FI0001004228

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 100422 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats 28.11.97

(51) Kv.lk.6 - Int.kl.6
F 16C 13/00 // B 22F 9/08

(21) Patenttihakemus - Patentansökning 943285

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 11.07.94

(24) Alkupäivä - Löpdag 11.07.94

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 12.01.96

SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(73) Haltija - Innehavare

1. **Rauma Materials Technology Oy**, PL 306, 33101 Tampere, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. **Kiiski, Erkki**, Viholankatu 15 F 25, 33400 Tampere, (FI)
2. **Martikainen, Hannu**, Helakallionkatu 6 H, 33580 Tampere, (FI)
3. **Liimatainen, Jari**, Villilänniemi 10 B, 33300 Tampere, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: **Ruska & Co Oy**, Runeberginkatu 5, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Telan valmistus
Framställning av vals

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

JP A 4-253514 (B 21B 45/06)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö liittyy paperikoneiden telojen valmistukseen ruostumattomasta teräksestä. Keksinnön mukaisesti sulasta teräksestä valmistetaan kaasuatomisoinnilla pulveria, valmistetaan pulverista tela-aihio ja koneistetaan tela-aihio telaksi. Keksinnön mukaisten telojen etuna on ennen kaikkea niiden hyvä korroosioväsymiskestävyys.

Uppfinningen anknyter till tillverkning av pappersmaskinvalsar av rostfritt stål. Enligt uppfinningen framställs av smält stål pulver genom gasatomisering, av pulvret framställs ett valsämne och valsämnet bearbetas till en vals. Fördelen med valsar enligt uppfinningen är framför allt deras beständighet mot korrosionsutmattning.

100422

TELAN VALMISTUS

TEKNIIKAN ALA

Keksintö liittyy paperikoneiden telojen valmistukseen ruostumattomasta teräksestä. Paperikoneella tarkoitetaan tässä yleisesti sekä paperi- että kartonkikoneita.

TEKNIIKAN TAUSTA

Paperikoneiden telat altistuvat käytössä samanaikaisesti sekä mekaaniselle rasitukselle, korroosiolle että kulumiselle. Rasitukselle on tyypillistä syklisesti vaihteleva kuormitus. Korroosio taas aiheutuu ennen kaikkea suhteellisen korkeasta käyttölämpötilasta ja prosessiympäristön sisältämistä klorideista.

Telojen materiaalina käytetään nykyään erityyppisiä ruostumattomia duplexteräksiä. Duplexteräksille on ominaista mikrorakenne joka sisältää sekä ferriittiä että austeniittia. Niiden tilavuusosuudet pyritään yleensä saamaan yhtä suuriksi. Kaksifaasisen mikrorakenteensa vuoksi duplexteräksillä on hyvä korroosioväsymiskestävyys.

Telat valmistetaan nykyään keskipakomenetelmällä valamalla, valssatuista levyistä hitsaamalla tai takomalla.

Esimerkiksi patenttijulkaisusta FI-86747 tunnetaan eräs paperikoneen teloihin tarkoitettu valuteräs. Sen koostumus on seuraava: C max 0,10 %, Si max 1,5 %, Mn max 2,0 %, Cr 25,0 - 27,0 %, Ni 5,0 - 7,5 %, Cu 1,5 - 3,5 %, N max 0,15 %, Mo max 0,5 %.

KEKSINNÖN KUVAUS

Yleinen kuvaus

Nyt on keksitty patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä paperikoneen telan valmistamiseksi. Keksinnön eräitä edullisia sovellutuksia esitetään muissa vaatimuksissa.

Keksinnön mukaisesti tela-aihio valmistetaan kaasuatomisoidusta teräspulverista joko kuumaisostaattisesti puristamalla tai pursottamalla.

Keksinnön mukaisten telojen etuna on ennen kaikkea niiden hyvä korroosioväsymiskestävyys.

Yksityiskohtainen kuvaus

Paperikoneiden telojen tavallinen pituus on 5 - 10 m, halkaisija 0,5 - 1,3 m ja seinämävahvuus 50 - 80 mm. Telojen pyörimisnopeudet voivat olla jopa 1500 kierrosta minuutissa, eli väsymismurtumaa aiheuttamia kuormanvaihtoja tulee 25 kpl sekunnissa.

Korroosio kiihdyttää voimakkaasti telan syklisen kuormituksen aiheuttaman väsymisvaurion syntyä. Varsinkin imutelojen yleisin vauriomekanismi onkin korroosioväsyminen. Se ydintyy tyypillisesti valu- tai hitsausvirheisiin, pistekorroosion aiheuttamiin syöpymiin tai epämetallisiin kuonasulkeumiin.

