



ZX-100

Tekniset muovit



Sisällys

1.0	Raaka-aine -erittely ominaisuudet käyttöalue	3
1.1	Mekaaniset ominaisuudet	3
1.2	Fysikaaliset ominaisuudet	4
1.3	Kemiallinen kestävyys	4-5
1.4	Referenssisovellutuksia	6
2.0	Kuivaliukuminen	7
2.1	Metalliliukupinnan pintakovuus	7
2.2	Metalliliukupinnan pintakarheus	8
2.3	Metalliliukupinnan raaka-aine	8
2.4	Muoviliukupinnan lämpötila	8
3.0	Sallittu mekaaninen kuormitus kuivaliukumisella	8-9
4.0	Rakenne (suuntaviivat ZX-100 suunnittelussa)	9
4.1	Dynaaminen kuormitus	9
4.2	Staattinen kuormitus	9
4.3	Isukuormitus	9
4.4	Laakeripituus	9
4.5	Laakerivällys	9
4.6	Laakerivällys, kostea ympäristö	10
4.7	Laakerivällys, lämpötilasta riippuvainen	10
4.8	Asennus laakeripesään	10
5.0	Taulukoita ja kaavioita	11-18

1.0 Raaka-aine -erittely

ZX-100 on polyeteenitereftalaatteihin (PETP) ja muihin polymeereihin pohjautuva muovi. Alusta lähtien ZX-100 on osoittanut sopivuutensa lukuisissa erittäin kuormitetuissa ja rasitetuissa rakenteissa. Referenssiluettelossa on kuvattu, miten erilaiset käyttäjät ovat hyödyntäneet aineen ominaisuuksia.

OMINAISUUDET

Käytön onnistuminen riippuu alla lueteltujen teknisten ominaisuuksien ainutlaatuisesta yhdistelmästä:

- kuormituskestävyys
- muotojäykkyys
- suuri reunanpaineen kesto
- kulumiskestävyys
- kuivaliukumisominaisuudet
- peitäntäkyky
- liukumisominaisuudet
- stick-slip -suhde
- mittapysyvyys

KÄYTTÖALUE

Koneilla ja rakenteilla, joissa on käytetty ZX-100:aa, on sen ominaisuuksista johtuen säännöllisesti huomattavasti suurempi hyötykäyttö ja pitempi käyttöikä kuin käytettäessä laakerimetalleja. Tämän johdosta ZX-100 on jo vuosia ollut menestyksellisesti käytössä seuraavissa kohteissa:

- liukujohteina työstökoneissa
- liukujohteina puristimissa
- liukujohteina muissa kohteissa
- huoltovapaina liukulaakereina
- juoksupyörinä suurelle kulumiselle alttiissa koneen osissa

ZX-100:n käytöstä työstökoneiden liukukiskoina on erikoisohjeita.

1.1 Mekaaniset ominaisuudet

Ominaisuus	ZX-100:n arvo	Koestusmenetelmä
Vetokoe:		
Vetojännitys	57 N/mm ²	53455
Venymä vetojännityksessä	4,0%	53455
Murtolujuus	48 N/mm ²	53455
Murtovenymä	350%	53455
Taivutuskoe:		
Taivutusrajajännite		
Taipuma-0,6 cm	63.5 N/mm ²	53452
E-moduli	1.800 N/mm ²	53452
Painekoe:		
Puristusjännitys	75 N/mm ²	53454
Iskukoe:		
Iskusitkeys	Ei murtumaa	53453
Leikkauslujuus	5.4 Nmm/mm ²	53453
Brinell (kuula) kovuus	103 n/mm ²	53456

1.2 Fysikaaliset ominaisuudet

Ominaisuus	ZX-100:n arvo	koestusmenetelmä
Tiheys	1.29 g/cm ³	53479
Sulamislämpö	250 °C	
Ominaislämpö (100 – 20°C)	0.36 kcal/kg°C	
Pituus- lämpölaajenemiskerroin	7.8 m/m/°Cx10 ⁻⁵	52328
Lämmönjohtoarvo	0.2 kcal/mH°C	52612
Muotopysyvyys lämmössä:		
- Martensin mukaan	70°C	53458
- ISO-menetelmän mukaan	60°C	53461
- muotokutistuma	0.8-1.2 %	
Veden Imeytyminen:		
- ilmassa, jonka SK 50%	0.2 %	
- vedessä 23°C	0.6 %	

1.3. Kemiallinen kestävyys

ZX-100 pohjautuu polyeteenitereftalaatteihin (PETP): Tämä aine erottuu monista muista muoviaiaineista hyvän kemiallisen kestävyytensä ansiosta. Koostumus ja materiaalistruktuuri vaikuttavat määrättyyn rajaun saakka kemialliseen kestävyys. ZX-100 kestää yleensä erittäin hyvin aromaattisia ja alifaattisia hiilivety-yhdisteitä, öljyä ja rasvoja.

ZX-100:aan eivät vaikuta laimeat hapot, ei-alkaaliset suolaliuokset eivätkä perhalogenoitunut hiilivety-yhdisteet. Eräät moniarvoiset alkoholit, esterit ja osittain halogenoitunut hiilivedyt aiheuttavat jonkin verran turpoamista. Turpoamisen aiheuttama pehmeneminen ei aiheuta pysyviä epäkohtia. Kiteytyminen synnyttää läpinäkymättömän pintavärin.

Hapettavat mineraalihatot syövyttävät ZX-100:aa ja se liukenee väkeviin emäksiin, fenoleihin, kresoleihin ja vastaaviin kemiallisiin yhdisteisiin. Huoneenlämpöinen vesi ei vaikuta kemiallisesti eikä fysikaalisesti. ZX-100 ei ime vettä juuri lainkaan (max 0,3%). Imeytynyt vesi ei vaikuta pehmentävästi. Lämmintä vettä ZX-100 ei kestä, koska se muiden polykondensaatiotuotteiden tavoin on hygroskooppista ja hajoaa vähitellen. Höyryssä ZX-100 hajoaa verrattain nopeasti. ZX-100:n kemiallista kestävyyttä ei pidä sekoittaa murtojännitealitiuteen, jolla tarkoitetaan nopeutunutta murtumis- ja halkeamamuodostumista, jota syntyy tiettyjen tekijöiden vaikutuksesta mekaanisesti rasitetuissa koneenosissa. Mekaaniset jännitykset tai kemialliset aineet yksistään eivät aiheuta vastaavia vahinkoja - tai aiheuttavat niitä vasta pitkähkön ajan kuluttua. Murtojännityksiä esiintyy lähinnä amorfisissa polymeereissä.

ZX-100:sta tehdyt osat eivät ole juuri lainkaan alttiita em. ilmiöille, kun sitä vastoin amorfisten tuotteiden joukossa tämä ilmenee vain bensiinin, propylenkloridin ja joidenkin alkoholien, esterien ja ketonien vaikutuksesta.

Kemiallinen kestävyys huoneenlämmössä

taulukossa esitetyt arvot on saatu kestävyyttä mittaavista kokeista, joissa kuormittamattomia koesineitä (ISO-I-sauvoja) pidettiin 2 kuukauden ajan erilaisissa kemikaaleissa. Kestävyys jaetaan kolmeen eri kestävyysluokkaan seuraavasti:

- + Kestävä (resistentti). ei vaikutusta, ei lainkaan tai vähäisessä määrin painonmuutosta (alle 1%), mekaanisten ominaisuuksien muutos alle 10%.
- 0 Rajoitetusti kestävä: määrätyn ajan kuluttua silminnähtäviä muutoksia (10-50%) mekaanisissa ominaisuuksissa, painonmuutoksia (1-5%), lyhytaikainen yhteys kemikaaleihin määrättyissä tapauksissa sallittu.
- Ei kestävä: aine hajoaa ja/tai liukenee erittäin nopeasti, painomuutokset yli 5%, mekaanisten ominaisuuksien huononeminen yli 50%.

