az átvétel igazolásának módja.
9. A konzerválás (védőbevonás), lezárás, plombálás stb. módja (pl. üzemen kívül helyezéshez.)
10. Mellékletek.

– Ápolási és gondozási előírások.

Az ápolási és gondozási előírások rögzítik az összes intézkedés fajtáját és időpontját az üzemeltetési feltételek figyelembevételével, ami a lehetőleg csekély meghibásodási intenzitáshoz (pl. kopás, korrózió és avulás) szükséges. Legtöbnyire a merev ciklus szerinti karbantartás alapelvét alkalmazzák, hogy biztosítható legyen a maximális ápolási eredmény. Az ápolás és gondozás valamennyi intézkedése, a felhasználandó ápolási eszközök (pl. kenőanyag) fajtája és mennyisége, a műszaki alkalmazási feltételek (pl. kenési nyomás), – a tipikus szervezési feltételek és ápolási készülékek számára – lehetőség szerint normatívként legyenek megadva.

– Leállítási előírások.

Az üzemeltetési feltételeknek megfelelően, ha hosszabb üzemszünetek tervszerűen, előre láthatók, akkor a korrózió elleni védelmet, az állag megővését, a gyártó leállítási technológiájának közlésével, ennek ellenőrzésével együtt meg kell adni.

– Felülvizsgálati előírás.

A felülvizsgálat előírásai az üzemkészség megállapítását, a hibakeresést és a meghibásodási állapot meghatározását tartalmazzák, beleértve a maradék használati időtartam előrejelzését is. A felülvizsgálati előírás részletesen rögzíti mindhárom részében a rendszer felülvizsgálandó elemeit és a megengedhető határértéket (meghibásodási határt). Ajánlásokat ad az alkalmazandó eljárásokra és mérőeszközökre, magába foglalva az élőmunkára vonatkozó szükséges irányértékeket vagy normatívákat. Mindezt felülvizsgálati jegyzőkönyv formájában adja meg.

– Helyreállítási előírás.

A helyreállítási előírás a rendszer valamennyi elemére rögzíti a tervszerű helyreállítási intézkedéseket, az optimális karbantartási módszerek alapján. Különbséget tesz az újra helyreállító és a megelőző helyreállítás között. Valamennyi karbantartási módszernél előfordulnak újra helyreállító műveletek; a gyakran visszatérő esetekben technológiai utalásokat vagy a komplett helyreállítási technológiát kell megadni. A megelőző helyreállítási intézkedéseknél az egyes elemekre alkalmazandó karbantartási módszert, a felülvizsgálati vagy helyreállítási határidőt, a meghibásodási határokat, valamint a műszaki feltételeket, – mint amilyenek a beállítási értékek és a munkavédelmi előírások, – le kell rögzíteni. A szervezetre és technológiára a karbantartási előírásoknak ajánlásokat kell tartalmazniuk. Nagy, egységes iparágaknál ezek az ajánlások komplett karbantartási technológiáig terjedhetnek. A karban-

tartási előírás ezenkívül tartalmazza a karbantartási műveletek alkalmával beszerelendő egyes elemek és kicserélendő szerelési választékának rögzítését.

A javítási dokumentációban minden alkatrésze, szerelt egységre meg kell adni

- a gyártási dokumentáció szerinti,
- a javításig megengedett határállapot (MSZ KGST 292) szerinti és
- a javítás utáni méreteket, adatokat és egyéb műszaki jellemzőket.

Általános esetben a javítási dokumentáció tartalma:

- Javítási utasítás.
- Vizsgálati előírások.
- Javítási rajzok.
- Alkatrész-katalógus.
- Anyagfelhasználási normák.
- Egyéb anyagok.

A javítási műveleteket végrehajtásuk technológiai sorrendjében kell megadni:

- Hibafelvételi utasítás.
- Műveleti utasítás.
- Átvételi utasítás.
- Munkavédelmi előírások.

A technológiai sorrendnyomtatványon rögzítjük a sorrendnek megfelelő művelet rövid leírását, a műveleti utasítás számát és a normaidőt. Általában:

A hibafelvételi utasítás tartalmazza az előfordulható hibák leírását, megállapításuk módját, a használandó mérőeszközöket, vizsgálóberendezéseket, a jellemző méreteket (eredeti, javítás nélküli, javítással megengedhető méretek) és a javításhoz alkalmazható javítási, felújítási technológia megnevezését, a műveleti utasítás számát.

A műveleti utasításon szerepel a szerelés, tisztítás, javítás, felújítás, korrózióvédelem műveleteinek részletes leírása a szükséges technológiai adatokkal, a művelet elvégzéséhez szükséges szerszám, szerszámgép, technológiai berendezés megnevezése, az anyag minősége és a normaidő.

A javítási dokumentációban (hibafelvétel, műveleti utasítás stb.) szereplő javítási rajzok a műhelyrajztól eltérően általában csak a termék, alkatrész javítása során megváltozó és a javítás utáni ellenőrzéshez szükséges adatokat (alak, méret stb.) tartalmazó műszaki rajzok.

A vizsgálati előírás, az átvételi utasítás tartalmazza a javítás utáni állapotra előírt műszaki jellemzőket és adatokat, a használandó mérő-, illetve vizsgálóberendezést és jellemzőit.