Valuvirheet muodostuvat jähmettymisen aikana jähmettymisvirheinä tai kaasusulkeumina.

Pistekorroosio saa tyypillisesti alkunsa teräksen pinnan passiivikalvoon syntyvästä murtumasta, joka esimerkiksi kloridien vaikutuksesta aikaansaa paikallisen aktiivialueen ja siinä korkean korroosiovirrantiheyden ja siten nopean pistemäisen korroosion. Ulkoinen kuormitus edesauttaa passiivikalvon murtumista.

Epämetalliset kuonasulkeumat kuten oksidit ja sulfidit voivat toimia paikallisen lovivaikutuksensa vuoksi väsymismurtuman ydintäjänä. Lisäksi esimerkiksi mangaanisulfidit saattavat korroosion vaikutuksesta liueta, jolloin syntyvä pistesyöpymä ydintää väsymismurtuman.

Väsymismurtuman ydintymisen jälkeen särö etenee samanaikaisen korroosion ja syklisesti vaihtelevan ulkoisen jännityksen vaikutuksesta.

Nyt tehdyssä keksinnössä tela valmistetaan kaasuatomisoidusta esiseostetusta teräspulverista. Pulveri valmistetaan siten, että ensin valmistetaan halutunlainen sula teräs, johon sitten kohdistetaan inertti kaasusuihku. Kaasusuihku hajoittaa sulan teräksen pieniksi, pääosin alle 500 mikrometrin kokoisiksi partikkeleiksi, jotka jähmettyvät nopeasti. Käytännössä atomisointi suoritetaan valuttamalla sulaa terästä tietyntyyppisten keraamisten erikoissuuttimien läpi erityiseen atomisointikammioon.

Pulveri kiinteytetään joko kuumaisostaattisella puristuk-

sella tai kuumapursottamalla siten, ettei tuotteeseen jää huokosia.

Kuumaisostaattisessa puristuksessa valmistetaan ensin ohutlevystä muotti ja täytetään se teräspulverilla. Muotin mitoituksessa on otettava huomioon pulverin tiivistyminen siten, että päästään mahdollisimman lähelle haluttua loppumittaa. Täytetty muotti evakuoidaan, suljetaan kaasutiiviisti ja siirretään kuumaisostaattiseen puristimeen. Siinä muottiin kohdistetaan inertissä kaasussa (argon) korkea lämpötila ja paine, jolloin muotti puristuu kasaan ja pulveri tiivistyy plastisen deformaation, virumisen ja diffuusion vaikutuksesta. Tyypillinen paine on 100 - 120 MPa, lämpötila 1100 - 1200 °C ja puristusaika vähintään 3 h. Muotti poistetaan kappaleen pinnasta syövyttämällä tai koneistamalla.

Pulverin pursotuksessa täytetään ensin teräsmuotti pulverilla. Muotissa olevaa pulveria voidaan haluttaessa hieman tiivistää kylmäpuristuksella. Sen jälkeen muotti esikuumennetaan ja pursotetaan haluttuun muotoon. Vaihtoehtoisesti muottia ensin kuumapuristetaan erityisessä muotissa siten, että aikaansaadaan hieman tiivistynyt aihio. Lopuksi aihio kuumapursotetaan. Tyypilliset pursotuslämpötilat ovat alueella 1100 - 1300 °C. Pursotusaihion käsittely- ja pursotusaika on muutamia minuutteja.

Ennen pursotusta aihiota voidaan edelleen tiivistää lävistämällä. Lävistyksessä aihion läpi työnnetään erityinen lävistystyökalu, jolloin aihiossa aikaansaadaan muokkautumista ja pulveri tiivistyy hyvin lähelle 100 %:n tiiveyttä. Samalla aihio saadaan putkimaiseksi.

Kummallakin menetelmällä voidaan valmistaa materiaaliltaan ehdottoman tiiviitä teloja, joissa ei ole huokosia tai vikoja, jotka voisivat toimia väsymissärön ydintäjänä.

Kaasuatomisoinnissa partikkelit jähmettyvät hyvin nopeasti, jolloin niiden koostumus muodostuu täysin homogeeniseksi läpi koko partikkelin. Näin myös seosainejakauma telan materiaalissa on täysin homogeeninen. Valukappaleiden jähmettyessä sen sijaan kappaleessa tapahtuu sekä mikro- että makrosuotautumista, minkä seurauksena jähmettyneen materiaalin koostumus kappaleen eri osissa poikkeaa halutusta optimikoostumuksesta.