Aine	Laatu	Kestävyys
Epäorgaaniset hapot (ei hapettavat)	Väkevä	-
	Laimennettu (1:1)	+
	voimakk. laimennettu	+
Epäorgaaniset hapot (hapettavat)	Väkevä	-
	Laimennettu (1:1)	-
	voimakk. laimennettu	+
Orgaaniset hapot	Väkevä	0
	Laimennettu (1:1)	+
	voimakk. laimennettu	+
Emäkset	Väkevä	-
	Laimennettu (1:1)	0
	voimakk. laimennettu	+
Suolaliuokset	hapan	+
	neutraali	+
	emäksinen	+
	öljy ja rasva	+
Alifaattiset hiilivedyt	öljy ja rasva	+
Aromaattiset hiilivedyt	fenoli	-
Halogeeni-hiilivedyt	perhalogenoitu	+
	osittain halogenoitu	-
	alkoholit	+
Alkoholit	yksiarvoiset	+
	useampiarvoiset	+
Ketonit		+
Esterit		+
Eetterit		+

1.4. Referenssisovellutuksia

ZX-100:aa käytetään nykyään hyvin menestyksellisesti lukuisissa eri kohteissa. Seuraavassa esitämme muutamia esimerkkejä vaihtelevista sovellutuksista, joita tähän mennessä on toteutettu:

KOHDE:	SOVELLUTUS:	ON KORVANNUT:	REF.:
Työstökoneet:			
Porakoneet	liukujohde	-	
Jyrsinkoneet	”	-	
Sorvit	”	-	
Hiomakoneet	”	-	
Jyrsinlaitteet	”	-	
Työstökeskukset	”	-	
Porauslaitteet	”	-	
Pitkän reiän porak.	”	-	
Tekstiilikoneet:			
Kutomakoneet	tartuntaohjaimet	-	-
Puristimet:			
Epäkeskopuristimet (auton)kori- puristimet	liukujohteet	pronssi	-
Romupuristimet	”	pronssi	-
	”	pronssi	-
Pumput:			
Vesipumput	akselilaakerit akseliliukulaakerit	kovametalli pronssi	-
Traktorit:			
	akselipuristinlaakeri	pronssi	IHC, KHD
	heiluriakselin laakeri	”	”
	laakeri	”	”
	jarrupoljinlaakeri	”	”
	kytkinpoljinlaakeri	”	”
Paperin käsittely:			
Kirjekuorikoneet	kostutus- ja liimatela	polyamidi	Winkler & Dunnebier
Liimanlevityskoneet	levitin	polyamidi ym.	Hymmen Burkle
Nosturit:			
Pylväsnosturit:	laakerointi ja liuku	pronssi ja bakeliitti	Epsilon
Kuulalaakerikehä	diablo-levyt	polyamidi	

2.0. Kuivaliukuminen

TRIBOLOGISIA TUTKIMUKSIA

Esitetyt taulukot ja kaaviot (s.11) antavat yleiskäsityksen ZX-100:sta tehtyjen koneenosien kulumis- ja liukumisominaisuuksista kuivaliukumisessa. Vertailun vuoksi on testattu myös muita muoviaineita, joita käytetään paljon teollisuudessa. Vaikkakin ZX-100:sta tehtyjä osia voidellaankin usein, niin erikoisesti kuivaliukumis- ja sekakitkaolosuhteet ovat merkityksellisiä.

Niin kauan kuin nestekitka (voiteleva kalvo) vaikuttaa, ts. voiteluaine erottaa liukupinnat toisistaan täysin, on liukupintojen ominaisuuksilla vain vähäinen merkitys. Käytetyillä voiteluaineilla on näissä tapauksissa ratkaiseva vaikutus liuku- ja kulumisominaisuuksiin. Näissä tapauksissa, jolloin liukupinnat eivät joudu kosketuksiin toistensa kanssa ja niitä erottaa toisistaan hydrodynaaminen nestekalvo, ei tapahdu lainkaan kulumista. Käytännössä ei kuitenkaan aina saavuteta hydrodynaamisia tai hydrostaattisia voiteluolosuhteita, mikä merkitsee sitä, että myös näissä tapauksissa on liuku- ja kulumisolosuhteilla ilman voiteluainetta usein ratkaiseva merkitys.

Epätäydellistä voitelua voi aiheuttaa esim:

- korkea pintapaine
- korkea reunapaine, kun voitelukalvo työntyy syrjään
- aaltoilevat liukumisliikkeet
- pystysuorat liukulaakeroinnit, jolloin ei voitelukalvoa yleensäkään synny

Tämän lisäksi on tietysti suuri joukko rakenteita, joissa eri syistä ei voida käyttää voiteluaineita, vaan halutaan saavuttaa optimaalinen laakerointi kuivaliukumisella. Näin ollen voiteluaineettomassa laakeroinnissa laakeriaineen ominaisuuksilla ja liukupintojen ulkonäöllä on merkitystä. Tämän vuoksi onkin ne kokeet, joiden tulokset on selvitetty kuviossa 5.01, tehty yksinomaan kuivaliukumisesta.

Jotta eri materiaalien keskinäiset vertailut olisivat tarkoituksenmukaisia, vaaditaan koeparametrien pitämistä vakiona mitattaessa liuku- ja kulumisolosuhteita. Jos vastaliukuaineen käyttöolosuhteet tai pintaominaisuudet muuttuvat, muuttuvat myös absoluuttiset arvot, vaikka arvostusjärjestys pysyykin tavallisesti muuttumattomana.

2.1. Metalliliukupinnan pintakovuus

Pintakovuuden merkitys määrättyssä pintasyvyydessä on esitetty graafisesti kuviossa 5.12. Kuvioista selviää, että kulumisen vähenee metalliliukupinnan kovuuden lisääntyessä. Metallipintojen vähäisempi kulumisen johtuu siitä, että kova pinta silottuu useammin sisäänajon jälkeen kuin pehmeiden metallien pinta. Tämän aiheuttaa se, että muovinen liukuvastepuoli ei hio kovemman metallin pintakärkeä, vaan sisäänajon aikana muovi kuluu ja täyttää pintakärkien väliset syvennykset tasoittaen siten metallipinnan. Sen sijaan vähemmän kovien metallien suhteen myös niiden pinta kuluu sisäänajossa, jolloin muoviliukupintaan tarttuneet metallihiukkaset hiovat hyvinkin pian pois metalliliukupinnalle syntyneen siloisuuden.

Tästä johtuen metalliliukupinnoille saadaan optimaaliset liuku- ja kulumisolosuhteet, kun pintakovuus on yli 50 HRc. Em. tutkimukset lähtökohtana, seuraavat tutkimukset on tehty etupäässä metalliliukupinnoilla, joiden pintakovuus on 54-56 HRc.

2.2. Metalliliukupinnan pintakarkeus

Kuviosta 5.02 selviää, että ZX-100:sta valmistetut osat kuluvat vähiten, kun metalliliukupinnan pintasyvyys on 0,1-0,3 µm. Koska metalliliukupinta kuitenkin silottuu sisäänajokulumisen aikana, saavutetaan optimaaliset kulumisolosuhteet, jos metallipinnan pintasyvyys ei ylitä 1,0 µm Rt. Sääntönä voidaan pitää, että tämänkaltainen pintarakeisuus tasoittuu sisäänajon aikana optimaaliseen pintasyvyyteen. Tätä pintasyvyyttä on aina käytettävä, jos halutaan ZX-100 –osista pitkäikäisiä ja vähän kulumia.

