

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 763454 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application **763454**

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
C21D

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **01.12.1976**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **01.12.1976**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **03.06.1977**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **12.06.2019**

(32) (33) (31) Etu oikeus - Prioritet - Priority

02.12.1975 US 637452

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Union Carbide Corp, 270 Park Avenue, New York, N.Y. 10017, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • van den Syde, Jaak Stefaan, USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

2 • Kilinskas, William Alphonse, USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

3 • Mazzarella, Richard Benedict, USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

4 • Lightstone, John Bernard, USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Boco IP Oy Ab, Itämerenkatu 5, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Menetelmä lujien sitkeiden metalliseosten valmistamiseksi

Förfarande för framställning av starka sega metall-legeringar

Union Carbide Corporation, New York, N.Y., USA

Menetelmä lujien ja sitkeiden metalli-
lejeerinkien valmistamiseksi
Förfarande för framställning av starka
och sega metallegeringar

Keksinnön kohteena on menetelmä erilaisten metallilejeerinkien lujuuden ja sitkeyden parantamiseksi sekä tämän menetelmän kohteena olleiden metallilejeerinkien ainutlaatuinen tunnusomainen mikrorakenne.

Keksinnön kohteena olevien metallilejeerinkien kemialliset koostumukset ovat ennestään tunnetut, ja niihin kuuluvat ne lejeeringit, jotka on lueteltu julkaisussa "Steel Products Manual: Stainless and Heat Resisting Steels", julkaisija American Iron and Steel Institute (AISI), Washington, D.C. 1974, ja jotka on sanottu austeniittisiksi sillä edellytyksellä, että näiden lejeerinkien Md-lämpötila aluksi on korkeintaan noin 373 K ja Ms-lämpötila on korkeintaan 173 K. On ilmeistä, että AISI-sarjat 200 ja 300 ovat tässä yhteydessä mielenkiintoisia. Muiden tässä kysymykseen tulevien lejeerinkien on oltava austeniittisiä, ja niillä on oltava edellä mainitut Md- ja Ms-lämpötilat. Näihin lejeerinkeihin kuuluvat eräät mangaanilla substituoidut ei-ruostumattomat lejeeringit, jotka sisältävät rautaa, mangaania, kromia ja hiiltä, ja joista esimerkkeinä mainittakoon ne lejeeringit, jotka on esitetty DIN (Deutsche Industrienorme)-normeissa X40 Mn Cr 18 ja X40 Mn Cr 22 ja selitetty julkaisun Metallic Materials Specification Handbook, julkaissut E & FN Spon Ltd., London 1972.

Sanonta "austeniittinen" tarkoittaa lejeeringin sellaista kiteistä

mikrorakennetta, jota sanotaan austeniittiseksi tai austeniitiksi tässä selityksessä, kun vähintään noin 95 tilavuus-prosentilla mikrorakenteesta on keskuspistepintainen kuutiorakenne. Voidaan sanoa, että tällaise lejeeringit ovat oleellisesti tai pääasiallisesti austeniittista faasia. On muistettava, että tässä kysymykseen tulevat metallilejeeringit ovat pääasiallisesti austeniittista faasia siinä lämpötilassa, jossa muodon muuttaminen suoritetaan, riippumatta aikaisemmin kohdistetusta käsittelystä tai lämpötilasta, joten toisin sanoen metalliin tai lejeerinkiin voi mahdollisesti olla kohdistettu ennen muodon muuttamisvaihetta aikaisempi päästökäsittely, mutta silti tämä metalli tai lejeerinki on pääasiallisesti austeniittinen, kun tämä muodon muuttamisvaihe kohdistetaan.

Tässä kysymykseen tulevalla toisella mikrorakenteella on sisäkeskus-pisteinen kuutiorakenne, ja sitä sanotaan martensiittiseksi faasiksi eli martensiitiksi. Kun vähintään 95 tilavuus-% rakenteesta on martensiittia, pidetään tässä kysymykseen tulevaa lejeerinkiä pääasiallisesti tai oleellisesti martensiittifaasisena.

Mikrorakenne voi tietenkin sisältää sekä austeniittifaasia että martensiittifaasia. Seuraavassa selitettävä käsittely on sekä aikaisemmin tunnetun tekniikan yhteydessä että keksinnön mukaan austeniitin ainakin erään osan muuttaminen martensiitiksi siten, että käsitellyn lejeeringin mikrorakenne muuttuu.

Md-lämpötila on määritelty lämpötilaksi, jonka yläpuolella mitään martensiittista muuttumista ei tule tapahtumaan riippumatta metalliin tai lejeerinkiin kohdistetun mekaanisen muodon muuttamisen määrästä, ja tämä lämpötila voidaan todeta yksinkertaisen ja ennestään tunnetun vetokokeen avulla, joka suoritetaan eri lämpötiloissa.

Ms-lämpötila on määritelty lämpötilaksi, jossa martensiittinen muuttaminen alkaa tapahtua spontaanisesti eli itsestään, toisin sanoen mekaanista muodon muuttamista käyttämättä. Ms-lämpötila voidaan myös määrittää ennestään tunnettujen kokeiden avulla.

Seuraavassa taulukossa esitetään Md-lämpötilojen eräitä esimerkkejä.

AISI ruostumaton teräs no	Md-lämpötila (K)
301	316
302	286
304	288
304L	291

301, 302, 304 ja 304L terästen Ms-lämpötilat ovat alle 77 K.

Kuten edellä mainittiin, on tämä muodon muuttaminen mekaaninen muodon muuttaminen, joka tapahtuu plastisen muodon muuttumisen alueella, joka seuraa kimmoisan muodon muuttumisen jälkeen. Tämä muodon muuttaminen aiheutetaan kohdistamalla materiaaliin tämän kimmorajan ylittävä rasitus, joka riittää muuttamaan koko työkappaleen tai sen osien muotoa.

Tähän keksintöön liittyvät materiaalin fysikaaliset ominaisuudet koskevat lujuus- ja sitkeysominaisuuksia. Lujuusominaisuus voidaan helposti määrittää yksinkertaisen yksiaksiaalisen vetokokeen avulla, joka on selitetty ASTM standardimenetelmässä E-8. Tämä menetelmä on esitetty julkaisussa 1975 Annual Book of ASTM Standards, julkaissut American Society for Testing Materials, Philadelphia, Pa. Tämän kokeen tulokset voidaan yhteenvetona lausua ilmaisemalla myötölujuus, vetolujuus ja materiaalin kokonaispiteneminen: a) myötölujuus on se jännitys, jolla materiaalissa esiintyy määrätty rajoitettu poikkeama jännityksen ja muodon muuttumisen suhteellisuudessa. Tässä selityksessä rajoitettu poikkeama määritetään soveltamalla myötöraja- eli offsetmenetelmää ja käyttämällä 0,2% muodon muuttumista; b) vetolujuus on se maksimivetolujuus, jonka materiaali kykenee kestämään. Vetolujuus on katkeamiseen asti suoritettun vetokokeen maksimijännityksen suhde koekappaleen alkuperäiseen poikkileikkaukseen; ja c) kokonaispiteneminen on katkeamiseen asti kokeillun vetokoekappaleen pituuden suureneminen, lausuttu alkuperäisen pituuden prosenttimääränä. Yleensä havaitaan, että milloin metallimateriaalien myötö- ja vetolujuudet suurenevat metallurgisten käsittelyjen takia, pienenee kokonaispiteneminen.

Jotta materiaalia voitaisiin tyydyttävästi käyttää suuren rasituksen alaisissa rakenteissa on tärkeää, että materiaalilla on riittävän suuret myötö- ja vetolujuudet, mutta materiaalilla on myös oltava riittävä lujuus siinä suhteessa, että se ei petä haurauden takia. Tässä yhteydessä ovat metallurgiset tutkimukset osoittaneet, että terävät halkeamat voivat keskittää materiaaliin kohdistuvat rasitukset

moninkertaisiksi, ja että materiaalin käyttäytyminen rasitusten tällä tavalla keskittyessä halkeamien kärkiin laajalti määrää mikäli materiaali on luonteeltaan venyvää tai haurasta. Materiaalin murtumasitkeys on mittana sen kyvystä kestää haurauden aiheuttamaa murtumista terävien halkeamien esiintyessä. ASTM-normi E-399 selittää menetelmän metallimateriaalien murtumasitkeyden määrittämiseksi lovetun ja väsytetyn esihalkeamilla varustetun koekappaleen puristuskokeen avulla. Tulokset ilmaistaan jännityksen voimakkuuskertoimena K_{IC} , joka on väsytyksen avulla ennalta aikaansaadun halkeaman kärjen läheisyydessä esiintyvän jännityskentän voimakkuuden mittana niissä olosuhteissa, joissa on havaittu etenevien halkeamien alkavan. Suuret K_{IC} -arvot osoittavat hyvää murtumasitkeyttä. Arvokasta lisätietoa voidaan saada murtumapinnan ulkonäöstä, joka selitetään täysin vinoksi siinä tapauksessa, että murtumatapa on venyvä, ja laakeaksi, kun murtumatapa on hauras. Valssatun levymetallin murtumasitkeys riippuu tavallisesti halkeaman etenemissuunnasta suhteessa valssausuuntaan. Tässä selityksessä käytetään ASTM E-399-menetelmää osoittamaan halkeamatason suuntausta.

Sen materiaalin muoto, johon aikaisemmin tunnettu tekniikka ja tämä keksintö kohdistetaan, ei ole kriittinen. Voidaan käyttää mitä tahansa muotoa, kuten levyjä, arkkeja, vanteita, kalvoja, tankoja, lankoja, puikkoja, harkkoja, valssattuja puolivalmisteita, aunioita ja monenlaisia muita muotoja, joita kaikkia valmistetaan ja käsitellään soveltamalla ennestään tunnettuja menetelmiä.

On todettu, että edellä mainittujen metallien ja lejeerinkien muodon muuttaminen kryogeenisissä lämpötiloissa, yleensä nestemäisen tyypin lämpötilassa (noin 77 K:ssa) parantaa huomattavasti materiaalin vetolujuutta. Niinpä päästetyn AISI 304 ruostumattoman teräksen muodon muuttaminen 77 K:ssa ilman tavanomaista vanhetusta antaa tulokseksi vetolujuuden 1654 MPa, ja tavanomaista vanhetusta käytettäessä vetolujuuden 1929 MPa, mikä on sängen huomattava parannus verrattuna käsittelemättömään päästettyyn AISI 304 ruostumattomaan teräkseen, jonka vetolujuus on noin 980 MPa. Analysoitaessa vanhetettua ruostumatonta terästä, jonka muotoa on muutettu kryogeenisessä lämpötilassa todettiin, että sen mikrorakenne oli pääasiallisesti martensiittinen. Koska suuri martensiittipitoisuus pyrkii edistämään haurautta ja alentamaan sitkeyttä, on helppo ymmärtää, että aikaisemman tekniikan mukainen muodon muuttaminen kryogeenisessä lämpötilassa kylläkin parantaa vetolujuutta, mutta jättää materiaalin suhteellisen hauraaksi, ja vastaavasti vähän

venyväksi. Koska ominaisuudet ovat suhteellisia, eivät materiaalin määrättyt käytöt aiheuta mitään ongelmia, kun taas toisissa käytöissä puutteellisuudet ovat ilmeisiä.

