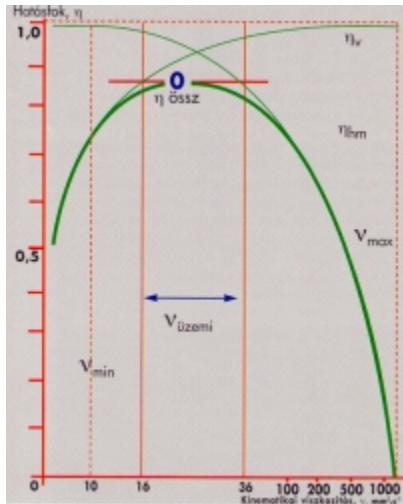


Hidraulikus munkafolyadékok II. - A hidraulikus munkafolyadékok alapvető tulajdonságai

Szakkikkek

A hidraulikus munkafolyadékok elsődleges feladata az energiaátvitel, ami erőközvetítésből és a berendezés által determinált sebességű mozgás átviteléből tevődik össze. A hidraulikus rendszer működése során lejátszódó fizikai folyamatokra alapvető hatással van a munkafolyadék viszkozitása és összenyomhatósága. A rendszer üzemi jellemzőinek optimalizálása ezen tulajdonságok ismeretében, a működés során bekövetkező változások figyelembevételével lehetséges.

Viszkozitás



A munkafolyadéknak hozzá kell járulnia a rendszer biztonságos üzeméhez hidegindításkor, üzemi hőmérsékleten és az esetleges túlterhelések során jelentkező hőmérséklet-emelkedés esetén is. Az 1. ábra a hidraulikus rendszer hatásfokának (η) változását mutatja a munkafolyadék kinematikai viszkozitásának (ν) függvényében. Gazdaságos üzemeltetés a hatások maximumának környezetében, az ú.n. üzemi tartományban lehetséges. A munkafolyadékot tehát úgy kell megválasztani, hogy az üzemi hőmérsékletre tartozó viszkozitása a maximális hatásfokot biztosító viszkozitás közelében legyen.

Ahhoz, hogy a berendezést minimális működés-korlátozással rövid idő alatt el lehessen indítani, az olajnak kellően kis startviszkozitással (ν_{start}) kell rendelkeznie az indítási hőmérsékleten. A hidraulikus munkafolyadékok megengedhető legnagyobb startviszkozitása 800-1000 mm²/s.

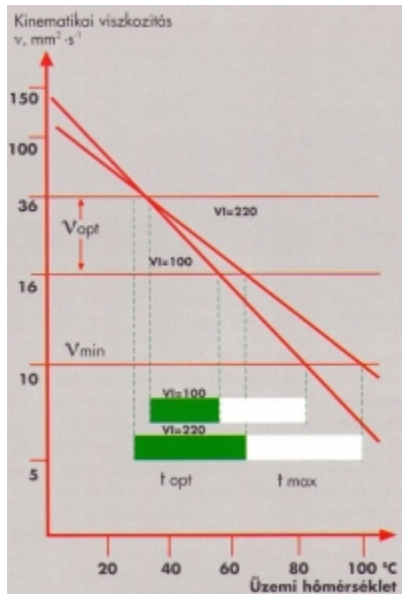
Az üzemi tartomány teljes üzemképességű munkafolyadékot igényel. Az üzemi tartomány határain a hidraulikus berendezés hatásfok csökkenése nem nagyobb, mint a maximális hatásfok 2-3%-a. Ezért a munkafolyadék viszkozitása a $\nu_{üzemi}$ =16-36 mm²/s határok között változhat az elérhető maximális hatásfok biztosítása érdekében. A megadott határokon belül a konkrét berendezés jellemzői határozzák meg a maximális hatásfokot biztosító viszkozitás értékét.

Magas hőmérsékleten a viszkozitás csökken, a növekvő mértékű vegyes súrlódás és a részveszteségek növekedése korlátozza az elérhető hatásfok értéket. Tapasztalati alapon a hidraulikus munkafolyadékok limitált legkisebb viszkozitása (ν_{min}), amely csak rövid ideig megengedhető túlterhelésnél léphet fel: ν_{min} =10-25 mm²/s, a berendezés függvényében. Amennyiben a viszkozitás ezen határ alá csökken, az elmozduló felületek között nem alakul ki megfelelő kenőfilm, a berendezés kopása jelentősen felgyorsul. A nem megfelelő viszkozitás az alábbi veszteségeket, működési zavarokat idézi elő:

- A nagyobb viszkozitású olaj nagyobb súrlódási, áramlási ellenállást eredményez, ezáltal rontja a hidromechanikai hatásfokot. A vezérlő elemek működési sebessége csökken, amiből funkcionális zavarok is adódhatnak. A szivóágban töltési veszteségek keletkeznek és ezáltal kavitációs károk adódnak. Fokozottan veszélyes helyzet alakulhat ki a szivóágba épített szűrő esetén.
- A kisebb viszkozitás nagyobb részveszteségeket eredményez, ez rontja a volumetrikus hatásfokot, a berendezés nem tud megfelelő teljesítményt leadni. A tömítések mentén az olaj szivárogni fog. Csökken a kenőfilm vastagsága és a vékony film nagyobb kopási hajlamot idéz elő a csapágyakban.