Käytännössä ei kuitenkaan turvauduta tällaisiin hienoihin pintarakeisuuksiin, koska korkeat työstämiskustannukset eivät ole taloudellisesti kannattavia. Tämän lisäksi ZX-100:lla on niin hyvä kulutuskestävyys, että se laakerin käyttöikänsä nähden ei ole tarpeellistakaan. Tämän vuoksi on kaavioiden 5.01 – 5.14 kokeet tehty metalliliukupinnalla, jonka pintarakeisuus on 2 µm Rt, koska pintasyvyys alueella 3-4 µm Rt on yleensä aikaansaataavissa taloudellisesti kannattavilla menetelmillä. Kokemukset osoittavat, että tällaisten pintojen tasoittuminen tapahtuu siten, että niiden pintasyvyys käytännössä sisäänajovaiheen jälkeen on n. 2 µm Rt, mikä merkitsee, että kokeissa käytetyt pintasyvyydet ovat vertailukelpoisia käytännössä esiintyvien arvojen kanssa.

2.3. Metalliliukupinnan raaka-aine

Metalliliukupinnan erilaiset raaka-aineet antavat erilaisia arvoja kulumiskestävyyskokeissa. Kaavio 5.14 esittää vertailun erilaisten metalliliukupintojen suhteellisesta kulumisesta.

2.4. Muoviliukupinnan lämpötila

Muoviliukupinnan lämpötilan nousu aiheuttaa sallitun pv-arvon alenemista, mikä merkitsee lisääntyneitä kulumista. Sen lisäksi staattinen ja dynaaminen kitkakerroin suurenee.

ZX-100:n kulumiskerroin huonelämpötilassa on:

$$K = 0,1 \text{ ccm} \times \text{min/kp} \times \text{m} \times \text{h}$$

Lämpötilassa 150° nousee K-arvo

$K = 1,3 \text{ ccm} \times \text{min/kp} \times \text{m} \times \text{h}$ ja staattinen/dynaaminen kerroin 0,2/0,13 :sta 0,35/0,24 :ään samoissa lämpötilaolosuhteissa. Muutoin on muoviliukupinnan lämpötila ZX-100 liukukappaleen kuormittavuuden mitta. Sallittua kuormitettavuutta (pv) ei pidä valita niin suureksi, että ZX-100 liukuosien maksimiliukupintalämpötila ylitetään.

ZX-100 liukuosan sietämä maksimi liukupintalämpötila pitkällä tähtäyksellä on n. 200 °C. Sallittu pv-arvo jää kuitenkin tällöin hyvin alhaiseksi. Alle 100°C laakerointilämpötila ei sitä vastoin vaikuta ZX-100 liukulaakeriin sen jälkeen, kun se on puristettu laakeripesään eikä mikään muu akselisuuntainen säätö enää ole mahdollinen.

3.0. Sallittu mekaaninen kuormitus kuivaliukumisessa

V (m/min)	3	30	300	liukunopeus
pV (nm/mm ² min)	84	54	12	kuormitettavuus

Nämä arvot ovat vain suuntaa-antavia ja niitä voidaan eri syistä muuttaa ylös- tai alaspäin (lisätietoja ks. kohta 2). Yleisesti ottaen voidaan lähteä siitä, että ZX-100:sta tehdyt tiivisteholkit tai liukulaakerit saavuttavat pitkän käyttöiän edellyttäen, että käytännössä esiintyvät kuormitukset jäävät yllä esitettyjen arvojen sisäpuolelle.

Käytännössä voidaan liukulaakeria kuitenkin rasittaa huomattavasti enemmän, jos tunnetaan tarkoin käyttökohteiden ja asennus. Tämä pitää paikkansa erityisesti niissä käyttökohteissa, joissa asennusaika on lyhyt eikä käyttöikävaatimus ole pitkä. Käytännössä saattavat edellä esitetyt taulukkoarvot ylittyä jopa 5-kertaisesti.

4.0. Rakenne - suuntaviivat ZX-100 liukulaakerin suunnittelussa

ZX-100 Liukulaakerin suuntaviivat

Kuormituslaji määrää laakeriholkin muodon. On mm. erotettava dynaaminen ja staattinen kuormitus.

4.1. Dynaaminen kuormitus

Suurelle dynaamiselle kuormitukselle joutuvat liukulaakerit on tehtävä ohutseinäisiksi. Dynaamisessa kuormituksessa kehittyvä useimmiten korkea lämpötila ja ohutseinäinen laakeriholkki pystyy helpommin johtamaan lämmön ympäröivään metalliin.

4.2. Staattinen kuormitus

Suurissa staattisissa kuormitustapauksissa on mahdollisuuksien mukaan käytettävä ohutseinäisiä laakeriholkkeja. Tämä pätee ainoastaan niissä kohteissa, joissa ei samanaikaisesti esiinny sysäyskuormituksia. Suuri staattinen kuormitus johtaa liukupintojen elastiseen ja toisinaan plastiseen muodonmuutokseen. Suurempi paksuus taas merkitsee vähäisempää tarkkuutta.

4.3. Iskukuormitus

Suurella iskukuormituksella on käytettävä paksuseinäisiä laakeriholkkeja, koska ne vaimentavat iskuja paremmin.

4.4. Laakeripituus

Laakeriholkin pituus on valittava pienemmäksi tai yhtä suureksi kuin ulkohalkaisija. Tuotantotekniset syyt aiheuttavat sen, että pitkän laakerin valmistuskustannukset voivat aivan hyvin olla yhtä suuret kuin kahden lyhyemmän, mutta yhteispituudeltaan samanmittaisen holkin valmistuskustannukset. Lyhyt laakeriholkki sietää sitä paitsi suuremman dynaamisen kuormituksen.

Tällä hetkellä on valikoima vakioholkkeja valmiina ja lisäksi on mahdollista toimittaa muita pituuksia. Luettelo voimassa olevista vakioholkeista on olemassa.

4.5. Laakerivälitys

Laakeriholkki on puristettava laakeripesään, joka on työstetty toleranssiin H7 tai H8. Laakerivälityksen määräävät holkin toleranssi D9 sekä akselin mitta ja toleranssi. Akselihalkaisijan toleranssi ei saa ylittää nominiarvoa. Käyttökelpoisia toleransseja ovat esim. H9 tai H11.

