

Menetelmä lejeerinkien metamorfisen käsittelyn suorittamiseksi ja sen avulla saatavia tuotteita

Tämä keksintö koskee erkanemakarkaistavia materiaaleja ja erityisesti uutta edullista menetelmää berylliumpitoisten lejeerinkien ominaisuuksien parantamiseksi.

Seuraavassa selitetään tämän keksinnön taustaa.

10 Beryllium-kuparilejeeringit ovat merkittäviä erinomaisten ominaisuuksiensa, joissa yhdistyvät lämmön johtavuus, sitkeys, iskun kestävyys ja korroosion kestävyys, ansiosta. Näiden syiden vuoksi soveltuvat edellä mainitut lejeeringit erittäin edullisesti käytettäviksi lentokoneiden laskutelineiden säätölaakereissa sekä useissa erilaisissa maanalaisissa ja vedenalaisissa sovelluksissa. Lisäksi beryllium-kuparilejeerinkien muut edulliset ominaisuudet, kuten muun muassa esimerkiksi niiden suhteellisen suuri sähköjohtavuus, ultrasoninen koestettavuus ja 20 lämpökäsiteltävyys, ovat saaneet aikaan sen, että niistä voidaan erittäin edullisesti valmistaa pinnoituslevyjä teräksen jatkuvaan valuun tarkoitettuihin muotteihin. Lentokone- ja avaruusteknologia sekä CD-levyteknologia (CD = englanniksi *compact disk*, tässä jäljempänä CD-levy tai 25 kompaktilevy) ovat myös hyötäneet näiden tässä edellä mainittujen lejeerinkien suhteellisen suuresta kiillotettavuudesta sekä niiden magneettisesta läpinäkyvyydestä, termisistä kierto-ominaisuuksista ja kitkasyöpymisen kesto-ominaisuuksista. Koska beryllium-kuparin hinta on kuitenkin 30 huomattavan keskeinen näkökohta, etsitään taloudellisesti edullisempia valmistus- ja käsittelymenetelmiä koko ajan. Parannukset lejeerinkien ominaisuuksiin ja tuotteiden toimivuuteen ovat myös suotavia ja tarpeen.

35 Tässä yhteydessä tavanomaiset menetelmät beryllium-kuparilejeerinkien käsittelemiseksi ovat hyödyntäneet termisen ja mekaanisten käsittelyvaiheiden sarjaa. Esimerkiksi beryllium-kuparilejeerinki voidaan kylmävalssata karkearakeiseksi, esihehkuttaa lämpötiloissa välillä noin 40 1000 - 1750 astetta (°F) (noin 538 - 954 astetta (°C)),

päästöhehkuttaa lämpötiloissa välillä noin 1600 - 1850 astetta (°F) (noin 871 - 1010 astetta (°C)), kylmävalssata käytännöllisesti katsoen lopulliseen paksuuteensa sekä tämän jälkeen jälkikäsitellä lämpötilassa välillä noin 600 - 1000
5 astetta (°F) (noin 316 - 538 astetta (°C)) alle yhdestä tunnista aina noin kahdeksaan tuntiin saakka. Tämän tarkoituksena on lisätä kestävyyttä, venyvyyttä, muotoiltavuutta, johtavuutta ja jännityksen poistoa. Tämän tässä edellä selitetyn yleisen kuvauksen mukainen menetelmä
10 sisältyy muun muassa esimerkiksi yhdysvaltalaisiin patentteihin No. 4 565 586, joka on myönnetty 21.1.1986, sekä No. 4 599 120, joka on myönnetty 8.7.1986. Näiden kummankin tässä edellä mainitun patentin sisältöä käytetään tässä hakemuksessa viitteinä.

15

Vaikka entuudestaan tunnetut menetelmät valmistuksen ja käsittelyn suorittamiseksi onkin todettu edullisesti käyttökelpoisiksi, tarvitaan edelleen lisää parannuksia, joiden avulla voidaan edullisesti lisätä kestävyyttä ja raekoon
20 hienoutta. Esimerkiksi hienempi raekoko yhdessä yhtenäisen samanakselisen rakenteen aikaan saamisen kanssa on tarpeen, koska näin voidaan saada aikaan parempi ohjauspeilien kiillotettavuus, mikä tosin sanoen tarkoittaa sitä, että voidaan välttää lasereissa tapahtuvia purkauksia, ja voidaan
25 saada aikaan laadultaan edullisesti parempia pintoja CD-levyjen valmistamista varten tarkoitettuihin muotteihin. Erinomaisen edullinen venyvyys, muovattavuus, ultrasoninen koestettavuus ja johtavuus helpottaisivat tuotteen valmistusta ja alentaisivat kustannuksia. Edelleen lämmön ja
30 korroosion kestävyys on haluttu edullinen ominaisuus, joka lisää tuotteen käyttöikää ja toimivuutta, kuten muun muassa esimerkiksi on laita lentokoneiden laskutelineiden säätölaakerien tapauksessa. Lisäksi beryllium-kuparista valmistettujen päällystyslevyjen väsymislujuuden ja
35 ryömylujuuden lisääminen lisäisi teräksen valumuottien toimivuutta.

Seuraavassa on selitetty tätä keksintöä lyhyesti.