A felhasználás során nagy mechanikai igénybevétel esetén a hidraulikaolajok viszkozitása kis mértékben csökkenhet az olaj lenyíródása következtében. A hosszú távú biztonságos működés szempontjából az az olaj kedvezőbb, amelynek a viszkozitása a felhasználás során csak kis mértékben változik.

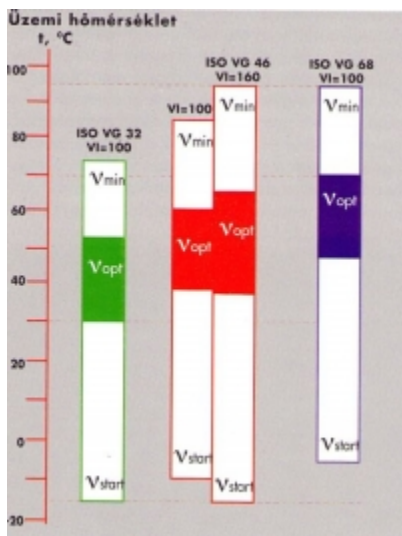
A viszkozitás és a hőmérséklet összefüggései



A hidraulikus munkafolyadékok viszkozitás-hőmérséklet tulajdonságát az olaj viszkozitási indexével (VI) jellemezzük. A nagyobb viszkozitási indexű olajok szélesebb munka- és hőmérsékleti tartományban alkalmazhatók a megfelelő hatásfok, startviszkozitás és üzembiztonság mellett. A hidraulikus folyadék megkívánt VI-ét a működési hőmérséklet-tartományból határozhatjuk meg.

Látható, hogy a munkafolyadékok VI-ének javításával a munkaterület jelentősen, az optimális működési tartomány azonban csak kevésbé növelhető. Ez az előny hideg oldalon is jelentkezik, mert a magasabb viszkozitási indexű olajnak kedvezőbb a startviszkozitása.

A magas viszkozitási indexű ($VI > 140$) olajokat "többfokozatú" hidraulikaolajnak is nevezik, mert kedvező folyási tulajdonságaikból adódóan az ábrán látható előnyöket biztosítják a felhasználóknak.



A megnövelt viszkozitási indexű ISO VG 46-os olaj hideg oldali tulajdonságai a szokásos viszkozitási indexű ISO VG 32-es, meleg oldali tulajdonságai pedig a szokásos viszkozitási indexű ISO VG 68-as olajjal egyezik meg. Tehát a szezonális téli-nyári környezeti hőmérséklettel függő viszkozitási fokozat alkalmazása helyett egy emelt viszkozitási indexű termék használata praktikusabb.

Ez a megállapítás elsősorban a szabadban működő berendezésekre vonatkozik. A télen fűtött helyiségekben elhelyezett berendezéseknél az emelt viszkozitási indexű munkafolyadék használata csak akkor indokolt, ha a hidraulikus kör különböző helyein lényegesen eltérő hőmérsékletek alakulnak ki.

Felhasználás közben azonban a magas VI-ű hidraulikaolajok viszkozitás-csökkenésével kell számolni a lenyíródás következtében.

Ennek meghatározására alkalmazzuk a nyírásstabilitási indexet, melyet SSI-vel jelölünk. Az így megadott %-os viszkozitás változás adott hőmérsékleten az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$SSI = \frac{\nu - \nu^*}{\nu - \nu_0}$$

ahol:

ν - viszkozitás a nyírás előtt [mm²/s]

ν^* - viszkozitás nyírás után [mm²/s]

ν_0 - az alapolaj viszkozitása [mm²/s]

Viszkozitás-nyomás kapcsolat

A viszkozitást normál nyomáson (atmoszférikus nyomás) mérik. A nyomás növelése a viszkozitás emelkedéséhez vezet (200 bar-tól kell vele számolni, 400 bar-nál a viszkozitás már megduplázódik), amit feltétlenül számításba kell venni. A viszkozitás-növekedést a nyomás függvényében az alábbi összefüggéssel lehet a gyakorlat számára kielégítő pontossággal meghatározni:

$$\eta_p = \eta_0 \cdot e^{k \cdot p}$$

ahol

η_p - dinamikai viszkozitás adott nyomáson

η_0 - a dinamikai viszkozitás normál légköri nyomáson (1 bar)

p - nyomás [bar]

k - viszkozitás-nyomás kitevő [bar⁻¹]