4.6. Laakerivällys, kostea ympäristö

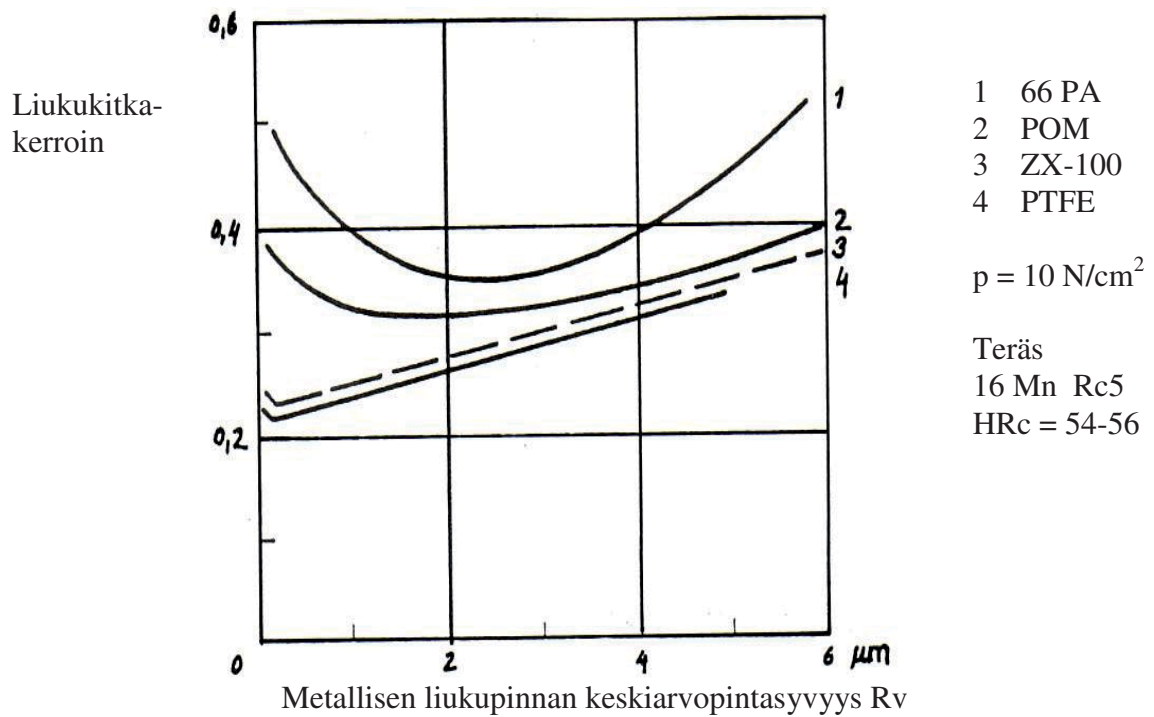
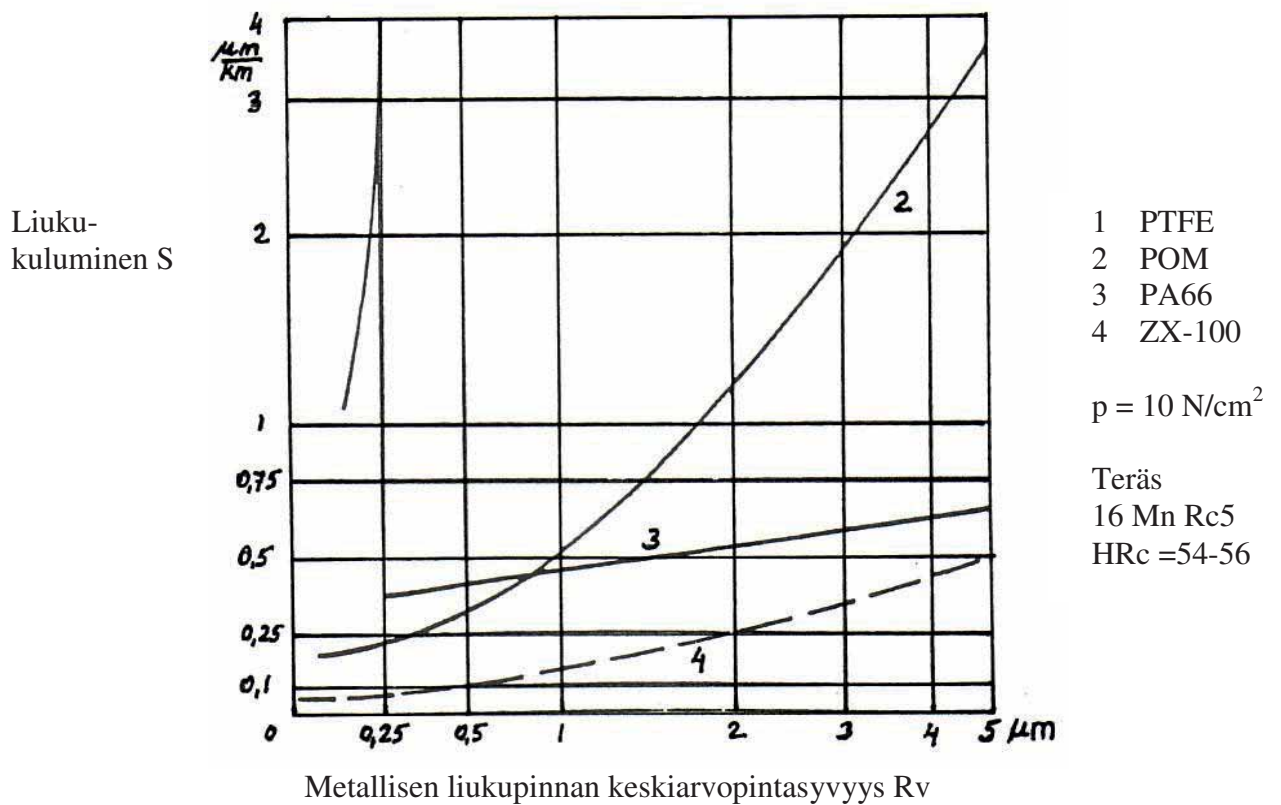
Laakerivällys ei yleensä muutu kosteassa ympäristössä normaalissa lämpötilassa, koska aineen vedenimemiskyky on huono (ks. s.3). ZX-100 liukulaakereita voi ilman vaikeuksia käyttää veteen upotettuina, kunhan lämpötila ei ylitä +80°C.

4.7. Laakerivällys, lämpötilasta riippuvainen

ZX-100:n lämpölaajenemiskerroin on n. 6-7 kertaa suurempi kuin teräksen. Tämä merkitsee sitä, että laakerivällys pienenee lämpötilan noustessa, jos holkki on asennettu metalliseen laakeripesään. ZX-100 vakioholkki on sovitettu kestäväksi maksimi 50°C käyttölämpötilan, mitä sovitukseen ja toleransseihin tulee. Jos holkkia käytetään korkeammissa lämpötiloissa, on toleranssit sovitettava sen mukaisesti.

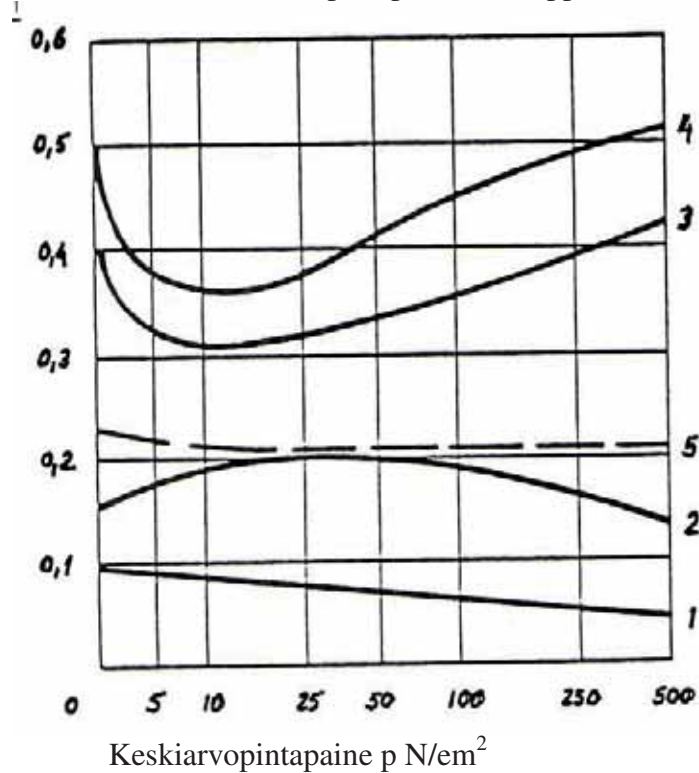
4.8. Asennus laakeripesään

Kaikki laakeriholkit on jollakin tavoin lukittava aksiaalista liikettä vastaan. Useimmiten tämä ratkaistaan siten, että holkki asennetaan puristustiukkuuteen laakeripesään, ts. holkin ulkoläpimitta on hieman ylimitoitettu. ZX-100:lla on huomattavasti suurempi elastisiteettikerroin kuin metalleilla, minkä johdosta ylimitta on tehtävä suuremmaksi aksiaaliliikkeen lukitsemisen takaamiseksi. Tavallisesti valitaan ylimitaksi 0,4 – 1,0 % läpimitasta. Paikoilleen puristamisessa laakeripoikkileikkaukseen syntyneet tangenttijännitykset pienenevät aikaa myöten jännityshäviämisten myötä. Tämä merkitsee sitä, että yli 50°C lämpötilassa käytettävät laakeriholkit on varustettava lisälukituksella, esim. laipassa. Sama tarve tulee esille myös suuren staattisen ja dynaamisen kuormituksen alaisissa laakeriholkeissa.