Keksinnön mukaisesti valmistetussa telassa esimerkiksi materiaalin korroosioväsymiskestävyys on yhtä korkea läpi koko kappaleen. Kappaleessa ei myöskään ole liian korkeiden paikallisten seosainepitoisuuksien aiheuttamia haittoja. Keksinnön mukaisessa menetelmässä voidaan käyttää korkeaa kromi- ja molybdeeniseostusta, mikä lisää korroosiokestävyyttä, ilman että syntyy haurastavia ja korroosiokestävyyttä heikentäviä faaseja, kuten sigmafaasia.

Pulveripartikkeleihin ei niiden jäähtyessä nopeasti muodostu kaasuhuokosia. Näin voidaan seostuksessa käyttää haluttaessa myös suhteellisen korkeaa typpitasoa lujuuden ja korroosionkestävyyden edelleen parantamiseksi.

Kuumaisostaattisesti puristamalla tai pursottamalla voidaan valmistaa suoraan halutun telan muotoinen aihio, joka sitten koneistetaan lopulliseksi tuotteeksi. Suuret telat voi olla tarpeellista valmistaa useammasta sektorinmuotoisesta osasta, jotka liitetään yhteen hitsaamalla. Puristamalla voidaan myös valmistaa ensin väliaihio, joka kuumamuokataan lopulliseen muotoonsa. Muokkautuvuus on hyvä, koska kappaleessa ei ole suotautumien aiheuttamaa repeilyvaaraa.

Pulverin materiaali on austeniittis-ferriittistä ruostumatonta terästä. Koostumus on erityisesti seuraavanlainen

C	max 0,08	edullisesti	max 0,03
Si	max 2	"	max 1,5
Mn	max 2	"	max 1,5
Cr	18 - 29	"	23 - 28
Mo	1,5 - 4,5	"	2,5 - 3,5
Ni	4,5 - 9	"	6,5 - 8,5
Cu	max 3	"	1 - 2,5
N	0,1 - 0,35	"	0,18 - 0,25
S	max 0,03	"	max 0,005
P	max 0,03	"	max 0,025
Al	max 0,1	"	max 0,02

Erityisesti suuriin teloihin soveltuu seuraava koostumus:

C	max 0,03	parhaiten	max 0,02
Si	max 1,5	"	max 1
Mn	max 1,5	"	0,6 - 1
Cr	24 - 28	"	25 - 27

Mo	2,5 - 3,5	"	2,75 - 3,25
Ni	6,5 - 8	"	7 - 7,5
Cu	max 3	"	1,5 - 2,5
N	0,15 - 0,3	"	0,18 - 0,25
S	max 0,03	"	max 0,005
P	max 0,03	"	max 0,025
Al	max 0,1	"	max 0,02

Lisäksi voidaan haluttaessa käyttää pieniä määriä muita seosaineita, kuten wolframia enintään 3 % ja vanadiinia, niobia ja titaania yhteensä enintään 0,5 %.

Keksinnössä käytettävien teräslaatujen korroosionkestävyyttä voidaan kuvata ns. PREN-indeksillä (Pitting resistance equivalent with nitrogen), joka lasketaan Cr-, Mo- ja N-pitoisuuksista kaavalla

PREN = Cr-% + 3,3*Mo-% + 16*N-%

Jos mukana on wolframia, käytetään PRENW-indeksiä, jolloin

PRENW = Cr-% + 3,3*(Mo-%+0,5*W-%) + 16*N-%

Kuvio 1 esittää keksinnön mukaisesti (P/M) ja tavanmukaisesti valamalla valmistettujen duplex-terästen pistekorroosionkestävyyttä PRENW-indeksin funktiona. Keksinnön mukaisesti valmistetuilla tuotteilla korroosionkestävyys on olennaisesti parempi ja lisäksi seostusasteen nosto lisää korroosionkestävyyttä suhteellisesti enemmän kuin valetuilla tuotteilla.

PREN-indeksin kasvaessa myös sekä myötö- että murtolujuus kasvavat, mikä käy ilmi kuviosta 2.

Kuvio 3 esittää PRENW-indeksin vaikutusta korroosioväsymiskestävyyteen. Testinä on käytetty kiertotaivutusväsytystä (f 85 Hz, 3-% NaCl-liuos). Vaaka-akselilla esitetään kuormanvaihtojen lukumäärä ennen murtumaa. Nähdään, että PRENW-indeksin kasvaessa korroosioväsymiskestävyyskin paranee.