Tämän keksinnön piiriin kuulu sellaista beryllium-kuparilejeerinkien, jotka tunnetaan "kultalejeerinkien tai kullanväristen" lejeerinkien nimellä (englanniksi "gold" alloys), metamorfinen käsittely. Eräs nimenomainen esimerkkimenetelmä

5 käsittää seuraavat suoritusvaiheet: (i) kulloinkin kyseessä olevan lejeeringin käsitteleminen termodynaamisesti ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka yleisesti ottaen on välillä 900 - 1500 astetta ($^{\circ}\text{F}$) (482 - 816 astetta ($^{\circ}\text{C}$)), (ii) vaiheessa i saadun lejeeringin lämpökäsittely ja

10 työstäminen suuremmalla kuin 30 % rasituksella rasitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin noin $(2,210 \times 10^{-7})/\exp [(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^{\circ})]$ (tässä edellä ja tässä jäljempänä on käsitettä rasitus käytetty synonyymisen käsitteen kuormitus kanssa sekä vastaavasti

15 käsitettä rasitusnopeus käsitteen kuormitusnopeus kanssa), missä T on ilmaistu lämpöasteina ($^{\circ}\text{F}$), ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, (iii) kohdassa ii saadun lejeeringin hehkuttaminen toisessa valitussa lämpötilassa, joka yleisesti ottaen on välillä 1375 - 1500 astetta ($^{\circ}\text{F}$) (746 -

20 816 astetta ($^{\circ}\text{C}$)), (iv) vaiheessa iii saadun lejeeringin samuttaminen vedellä ja (v) vaiheessa iv saadun lejeeringin terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka yleisesti ottaen on välillä 480 - 660 astetta ($^{\circ}\text{F}$) (249 - 349 astetta ($^{\circ}\text{C}$)). Näin menetellen saadaan aikaan

25 samanakselinen yhtenäisen hienorakeinen rakenne, mikä saa aikaan kaikki tällaiseen rakenteeseen liittyvät parannukset mekaanisissa ominaisuuksissa ja ultrasonisessa koestettavuudessa.

30 Edelleen, tämän keksinnön piiriin kuulu edellä selitetyn kaltaisen beryllium-kuparisen "kultalejeeringin" seuraavallaan käsittely: (i) termodynaamisen käsittelyn suorittaminen ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti ottaen välillä 900 - 1500 astetta ($^{\circ}\text{F}$) (482 - 816 astetta

35 ($^{\circ}\text{C}$)), minkä jälkeen (ii) sitä lämpökäsitellään ja työstetään noin 30 % rasituksella rasitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin noin $(1,009 \times 10^{-8})/\exp [(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^{\circ})]$, missä T on ilmaistu lämpöasteina ($^{\circ}\text{F}$), ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, (iii) hehkutetaan

toisessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti ottaen välillä 1375 - 1500 (746 - 816 astetta (°C)), (iv) karkaiseminen veden avulla ja (v) suoritetaan sen terminen kovettaminen kolmannessa lämpötilassa, joka on yleisesti ottaen välillä noin 480 - 660 astetta (°F) (249 - 349 astetta (°C)).

Tämän keksinnön piiriin kuuluu edelleen sellainen metamorfisesti käsitelty beryllium-kuparinen "kultalejeerinki", jolle 10 3,0 kertaa lejeeringin iskuenergia jalkanauloissa ilmaistuna (jalkanaula = 0,1383 kgm) lisättynä 2,0 kertaa lejeeringin myötölujuudella ksi-yksiköissä ilmaistuna on suurempi kuin noin 275.

15 Edelleen tämän keksinnön piiriin kuuluu lisäksi menetelmä "punaisen" beryllium-kuparilejeeringin metamorfinen käsittelyn suorittamiseksi, jonka menetelmän avulla saadaan aikaan yleisesti samanakselisen yhtenäisen raerakenteen, joka saa aikaan kaikki tällaisen rakenteen mukanaan tuomat 20 parannukset mekaanisiin ominaisuuksiin, sähköjohtavuuteen ja ultrasoniseen koestettavuuteen. Yksityiskohtainen esimerkkimenetelmä käsittää seuraavat suoritusvaiheet: (i) lejeeringin termodynaaminen käsittely ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka yleensä on välillä 900 - 1850 astetta (°F) 25 (482 - 1010 astetta (°C)), (ii) kohdassa i saadun lejeeringin lämpökäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin 30 % rasituksella rasitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin $(1,243 \times 10^7) / \exp[(2,873 \times 10^4) / (T + 459,4^\circ)]$, missä T on ilmaistu lämpöasteina (°F), ensimmäisessä 30 valitussa lämpötilassa, (iii) suoritusvaiheessa ii saadun lejeeringin hehkuttaminen toisessa valitussa lämpötilassa, joka on yleensä välillä 1400 - 1750 astetta (°F) (760 - 954 astetta (°C)), noin 15 minuutista noin kolmeen tuntiin, (iv) suoritusvaiheessa iii saadun lejeeringin karkaisun 35 suorittaminen vedellä ja (v) suoritusvaiheessa iv saadun lejeeringin terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä 800 - 1000 astetta (°F) (427 - 538 astetta (°C)).