Esimerkkinä käytöistä, joissa edellytyksenä on suuren lujuuden ja suuren sitkeyden yhdistelmä, mainittakoon painesäiliöt. Erittäin lujissa materiaaleissa voidaan konstruoida taloudellisesti edullisia kevyitä säiliöitä. Tällaiset säiliöt eivät kuitenkaan saa pirstoutua sirpaleiksi siinä tapauksessa, että ne murtuvat niitä pneumaattisesti kuormitettaessa. Tämä edellyttää materiaalia, jolla on suuri murtumasitkeys. Toisena esimerkkinä mainittakoon kierukkajousät, jotka hyvän väsymiskestoisuuden saavuttamiseksi edellyttävät materiaaleja, joilla on suuri lujuus ja pieni herkkyys loville tai halkeamille.

Tämä havainto, joka koskee lujuutta ja sitkeyttä verrattuna sellaisiin lejeerinkeihin, joiden muotoa on muutettu ennestään tunnetun tekniikan mukaan kryogeenisessä lämpötilassa, samoin kuin metallurgisen teollisuuden jatkuva pyrkimys parantaa yleisesti metallien ja lejeerinkien fysikaalisia ominaisuuksia, sekä lukuisissa käyttösovellutuksissa tarvittava suuren lujuuden ja suuren sitkeyden yhdistelmä on johtanut siihen toteamukseen, että on olemassa parantamisen tarvetta pitkin näitä määrättyjä suuntaviivoja.

Keksinnön tarkoituksena on näin ollen parantaa tunnettuja kryogeenisissä lämpötiloissa suoritettuja muodon muuttamismenetelmiä, niin että saavutetaan ainakin yhtä suuria lujuuksia kuin ennestään tunnetun tekniikan mukaan, ja samalla saavutetaan yhdistelmänä suuren lujuuskertoimen kanssa sitkeysarvoja, jotka ovat suurempia kuin ne, joita voidaan saavuttaa aikaisemman tekniikan mukaan.

Keksinnön muut kohteet ja edut selviävät seuraavassa.

Keksinnön mukaan saadaan menetelmä, joka ei ainoastaan johda samaan vetolujuuteen, joka on saavutettavissa soveltamalla ennestään tunnettuja kryogeenisissä lämpötiloissa suoritettuja muodon muuttamismenetelmiä, vaan joka yllätyksellisesti ja korostetusti parantaa tätä vetolujuutta, ja samalla saavutetaan suurempia sitkeysarvoja vastaavalla lujuuskertoimella käyttämällä austeniittista metallilejeerinkiä, joka on valittu ryhmästä, jonka muodostavat AISI 200 ja 300 sarjojen ruostumattomat teräslejeeringit, ja rautaa, mangaania, kromia ja hiiltä sisältävät ei-ruostumattomat teräslejeeringit, jonka lejeeringin Md-

lämpötila on korkeintaan noin 373 K ja Ms-lämpötila on korkeintaan noin 173 K, ja tämä menetelmä tunnetaan seuraavista vaiheista:

- a) muutetaan lejeeringin muotoa vähintään noin 10% lämpötilassa, joka on noin Md-50 K...noin Md+50 K, joka Md-lämpötila on sellainen, että lejeeringin muotoa muutettaessa tässä lämpötilassa materiaalin martensiittifaasia on enintään noin 10 tilavuus-% ja austeniittifaasia on vähintään noin 90 tilavuus-%, ja
- b) muutetaan vaiheessa a) valmistetun materiaalin muotoa vähintään noin 10% lämpötilassa, joka on korkeintaan 198 K siten, että materiaalissa on martensiittifaasia vähintään noin 50 tilavuus-%, ja austeniittifaasia vähintään noin 10 tilavuus-%.

Vaiheessa a) sovellettua muodon muuttamista tullaan tarpeen vaatiessa tässä selityksessä sanomaan "muodon esimuuttamiseksi", kun taas vaiheessa b) aikaansaattua muodon muuttamista sanotaan pelkästään "muodonmuuttamiseksi" tai "toisen vaiheen muodonmuuttamiseksi",

Lujuusominaisuuden lopullinen optimointi saavutetaan kohdistamalla metallilejeerinkiin ennestään tunnettu vanhetuskäsittely noin 623...noin 783 K:ssa.

Soveltamalla ennestään tunnettuja analyttisiä menetelmiä, esim. röntgensäde-diffraktiotutkimuksia ja elektronimikroskooppitutkimuksia, AISI 300 sarjan ruostumattomiin teräslejeerinkeihin, joita on käsitelty keksinnön mukaisella menetelmällä ja vanhettamalla sitä, havaitaan, että läsnä on uusi vanhetettu kiteinen mikrorakenne, jolla on sama kemiallinen koostumus kuin alkuaan käytettiin (ottamatta huomioon pinnallisia epäpuhtauksia), ja martensiittifaasia on vähintään noin 50 tilavuus-% ja austeniittifaasia on vähintään noin 10 tilavuus-%, ja lejeeringin vetolujuus on vähintään noin 1390 MPa, kun mikrorakenne sisältää 50 tilavuus-% martensiittia, jolloin vetolujuus suurenee vähintään noin 14 MPa jokaista ylimääräisen martensiittiprosentin ansiosta 50-prosentin yläpuolella.

Keksinnön mukaisen menetelmän erään tunnusmerkin ja erikoissovituksen mukaan saadaan menetelmä metallilangan tai -vanteen vetolujuuden ja sitkeyden parantamiseksi, jonka langan tai vanteen koostumus pääasiallisesti on AISI 300-sarjan austeniittista ruostumatonta teräslejeerinkiä, jonka Md-lämpötila on korkeintaan noin 373 K ja Ms lämpötila on korkeintaan noin 173 K, ja tämä menetelmä tunnetaan seuraavista vaiheista:

- a) muutetaan metallilangan tai -vanteen muotoa noin 10% lämpötilassa, joka on noin Md-50...noin Md +50 K, joka Md-lämpötila on sellainen, että lejeeringin muotoa muutettaessa tässä lämpötilassa materiaalin martensiittifaasia on enintään noin 10 tilavuus-% ja austeniittifaasia on vähintään noin 90 tilavuus-%, ja
- b) venytetään metallilankaa tai -vannetta sama-akselialaisesti vähintään noin 10% lämpötilassa, joka on korkeintaan 198 K siten, että materiaallissa on martensiittifaasia vähintään noin 50 tilavuus-%, ja austeniittifaasia vähintään noin 10 tilavuus-%.

Tässäkin tapauksessa lujuus sopivasti optimoidaan kohdistamalla venytettyyn metallilankaan tai -vanteeseen tavanomainen vanhetuskäsittely lämpötilassa, joka on alueella noin 623...noin 723 K.

Kuviot 1 ja 2 esittävät kaaviollisesti sivulta katsottuna ja osittaisena leikkauksena laitetta, jota voidaan käyttää edellä mainitun venytysvaiheen suorittamiseksi.

Kuviot 3 ja 4 ovat materiaalin kiteisen mikrorakenteen mikrovalokuvien 2000-kertaisia suurennuksia.

Kuvio 5 esittää kaaviollisesti lejeeringistä leikattua koekappaletta, jota käytetään eräissä esimerkeissä.

Kuvio 6 esittää kaaviollisesti erästä toista koekappaletta, jota käytetään murtumasitkeyden kokeilemiseksi eräissä esimerkeissä.

Keksinnön eräs edullinen suoritusmuoto selitetään seuraavassa lähemmin. Lejeeringit, joihin menetelmä kohdistetaan, on selitetty edellä ja ne ovat ennestään tunnettuja, kuten mainittiin. Ainoa edellytys on, että kohdistettaessa ensimmäinen muodon muuttamisvaihe ne täyttävät austeniitin määritelmän, ja että niiden Md-lämpötilat ovat korkeintaan noin 373 K ja niiden Ms-lämpötilat ovat korkeintaan noin 173 K.

Muodon muuttaminen tapahtuu mekaanisesti alueella, joka tunnetaan plastisen muodon muuttamisen alueeksi.

Sekä ensimmäisessä että toisessa muodon muuttamisvaiheessa sovelletut mekaaniset muodon muuttamismenetelmät ovat ennestään tunnettuja, samoin kuin näiden menetelmien toteuttamiseen käytettävät laitteet, jolloin voidaan soveltaa esim. valssausta, takomista, venytystä, vetämistä,

kehräämistä, taivutusta, upukkataontaa, hydromuotoilua, räjähdysmuotoilua tai pyöristämismuotoilua. Metallurgian ammattimiehet ymmärätävät ilman muuta mitä laitetta voidaan käyttää eri menetelmissä, alkaen yksinkertaisesta venyttämisestä aina mitä monimutkaisimpiin mekaaniisiin muodon muuttamiskäsittelyihin.

Muodon muuttumisen on tietenkin oltava riittävän suuri mainittujen martensiitti- ja austeniitti-prosenttimäärien saavuttamiseksi, jotka ensin määritetään soveltamalla tavanomaisia analyttisiä menetelmiä, kuten röntgensäde-diffraktiotutkimuksia tai magneettisia mittauksia, ja jotka sitten riippuvat asianomaisen henkilön kokemuksesta muuttaa erilaisten lejeerinkien muotoa mainituilla lämpötila-alueilla. Muodon muuttumisen määrittämiseksi täsmällisemmin on se tässä esitetty halkaisijan tai paksuuden prosenttimääräisenä muuttumisena, vaikka muodonmuuttumiset, joita esiintyy menetelmän mukaisissa muodon muuttamiskäsittelyissä, tavallisesti ovat enemmän kompleksisia kuin ne, joita esiintyy yksinkertaisessa vetokokeessa, on todettu, että niiden materiaalien yhteydessä, joihin tämä keksintö kohdistuu, voidaan lujittumisilmiöt arvostella yksinkertaisen vetojännityskokeen aikana havaituista lujittumisilmiöistä käyttämällä "ekvivalenttisen yksiaksiaalisen" tai "tehollisen muodon muuttumisen" periaatetta, kuten on esitetty esim. julkaisun "Mechanical Metallurgy", G.E. Dieter, Jr., julkaissut McGraw-Hill Book Company (1961), sivulla 66.