Kuviossa 4 verrataan vielä pulverista kuumaisostaattisesti puristamalla valmistetun aihion (DUP27) kuumamuokkautuvuutta verrattuna valettuun aihioon (DUP27 C). Puristetun aihion sitkeyttä on tässä mitattu murtokuroumalla. Nähdään että puristettu aihio on juuri kuumamuokkauslämpötila-alueella selvästi parempi kuin valettu aihio.

Parhaiten PRENW- (tai PREN-)indeksi on suurempi kuin 35

ja kaikkein parhaiten suurempi kuin 40.

Teräspulverin happipitoisuus pyritään pitämään mahdollisimman alhaisena. Parhaiten se on alle 250 ppm. Matala happitaso saavutetaan pulverin huolellisella käsittelyllä, atomisointikaasun puhtauden kontrolloinnilla ja kapselimateriaalin oikealla käsittelyllä ja valmistuksella.

Teräspulverista on lisäksi edullista seuloa suuret partikkelit pois ennen käyttöä. Parhaiten pulverin maksimikoko on enintään 500 mikrometriä ja kaikkein parhaiten enintään 250 mikrometriä. Näin estetään erityisesti suurten epämetallisten sulkeumien muodostuminen lopputuotteeseen. Tällaiset sulkeumat ovat erityisesti väsymiskestävyyden kannalta haitallisia.

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Menetelmä telan valmistamiseksi teräksestä siten, että

- sulasta teräksestä valmistetaan kaasuatomisoinnilla pulveria,

- valmistetaan pulverista tela-aihio tai telaosa-aihio siten, että täytetään pulverilla muotti, joka saatetaan korkeassa lämpötilassa puristuksen ja/tai kuumamuokkauksen alaiseksi, ja liitetään mahdollisesti valmistetut telaosa-aihiot yhteen tela-aihioksi, ja

- koneistetaan tela-aihio telaksi, **tunnettu** siitä, että

- teräksenä käytetään austeniittis-ferriittistä ruostumatonta terästä ja siitä valmistetaan paperi- tai kartonkikoneen tela tai tela-aihio.

2. Vaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että puristus suoritetaan kuumaisostaattisesti.

3. Vaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä **tunnettu siitä**, että pulverista kuumaisostaattisesti puristamalla valmistetaan väliaihio, josta lopullinen tela-aihio tai telaosa-aihio valmistetaan muokkaamalla.

4. Jonkin vaatimuksen 1 - 3 mukainen menetelmä **tunnettu siitä**, että teräksen koostumus painoprosentteina on:

C	max 0,08	edullisesti	max 0,03
Si	max 2	"	max 1,5
Mn	max 2	"	max 1,5
Cr	18 - 29	"	23 - 28
Mo	1,5 - 4,5	"	2,5 - 3,5
Ni	4,5 - 9	"	6,5 - 8,5
Cu	max 3	"	1 - 2,5
N	0,1 - 0,35	"	0,18 - 0,25
S	max 0,03	"	max 0,005
P	max 0,03	"	max 0,025
Al	max 0,1	"	max 0,02

5. Vaatimuksen 4 mukainen menetelmä **tunnettu siitä**, että koostumus on:

C	max 0,03	parhaiten	max 0,02
Si	max 1,5	"	max 1
Mn	max 1,5	"	0,6 - 1
Cr	24 - 28	"	25 - 27

Mo	2,5 - 3,5	"	2,75 - 3,25
Ni	6,5 - 8	"	7 - 7,5
Cu	max 3	"	1,5 - 2,5
N	0,15 - 0,3	"	0,18 - 0,25
S	max 0,03	"	max 0,005
P	max 0,03	"	max 0,025
Al	max 0,1	"	max 0,02

6. Vaatimuksen 4 tai 5 mukainen menetelmä **tunnettu siitä**, että teräs sisältää seosaineena lisäksi enintään 3 % wolframia tai yhteensä enintään 0,5 % vanadiinia, niobia tai titaania.

7. Jonkin vaatimuksen 1 - 6 mukainen menetelmä imutelan valmistamiseksi.

8. Jonkin vaatimuksen 1 - 7 mukainen menetelmä **tunnettu siitä**, että teräksen PRENW-indeksi,

PRENW = Cr-% + 3,3*(Mo-%+0,5*W-%) + 16*N-%,

on suurempi kuin 35, parhaiten suurempi kuin 40.

9. Jonkin vaatimuksen 1 - 8 mukainen menetelmä **tunnettu siitä**, että valmistetaan pulveria jonka happipitoisuus on enintään 250 ppm.

10. Jonkin vaatimuksen 1 - 9 mukainen menetelmä **tunnettu siitä**, että pulverista poistetaan yli 500 mikrometrin, parhaiten yli 250 mikrometrin kokoiset partikkelit ennen aihion valmistusta.