Edelleen tämän keksinnön piiriin kuuluu "punaisen" beryllium-kuparilejeeringin käsitteleminen metamorfisesti seuraavien suoritusvaiheiden mukaisesti: (i) kullloinkin kyseessä olevan lejeeringin termodynaaminen käsitteleminen
5 ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka on yleensä välillä 900 - 1850 astetta ($^{\circ}\text{F}$) (482 - 1010 astetta ($^{\circ}\text{C}$)), (ii) vaiheessa i saadun lejeeringin lämpökäsitteleminen ja työstäminen suuremalla kuin noin 30 % rasituksella rasisitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai noin $(1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^{\circ})]$, missä T on ilmaistu
10 lämpöasteina ($^{\circ}\text{F}$), ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, (iii) vaiheessa ii saadun lejeeringin hehkuttaminen toisessa valitussa lämpötilassa, joka on yleensä välillä 1400 - 1750 astetta ($^{\circ}\text{F}$) (760 - 954 astetta ($^{\circ}\text{C}$)), (iv) vaiheessa iii saadun lejeeringin karkaiseminen vedellä sekä (v) vaiheessa
15 iv saadun lejeeringin primaarinen terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka yleisesti ottaen on välillä 900 - 1000 astetta ($^{\circ}\text{F}$) (482 - 538 astetta ($^{\circ}\text{C}$)), minkä jälkeen suoritetaan vielä sekundaarinen terminen
20 kovettaminen neljännessä valitussa lämpötilassa, joka on yleensä välillä 700 - 900 astetta ($^{\circ}\text{F}$) (371 - 482 astetta ($^{\circ}\text{C}$)).

Edelleen tämän keksinnön piiriin kuuluu vielä lisäksi
25 sellainen metamorfisesti käsitelty "punainen" beryllium-kuparilejeerinki, jolle 4,5 kertaa sähkönjohtavuus ilmaistuna % IACS:sta avulla (IACS = *international annealed copper standard*) lisättynä lejeeringin myötölujuuden arvolla ksi-yksiköissä on suurempi kuin noin 400.

30

Vaikka tätä keksintöä on tässä selitetty ja havainnollistettu beryllium-kuparilejeerinkien yhteydessä
hyödynnettäväksi, on kuitenkin selvää, että vastaavia ja analogisia menetelmiä voidaan käyttää hyväksi muiden
35 erkanemakarkaistavien materiaalien, kuten muun muassa esimerkiksi alumiinin, titaanin ja raudan lejeerinkien, yhteydessä ottaen kullloinkin huomioon se käyttötarkoitus, jota varten tätä keksintöä on tarkoitus käyttää hyväksi. Lisäksi mikä tahansa lejeerinki, joka sisältää berylliumia,

kuten muun muassa esimerkiksi beryllium-nikkeliä ja beryllium-hopeaa sisältävät lejeeringit, kuuluvat tämän keksinnön piiriin.

5 Tämän vuoksi on tämän keksinnön kohteen tarkoituksena lisätä lujuutta ja sitekeyttä berylliumia sisältävien lejeerinkien osalta samalla, kun parannetaan niiden lämmönkestävyyttä ja korroosionkestävyyttä, venyvyyttä, muotoiltavuutta ja johtavuutta.

10

Toinen tämän keksinnön kohde on saada aikaan sellaisia berylliumia sisältäviä lejeerinkejä, joilla on entuudestaan tunnettuja paremmat mekaaniset ominaisuudet, yksinkertaisesti ja tehokkaasti.

15

Edelleen tämän keksinnön kohteena on saada aikaan taloudellisesti edullinen berylliumia sisältävästä lejeeringistä valmistettu tuote, jolla on parannetut mekaaniset ominaisuudet.

20

Lisäksi tämän keksinnön kohteena on parantaa väsymislujuutta, ryömylujuutta ja ultrasonista koestettavuutta.

25 Tämän keksinnön kohteisiin kuuluu vielä se, että saadaan aikaan optisten systeemien ohjauspeilien ja CD-levyjen valmistuksessa käytettävien muottien pinnoille parempi kiilto.

Seuraavassa selitetään tätä keksintöä tässä jäljempänä esitettyjen kuvien avulla, joita mainittuja kuvia ei ole tarkoitettu millään lailla rajoittamaan tässä jäljempänä esitettyjä patenttivaatimuksia.

30 Seuraavassa on selitetty tähän hakemukseen liittyviä kuvia lyhyesti.

35

Kuvassa 1 on esitetty mikroskooppikuva lähtökohtana olevasta valetusta beryllium-kuparista "kultalejeerinkiä" olevasta kappaleesta 100 x suurennuksella ennen homogenisoinnin suo-

rittamista erään tämän keksinnön mukaisen suoritustavan mukaisesti.

Kuvassa 2 on esitetty mikroskooppikuva kuvan 1 mukaisesta lejeeringistä 100-kertaisella suurennuksella sen jälkeen, kun on suoritettu termodynaamisen käsittelyn sekä lämpökäsittelyn ja työstön käsittävät suoritusvaiheet tämän keksinnön mukaisesti.

10 Kuvassa 3 on esitetty mikroskooppikuva kuvan 2 mukaisesta lejeeringistä 1000-kertaisella suurennuksella.

Kuvassa 4 on esitetty kuvan 2 mukainen lejeerinki 100-kertaisella suurennuksella sen jälkeen, kun on suoritettu 15 hehkutuksen, karkaisun ja termisen kovettamisen suorittamiseksi tarkoitetut vaiheet tämän keksinnön mukaisesti.

Kuvassa 5 on esitetty mikroskooppikuva erään toisen tämän keksinnön suoritustavan mukaisesta tasaiseksi työstetystä 20 beryllium-kuparisesta "kultalejeeringistä" koostuvasta kappaleesta 100-kertaisella suurennuksella.

Kuvassa 6 on esitetty kuvan 5 mukaisesta lejeeringistä 25 mikroskooppikuva 100-kertaista suurennusta käyttäen sen jälkeen, kun on suoritettu termodynaaminen käsittely sekä lämpökäsittely ja työstäminen tämän keksinnön mukaisesti.