5.0 Taulukoita ja kaavioita5.01 Eri laakeriaineiden kitkakerroin vastakkain pinnan pintasyvyydestä riippuen5.02 Eri laakeriaineiden kuluminen vastakkaisen pinnan pintasyvyydestä riippuen

5.03 Eri laakeriaineiden kitkakerroin keskiarvopintapaineesta riippuen

Liuku-
kitkakerroin



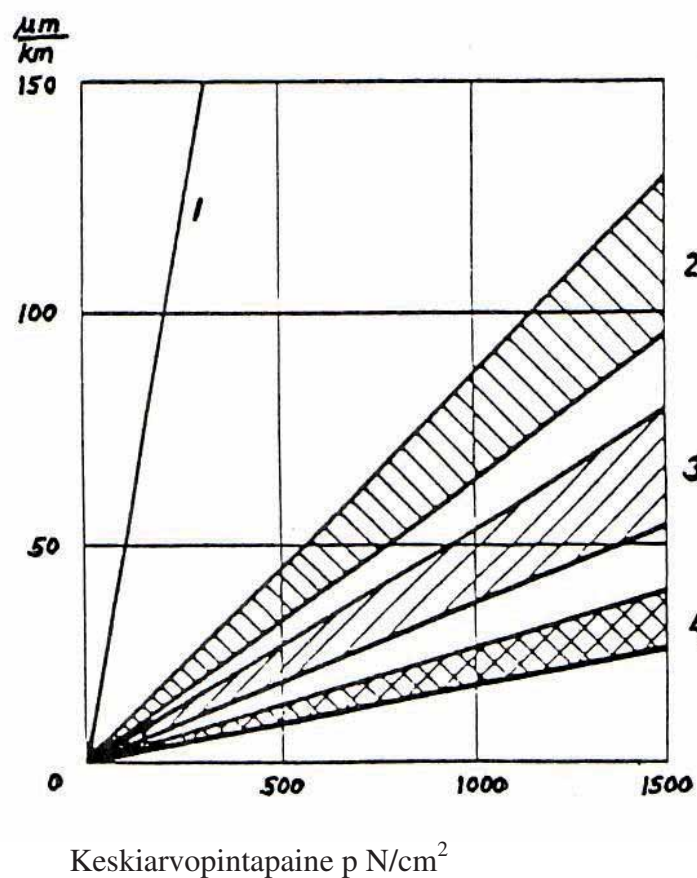
- 1 PTFE $v=0,005$ m/s
- 2 PTFE $v=0,05$ m/s
- 3 POM
- 4 PA-66
- 5 ZX-100

$R_v = 0,2$ μm pos1
 $R_v = 0,5$ μm pos2
 $R_v = 2,0$ μm pos 3-5

Teräs
 16 Mn Cr5
 HRc = 54-56

5.04 Eri laakeriaineiden kuluminen keskiarvopintapaineesta riippuen

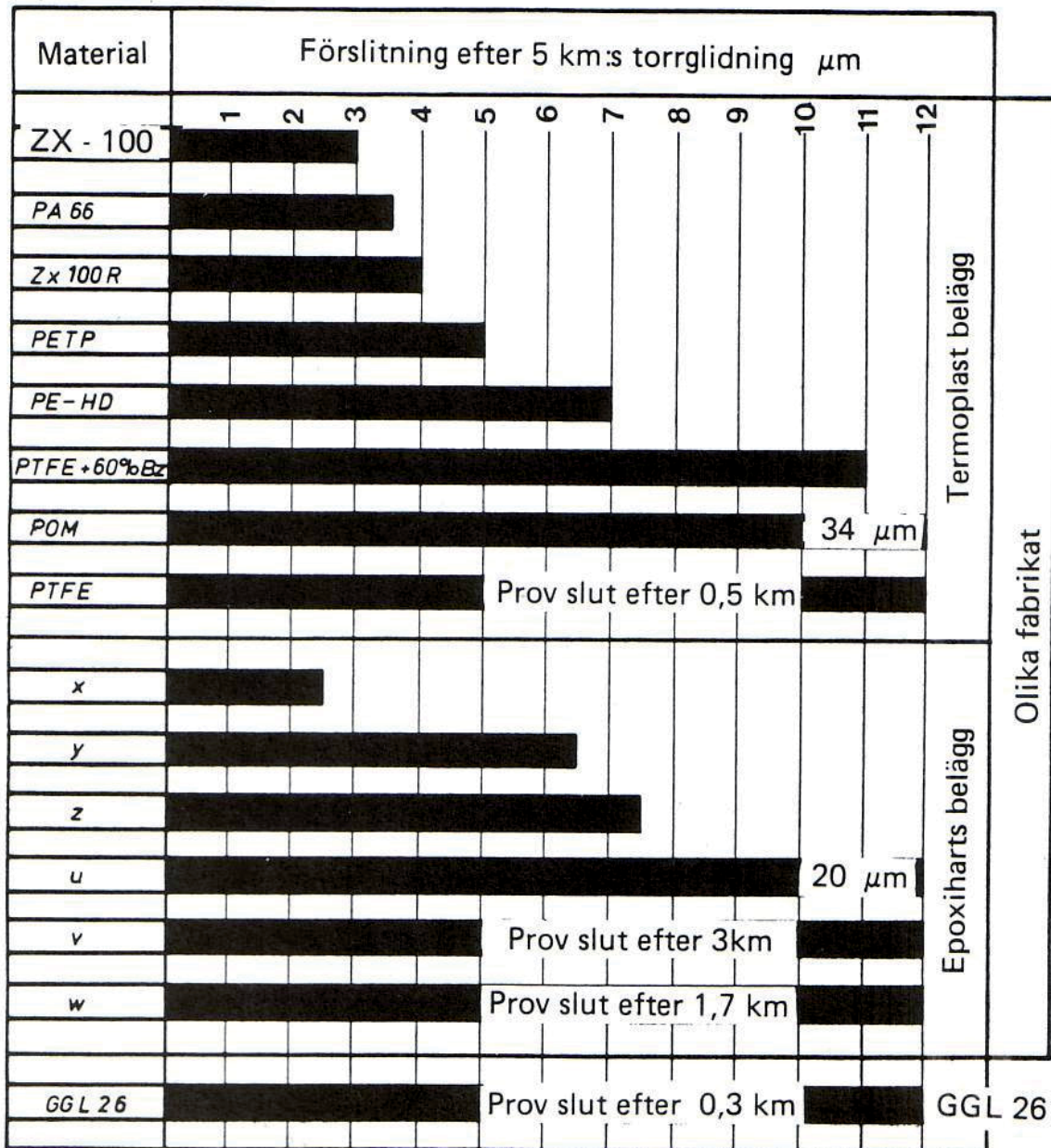
Liuku-
kuluminen S



- 1 PTFE $R_v=0,5$ μm
- 2 POM $R_v = 2,0$ μm
- 3 PA-66 $R_v = 2,0$ μm
- 4 ZX-100 $R_v = 2,0$ μm