11. Menetelmä tela-aihion tai telaosa-aihion valmistamiseksi teräksestä siten, että aihio valmistetaan kaasuatomisoidusta teräspulverista täyttämällä pulverilla muotti ja saattamalla se korkeassa lämpötilassa puristuksen ja/tai kuumamuokkauksen alaiseksi, **tunnettu** siitä, että käytetään austeniittis-ferriittistä terästä ja siitä valmistetaan paperikoneen tela-aihio tai telaosa-aihio.

Patentkrav

1. Förfarande för framställning av en vals av stål, så att
- pulver framställs av smält stål genom gasatomisering
- ett valsämne eller ett ämne för en del av en vals framställs av pulvret så, att med pulvret fylls en form vilken under hög temperatur utsätts för pressning och/eller varmbearbetning, och de eventuella ämnena för delar av en vals fogas samman till ett valsämne, och
- valsämnet bearbetas till en vals, **kännetecknat** av att
- det använda stålet är austenitiskt-ferritiskt, rostfritt stål, och en vals eller ett valsämne för en pappers- eller kartongmaskin tillverkas.

2. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att pressningen sker varmisostatiskt.

3. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 2, **kännetecknat** av att av pulvret genom varmisostatisk pressning tillverkas ett intermediärt ämne, varav det slutliga valsämnet eller ämnet för en del av en vals tillverkas genom bearbetning.

4. Förfarande enligt något av patentkrav 1-3, **kännetecknat** av att stålets sammansättning i viktprocent är:

C	max 0,08	företrädesvis	max 0,03
Si	max 2	"	max 1,5
Mn	max 2	"	max 1,5
Cr	18 - 29	"	23 - 28
Mo	1,5 - 4,5	"	2,5 - 3,5
Ni	4,5 - 9	"	6,5 - 8,5
Cu	max 3	"	1 - 2,5
N	0,1 - 0,35	"	0,18 - 0,25
S	max 0,03	"	max 0,005
P	max 0,03	"	max 0,025
Al	max 0,1	"	max 0,02

5. Förfarande enligt patentkrav 4, **kännetecknat** av att sammansättningen är

C	max 0,03	företrädesvis	max 0,02
Si	max 1,5	"	max 1

Mn	max 1,5	"	0,6 - 1
Cr	24 - 28	"	25 - 27
Mo	2,5 - 3,5	"	2,75 - 3,25
Ni	6,5 - 8	"	7 - 7,5
Cu	max 3	"	1,5 - 2,5
N	0,15 - 0,3	"	0,18 - 0,25
S	max 0,03	"	max 0,005
P	max 0,03	"	max 0,025
Al	max 0,1	"	max 0,02

6. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att stålet ytterligare är legerat med högst 3 % wolfram eller sammanlagt högst 0,5 % vanadin, niob eller titan.

7. Förfarande enligt något av patentkrav 1-6 för framställning av en sugvals.

8. Förfarande enligt något av patentkrav 1-7, **kännetecknat** av att stålets PRENW-index,
PRENW = Cr-% + 3,3*(Mo-%+0,5*W-%) + 16*N-%,
är större än 35, företrädesvis större än 40.

9. Förfarande enligt något av patentkrav 1-8, **kännetecknat** av att ett pulver framställs, vars syrehalt är högst 250 ppm.

10. Förfarande enligt något av patentkrav 1-9, **kännetecknat** av att ur pulvret avlägsnas partiklar med en storlek på över 500 mikrometer, företrädesvis över 250 mikrometer, förrän ämnet framställs.

11. Förfarande för framställning av ett valsämne eller ett ämne för en del av en vals av stål, så att ämnet framställs av gasatomiserat stålpulver genom att med pulvret fylla en form och vid hög temperatur utsätta den för pressning och/eller varmbearbetning, **kännetecknat** av att det använda stålet är austenitiskt-ferritiskt stål, och ett valsämne eller ett ämne för en del av en vals för en pappers- eller kartongmaskin tillverkas.