Kuvassa 7 on esitetty mikroskooppikuva kuvan 6 mukaisesta 30 lejeeringistä käyttäen 1000-kertaista suurennusta.

Kuvassa 8 on esitetty mikroskooppikuva kuvan 6 mukaisesta lejeeringistä käyttäen 100-kertaista suurennusta sen jälkeen, kun on suoritettu tämän keksinnön mukaiset vaiheet 35 hehkuttamisen, karkaisun ja termisen kovettamisen suorittamiseksi.

Kuvassa 9 on esitetty mikroskooppikuva valetusta kappaleesta "punaista" beryllium-kuparilejeerinkiä sisältävästä

lejeeringistä ennen tämän keksinnön mukaisen homogenisoinnin suorittamista käyttäen 100-kertaista suurennusta.

5 Kuvassa 10 on esitetty mikroskooppikuva kuvan 9 mukaisesta lejeeringistä käyttäen 100-kertaista suurennusta sen jälkeen, kun on suoritettu tämän keksinnön mukaiset termodynaamisen käsittelyn sekä lämpökäsittelyn ja työstön suorittamiseksi tarkoitetut suoritusvaiheet.

10 Kuvassa 11 on esitetty mikroskooppikuva kuvan 10 mukaisesta lejeeringistä käyttäen 1000-kertaista suurennusta.

15 Kuvassa 12 on esitetty mikroskooppikuva kuvan 10 mukaisesta lejeeringistä käyttäen 100-kertaista suurennusta sen jälkeen, kun on suoritettu tämän keksinnön mukaiset suoritusvaiheet hehkuttamisen, karkaisun ja termisen kovettamisen suorittamiseksi.

20 Kuvassa 13 on esitetty mikroskooppikuva tasaiseksi työstetystä tämän keksinnön mukaisesta kappaleesta "punaista" beryllium-kuparilejeerinkiä käyttäen 100-kertaista suurennusta.

25 Kuvassa 14 on esitetty mikroskooppikuva kuvan 13 mukaisesta lejeeringistä käyttäen 100-kertaista suurennusta sen jälkeen, kun on suoritettu termodynaaminen käsittely sekä lämpökäsittely ja työstäminen tämän keksinnön mukaisesti.

30 Kuvassa 15 on esitetty kuvan 14 mukaisen lejeeringin mikroskooppikuva käyttäen 1000-kertaista suurennusta.

35 Kuvassa 16 on esitetty mikroskooppikuva kuvan 14 mukaisesta lejeeringistä käyttäen 100-kertaista suurennusta sen jälkeen, kun on suoritettu hehkuttaminen, karkaisu ja terminen kovettaminen tämän keksinnön mukaisesti.

Kuvassa 17 on esitetty lejeeringin 25 havainnollistava metamorfinen kartta, josta käy ilmi rasitusnopeuden (s^{-1}) ja kuumakäsittelyn ja työstön lämpötilan ($^{\circ}F$) välinen

riippuvuus.

Kuvassa 18 on esitetty havainnollinen lejeeringin 165 metamorfinen kartta, josta käy ilmi rasitusnopeuden (s^{-1}) ja kuumakäsittelyn ja työstön lämpötilan ($^{\circ}F$) välinen riippuvuus.

Kuvassa 19 on esitetty havainnollistava lejeeringin 3, HYCON 3HPTM ja PHASE 3HPTM metamorfinen kartta, josta käy ilmi rasitusnopeuden (s^{-1}) ja kuumakäsittelyyn ja työstöön käytetyn lämpötilan ($^{\circ}F$) välinen riippuvuus.

Käytetyt numeeriset merkinnät ovat kaikissa kuvissa samat toisiaan vastaavien ominaisuuksien osoittamiseksi.

15

Edelleen, muita tämän keksinnön kohteita ja etuja käy ilmi tässä jäljempänä selitettäessä tämän keksinnön edullisia suoritustapoja.

20 Seuraavassa selitetään tämän keksinnön edullisia suoritustapoja yksityiskohtaisesti.

Lejeerinkien metamorfinen käsittely merkitsee vallankumouksellista uudistusta metallurgiassa. Käsittelyn suorittamisen aikana lejeeringissä tapahtuva metamorfoosi on suunnilleen analoginen tapahtuma sille muodonmuutostapahtumalle, jonka kautta toukasta kasvaa perhonen. Käsittelyn välivaiheessa tai "kotelovaiheessa" tulee lejeeringin raerakenteesta epäsiisti, toisin sanoen sattumanvarainen, epäyhtenäinen ja kaoottinen. Edelleen käsittelyn aikana saadaan aikaan järjestystä kaaokseen ja muodostuu superlejeerinki, jolla on sellainen ominaisuuksien yhdistelmä, joka ei ole ainoastaan erinomaisen edullinen ja ainutlaatuinen vaan myös parempi kuin minkään entuudestaan tunnetun materiaalin.

35

Yleisesti ottaen käsitteillä "kultalejeerinki" ja "punainen" lejeerinki siten, kuin niitä tässä hakemuksessa on käytetty, tarkoitetaan kulloinkin kyseessä olevan lejeeringin ulkonäköä. Tyypillisesti beryllium-kuparista koostuva kultale-

jeerinki sisältää berylliumia sellaisina pitoisuuksina, että ne ovat riittävän suuria antamaan kulloinkin kyseessä olevalle lejeeringille kullanhoitoisen värin. "Punainen" lejeerinki sisältää sisältää tyypillisesti suhteellisesti 5 pienempiä määriä berylliumia, mikä saa aikaan punertavan kuparin värin kaltaisen värisävyn.