Muodon muuttumisen minimimäärän on oltava vähintään noin 10%. Prosenttimääräisellä muodon muuttamismäärällä ei ole mitään ylärajaa, lukuunottamatta sellaista käytännöllistä näkökohtaa, että määräytyssä pisteessä mikrorakenteen ja lujuus-sitkeysominaisuuksien muuttumiset tulevat minimaalisiksi, minkä lisäksi tietenkin on olemassa raja, joka määräytyy materiaalin katkeamisesta. Joka tapauksessa ehdotettu muodon muuttumisalue on noin 10...noin 80% ja sopivasti noin 20...60%.

Kuten edellä tähdennettiin, sisältää menetelmässä alkuaan käytetty lejeerinki vähintään noin 95 tilavuus-% austeniittia, lopun ollessa martensiittia. Ensimmäisen vaiheen muodonmuuttamisen (eli muodon esimuuttamisen) aikana voi lejeeringin mikrorakenne hiukan muuttua niin, että 0...noin 10 tilavuus-% on martensiittifaasia ja noin 90...noin 100 tilavuus-% on austeniittifaasia, ja sopivasti 0...noin 5 tilavuus-% on martensiittia ja noin 95...noin 100 tilavuus-% on austeniittia.

Muodon esimuuttumisvaihe suoritetaan lämpötilassa, joka on alueella noin Md lämpötila -50 K...Md lämpötila + 50 K, joka Md-lämpötila on muotoaan muuttavan lejeeringin lämpötila, jolloin esim. Md-lämpötilan ollessa 316 K tulee Md -50 K olemaan 266 K ja Md +50 K olemaan 366 K. Tässä kysymykseen tulevia lejeerinkejä pidetään stabiileina, toisin sanoen austeniittisesti stabiileina näissä ensimmäisen vaiheen lämpötiloissa, vaikkakin niissä tapahtuu edellä esitettyjä muutoksia, kun niihin kohdistetaan muodon muuttamista.

Toinen muodon muuttamisvaihe on samanlainen kuin ensimmäinen muodon muuttamisvaihe, mikäli on kysymys muodon muuttamisesta. Tässäkin tapauksessa on muotoa muutettava riittävän paljon martensiitin ja austeniitin mainittujen prosenttimäärien saavuttamiseksi, mikä ensin määritetään ennestään tunnettujen analyysimenetelmien avulla ja tämän jälkeen luotetaan asianomaisen henkilön kokemukseen. Muodon minimimuuttaminen toisessa muodon muuttamisvaiheessa on vähintään noin 10%. Tässäkään ei ole mitään muodon muuttumisen prosenttimääräistä ylärajaa, paitsi käytännöllisyyden sanelemat rajat, sikäli, että mikrorakenteen ja lujuus-sitkeysominaisuuksien muuttuminen pyrkii tulemaan minimaaliseksi, ja rajana tietenkin myös on materiaalin katkeaminen. Ehdotettu muodon muuttamisalue on noin 10...noin 60%, sopivasti noin 20...noin 40%.

Ammattimiehet ymmärtävät, että muodon muuttamisvaatimus, toisin sanoen vähintään noin 10% suuruinen muodon muuttuminen ensimmäisessä ja toisessa muodon muuttamisvaiheessa tarkoittaa muodon muuttamista, joka kohdistetaan koko työkappaleeseen tai sen mihinkä tahansa osaan. Menetelmän edut saavutetaan tietenkin ainoastaan alueella, jossa muodon minimimuuttuminen on vähintään noin 10%. Tämä on erikoisen tärkeää käsiteltäessä monimutkaisia muotoja, esim. painesäiliöitä tai -sylintereitä, joissa on epäjatkuvuuksia hitsauskohdissa, tai mitä tahansa muuta työkappaletta, jossa on epäjatkuvuus- tai vikakohta, joka johtuu suunnittelusta, konstruktioista tai molemmista, ja aiheuttaa työkappaleen määrättyissä alueissa ominaisen paikallisen jännityskonsentraation. Näissä tapauksissa on todettu, että muodon muuttaminen, joka on pienempi kuin noin 10%, ja joka voi olla niinkin pieni kuin 2 tai 3%, tulee kohdistettuna koko työkappaleeseen antamaan tulokseksi vähintään noin 10% suuruisen muodon muuttumisen epäjatkuvuuden tai vian yhdellä tai useammalla alueella, joten keksinnön kohteena olevan menetelmän edut voidaan paikallistaa, mikäli tämä on eduksi, koska tätä menetelmää voidaan käyttää työkappaleen vahingoittumiselle eniten alttiiden aluei-

den laadun parantamiseksi ja täten aikaansaada tasaiset fysikaaliset ominaisuudet kautta koko työkappaleen. Tästä seuraa, että kohdistettaessa vähintään noin 10% tai tätä suurempia muodon muuttamisia koko työkappaleeseen, tulee näissä epäjatkuvuuskohdissa esiintymään vieläkin suurempia muodon muuttumisia, mikä kaikki on eduksi teknikolle, jonka on täytettävä erikoiskäyttöjen vaatimukset, eikä työkappaleelta vaadita ominaisuuksien tasaisuutta.

Lämpötila, jossa toisen vaiheen muodon muuttaminen suoritetaan, on alle noin 198 K ja sopivasti alle noin 173 K. Nämä lämpötilat voidaan saavuttaa suorittamalla toinen vaihe nestemäisessä työssä, $K_p = 77$ K, nestemäisessä hapessa, $K_p = 90$ K, nestemäisessä argosissa, $K_p = 87$ K, nestemäisessä neonissa, $K_p = 27$ K, nestemäisessä vedyssä, $K_p = 21$ K, tai nestemäisessä heliumissa, $K_p = 4$ K. Sopivasti käytetään nestemäistä tyyppiä. Kuivajään ja metanolin, etanolin tai asetonin seoksen kiehumapiste on noin 194 K ja tätä seosta voidaan myös käyttää. Mitä alempi lämpötila on, sitä vähemmän muodon muuttumista tarvitaan vetolujuuden jokaisen prosentin paranemista varten. On huomattava, että muodon muuttuminen kehittää tehoa materiaalissa, ja tämä voi nostaa lämpötilan jopa alueelle yli noin 198 K. Tämä ei vaikuta käsittelyyn, edellyttäen, että toisen vaiheen muodon muuttaminen suoritetaan ennen lämpötilan nousua. Edelleen todettakoon, että jäähdyttäminen määriteltäisiin alhaisiin lämpötiloihin voidaan tehdä ennen muodon muuttamista tai samanaikaisesti tämän kanssa, ja mitä lähemmin nämä molemmat tekijät on koordinoitu, sitä nopeammin ja näin ollen taloudellisemmin menetelmä toteutuu.

Toisen muodon muuttamisvaiheen aikana lejeeringin mikrorakenne muuttuu huomattavasti niin, että vähintään 50 tilavuus-% on martensiittifaasia ja vähintään 10 tilavuus-% on austeniittifaasia. Edullinen alue on rajoissa noin 60...noin 90 tilavuus-% martensiittia ja noin 10...noin 40 tilavuus-% austeniittia. Luullaan, että suuri austeniittipitoisuus myötävaikuttaa käsitellyn materiaalin sitkeyteen.

Tämän selityksen joka kohdassa katsotaan alkuperäisen lejeeringin mikrorakenteen ja kryogeenisen muodon muuttamisen ja vanhetuksen tuloksena saatujen tuotteiden mikrorakenteen koostuvan pääasiallisesti austeniitista ja/tai martensiitista edellä mainitun prosenttimäärin. Mahdolliset muut läsnä olevat faasit eivät tässä yhteydessä kiinnosta, koska nämä faasit, mikäli niitä ylipäänsä esiintyy, ovat vähemmän kuin noin 1 tilavuus-%, joten niillä on pieni tai olematon vaikutus lejeeringin ominaisuuksiin.

Tässä yhteydessä on huomattava, että alueet, joissa ensimmäisen ja toisen vaiheen muodon muuttamisprosentit sijaitsevat, limittyvät. Vaikka prosenttimäärät voivat olla samat, on muodon esimuuttamisvaiheer ja toisen muodon muuttamisvaiheen muuttumisten suhde sopivasti rajoissa noin 1:1...noin 3:1.

Toisen vaiheen jälkeen lejeerinkiin sopivasti kohdistetaan vanhetuskäsittely lujuuden optimoimiseksi. Vanhetus suoritetaan tavalliseen tapaan lämpötila-alueella noin 623 K...noin 723 K, ja sopivasti alueella noin 648...noin 698 K. Vanhetusaika voi olla rajoissa noin 30 minuuttia...noin 10 tuntia, ja on sopivasti rajoissa noin 30 minuuttia...noin 2,5 tuntia. Tavanomaista kokeilua käytetään tässä sen lämpötilan ja ajan määrittämiseksi, jotka antavat suurimman vetolujuuden ja myös myötölujuuden.

On huomattava, että vanhetus pyrkii parantamaan myötölujuutta vieläkin enemmän kuin vetolujuutta, ja käsittely voidaan jatkaa pisteeseen, jossa myötölujuus on likimain sama kuin vetolujuus, kun lejeeringin halutaan saavuttavan korkeimmat lujuusasteet.

Edellä tähdennettiin, että uusi ja ainutlaatuinen mikrorakenne saavutetaan soveltamalla keksinnön mukaista menetelmää AISI 300-sarjan ruostumattomiin teräsrakenteisiin. Tämä mikrorakenne vanhetetaan siten, että se pääasiallisesti sisältää noin 50 tilavuus-% martensiittifaasia ja vähintään noin 10 tilavuus-% austeniittifaasia, ja lejeeringin vetolujuus on noin 1300 MPa, kun mikrorakenne sisältää 50 tilavuus-% martensiittia, ja vetolujuus suurenee vähintään noin 14 MPa martensiitin jokaista prosenttiyksikköä kohden yli arvon 50%.

Eräs edullinen vanhetettu mikrorakenne sisältää pääasiallisesti vähintään noin 60 tilavuus-% martensiittifaasia ja vähintään noin 10 tilavuus-% austeniittifaasia, jolloin lejeeringin vetolujuus on 1309 MPa...noin 1791 MPa, kun mikrorakenne sisältää 60 tilavuus-% martensiittia, ja noin 1860 MPa...noin 2239 MPa, kun mikrorakenne sisältää noin 90% martensiittia.