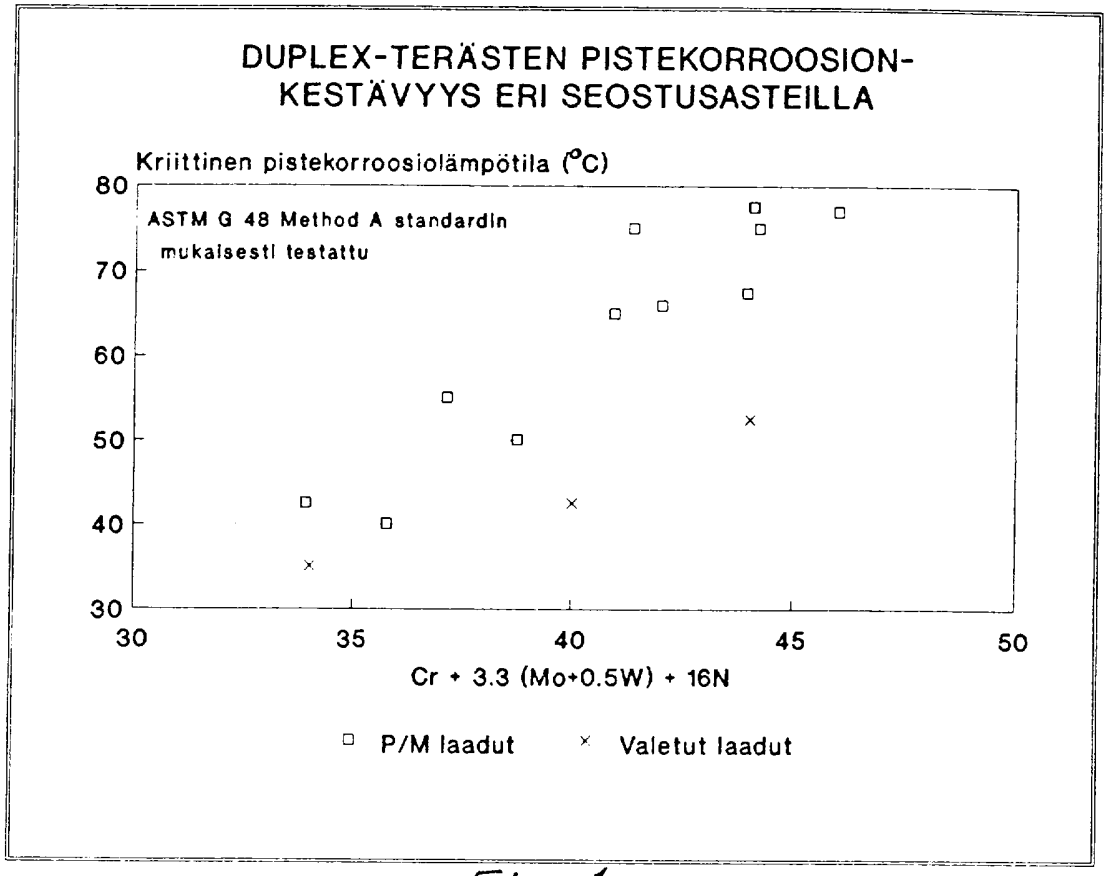

DUPLEX-TERÄSTEN PISTEKORROOSION-
KESTÄVYYS ERI SEOSTUSASTEILLA
Kriittinen pistekorroosiolämpötila (°C)
ASTM G 48 Method A standardin
mukaisesti testattu
80
70
60
50
40
30
30
35
40
45
50
Cr + 3.3 (Mo+0.5W) + 16N
P/M laadut
Valetut laadut