Tämän keksinnön piiriin kuuluu beryllium-kuparisen "kultalejeeringin" metamorfinen käsittely, kuten muun muassa esimerkiksi lejeerinki 25 (C17200) käsittely, joka käsittää seuraavat suorituskäsitteet: (i) lejeeringin termodynaaminen käsittely ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka on yleensä välillä 900 - 1500 astetta (°F), (ii) vaiheessa i saadun lejeeringin kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla 15 kuin noin 30 %:n rasituksella (tai kuormituksella, jota juuri tässä edellä mainittua käsitettä kuormitus on tässä hakemuksessa käytetty synonyymisenä käsitteen rasitus kanssa,) rasitusnopeuden (tai kuormitusnopeudella, jota juuri tässä edellä mainittua käsitettä kuormitusnopeus on 20 tässä hakemuksessa käytetty synonyymisenä käsitteen rasitusnopeus kanssa,) ϵ ollessa suurempi kuin tai yhtä suuri kuin noin $(2,210 \times 10^7) / \exp[(2,873 \times 10^4) / (T + 459,4^\circ)]$, missä T on ilmaistu lämpöasteina (°F), mainitussa ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, (iii) vaiheessa ii saadun lejeeringin hehkuttaminen (englanniksi annealing) 25 toisessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti ottaen välillä 1375 - 1500 astetta (°F), (iv) vaiheessa iii saadun lejeeringin karkaiseminen veden avulla ja (v) suorituskäsitteessä iv saadun lejeeringin terminen kovettaminen 30 valitussa kolmannessa lämpötilassa, joka on yleensä edullisesti välillä 480 - 660 astetta (°F).

Lejeeringin 25 on todettu soveltuvan edullisesti käytettäväksi maan alla sijaitsevilla öljyn ja kaasun 35 porauksessa käytettävissä asentoa ja paikkaa aistivissa sensoreissa sekä myös lentokoneiden laskutelineiden säätölaakereissa. Tässä yhteydessä merkittäviin edullisiin ominaisuuksiin kuuluvat vahvuus, sitkeys, iskuenergia, korroosion kesto ja lämmönjohtavuus.

Erään tämän keksinnön edullisen suoritustavan mukaan tämä tässä edellä mainittu lejeerinki käsittää noin 1,80 - 2,00 painoprosenttia berylliumia, ja noin 0,20 - 0,35 painoprosenttia kobolttia, lopun ollessa pääosin kuparia.

Aloitettaessa metamorfista käsittelyä homogenisoidaan ja hienonnetaan (englanniksi *crop*) valettu harkko tai tanko lejeerinkiä 25, jonka mikrorakenne on esitetty kuvassa 1. Tässä edellä selitetyt suoritussvaiheet homogenisoinnin ja hienontamisen suorittamiseksi oletetaan alan asian tuntijoiden keskuudessa entuudessaan tunnetuiksi, eikä tämän vuoksi katsota olevan tarpeen tämän erityisemmin selittää niitä tämän hakemuksen mukaisen keksinnön kannalta.

Seuraavaksi kulloinkin kyseessä oleva lejeerinki käsitellään termodynaamisesti kauemmin kuin muun muassa esimerkiksi noin 10 tunnin ajan ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka on yleensä edullisesti välillä 900 - 1500 astetta (°F). On erittäin edullista, jos tätä tässä edellä selitettyä käsittelyä jatketaan valitun ajanjakson ajan, joka mainittu jakso on pidempi kuin noin 16 tuntia. Tämän tässä edellä selitetyn käsittelyn aikana kulloinkin kyseessä olevaa lejeerinkiä lämmitetään mainittuun ensimmäiseen lämpötilaan, jossa sitä pidetään tässä edellä selitetyn valitun ajanjakson ajan.

Tässä edellä selitetty termodynaaminen käsittely kestää edullisesti kauemmin kuin 16 tunnin ajan mainitussa ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka on yleensä edullisesti välillä 1000 - 1250 astetta (°F). On edelleen myös edullista, että hehkuttamista suoritetaan noin 30 minuutista yhteen tuntiin kestäväen ajan ja että se suoritetaan liuotuskäsittelyn avulla. Termistä kovettamista suoritetaan erittäin edullisesti noin kolmesta kuuteen tuntiin mittaisen ajan verran. Tässä edellä selitettyjen suoritussvaiheiden avulla saadaan aikaan se, että raekoko hienonee, jolloin lopullinen lujuus, kokonaisvenymä, suhteellinen (%) pinta-alan pieneneminen ja sitkeys

paranevat.