A javítási dokumentációban külön ki kell térni a fokozott biztonságot igénylő és a termék megóvását célzó javítási műveletekre.

A Minisztertanács 47/1979. (XI. 30.) MT sz., a munkavédelemről szóló rendeletének 14. paragrafusa 3. bekezdésében előírja, hogy a technológiai utasításokban meg kell határozni a vonatkozó állami szabvány figyelembevételével a munkafolyamatok egészséges és biztonságos végrehajtásának általános személyi, tárgyi, magatartásbeli és egyéb követelményeit.

A technológiai, a műveleti, a kezelési és a karbantartási utasítások munkavédelmi vonatkozású tartalmi követelményeit az MSZ 14399 tartalmazza. Általános előírások:

- A technológiai leírás olyan mértékben tartalmazzon utalást a veszélyes és az ártalmas termelési tényezőkre (MSZ KGST 790), hogy azok az utasítások elkészítéséhez alapul szolgáljanak.
 - Az utasításoknak tartalmaznia kell azokat a munkavédelmi követelményeket és ellenőrzési feladatokat, amelyek betartásával a munka baleset és egészségkárosodás nélkül megszervezhető és elvégezhető.
 - Az utasításnak nem kell tartalmaznia azokat az alapvető szakmai ismereteket (pl. szerszámok használata, egyszerű munkafogások), amelyek az adott szakképzettségű dolgozótól egyértelműen elvárhatók.
- Javítókészlet-jegyzék.
- A javítókészlet-jegyzék a termék vagy termékcsoport üzemeltetéséhez és javításához szükséges tartalék alkatrészek, szerszámok, tartozékok és anyagok rendeltetését, mennyiségét és a szállítmány csomagolásban elfoglalt helyét meghatározó okmány. Általános esetben a jegyzék tartalma:
1. Tartalék alkatrészek.
 2. Szerszámok, célkészülékek.
 3. Külön tartozékok, mérőeszközök.
 4. Anyagok.

8.4.3. Karbantartási szerződések

A karbantartási szerződések terjedelme és tartalma különféle lehet. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a legtöbb karbantartási szerződés jogi szempontból nem kifogástalan, ez pedig későbbi viták okozója lehet.

A karbantartási szerződések négy fajtáját lehet megkülönböztetni:

- részleges karbantartási szerződés,
- teljes karbantartási szerződés,
- karbantartási keretszerződés és
- vegyes tartalmú szerződések.

A karbantartási szerződések közönséges jogi ügyletek két jogi személy között valamilyen szolgáltatás teljesítésére. Különös figyelmet kell fordítani az általános szerződési feltételek kialakítására; a kötelezettségeket a vállalkozói szerződés törvényes irányelveinek megfelelően kell megfogalmazni. Célszerű saját általános szerződési feltételeket kidolgozni.

A szerződésnek minden esetben világosan magába kell foglalnia:

- a szerződés tárgyát, a tartalmi behatárolást,
- a kötelezettségi szándékot,
- a megbízást és vállalást, azok formáját,
- a bizonylatolást, készítendő nyilvántartásokat, jelentéseket,
- harmadik fél részvételét,
- a berendezések megnevezését,
- az előírás szerinti állapot meghatározását,
- a munkák terjedelmét, leírását, a karbantartási műveletek időközeit,

- a beépítendő alkatrészek beszerzését és elszámolását,
- a díjazást: az árakat és a fizetési feltételeket,
- egyéb megállapodásokat:
 - a szerződés időtartama,
 - felmondási határidő,
 - felelősség, szavatosság,
 - biztosítékok,
 - a szerződés módosítás feltételei,
 - vitás kérdések rendezése,
- a környezetet veszélyeztető anyagok biztonságos eltávolításának szavatolását,
- a vonatkozó hatósági előírásoknak megfelelő kezelési feltételek rögzítését.

Ezekon kívül egyértelműen kell az információs találkozási pontokat meghatározni a kapcsolódó részlegek és a partnerek felé.

Minden üzemeltető vállalatnak érdeke, hogy ellenőrizni tudja a karbantartási szerződések teljesítését. Ezt két dolog is alátámasztja. Az egyik az a tény, hogy a berendezések karbantartásáért – különösen munkavédelmi szempontból – az üzemeltető vállalatot terheli a felelősség, míg a másik tényező az, hogy egyre nagyobb a karbantartási szerződések összege. Ezért jól képzett vállalati szakembereknek kell a munkákat ellenőrizni akkor is, ha teljes felelősséggel adták ki azokat külső vállalatoknak.

Az alapos, átgondolt szerződés, világos definíciókkal, csökkenti a konfliktusok bekövetkezését.

IRODALOMJEGYZÉK

Christian Eichler: A karbantartás tervezése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.

Dúll Sándor: Üzemfenntartás, karbantartás. YMMF segédlet, Debrecen, 1994.

Gaál Zoltán – Kovács Zoltán: Megbízhatóság, karbantartás. Veszprémi Egyetemi Kiadó, 1999.

Janik József: Gépüzemfenntartás I-II. Dunaújvárosi Főiskolai Kiadó, 2001.

ProTeus a CMMS megoldás. Ophys Kft.

Vadász Emil: TMK zsebkönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

Voyager – egy integrált állapotfüggő karbantartási környezet. Delta-3N Kft.