Fig. 1

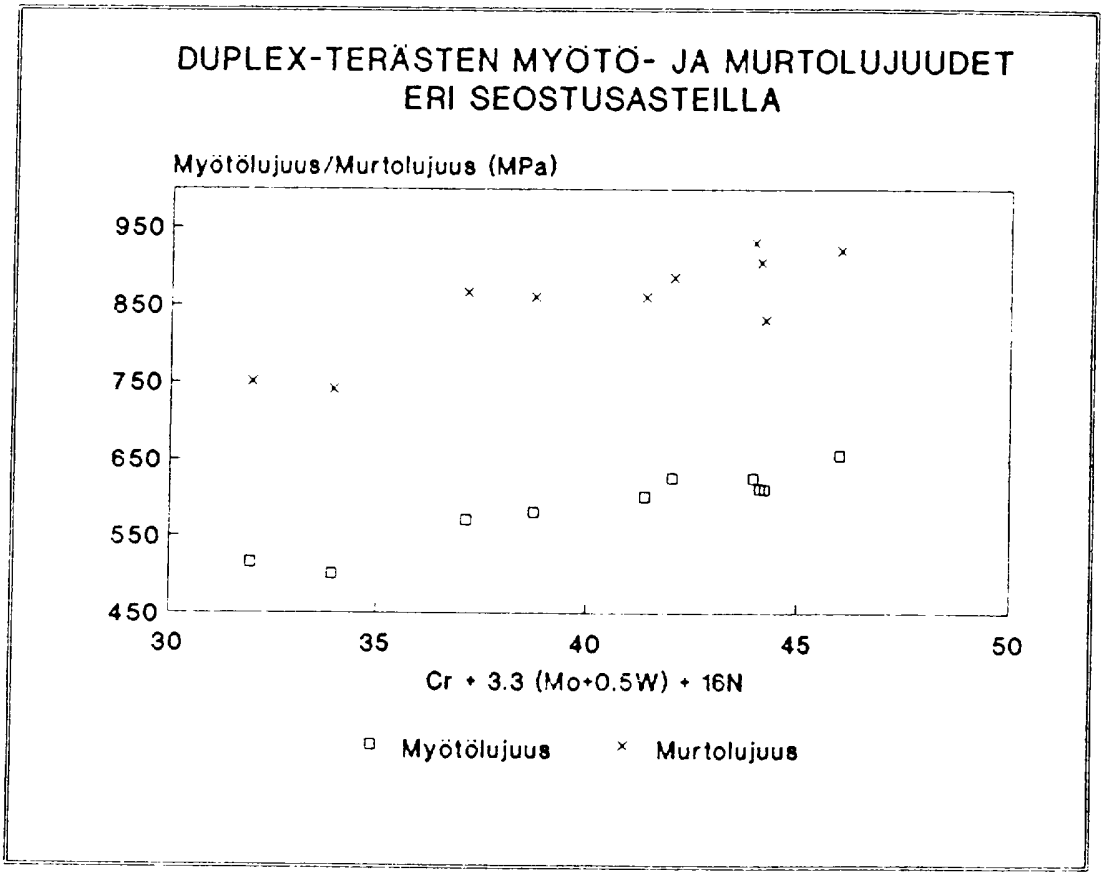

DUPLEX-TERÄSTEN MYÖTÖ- JA MURTOLUJUUDET
ERI SEOSTUSASTEILLA
Myötölujuus/Murtolujuus (MPa)
950
850
750
650
550
450
30
35
40
45
50
Cr + 3.3 (Mo+0.5W) + 16N
Myötölujuus
Murtolujuus