Teräs
 16 Mn Cr5
 HRc = 54-56

5.05 Absoluuttinen kuluminen 5 km liukumatkalla



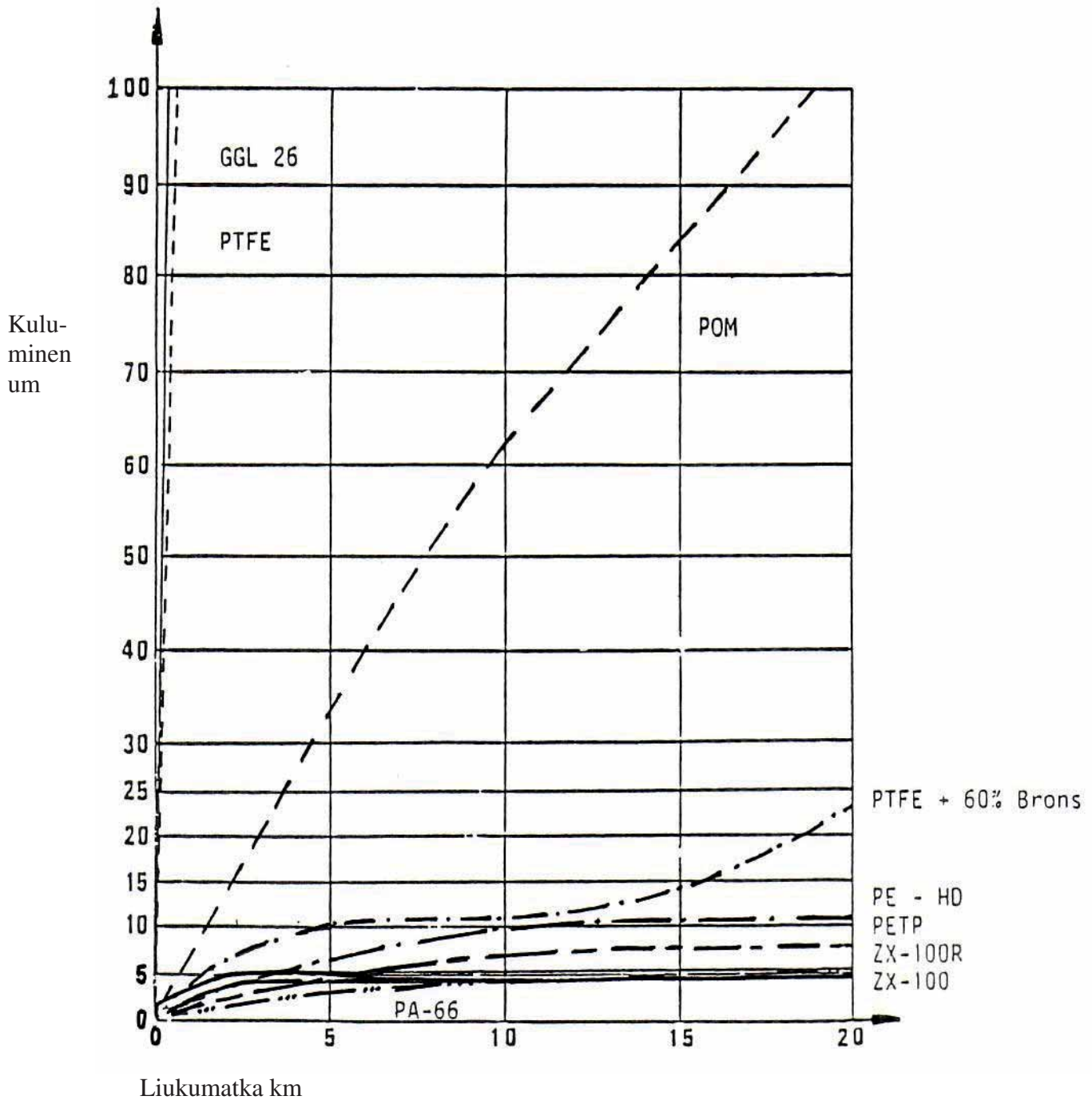
Vasta-aine karkaisematon GGL 26, $R_t = 2,5 \mu\text{m}$, $p = 250 \text{ N/cm}^2$, $v = 6 \text{ m/min}$

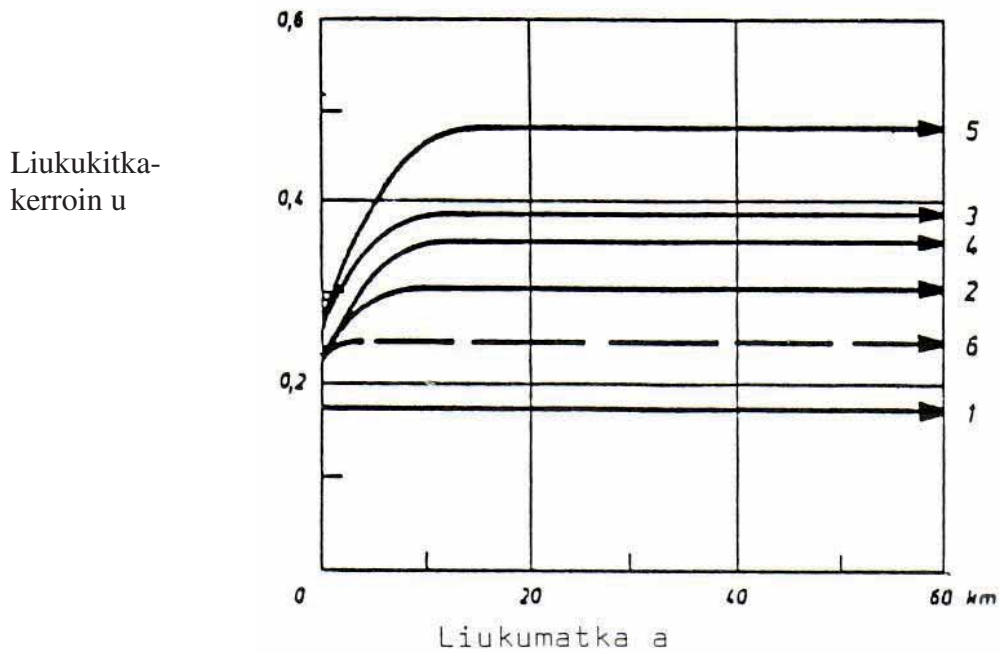
5.06 Liukumatkan pituudesta johtuva kuluminen, valurautaa vastaan

Eri muovilaatujen kuluminen kuivaliukumisessa, karkaisematonta valurautaa vastaan (GGL26).