Termodynaamisen käsittelyn suorittamisen jälkeen, lejeerinkiä kuumakäsitellään ja työstetään. Tämä tässä edellä mainittu käsittely ja työstäminen suoritetaan edullisesti kuumavalssaamalla, takomalla muun muassa esimerkiksi levyjen tai tankojen tapauksessa tai suorittamalla ekstruusio muunmuassa esimerkiksi muodoltaan pyöreiden tuotteiden tapauksessa kulloinkin kyseessä olevalle lejeeringille. Tässä edellä selitetyn kuumakäsittelyn ja työstämisen aikana lejeerinki pidetään aiemmin tässä edellä selitettyssä ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, jolloin sitä käsitellään suuremmalla kuin 30 % rasituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin noin $(2,210 \times 10^{-7})/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 495,4^\circ)]$, missä T on ilmaistu lämpöasteissa ($^\circ\text{F}$). Erittäin edullinen alue kuumakäsittelyn ja työstämisen suorittamiseksi on suurempi kuin noin 50 % rasitus yleensä välillä noin 0,5 - 10,0/sekunti (tai in/in/s). Rasitusnopeuden (tai kuormitusnopeuden) (s^{-1}) ja kuumakäsittelyyn käytetyn lämpötilan ($^\circ\text{F}$) välinen suhde käy ilmi kuvassa 17 esitetyistä metamorfisesta kaaviosta.

Tässä edellä selitetyn termodynaamisen käsittelyn sekä kuumakäsittelyn ja työstämisen tarkoituksena on lejeeringin dynaaminen regenerointi, eli toisin sanoen saatetaan lejeerinki tilaan, jossa sille tapahtuu staattinen uudelleen kiteytyminen, joka tapahtuu tässä edellä selitetyn suoritusvaiheen hehkuttamisen suorittamiseksi jälkeen.

30

Termodynaamisen käsittelyn ja kuumakäsittelyn ja työstämisen suorittamiseksi tarkoitettujen suoritusvaiheiden, (joihin viitataan metamorfisena vaiheena,) jälkeen saadaan aikaan heterogeeninen, kvasiamorfinen, uudelleen kiteutumätön (eli kaottinen) raerakenne. Kuten mikroskooppikuvista, jotka on esitetty kuvissa 2 ja 3, käy ilmi, aikaan saadut raerakenteet ovat erilaisia kuin ne, jotka saadaan aikaan aiemmin entuudestaan tunnettuja materiaalin ominaisuuksia parantamaan tarkoitettuja menetelmiä hyväksi käyttäen.

Kuumakäsittelyn ja työstämisen suorittamisen jälkeen kulloinkin kyseessä olevaa lejeerinkiä jäähdytetään nopeudella, joka on edullisesti muun muassa esimerkiksi välillä 1000 °F/sekunti ja 1 °F/tunti. Yleensä on havaittu, että on lejeeringin jäähdytysnopeus tässä tämän hakemuksen mukaisen menetelmän suoritusvaiheessa on vähemmän tärkeä tekijä.

10 Sen jälkeen, kun lejeerinki on jäähdytetty valittuun lämpötilaan, kuten muun muassa esimerkiksi huoneen lämpötilaan, sitä hehkutetaan toisessa valitussa lämpötilassa, joka on yleensä välillä 1375 - 1575 astetta (°F) noin 15 minuutista kolmeen tuntiin kestävän ajan verran. 15 Edullinen lämpötila-alue on välillä 1375 - 1475 astetta (°F) ja aika noin 30 minuutista noin yhteen tuntiin.

Lopuksi edellä selitettyä tankoa jäähdytetään veden avulla karkaisemalla tai jollain muulla vastaavalla tavalla 20 menetellen sekä vanhennetaan termisesti (tai sille suoritetaan erkanemakarkaisu) kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka on yleensä välillä 480 - 660 astetta (°F), noin 3 - 6 tunnin ajan. Edullisesti käytettäviksi soveltuvat ajat ja lämpötilat voivat vaihdella käyttötarkoituksesta 25 riippuen.

On havaittu, että karkaisu ja terminen vanhentaminen eivät ainoastaan uudista lejeeringin raerakennetta ja ominaisuuksia, vaan myös parantavat niitä.

30 Metamorfisen käsittelyn lopputulos on superlejeerinki 25 (super Alloy 25), joka on tuote, jolla on hieno samanakselinen(, jota käsitettä samanakselinen on tässä edellä ja tässä jäljempänä käytetty synonyymisenä käsitteen tasa-akselinen kanssa,) yhtenäinen raerakenne. Sen lujuus on huomattavasti parempi kuin aiemmin entuudestaan tunnetuilla menetelmillä valmistetuilla tuotteilla, ja sen muovattavuus, venyvyys, johtavuus ja ultrasoninen koestettavuus ovat parempia samoin kuin lämmön ja korroosion kestokyky.

Kuvassa 4 on esitetty lopputuotteeksi saadun lejeeringin mikroskooppikuva.

Esimerkki I

5 Valetun lejeerinkiä 25 (Alloy 25) olevan kappaleen metamorfinen käsittely käsitti edellä selitetyt suoritusvaiheet, ja sen avulla saatiin aikaan 10 - 30 µm (mikronia) oleva lejeeringin raekoko. Lejeeringin mekaaniset ominaisuudet olivat seuraavat:

10

Myötöraja (ksi)	Murtolujuus (ksi)	Kokonais- venymä	Pinta-alan väheneminen (%)	Isku- energia (CVN) (ft
--------------------	----------------------	---------------------	-------------------------------	----------------------------------

15

lb)

100	140	19	40	35
160	180	8	14	5

20

Tämän keksinnön vaihtoehtoisen suoritustavan mukaisesti käsiteltävä kappale on beryllium-kuparisesta "kultalejeeringistä", joka on vaivalejeeringin muodossa, koostuva tanko, 25 kuten kuvassa 5 on esitetty. Homogenisoinnin ja hienontamisen suorittamiseksi tarkoitetut työvaiheet voidaan, kuten alan asiantuntijat helposti ymmärtävät, tässä tapauksessa jättää pois tässä vaiheessa.