Edellä määritetty mikrorakenne on sellainen, jota on vanhetettu ennestään tunnetulla tavalla, kuten edellä on selitetty.

Kuvio 3 esittää 2000-kertaisena suurennuksena keksinnön mukaan valmistetun mikrorakenteen optista valomikrokuva. Lejeerinkinä on AISI 302.

Tavanomaisen päästökäsittelyn jälkeen teräksen muotoa muutetaan 20% huoneenlämmössä, ja tämän jälkeen sen muotoa muutetaan 20% 77 K:ssa ja lopuksi vanhetetaan $1\frac{1}{2}$ tuntia 673 K:ssa. Martensiittipitoisuus on suunnilleen 75 tilavuus-%.

Kuvio 4 esittää 2000 kertaa suurennettuna optisena valomikrokuvana ennestään tunnetun tekniikan mukaan kryogeenisessä lämpötilassa käsiteltyä lejeerinkiä AISI 302. Tavanomaisen päästökäsittelyn jälkeen teräksen muotoa on muutettu 20% 77 K:ssa ja vanhetettu $1\frac{1}{2}$ tuntia 673 K:ssa. Martensiittipitoisuus on likimain 75 tilavuus-%.

Ammattimiehet huomaavat keksinnön mukaan saadun mikrorakenteen ja ennestään tunnetun tekniikan mukaan saadun mikrorakenteen väliset rakenteelliset erot. Saadut martensiitti-"sirpit" ovat yleensä lyhyempiä, enemmän kaarevia, ja niillä on usein "dendriittisen" tyyppin ulkonäkö, kun taas kuvion 5 mukaiset martensiitti-sirpit ovat pitemmät ja suoremmat ja ne muodostavat toisiaan leikkaavia nauhoja pitkin kidegraafisia suuntauksia.

Tärkein ero, vaikkakin se ilmeisesti riippuu mikrorakenteesta, ei ole täysin määritelty rakenteeseen liittyvinä sanontoina, vaan pikemminkin erään tärkeän ominaisuuden ilmaisuna suhteessa mikrorakenteeseen, toisin sanoen vetolujuus on lejeeringissä olevan martensiitin jokaista prosenttimäärää kohden suurempi kuin mikä tähän asti on ollut tunnettua.

Kuten edellä mainittiin, saadaan keksinnön erään tunnusmerkin ja erikoissovellutuksen mukaan menetelmä metallilangan tai -vanteen vetolujuuden ja sitkeyden parantamiseksi, jonka langan tai vanteen koostumus pääasiallisesti on AISI 300-sarjan austeniittista ruostumatonta "teräslejeerinkiä", jonka Md-lämpötila on korkeintaan noin 373 K ja Ms lämpötila on korkeintaan noin 173 K, ja tämä menetelmä tunnetaan siitä, että sen vaiheet ovat seuraavat:

- a) muutetaan metallilangan tai -vanteen muotoa vähintään noin 10% ja lämpötilassa, joka on noin Md-lämpötila -50 K...Md-lämpötila + 50 K, joka Md-lämpötila on muodon muuttamisen kohteena olevan lejeeringin lämpötila siten, että langan tai vanteen martensiittifaasia on enintään noin 10 tilavuus-% ja austeniittifaasia on vähintään noin 90 tilavuus-% ja
- b) venytetään lankaa tai vannetta yksiaksiaalisesti vähintään noin 10% jännityksellä ja lämpötilan ollessa korkeintaan 198 K siten, että langan tai vanteen martensiittifaasia on vähintään 50 tilavuus-% ja austeniittifaasia on vähintään noin 10 tilavuus-%.

Vetolujuus optimoidaan, kuten edellä selitettiin, sopivasti kohdistamalla venytettyyn metallilankaan tai -vanteeseen tavanomainen vanhetuskäsittely lämpötila-alueella noin 623...noin 823 K.

Edellä yleisesti selitettyä menetelmää, johon tietenkin sisältyvät eri suositut alueet ja mikrorakenteet, voidaan soveltaa venytyskäsittelyyn, joten niitä ei tässä toisteta.

On kuitenkin tähdennettävä, että keksinnön mukainen menetelmä, jossa muodon esimuuttaminen ja alhaisessa lämpötilassa suoritettu muodon muuttaminen yhdistetään, edustaa parannusta verrattuna metallilangan tai -vanteen venyttämiseen alhaisissa lämpötiloissa. Keksinnön mukaisen menetelmän ominaisuuksina ovat saavutettu korkeampi vetolujuus, riippumatta langan halkaisijasta tai vanteen paksuudesta, verrattuna ennestään tunnettuun vetämiseen tai valssaamiseen alhaisissa lämpötiloissa, jolloin vetolujuus on läheisessä suhteessa halkaisijaan tai paksuuteen, siten, että mitä suurempi halkaisija tai paksuus on, sitä pienempi on vetolujuus. Keksinnön muita ominaisuuksia ovat parantunut vääntömyötölujuus ja se seikka, että ei tarvita mitään voiteluaineita.

Venytys on määritelty sellaisten työkappaleiden muodon muuttamiseksi, joissa yksi mitta, jota sanotaan pituussuunnaksi, on paljon suurempi kuin molemmat muut mitat, kuten on laita esim. lankojen tai vanteiden yhteydessä. Tämä muodon muuttaminen tehdään kohdistamalla voimia pituussuunnassa siten, että työkappaleen pääasiallisesti koko poikkeileikkaus on tasaisen yksiaksiaalisen vetojännityksen alainen muodon muuttamisen aikana. Vektorasitukset ovat riittävän suuret pysyvän plastisen muodon muuttumisen aiheuttamiseksi työkappaleessa, ja rasituksen kohdistaminen selitetään prosenttimääräisenä muodon muuttumisena. Tässä käytetty sanonta "venytys" edustaa muiden muodonmuuttamismenetelmien, kuten vedon ja valssauksen vastakohtaa, koska näissä käytetään moniaksiaalisia jännityksiä, joten sanontaa "yksiaksiaalinen venytys" on käytetty edelleen korostamaan ammattimiehelle sitä eroa, joka on olemassa langan pituussuuntaiseen venymiseen nähden suulakkeen läpi vedettäessä, jolloin tämä pituussuuntainen piteneminen aiheutuu puristusvoimista, jotka vaikuttavat poikittain vetosuuntaa vastaan, niiden vetojännitysten lisäksi, jotka vaikuttavat veto- eli pituussuunnassa.

Kaksi materiaalimuotoa on erikoisen mielenkiintoista keksinnön mukaisessa venytysmenetelmässä näiden muotojen erikoismittojen takia, jolloin toisin sanoen pituusmitta on paljon suurempi kuin molemmat muut mitat.

Nämä muodot ovat lanka ja vanne, joilla on tämä yhteinen mitallinen tunnusmerkki. Tässä on tähdennetty, että edellä selitetty toinen muodon muuttamisvaihe on ei-vetävä ja ei-valssaava vaihe, ja tarkoituksena on korostaa yksiaksiaalisen venytyksen tärkeyttä ja sulkea pois sellaiset menetelmät, joissa työkappale ei tule tasaisesti lujitetuksi, toisin sanoen joissa pintaosa tulee erittäin paljon lujitetuksi, kun taas sydänosa lujittuu paljon pienemmässä määrin, mikä rajoittaa vedetyn langan tai valssatun vanteen vetolujuuden arvoon, jossa pintaosa säröilee tai halkeilee. Tämä vedetyn langan puutteellisuus muihin ongelmiin määrättyssä käytössä, toisin sanoen kierukkajousien yhteydessä, joissa muotoutuvuus on erikoisen mielenkiintoinen ja tärkeä ominaisuus. Tässä tapauksessa on pintaosan oltava riittävän venyvä siten, että se säröilemättä kestää käärimistä karan ympäri, mutta valitettavasti pintaosan pääasiallinen kylmäkarkaisu vedon aikana tekee tämän pintaosan hauraammaksi mutta vähemmän venyväksi, mikä vähentää muotoutuvuutta.

On todettu, että sässä selitetty alhaisessa lämpötilassa suoritettu venytysmenetelmä parantaa vetolujuutta ja muotoutuvuutta samoin kuin vääntö- ja väsymisominaisuuksia.

Muodon muuttamisvaihe parantaa edelleen metallilangan tai -vanteen vetolujuutta ja sitkeyttä ja optimoi näiden materiaalit kaupallista käyttöä varten.

Samalla tavoin kuin edellä selitetty yleinen menetelmä, voidaan tämäkin menetelmä toteuttaa käyttämällä ennestään tunnettua laitetta. Ensimmäisen vaiheen muodon muuttaminen voidaan toteuttaa suorittamalla ennestään tunnettu vetäminen tai valssaaminen määritellyllä lämpötila-alueella ja käyttämällä edellä myös määriteltäviä muodon muuttamista, jolloin lanka tai vanne tietenkin on pääasiallisesti austeniittista, ja on päästettyä tai päästämätöntä, miten vain halutaan. Muodon esimuuttaminen voidaan myös toteuttaa soveltamalla muunlaisia muodon muuttamismenetelmiä. Tässä vaiheessa ei vaadita vetolujuuden minkään määrätyn arvon saavuttamista. Joka tapauksessa saavutettua vetolujuutta on rajoittamassa tässä vaiheessa käytettyjen materiaalien, muodonmuuttumismäärän ja lämpötilan yhdistelmä.