Pintapaine $p = 250 \text{ N/cm}^2$, liukunopeus $v = 6 \text{ m/min}$

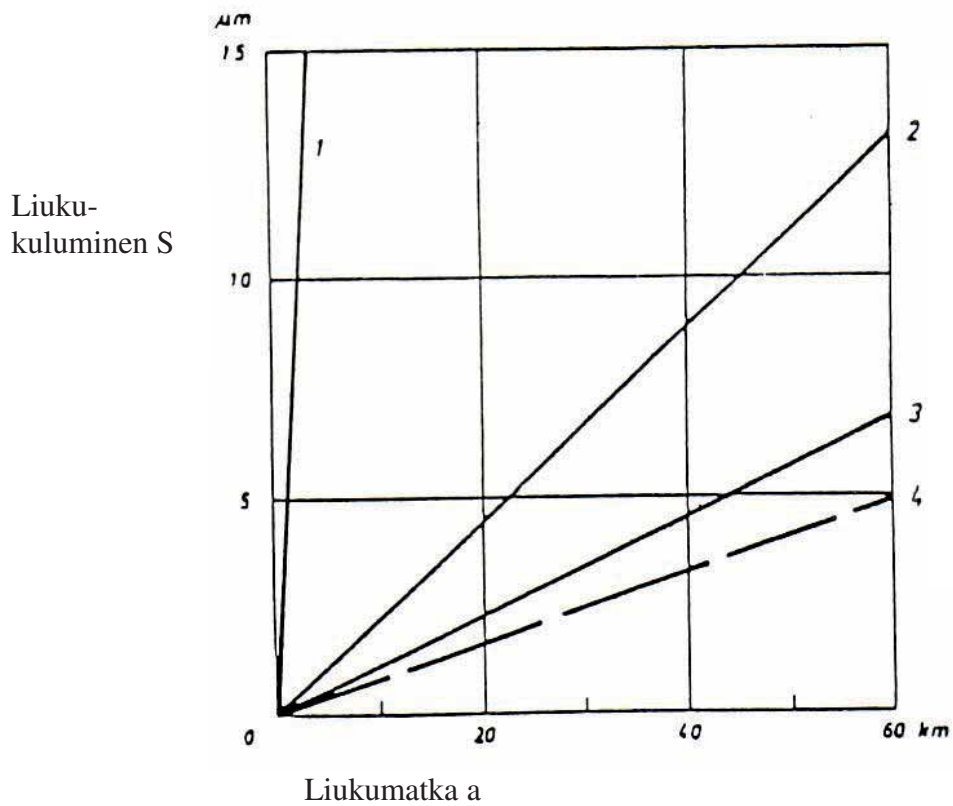
Vastapinta hiottu $R_t = 2,5 \text{ um}$



5.07 Kitkakerroin ja liukumatkasta riippuen

- 1 PTFE 10 N/cm²
- 2 POM 10 N/cm²
- 3 POM 250 N/cm²
- 4 66 PA 10 N/cm²
- 5 66 PA 250 N/cm²
- 6 ZX-100 10-250 N/cm²

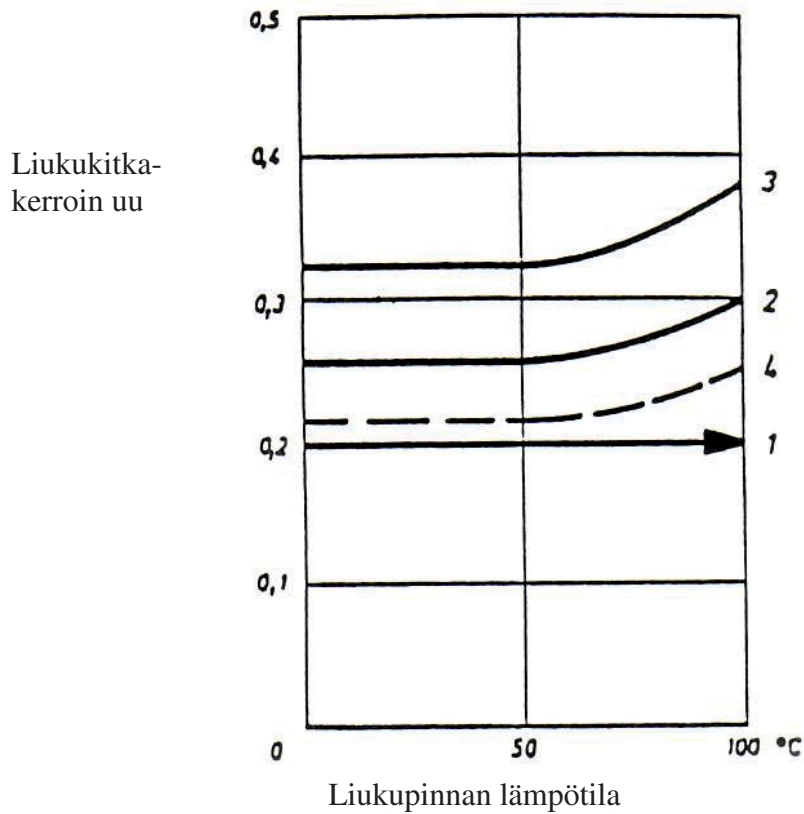
$R_v = 0,5 \mu\text{m}$ Pos 1
 $R_v = 2,0 \mu\text{m}$ Pos 2-6

5.08 Kuluminen terästä vastaan liukumatkasta riippuen

- 1 PTFE
- 2 POM
- 3 66 PA
- 4 ZX-100

7 $p = 10 \text{ N/cm}^2$

Teräs
 16 Mn Cr 5
 HRc = 54-56

5.09 Kitkakerroin liukupinnan lämpötilasta riippuen

- 1 PTFE
- 2 POM
- 3 66 PA
- 4 ZX-100

$$p = 10 \text{ N/cm}^2$$

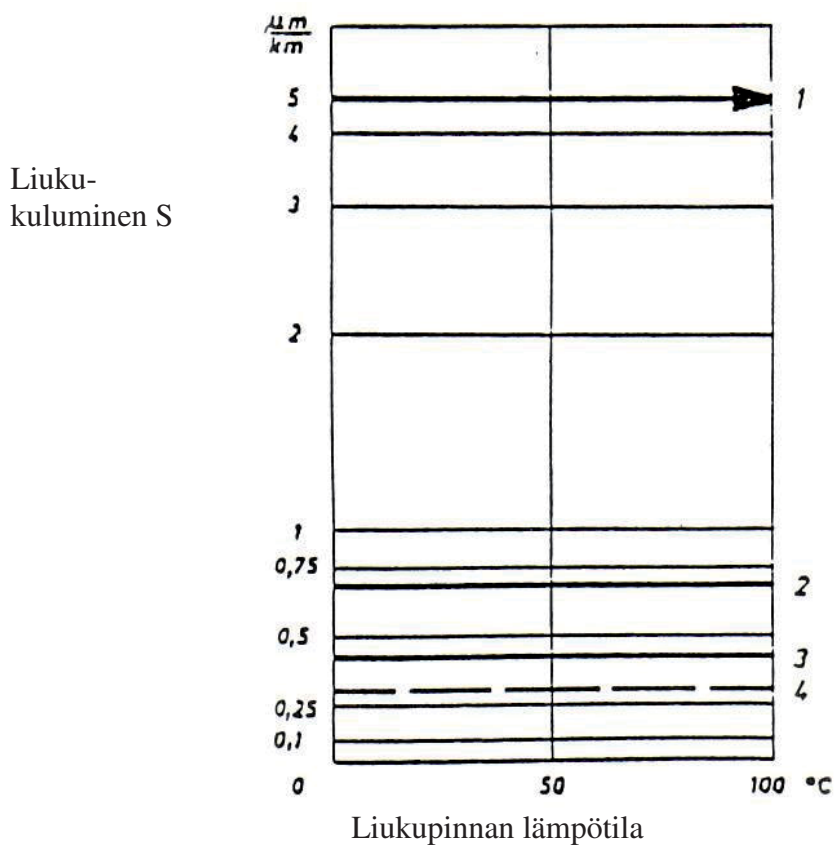
$$R_v = 0,5 \text{ } \mu\text{m Pos 1}$$