Fig. 2

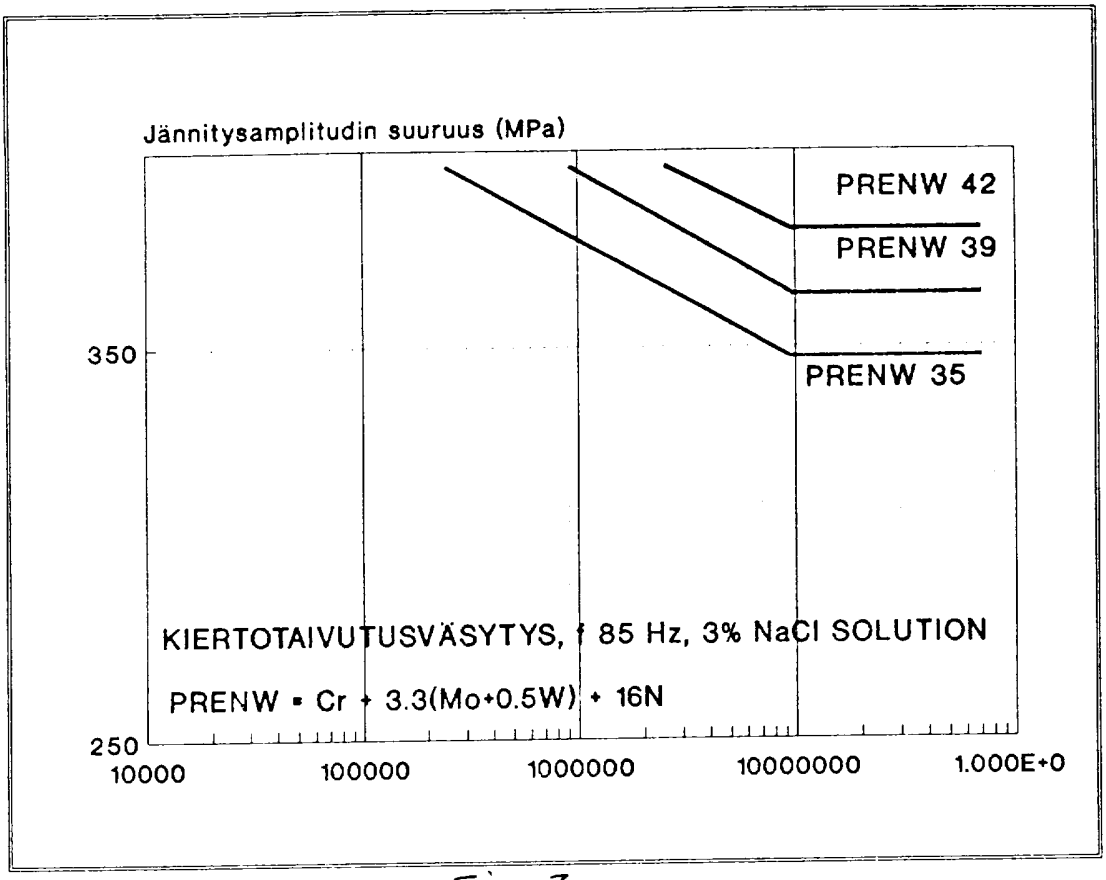

Jännitysamplitudin suuruus (MPa)
PRENW 42
PRENW 39
PRENW 35
350
250
KIERTOTAIVUTUSVÄSYTYS, f 85 Hz, 3% NaCl SOLUTION
PRENW = Cr + 3.3(Mo+0.5W) + 16N
10000
100000
1000000
10000000
1.000E+0

Fig. 3

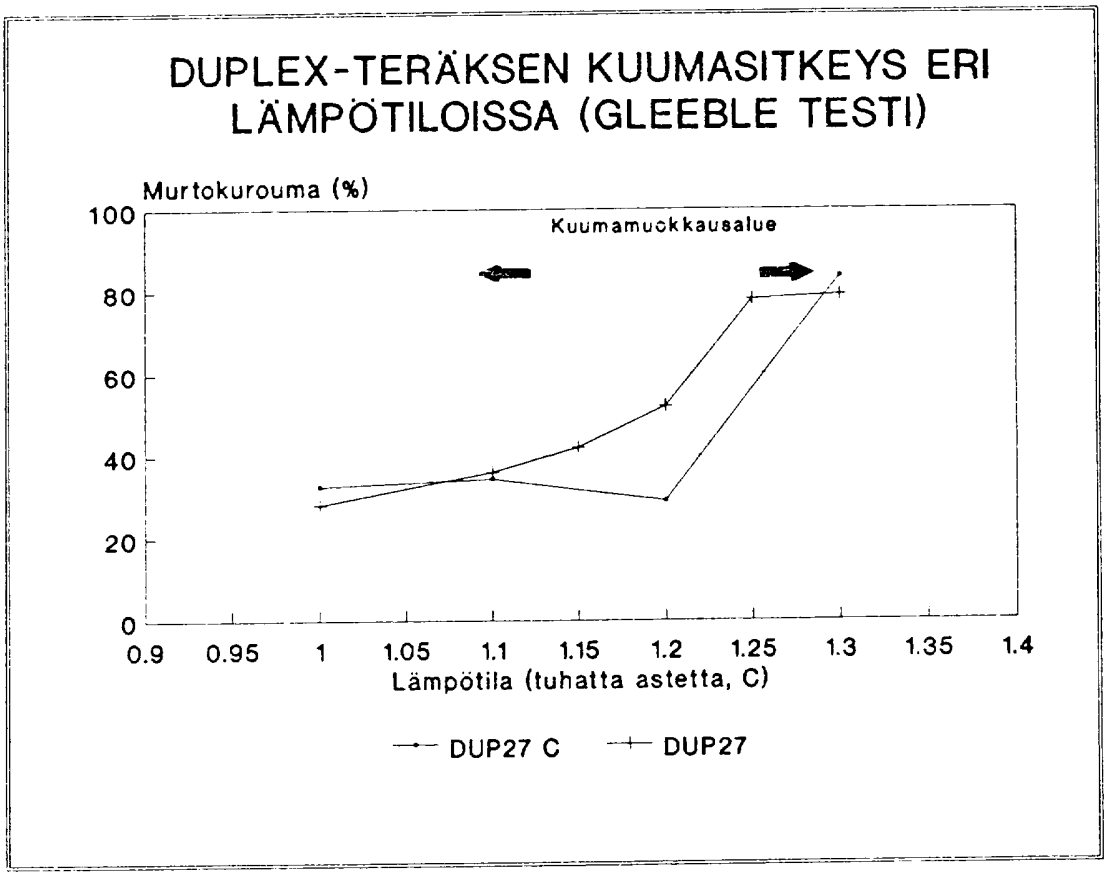

DUPLEX-TERÄKSEN KUUMASITKEYS ERI LÄMPÖTILOISSA (GLEEBLE TESTI)
Murtokurouma (%)
100
80
60
40
20
0
Kuumamuokkausalue
0.9
0.95
1
1.05
1.1
1.15
1.2
1.25
1.3
1.35
1.4
Lämpötila (tuhatta astetta, C)
DUP27 C
DUP27

Fig. 4