Toisen vaiheen muodon muuttaminen on suoritettava edellä esitetyllä lämpötila-alueella, toisin sanoen alle 198 K lämpötilassa, ja määriteltäviä muodon muuttaminen on keksinnön kaikkien etujen saavuttamiseksi aikaan-saatava venyttämällä. Muussa suhteessa voidaan tavanomaisia menetelmiä

Seuraavassa selitetään kuvioden 1 ja 2 perusteella keksinnön mukaisen toisen vaiheen venytyskäsittelyn suorittamiseen käytettävän laitteen eräs suoritusmuoto, ja tämän käsittelyn yhteydessä käytettävä menetelmä, jolloin työkappaleena on lanka. Menetelmä toteutetaan eristetyssä säiliössä 10, joka on määrättyyn korkeuteen H täytetty kryogeenisellä nesteellä, kuten nestemäisellä typellä, jolloin nestemäärä on sellainen että se täydellisesti peittää venytettävän materiaalin. Muodoltaan esimuutettu lanka 12 syötetään syöttökelalta 13 säiliöön 10 ja saatetaan menemään kahden kelan 14 ja 15 ympäri, jotka on pyörivästi upotettu säiliöön 10 nesteenpinnan alle. Nämä molemmat kelat ovat identtisesti samanlaiset, ja ne koostuvat kumpikin kahdesta lieriömäisestä valssista, joilla on eri halkaisijat. Kuvio 2 esittää kuvion 1 viivan 2-2 kohdalta tehtyä kelan 14 poikkileikkausta, ja tässä nähdään urat, joissa lankaa ohjataan "ryömimisen" estämiseksi. Valssin 16 ulkoura on ura, joka sijaitsee etäimmällä valssista 17, valssin 16 sisäura on lähinnä valssia sijaitseva ura, valssin 17 sisäura on lähinnä valssia 16 sijaitseva ura, ja valssin 17 ulkoura on etäimmällä valssista 16 sijaitseva ura. Kapein man valssin halkaisija on merkitty D0 ja leveämmän valssin halkaisija on merkitty D1. Jouduttuaan kryogeeniseen nesteeseen lanka 12 kulkeutuu nuolien suunnassa kelan 14 valssin 16 ulkouraa pitkin valssin 16 ympäri ja kulkeutuu kelan 15 valssin 18 ulkouraan ja jatkaa matkaansa edestakaisin valssien 16 ja 18 välillä tätä varten tehtyjen urien läpi sisäuriin, jolloin lanka vähitellen jäähtyy kryogeenisen nesteen lämpötilaan. Lankaan 12 kohdistuva vetovoima kasvaa myös vähitellen kitkan vaikutuksesta, kunnes lanka saavuttaa valssin 18 sisäaurassa kohdan B, jossa se siirtyy kelan 14 valssin 17 sisäuraan. Koska molemmat kelat pyörivät samalla kulmanopeudella, tapahtuu tasaista venymistä. Venytysmäärä on $= \frac{D1 - D0}{D0}$. Piste C jälkeen lanka jatkaa valssilta 17 valssille 19 sisäurasta ulkouraan samankaltaisella tavalla kuin se eteni pitkin valsseja 16 ja 18, ja lanka siirtyy vähitellen ulkouriin, jolloin vetovoimat samalla vähenevät. Kuljettuaan valssin 19 ulkouran läpi lanka 12 lähtee säiliöstä 10 ja kelataan vastaanottorullalle 21.

Seuraavat esimerkit kuvaavat keksintöä. Kaikkien esimerkkien koekappaleet sisältävät vähintään 95 tilavuus-% austeniittia ennen ensimmäistä muodon muuttamisvaihetta, ja vähintään 90 tilavuus-% ennen kryogeenisessä lämpötilassa suoritettua toista muodon muuttamisvaihetta.

Esimerkit 1...3

Käytetään päästettyä AISI 304 ruostumatonta teräslevyä, jonka kemiallinen koostumus on seuraava:

Alkuaine	Paino-%
C	0.0555
S	0.020
P	0.015
Mn	1.83
Si	0,75
Ni	8.90
Cr	18.5
Mo	0.42
Cu	0.42
V	0.03
Zr	vähemmän kuin 0.03
Ti	0.03
Al	vähemmän kuin 0.02
Fe	<u>lopun</u>
Yhteensä	100

Päästäminen suoritetaan soveltamalla ennestään tunnettuja menetelmiä ja kuumentamalla materiaali lämpötilaan, joka on rajoissa 1253 K... 1423 K, minkä jälkeen jäädytetään nopeasti.

Levy saadaan leikattuna noin 30,5 x 30,5 cm kappaleiksi, joiden nimellispaksuus on noin 1,5 mm. Normin ASTM E8 mukaan leikataan koekappaleet siten, että jännitysakseli on yhdensuuntainen levyn valssaus suunnan kanssa. Kuvio 5 esittää kaaviollisesti koekappaletta. Kuviossa 5 esitetyt viitteet, niiden tarkoitukset ja mitat ovat seuraavat:

A	- sisämittapituus ja merkkiviivat	noin 50,8 $\pm$ 0,25 mm
B	- ulkomittapituus ja merkkiviivat	" 76,2 $\pm$ 0,25 mm
C	- tarrainosan leveys	" 50,8 mm
D	- tarrainosan pituus	" 63,5 mm
E	- tarraimien kiinnittämiseen käytetyn tapin reiän halkaisija	" 19,5 mm
F	- reunan etäisyys tapin kiinnitysreiästä	" 31,8 tai 25,4 mm
L	- kokonaispituus	" 227 mm
R	- pyöristetyn olakkeen säde	" 12,7 mm
W	- mittaosan leveys	" 12,7 $\pm$ 0,25 mm

Koekappaleita käsitellään 294 K:ssa (muodon esimuuttaminen) ja 77 K:ssa (toisen vaiheen muodon muuttaminen) käyttämällä "Model ST Galmore"- sähköhydraulista koestuskonetta, jonka mäännän nopeus on noin 2,5 mm/min. Jännitys mitataan "Gilmore 20 000-naulaa" (noin 908 kp) jännitys-

kennolla. 294 K:ssa piteneminen mitataan "Instron G-51-15-jännitys-venymämittarilla", jonka mittapituus on noin 25,4 mm. Jännityksen ja pitenemisen arvot muutetaan jännitykseksi ja muodon muuttumiseksi analogiatietokoneen avulla ja merkitään X-Y-piirturiin kokeen aikana. 77 K:ssa tapahtunut muodon muuttuminen määritetään vertailemalla koe-kappaleessa olevien mittamerkkien välisiä etäisyyksiä ennen muodon muuttamista ja tämän jälkeen.

Käsittely 77 K:ssa tehdään eristetyssä metallisessa "Dewar"-pullossa, joka on täytetty nestemäisellä tyypellä niin, että koko koekappale upotetaan nestemäiseen typpikylpyyn. Vanhetuskäsittely suoritetaan ilmassa käyttämällä "Lindberg Model 59744"-uunia. Oletetaan, että vanhetuksen aikana esiintyvä langan pinnan hapettuminen ei vaikuta saavutettuihin mekaanisiin ominaisuuksiin. Lämpötila ei vaihtele pitkin lankaa enempää kuin ± 10 K ennalta asetetusta lämpötilasta.

Seuraavassa taulukossa I on esitetty prosenttimääräinen muodon muuttuminen kummassakin lämpötilassa, toisin sanoen 294 K:ssa, ja 77 K:ssa, vanhetusaika tunteina 673 K:ssa ja lopulliset ominaisuudet, jotka mitattiin 294 K:ssa.

Esimerkit 1...8 havainnollistavat aikaisemmin tunnettua tekniikkaa, sikäli että ei ole mitään muodon esimuuttamista (eli ensimmäistä muodon muuttamisvaihetta). Esimerkkeihin 9...33 sisältyy muodon esimuuttaminen.

Myötölujuus on mainittu suureena MPa, kun piteneminen on 0,2%, vetolujuus on mainittu suureena MPa, ja kokonaisvenymä prosentteina. Nämä käsitteet on määritelty edellä.

Martensiitin tilavuusprosentti määritetään soveltamalla kvantitatiivista röntgensäde-diffraktiomenetelmää. Lopun (kokonaistilavuuteen 100%) oletetaan olevan austeniittia. Muita faaseja tai epäpuhtauksia ei ole enempää kuin 1 tilavuus-%, eikä niitä oteta tässä huomioon. Kaikissa esimerkeissä, joissa martensiittiprosentti tai austeniittiprosentti on mainittu, on loput (kokonaistilavuuteen 100%) pääasiallisesti sitä faasia, martensiittia tai austeniittia, jolle mitään prosenttilukua ei ole mainittu.

Taulukko I

Esimerkki	Muodon muuttuminen % 294 K:ssa	Vanhettetu, h	Myötö- lujuus 0,2% MPa	Veto- lujuus MPa	Kokonaisvenymä laskettu pituus- desta 25,4 mm	Marten- siittia %
1	0	16,5	841	1,213	15,4	74
2	0	21	1,109	1,323	10,3	83
3	0	25	1,419	1,474	7,2	89
4	0	30	1,378	1,461		93
5	0	16	1,102	1,226		56
6	0	20	1,419	1,447	4	74
7	0	25	1,660	1,660	2	83
8	0	30,5	1,764	1,764	1	91
9	30	15	1,137	1,412	8,5	75
10	30	19	1,357	1,488	6,7	83
11	30	22	1,536	1,578	2,5	88
12	30	26	1,667	1,695	1,2	94
13	30	15,5	1,240	1,592	1,7	61
14	31,5	19	1,778	1,840	pienempi kuin 0,5	76
15	30	23	1,929	1,929	1,7	85
16	30	25	2,260	2,260	1	90
17	50	14,5	1,061	1,426		67
18	51	16,5	1,309	1,530	6,6	76
19	50	20	1,440	1,585	4,2	83
20	51	20,5	1,481	1,626	3	
21	50	25	1,681	1,750	1	88
22	51	24	1,654	1,702	1,8	
23	50	16,5	1,764	1,826	pienempi kuin 0,5	62
24	50	19,5	1,860	1,977	"	73
25	50	23,5	2,177	2,191	"	
26	50	25,5	2,225	2,225	"	
27	50	27	2,122	2,143	"	89
28	60,5	24	1,612	1,695	1,5	
29	60,5	25	1,667	1,757	1,1	90
30	60	22,5	2,308	2,315	pienempi kuin 0,5	
31	60	24	2,212	2,239	"	87

Esimerkit 32...35

Näissä esimerkeissä käytetään samaa materiaalia kuin esimerkeissä 1...31, paitsi että levyn nimellispaksuus on noin 4,4 mm. Levystä leikataan kaksi suurta koekappaletta, jotka muodoltaan ovat samanlaiset kuin kuvion 5 näyttämä koekappale. Koekappaleen pienennetyn mittausosan leveys on noin 76,2 mm ja pituus noin 203 mm. Nämä koekappaleet venytetään yksiaksiaalisesti 77 K:ssa, ja vanhetetaan tämän jälkeen tunnin ajan 673 K:ssa. Venytyssuunta on yhdensuuntainen levyn valssaus-suunnan kanssa. Vetolujuus määritetään käyttämällä tappien avulla jännitettyjä koekappaleita ja käyttämällä noin 50,8 mm välistä mitta-merkintäväliä sekä soveltamalla ASTM-menetelmää E8. Seuraavassa taulukossa II on esitetty koekappaleiden 32 ja 33 vetolujuudet 294 K:ssa.