$$R_v = 2,0 \text{ } \mu\text{m Pos 2-4}$$

Teräs

16 Mn Cr 5

HRc = 54-56

5.10 Kuluminen liukumatkan lämpötilasta riippuen

- 1 PTFE
- 2 POM
- 3 66 PA
- 4 ZX-100

$$p = 10 \text{ N/cm}^2$$

$$R_v = 0,5 \text{ } \mu\text{m Pos 1}$$

$$R_v = 2,0 \text{ } \mu\text{m Pos 2-4}$$

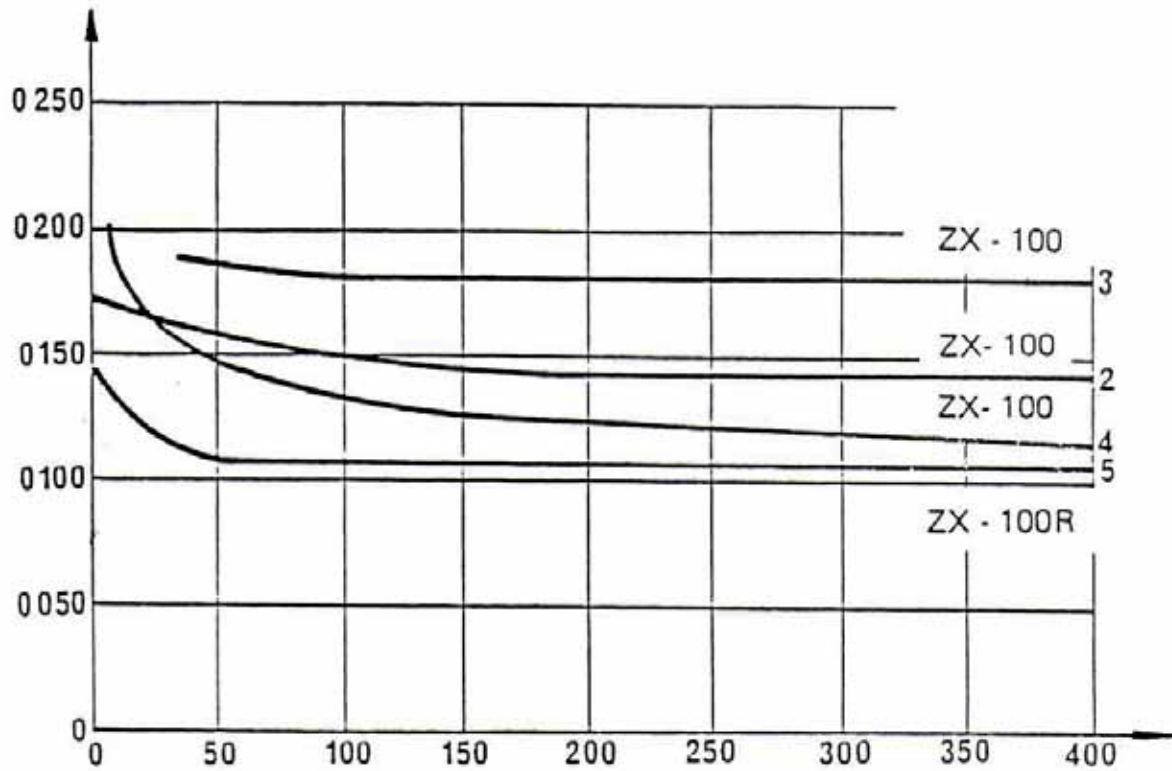
Teräs

16 Mn Cr 5

HRc = 54-56

5.11 Kitkakerroin liukunopeudesta ja liukukiskojen pinnantyyöstöstä riippuen

Liukunopeudesta ja liukukiskojen pinnantyyöstöstä riippuva kitkakerroin kuivaliukumisessa. Pintakuormitus 3300 N.



Raaka-aine karkaistua terästä
 $R_a = 0,2 \mu\text{m}$, $R_z = 1,8 \mu\text{m}$

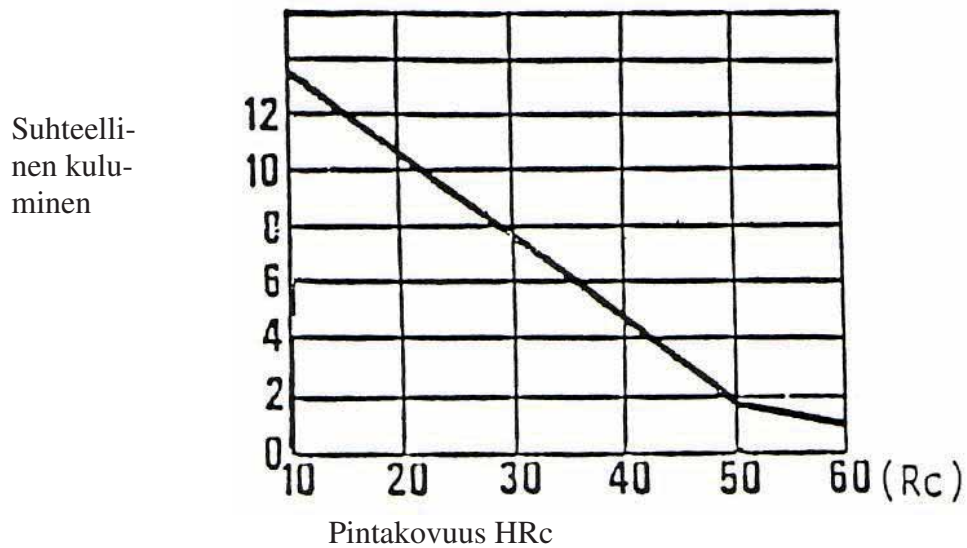
2. ZX-100 toimituskuntoisena

3. ZX-100 läpätty NK, 64

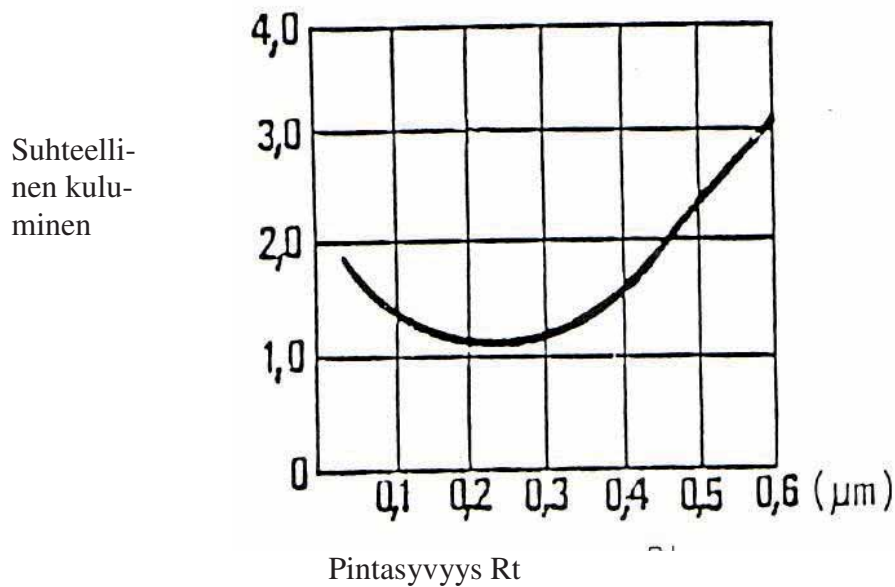
4. ZX-100 läpätty NK, 24

5. ZX-100R työstetty kuten pos. 4

5.12 Pintakovuudesta johtuva suhteellinen kuluminen



5.13 Pintasyvyydestä johtuva suhteellinen kuluminen



5.14 Vastapinnan aineesta johtuva suhteellinen kuluminen

Metalliliukupinnan aine 1)	Suhteellinen kuluminen
- hiiliteräs	1
- valurauta	1-2
- ruostumaton teräs	1,5-3
- kovakromattu pinta	10-20
- pronssi 2)	1-2
- alumiiniseokset 2)	20-50

1) kaikissa aineissa pintasyvyys Rt= 0,5 μm, 2) suuri kuluminen metalleissa



Oy Colly Company Ab
PL 103 (Hankasuontie 3 A), 00391 Helsinki
p. 029 006 150, f. 029 006 1150
sales@colly.fi, www.colly.fi