Összenyomhatóság

A folyadékok a szilárd anyagokhoz hasonlóan nyomás hatására változtatják térfogatukat. Ezt a jelenséget nagy nyomások esetén a hidraulikus rendszerben alkalmazott elemek (útváltók, szivattyúk, motorok) konstrukciós kialakításával is figyelembe kell venni. Valamely hidraulikus részegység túlterhelése tehát nem csupán biztonságtechnikai kérdéseket vet fel. A túlzott mechanikai igénybevétel önmagában is a rendszerelem gyors elhasználódását eredményezi, ezen túlmenően az áramló hidraulikus munkafolyadék rugalmas térfogatváltozásaiából eredő nagy sebességek eróziós károkat okoznak.

A kis viszkozitású munkafolyadékok - akár a folyadék természetéből adódóan, akár a magas hőmérsékletből eredően alacsony viszkozitás - magasabb kompresszibilitási faktorral rendelkeznek, a berendezések lágyabban működnek. A nagyobb olajtérfogatok, vezetékcsatlakozások, oldatlan (távozó) gázok tovább csökkentik a berendezés "merevségét". A kérdést, hogy a hidraulikai berendezés merev vagy lágy, kíméletes, esetleg rezgésekre hajlamos - a levegőelváló-képesség (LAV) kivételével - általában nem az ásványolaj fizikai tulajdonságait határozzák meg. A munkafolyadék nem megfelelő levegőelváló-képessége miatt bennmaradó levegőbuborékok összenyomhatóságuk révén jelentősen megváltoztatják a hidraulikus berendezés dinamikus jellemzőit, csökkentik a rendszer merevségét. A berendezés rugalmasságát figyelembe kell venni, szükség esetén meg kell tenni a megfelelő konstrukciós intézkedéseket a lengések, rázkódások elkerülése érdekében.

A hidraulikus munkafolyadékot jellemző kompresszibilitási tényező:

$$\beta = \frac{\Delta V}{V \cdot \Delta p} = (3..8) \cdot 10^{-5} \left[\frac{1}{\text{bar}} \right]$$

ahol:

V - eredeti térfogat [m³]

ΔV - térfogatváltozás [m³]

Δp - nyomásváltozás [bar]

A berendezés egészére vonatkozó kompresszibilitás értéke nagyságrendekkel is kisebb lehet az imént megadott tartományánál. Nyomásnövekedés hatására a csővezetékek átmérője és hossza rugalmasan növekedik, ami lágyabbá teszi a berendezés működését.

Hővezetés és hőtágulás

A hidraulikai rendszerbe betáplált energiát mechanikai munka és hőenergia (veszteség) formájában nyerjük vissza. A cél az, hogy a bevitt energia minél nagyobb arányban munkává alakuljon. Egy rendszerben minden elem, amely a folyadék útját akadályozza, potenciális energiaveszteséget jelent. Ezért kerülni kell minden felesleges elem rendszerbe építését. A helyi túlmelegedések elkerülése érdekében a veszteséghőt a keletkezés helyéről a tartályokhoz, hőcserélőkhöz kell vezetni.

A veszteséghő elvezetése a hidraulikai munkafolyadék feladata. A hidraulikaolaj tartály falai és egyéb szerkezeti elemek felületei sok esetben elegendőek a keletkezett hőenergia leadására, míg más esetekben - elsősorban meleg üzemű berendezéseknél - szükség lehet hűtőberendezés üzembe helyezésére.

Különösen nagy töltetek esetén kell gondolni a folyadék hőtágulására. A hőmérséklet-emelkedés okozta térfogat-növekedés:

$$\Delta V = V \cdot \gamma \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T$$

ahol:

V - az olajtöltet eredeti térfogata felmelegedés előtt [m³]

ΔT - az olajtöltet hőmérséklet-növekedése [K]

Az olajtöltet és a rendszer túlmelegedése nemcsak a hidraulikus berendezés működésére van kedvezőtlen hatással, hanem a munkafolyadék gyorsabb elhasználódását is elősegíti. Az ásványolaj bázisú hidraulikus folyadékok ajánlott üzemi hőfokai:

- Bejáratás alatt: 30-50 °C-kal nagyobb a környezeti hőfoknál
- Tartós üzemben: 70-90 °C alatt (olajtípustól függően)
- Rövid ideig: kevéssel 80 °C illetve 100 °C felett (olajtípustól függően)