Esimerkeissä 34 ja 35 valssataan kaksi päästettyä 304 ruostumatonta teräslevyä, joiden kummankin paksuus on noin 6,4 mm, kahdeksan kertaa 294 K:ssa noin 4,72 mm paksuuteen, mikä vastaa 30-prosenttista yksiaksiaalista muodon muuttumista. Tämän jälkeen koekappaleet valssataan noin 4,1 mm paksuuteen 77 K:ssa kaksitoista kertaa, mikä vastaa 16% suuruista yksiaksiaalista muodon muuttumista. Kummankin koekappaleen vetolujuudet mitataan kuten edellä ja tulokset merkitään taulukkoon II esimerkkien 34 ja 35 kohdalle.

Esimerkkien 34 ja 35 mukaiset koekappaleet sisältävät keksinnön mukaan noin 67% martensiittia ja 33% austeniittia, kun taas aikaisemman tekniikan mukaiset koekappaleet 32 ja 33 sisältävät noin 85% martensiittia ja 15% austeniittia.

Käsiteltyjen koekappaleiden murtositkeyden kokeilemiseksi työstetään niistä tiiviitä koekappaleita, jotka tämän jälkeen vanhetetaan tunnin ajan 673 K:ssa. Näiden koekappaleiden muoto on näytetty kuviossa 6, johon on myös merkitty viitemerkit ja vastaavat mitat.

A - näytteen korkeus	noin 50,8 mm
B - näytteen kokonaisleveys	" 54,0 mm
C - näytteen leveys kuormituslinjaan	" 42,6 mm
D - loven syvyys	" 22,2 mm
E - väsymähalkeaman pituus	" 3,2 mm
F - halkeaman sideosan koko	" 28,6 mm
G - (ks kuviota) paksuus	" 3,9...4,2 mm
H - tapin halkaisija	" 9,5 mm
X - (ks. kuviota)	" 11,7 mm

Y - (ks. kuviota)	noin 11,7 mm
Z - C-F	" 14,0 mm

Koekappaleet suunnataan siten, että murtumarata on kohtisuorassa (LT) venytys- eli valssaussuuntaa vastaan. LT liittyy ASTM E399-menetelmään koekappaleen suuntauksen merkitsemiseksi. Ensimmäinen kirjain tarkoittaa kuormituksen suuntaa, ja toinen kirjain osoittaa halkeaman etenemissuuntaa. Kaikkiin koekappaleisiin tehdään terävä lovi aikaansaamalla esihalkeama väsytyksen avulla. Jokaiseen koekappaleeseen kohdistetaan veto-vetorasitus käyttämällä sinimäistä rasitusaaltoa, jonka taajuus on 10 Hz, kunnes halkeama on kasvanut noin 3,2 mm koneistetusta lovesta niin, että jäljelle jää murtumaton noin 28,6 mm pitkä kynnys eli side-osa. Käytetty rasitus on 71,4 Mps metriä, ja halkeaman tyypilliset kasvunopeudet ovat suuruusluokkaa noin $50,8 \times 10^{-5}$ mm/jakso. R-arvo, joka määritetään minimi- ja maksimirasitusten suhteena on 0,25.

Väsyttämällä aikaansaadun esihalkeaman jälkeen jokainen koekappale vedetään murtumiseen asti, ja rasitus merkitään tarttuimien siirtymisen funktiona. Ristikappaleen nopeus on noin 127 mm/h. Vaikka kiinnipuristetun venymämittarin asemesta käytetään suoraviivaisesti vaihdeltavaa differentiaali-muuntolaitetta, joka mittaa kuormitustappien siirtymisen halkeaman avautumisen mittaamiseksi, seurataan muussa suhteessa suositeltua menetelmää alkuperäisen halkeaman etenemispisteen määrittämiseksi, kuten on esitetty ASTM-menetelmässä E399.

Havaittu rasituksen voimakkuus, jolla halkeaman eteneminen alkaa, on esitetty taulukon II sarakkeessa murtumasitkeys. Arvot ovat ainoastaan likimääräisiä, koska mitään paikalleen kiinnitettyä venymämittaria ei käytetty halkeaman avautumisen mittaamiseksi, joten arvoista käytetään nimitystä K_e eikä nimitystä K_c .

Taulukkoon II on merkitty koekappaleen vetolujuus ennen koestusta ja lisäksi murtumasitkeys, koestuslämpötila (murtumasitkeyden kohdalla) ja murtumistapa (määritelty silmin katsomalla).

Taulukko II

Esi- merkki	Vetolujuus MPa	Koestus- lämpötila K	Murtumasitkeys Ke MPa/m	Murtumistapa
32	1,419	25	233	venyvä
33	1,550	-196	122	hauras
34	1,688	25	226	venyvä
35	1,688	-196	203	osittain venyvä

Esimerkkien 32 ja 33 koekappaleita, jotka valmistettiin soveltamalla ennestään tunnetun tekniikan mukaista, kryogeenisessä lämpötilassa sovellettua yhden vaiheen muodon muuttamismenetelmää, voidaan verrata esimerkkien 34 ja 35 koekappaleisiin, joita on käsitelty keksinnön mukaisen menetelmän avulla. Esimerkin 32 koekappaletta verrataan koekappaleeseen 34, koska molemmat on kokeiltu 298 K:ssa, ja esimerkin 33 koekappale verrataan koekappaleeseen 35, jotka molemmat on kokeiltu 77 K:ssa.

Vetolujuuden suureneminen ennestään tunnetun tekniikan mukaisen koekappaleen 32 ja keksinnön mukaisen koekappaleen 34 välillä on noin 19%, kun taas murtumasitkeyden pieneneminen on ainoastaan noin 2,8%. On ilmeistä, että vetolujuuden merkityksellinen suureneminen vaikuttaa ainoastaan vähäisesti murtumasitkeyteen, kun taas ennestään tunnettua menetelmää sovellettaessa vetolujuuden suureneminen johtaa murtumasitkeyden vastaavaan pienenemiseen.

Ennestään tunnetun tekniikan mukaisen koekappaleen 33 ja keksinnön mukaisen koekappaleen 35 välisen vetolujuuden suureneminen on noin 8,9%, mutta murtumasitkeyden suureneminen on dramaattisesti 67% (likimäärin), ja keksinnön mukainen koekappale on muuttunut hauraasta osittain venyväksi.

Esimerkit 36...44

Käytetään päästettyä AISI 302 ruostumatonta teräslankaa, jonka kemiallinen koostumus on seuraava:

Alkuaine	Paino-%
C	0.07
S	0.021
P	0.02
Mn	0.52
Si	0.37
Ni	8.5
Cr	18.9
Mo	0.22
Cu	0.19
V	0.05
Zr	vähemmän kuin 0.02
Ti	" " 0.01
Al	" " 0.05
Fe	<u>lopun</u>
Yhteensä	100

Päästäminen suoritetaan soveltamalla ennestään tunnettuja menetelmiä kuumentamalla materiaalia alueella 1253...1423 K, minkä jälkeen jäähdytetään nopeasti.

Lanka venytetään ensin (lukuunottamatta esimerkkiä 36) ennestään tunnetulla tavalla 294 K:ssa käyttämällä muodon määrättyä esimuuttamista, ja venytetään tämän jälkeen nestemäisessä työssä soveltamalla menetelmää ja käyttämällä laitetta, joka edellä on selitetty kuvioiden 1 ja 2 yhteydessä. Tämän jälkeen jokaisen esimerkin lanka vanhetetaan ennestään tunnetulla tavalla 2 tuntia 673 K:ssa. Seuraavaan taulukkoon III on merkitty langan alkuperäiset halkaisijat, prosenttimääräinen muodon esimuuttaminen 294 K:ssa, prosenttimääräinen muodon muuttaminen 77 K:ssa ja saavutettu vetolujuus. Jokaisen esimerkin käsitellyn langan martensiittipitoisuus (lukuunottamatta esimerkkiä 36) on vähintään 60 tilavuus-%.

Taulukko III

Esi- merkki	Langan hal- kaisija mm	Muodon muuttuminen		Vetolujuus MPa
		294 K:ssa %	77 K:ssa %	
36	0.69	0	20.0	1.757
37	0.63	20.0	20.0	1.833
38	3.98	21.4	16.7	1.791
39	3.02	30.9	20.6	1.957
40	3.02	31.1	21.1	1.922
41	2.97	38.2	18.4	1.998
42	2.99	38.2	16.8	1.998
43	2.87	42.6	21.4	2.074
44	2.77	55.0	20.3	2.122

Esimerkit 45...55

Nämä esimerkit koskevat sekä vetolujuutta että vääntömyötölujuutta.

Esim. langan vääntömyötölujuus voidaan määrittää käärimällä äärellinen langan pituus yhä suurempaan kulmaan ja havaitsemalla, milloin ensimmäinen pysyvä kulmavääristymä esiintyy. Kaksiprosenttinen vääntömyötölujuus määritetään leikkuurasitukseksi, joka esiintyy langan pinnassa, kun se kääritään niin suureen kulmaan, että syntyy kahden prosentin suuruinen pysyvä kulmapoikkeama. Samanlainen määritelmä pätee viiden prosentin vääntömyötölujuudelle. On eduksi, että jousien valmistukseen käytetyn langan vääntömyötölujuus on mahdollisimman suuri suhteessa tämän langan vetolujuuteen.

Käytetään päästettyä AISI 302 ruostumatonta teräslankaa, jolla on sama koostumus kuin esimerkeissä 36...44, ja päästömenetelmä on myös sama. Muodon muuttamisen jälkeen kaikkiin koekappaleisiin kohdistetaan tavanomainen vanhetus 673 K:ssa. Venytys eli veto 294 K:ssa tehdään ennestään tunnetulla tavalla. Venytys 77 K:ssa tehdään nestemäisessä työssä soveltamalla menetelmää ja käyttämällä laitetta, joka edellä on selitetty kuvioiden 1 ja 2 perusteella. Kaikkien 77 K:ssa käsiteltyjen koekappaleiden martensiittipitoisuus on vähintään 60 tilavuus-%.

Käsittely 77 K:ssa tehdään eristetyssä metallisessa Dewar-pullossa, joka täytetään nestemäisellä typellä niin, että koko koekappale upotetaan nestemäiseen typpikylpyyn. Vanhetuskäsittely suoritetaan ilmassa

käyttämällä "Lindberg Model 59 744"-tyyppistä uunia. Vanhetuksen aikana esiintyvän metallilangan pinnan hapettumisen ei oleteta vaikuttavan saatuihin mekaanisiin ominaisuuksiin. Lämpötila ei vaihtelee pitkin koekappaleen pituutta enempää kuin $\pm 10\%$ asetetusta lämpötilasta.

Martensiitin tilavuus-% on määritetty kvantitatiivisen röntgensäde-diffraktiomenetelmän avulla. Lopun (kokonaistilavuuteen 100%) oletetaan olevan austeniittia. Muita faaseja tai epäpuhtauksia esiintyy enintään 1 tilavuus-%, eikä niitä oteta tässä huomioon.