30 Termodynaamisen käsittelyn ja kuumakäsittelyn ja työstämisen suorittamiseksi tarkoitettujen suoritusvaiheiden jälkeen, vaivalejeeringin rakeiden mikrorakenne on kaoottinen, kuten kuvista 6 ja 7 käy ilmi. Seuraavaksi suoritettava hehkuttaminen, veden avulla karkaiseminen ja terminen 35 ikäännyttämällä kovettaminen tämän keksinnön mukaisesti suoritettuina saavat aikaan hienontuneen yhtenäisen, samanakselisen raerakenteen, kuten kuvasta 8 käy ilmi.

Esimerkki II

Lejeerinkiä 25 (Alloy 25) oleva metamorfisesti käsitelty tanko, joka oli käsitelty aiemmin tässä edellä selitettyjen suoritusvaiheiden avulla, omasi myös lopullisen noin 10 - 30 μm :n raekoon sekä seuraavat mekaaniset ominaisuudet:

	Myötöraja (ksi)	Murtolujuus (ksi)	Kokonais- venymä	Pinta-alan väheneminen (%)	Isku- energia (CVN) (ft lb)
10					
15	100	140	19	40	35
	160	180	8	14	5

Kuten tässä edellä esitetty osoittaa, on valitun metamorfisesti käsitellyn lejeeringin ominaisuudet todettu samoiksi riippumatta siitä, onko lähtökappale valetussa vai vaivalejeeringin muodossa. Sellaisenaan tämä tekniikka tekee mahdolliseksi kustanuksiltaan edullisten korkealuokkaisten beryllium-kuparilejeerinkien massatuotannon valetussa tai taotussa muodossa. Tämän keksinnön yleisenä tavoitteena on saada aikaan parannuksia lejeerinkituotteiden, kuten muun muassa esimerkiksi beryllium-kuparista tai muista lejeeringeistä koostuvien levyjen ja profiilien, ominaisuuksissa.

30

Erityisesti esimerkiksi voidaan käyttää toisen beryllium-kuparisen "kultalejeeringin", kuten muun muassa esimerkiksi lejeeringin 165 (Alloy 165), metamorfista käsittelyä, joka käsittää seuraavat suoritusvaiheet: (i) lejeeringin termodynaaminen käsitteleminen ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka on yleensä välillä 900 - 1500 astetta ($^{\circ}\text{F}$), (ii) tässä edellä vaiheessa i saadun lejeeringin kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin 30 % rasituksella rasitusnopeuden ϵ ollessa edullisesti suurempi

35

tai yhtä suuri kuin noin $(1,009 \times 10^8) / \exp[(2,873 \times 10^4) / (T + 459,4^\circ)]$, missä T on ilmaistu asteina ($^\circ\text{F}$), mainitussa ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, (iii) vaiheessa ii saadun lejeeringin hehkuttaminen toisessa valitussa
5 lämpötilassa, joka on yleensä välillä 1375 - 1500 astetta ($^\circ\text{F}$), (iv) vaiheessa iii saadun lejeeringin karkaiseminen veden avulla ja (v) vaiheessa iv saadun lejeeringin terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka on edullisesti välillä noin 480 - 660 astetta ($^\circ\text{F}$).

10

Lejeerinki 165 on todettu edullisesti soveltuvaksi käytettäväksi optisten vahvistimien koteloiden rakennemateriaalina vedenalaisissa kuituoptyisissa komponenteissa erityisesti korroosion kestävyytensä, lämmönjohtavuutensa, sitkeytensä
15 ja lujuutensa vuoksi.

Erään tämän keksinnön edullisen suoritustavan mukaisesti meneteltäessä, lejeerinki 165 koostuu noin 1,60 - 1,79 prosentista berylliumia ja 0,20 - 0,35 prosentista kobolttia
20 lopun ollessa pääasiassa kuparia.

Raekoon pienentämiseksi niin, että saadaan aikaan tästä johtuvia parannuksia lopullisessa lujuudessa, kokonaisuvenymässä, suhteellisessa pinta-alan pienenemisessä (%) ja sitkeydessä, kulloinkin kyseessä olevaa lejeerinkiä käsitellään edullisesti termodynaamisesti vähintään 10 tunnin ajan, muun muassa esimerkiksi edullisesti 16 tunnin ajan, edellä selitettyssä ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka on edullisesti yleensä välillä 1000 - 1250 astetta ($^\circ\text{F}$). Edelleen on edullista suorittaa hehkuttamista liuotuskäsittelyn avulla noin 30 minuutista yhteen tuntiin sekä suorittaa termistä kovettamista lejeeringille noin 3 - 6 tunnin ajan. Kuvassa 18 erikseen merkitty alue kuvaa rasitusnopeuden (eli kuormitusnopeuden) (s^{-1}) ja työstölämpötilan ($^\circ\text{F}$) suhdetta
35 toisiinsa kuumakäsittelyn ja työstämisen aikana.

Lopuksi on tehty se havainto, että metamorfisesti käsitellyillä beryllium-kuparisilla "kultalejeeringeilla" on ainutlaatuinen ominaisuuksien yhdistelmä. Esimerkiksi metamorfi-

sesti käsitellyn "kultalejeeringin" iskuenergia jalkanauloina kerrottuna tekijällä 3,0 lisättynä 2,0 kertaa sen myötölujuudella ksi:nä on suurempi kuin noin 275.