Kaikkien esimerkkien vetokokeet suoritetaan soveltamalla ASTM-menetelmää E8 ja vääntökokeet edellä selitetyllä tavalla.

Esimerkkien 45, 46, 47 ja 49...54 metallilangalla todetaan olevan sopiva muotoutuvuus sikäli, että se voidaan kääriä murtumatta karan ympäri, jonka halkaisija on sama kuin valmiin langan halkaisija.

Esimerkeissä 45 ja 49...54 294 K:ssa suoritettu muodon muuttaminen tehdään ennestään tunnetulla tavalla venyttämällä, esimerkeissä 48 ja 55 ennestään tunnetulla tavalla vetämällä täysin kovana, ja esimerkissä 47 ennestään tunnetulla tavalla vetämällä 1/4 kovana. Muodon muuttaminen 77 K:ssa tehdään kaikissa esimerkeissä, lukuunottamatta tietenkin esimerkkejä 48 ja 55, venyttämällä. Esimerkissä 46 mitään muodon muuttamista ei suoriteta 294 K:ssa, ja esimerkeissä 48 ja 55 mitään muodon muuttamista ei suoriteta 77 K:ssa.

Prosenttimääräinen muodon muuttaminen, valmiin metallilangan halkaisija, vetolujuus vanhetuksen jälkeen, vääntömyötölujuus vanhetuksen jälkeen ja vääntömyötölujuuden suhde vetolujuuteen on merkitty seuraavaan taulukkoon IV.

Taulukko IV

Muodon muuttaminen		% Langan lopullisen halkaisija mm	Veto-lujuus MPa	Vääntömyötölujuus		Suhde: 2% vääntömyötölujuus/veto-lujuus
294 K	77 K			2% MPa	5% MPa	
20	20	0,63	1,833	930	1,109	0,51
0	20	0,69	1,764	909	1,061	0,52
vähint. 20	20	0,70	1,860	896	1,144	0,48
" 75	0	0,69	2,150	723	978	0,34
30,9	20,6	3,02	1,957	1,040	1,247	0,53
31,1	21,1	3,01	1,922	916	1,192	0,48
38,2	18,4	2,97	1,998	985	1,261	0,49
38,2	16,8	2,99	1,998	951	1,199	0,48
42,6	21,5	2,88	2,074	1,027	1,282	0,50
55,0	20,3	2,78	2,122	1,130	1,344	0,53
vähint. 75	0	3,00	1,853	744	992	0,44

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä austeniittisen metallilejeeringin lujuus-sitkeysominaisuuksien parantamiseksi, joka lejeerinki on valittu ryhmästä, jonka muodostavat AISI 200 ja 300 sarjojen ruostumattomat teräslejeeringit ja rautaa, mangaania, kromia ja hiiltä sisältävät ei-ruostumattomat teräslejeeringit, jonka lejeeringin Md-lämpötila on korkeintaan noin 373 K ja Ms-lämpötila on korkeintaan noin 173 K, ja tämä menetelmä tunnetaan seuraavista vaiheista:
 - a) muutetaan lejeeringin muotoa vähintään noin 10% lämpötilassa, joka on noin Md-50 K...noin Md +50 K, joka Md-lämpötila on sellainen, että lejeeringin muotoa muutettaessa tässä lämpötilassa materiaalin martensiittifaasia on enintään noin 10 tilavuus-% ja austeniittifaasia on vähintään noin 90 tilavuus-%, ja
 - b) muutetaan vaiheessa a) valmistetun materiaalin muotoa vähintään noin 10 % lämpötilassa, joka on korkeintaan 198 K siten, että materiaalissa on martensiittifaasia vähintään noin 50-tilavuus-%, ja austeniittifaasia vähintään noin 10 tilavuus-%.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnetaan siitä, että siihen sisältyy seuraava lisävaihe:
 - c) vanhetetaan vaiheessa b) valmistettua materiaalia lämpötilassa, joka on rajoissa noin 623...noin 723 K.
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnetaan siitä, että vaiheessa a) muodon muuttuminen on noin 10...noin 80 % ja vaiheessa b) muodon muuttuminen on noin 10...noin 60%, lämpötila on alempi kuin noin 173 K, ja vaiheen b) tuotteessa on martensiittifaasia vähintään noin 60 tilavuus-% ja austeniittifaasia vähintään noin 10 tilavuus-%.
4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, tunnetaan siitä, että vaihe c) suoritetaan lämpötilassa, joka on rajoissa noin 648 K...noin 698 K.
5. Kiteinen mikrorakenne, joka pääasiallisesti on AISI 300-sarjan ruostumatonta teräslejeerinkiä, ja jossa martensiittifaasia on vähintään noin 50 tilavuus-% ja austeniittifaasia on vähintään noin 10 tilavuus-%, tunnetaan siitä, että lejeeringin vetolujuus on vähintään noin 1300 MPa siinä tapauksessa, että mikrorakenne sisältää martensiittia 50 tilavuus-% ja vetolujuus suurenee vähintään noin 14 MPa jokaista martensiitin prosenttiyksikköä kohden yli 50%.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen mikrorakenne, t u n n e t t u siitä, että martensiittifaasia on vähintään noin 60 tilavuus-%, ja austeniittifaasia on vähintään noin 10 tilavuus-%.

7. Menetelmä metallilangan tai -vanteen vetolujuuden ja sitkeyden parantamiseksi, jonka langan tai vanteen koostumus pääasiallisesti on AISI 300-sarjan austeniittista ruostumatonta teräslejeerinkiä, jonka Md-lämpötila on korkeintaan noin 373 K ja Ms-lämpötila on korkeintaan noin 173 K, t u n n e t t u siitä, että sen vaiheet ovat seuraavat:

a) muutetaan metallilangan tai -vanteen muotoa vähintään noin 10% lämpötilassa, joka on noin Md-lämpötila -50 K...Md-lämpötila + 50 K, joka Md-lämpötila on muodon muuttamisen kohteena olevan lejeeringin lämpötila siten, että langan tai vanteen martensiittifaasia on korkeintaan noin 10 tilavuus-% ja austeniittifaasia on vähintään noin 90 tilavuus-%, ja

b) venytetään lankaa tai vannetta yksiaksiaalisesti siten, että muodon muuttaminen on vähintään noin 10% ja lämpötila on korkeintaan 198 K siten, että langan tai vanteen martensiittifaasia on vähintään 50 tilavuus-% ja austeniittifaasia on vähintään noin 10 tilavuus-%.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että siihen sisältyy seuraava lisävaihe

c) vanhetetaan vaiheessa b) valmistettua materiaalia lämpötilassa, joka on rajoissa noin 623...noin 723 K.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vaiheessa a) muodon muuttuminen on noin 10...noin 80% ja vaiheessa b) muodon muuttuminen on noin 10...noin 60%, lämpötila on alempi kuin noin 173 K, ja vaiheen b) tuotteessa on martensiittifaasia vähintään noin 60 tilavuus-% ja austeniittifaasia vähintään noin 10 tilavuus-%.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vaihe c) suoritetaan lämpötilassa, joka on rajoissa noin 648 K...noin 698 K.

11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että materiaalina on AISI 300-sarjan ruostumaton teräslejeerinki.

12. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että materiaalina on AISI 300-sarjan ruostumaton teräslejeerinki.

13. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että materiaalina on AISI 300-sarjan ruostumaton teräslejeerinki.

14. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että materiaalina on AISI 300-sarjan ruostumaton teräslejeerinki.

Patentkrav

1. Förfarande för att förbättra hållfasthets-seghetsegenskaperna hos en austenitisk metallejering, vald ur gruppen som består av rostfria stållegeringar i AISI 200 och 300 serierna och inte rostfria stållegeringar, som innehåller järn, mangan, krom och kol, vilken legering har en Md-temperatur om högst ca 373 K och en Ms-temperatur om högst 173 K, k ä n n e t e c k n a t därav, att dess steg är:

- a) man deformerar legeringen till en deformation om minst ca 10% och vid en temperatur inom området ca Md -50 K...ca Md +50 K, vilken Md-temperatur är temperaturen hos legeringen som deformerar, på ett sådant sätt, att materialet har en martensitfas om högst ca 10 volym-% och en austenitfas om minst ca 90 volym-%, och
- b) deformerar materialet som framställt i steget a) till en deformation om minst ca 10% och vid en temperatur om högst 198 K på ett sådant sätt, att materialet har en martensitfas om minst ca 50 volym-% och en austenitfas om minst ca 10 volym-%.

2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att det omfattar följande ytterligare steg:

- c) man åldrar materialet som framställt i steget b) vid en temperatur inom området ca 623...ca 723 K.

3. Förfarande enligt patentkravet 2, k ä n n e t e c k n a t därav, att i steget b) är deformationen ca 10...ca 60%, temperaturen är under ca 173 K och produkten enligt steget b) har en martensitfas om minst ca 60 volym-% och en austenitfas om minst ca 10 volym-%.

4. Förfarande enligt patentkravet 3, k ä n n e t e c k n a t därav, att man utför steget c) vid en temperatur inom området ca 648 K...ca 698 K.

5. Kristallinsk mikrostruktur bestående i huvudsak av en rostfri stållegering ur AISI 300 serien med en martensitfas om minst ca 50

volym-% och en austenitfas om minst ca 10 volym-%, k ä n n e t e c k n a t därav, att legeringens draghållfasthet är minst ca 1300 MPa, då mikrostrukturen innehåller 50 volym-% martensitfas, och draghållfastheten ökar minst ca 14 MPa för varje extra procent martensit över 50%.

6. Mikrostruktur enligt patentkravet 5, k ä n n e t e c k n a t därav, att martensitfasen är minst ca 60 volym-% och austenitfasen är minst ca 10 volym-%.

7. Förfarande för att förbättra hållfasthets-seghetsegenskaperna hos en metalltråd eller ett metallband, som väsentligen består av en rostfri stållegering ur AISI 300 serien med en Md-temperatur om högst ca 373 K och en Ms-temperatur om högst ca 173 K, k ä n n e t e c k n a t därav, att stegen är följande:

- a) man deformerar metalltråden eller -bandet till en deformation om minst ca 10% vid en temperatur inom området ca Md -50 K...ca Md +50 K, vilken Md-temperatur är den som den deformerade legeringen har, på ett sådant sätt att metalltråden eller -bandet har en martensitfas om högst ca 10 volym-% och en austenitfas om minst ca 90 volym-%, och
- b) töjer metalltråden eller -bandet uniaxialt till en deformation om minst ca 10% vid en temperatur om högst ca 198 K på ett sådant sätt, att tråden eller bandet har en martensitfas om minst ca 50 volym-% och en austenitfas om minst ca 10 volym-%.

8. Förfarande enligt patentkravet 7, k ä n n e t e c k n a t därav, att det omfattar följande ytterligare steg:

- c) man åldrar materialet som framställts i steget b) vid en temperatur inom området ca 623...ca 723 K.

9. Förfarande enligt patentkravet 8, k ä n n e t e c k n a t därav, att i steget a) är deformationen ca 10...ca 80% och i steget b) är deformationen ca 10...ca 60%, temperaturen är under ca 173 K och produkten enligt steget b) har en martensitfas om minst ca 60 volym-% och en austenitfas om minst ca 10 volym-%.

10. Förfarande enligt patentkravet 9, k ä n n e t e c k n a t därav, att man utför steget c) vid en temperatur inom området ca 648 K...ca 698 K.

11. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att materialet är en rostfri stållegering ur AISI 300 serien.

12. Förfarande enligt patentkravet 2, k ä n n e t e c k n a t därav, att materialet är en rostfri stållegering ur AISI 300 serien.
13. Förfarande enligt patentkravet 3, k ä n n e t e c k n a t därav, att materialet är en rostfri stållegering ur AISI 300 serien.
14. Förfarande enligt patentkravet 4, k ä n n e t e c k n a t därav, att materialet är en rostfri stållegering ur AISI 300 serien.

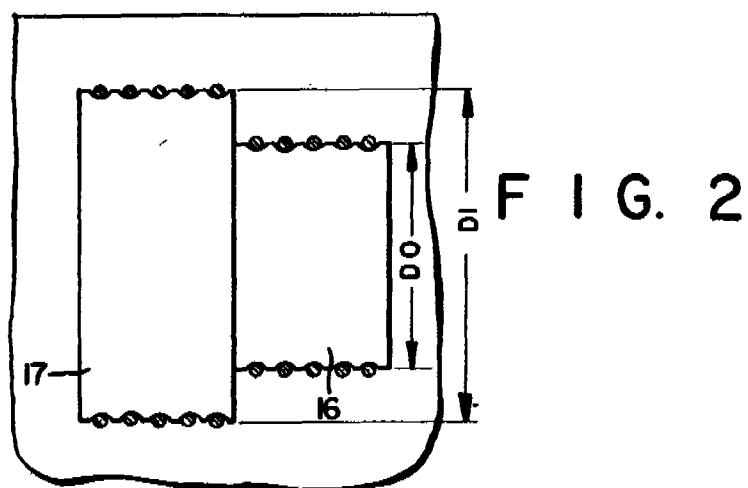
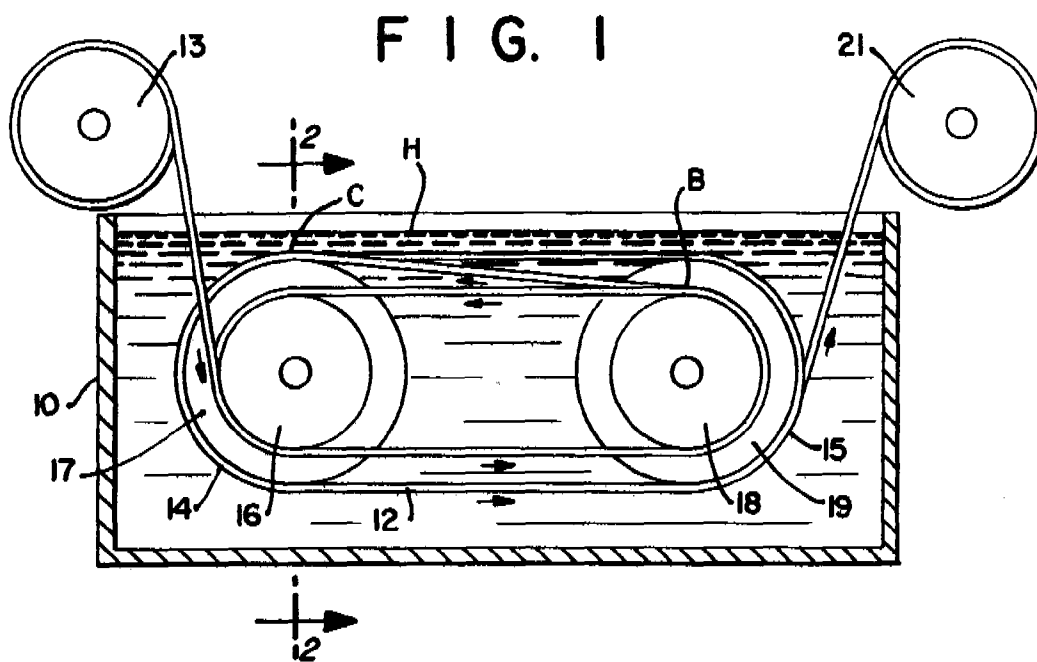


Fig. 3

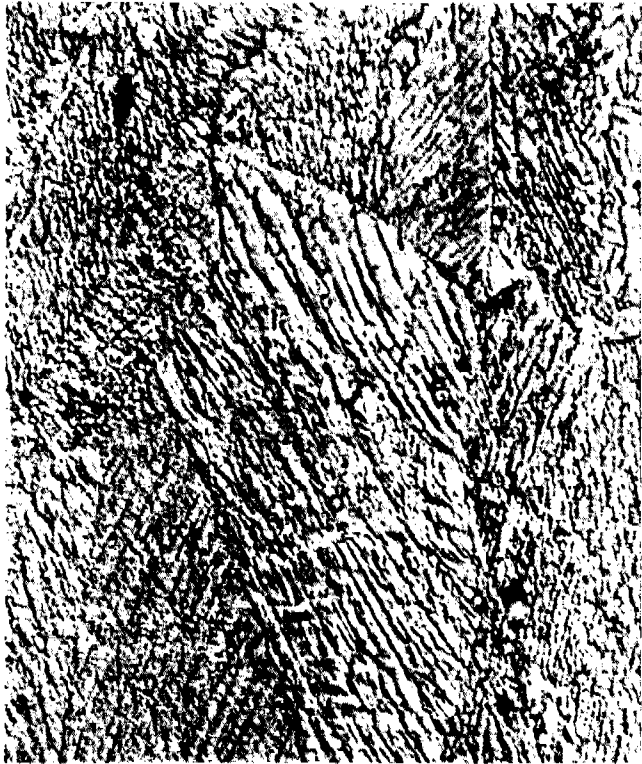


Fig. 4



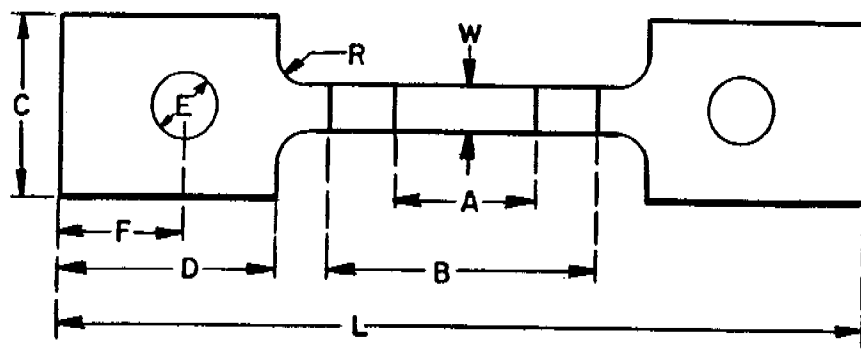


FIG. 5

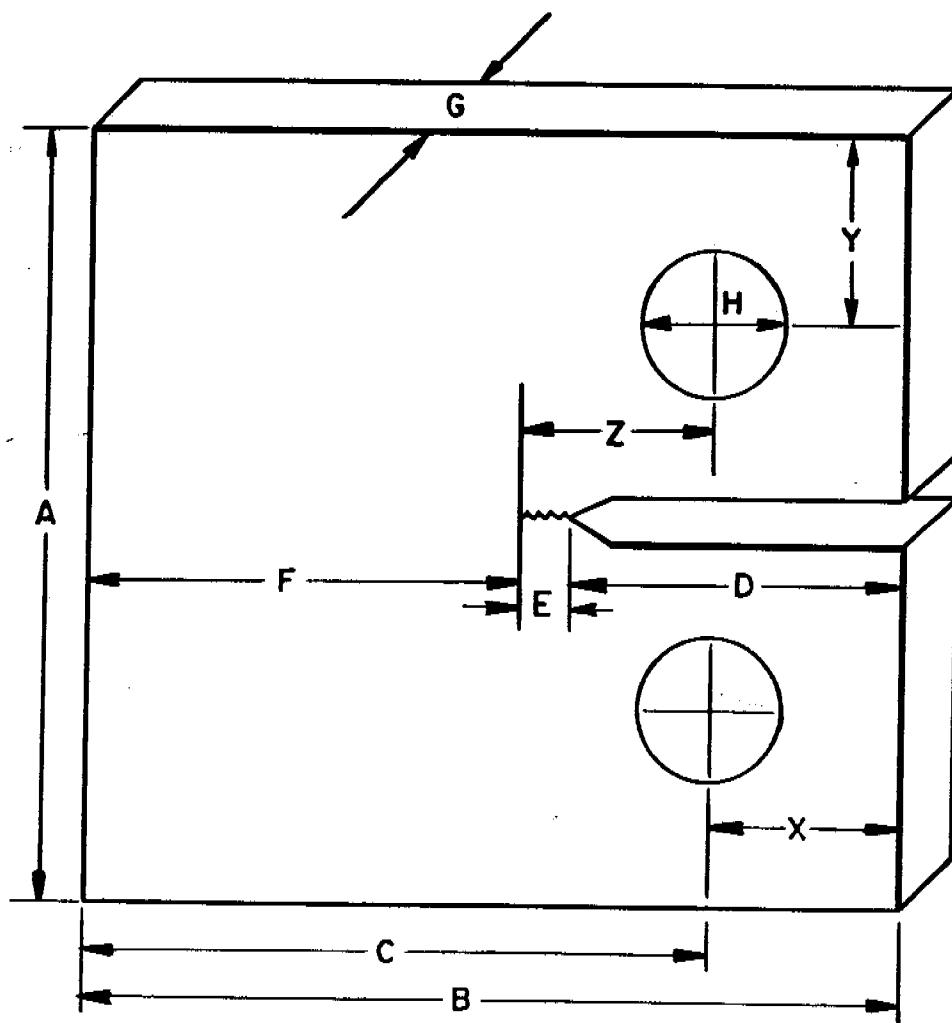


FIG. 6