5 Edelleen erään toisen tämän keksinnön kohteen mukaisesti metamorfinen käsittely suoritetaan "punaiselle" beryllium-kuparilejeeringille. Erään edullisen suoritustavan mukaisesti meneteltäessä lejeerinkiä 3 (Alloy 3 (C17510))
10 käsitellään siten, että suoritetaan (i) lejeeringin termodynaaminen käsittely ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka on yleensä edullisesti välillä 900 - 1850 astetta (°F), (ii) vaiheessa i saadun lejeeringin kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin noin 30 %
15 kuormituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin noin $(1,243 \times 10^7) / \exp[(2,873 \times 10^4) / (T + 459,4^\circ)]$, missä T on ilmaistu asteina (°F), tässä edellä selitetyssä ensimmäisessä lämpötilassa, (iii) vaiheessa ii saadun lejeeringin hehkuttaminen toisessa valitussa
20 lämpötilassa, joka on yleensä edullisesti välillä 1400 - 1750 astetta (°F) noin 15 minuutista 3 tuntiin kestäväen ajan verran, (iv) vaiheessa iii saadun lejeeringin karkaiseminen veden avulla ja (v) vaiheessa iv saadun lejeeringin terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka on edullisesti yleensä välillä 800 - 1000 astetta (°F). Tällä
25 tässä edellä selitetyllä tavalla menetellen saadaan jälleen aikaan yleisesti samankielinen raerakenteeltaan yhtenäinen rakenne, jolla on vastaavasti paremmat mekaaniset ominaisuudet, sähkön johtavuus ja ultrasoninen koestettavuus.

30

Tässä edellä selitetyn lejeeringin 3 ominaisuudet, kuten muun muassa esimerkiksi kovuuslujuus, terminen johtavuus, sitkeys ja korroosion kestävyys, saavat aikaan sen, että tämä mainittu lejeerinki on edullisesti soveltuva
35 käytettäväksi juotostyökaluissa sekä säiliöissä, jotka on tarkoitettu kemialliselle jätteelle ja ydinjätteelle.

Tämän keksinnön mukaista menetelmää hyväksi käyttäen kulloinkin kyseessä olevaa lejeerinkiä käsitellään

termodynaamisesti edullisesti kauemmin kuin 10 tunnin ajan ja hehkutetaan liuoskäsittelyn avulla noin 15 minuutista 3 tuntiin. Tämä tehdään, jotta voitaisiin saada aikaan ihanteellinen raekoon hienontuminen ja parempi sähköjohtavuus, lopullinen lujuus, sitkeys, kokonaisvenyvyys ja suhteellinen pinta-alan pieneneminen (%). Myöhemmin, vedellä suoritettun karkaisun jälkeen, kulloinkin kyseessä olevaa lejeerinkiä kovetetaan termisesti noin 2 - 3 tunnin ajan.

10

Muiden "punaisten" lejeerinkien, kuten muun muassa esimerkiksi HYCON 3 HPTM ja PHASE 3 HPTM, metamorfinen käsittely saa aikaan samaan tapaan yleisesti samanakselisen yhtenäisen raerakenteen, jolla on vastaavasti parantuneet mekaaniset ominaisuudet, sähkön johtavuus ja ultrasoninen koestettavuus. Eräs tällainen tässä edellä selitetyn mukainen menetelmä käsittää seuraavat suoritusvaiheet: (i) lejeeringin termodynaaminen käsittely ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka on yleensä edullisesti välillä 900 - 1850 astetta (°F), (ii) vaiheessa i saadun lejeeringin kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin noin 30 % kuormituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin noin $(1,243 \times 10^7) / \exp[(2,873 \times 10^4) / (T + 459,4^\circ)]$, missä T on ilmaistu asteina (°F), tässä edellä selitetyssä ensimmäisessä lämpötilassa, (iii) vaiheessa ii saadun lejeeringin hehuttaminen toisessa valitussa lämpötilassa, joka on yleensä edullisesti välillä 1400 - 1750 astetta (°F), (iv) vaiheessa iii saadun lejeeringin karkaiseminen veden avulla ja (v) vaiheessa iv saadun lejeeringin primaarinen terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka on edullisesti yleensä välillä 900 - 1000 astetta (°F), minkä jälkeen suoritetaan vielä sekundaarinen terminen kovettaminen neljännessä valitussa lämpötilassa, joka on välillä 700 - 900 astetta (°F).

35

HYCON 3 HPTM soveltuu edullisesti käytettäväksi ydin-fuusiolaitteistoissa ja kryogeenisissä laitteistoissa, erityisesti magneettikuvauksessa käytetyissä suuren energian kenttämagneeteissa. Tämä johtuu lejeeringin ominaisuuksista,

kuten muun muassa esimerkiksi lämmönjohtavuudesta, sähköjohtavuudesta, lujuudesta, sitkeydestä, korroosion kestästä ja ultrasonisesta koestettavuudesta.

5 PHASE 3 HPTM on edullisesti käytettäväksi soveltuva materiaali pinnoituslevyjä varten teräksen jatkuvaan valuun tarkoitetuissa muoteissa. Tämä tässä edellä selitetty lejeerinki on huomattavan edullinen erinomaisen lämmönjohtavuutensa (ja termisen käsiteltävyytensä),
10 termisen kestävänsä, lujuutensa, korroosion kestänsä ja ultrasonisen koestettavuutensa ansiosta.

Tämän keksinnön kohteiden mukaisesti lejeerinki 3 (Alloy 3), HYCON 3 HPTM ja PHASE 3 HPTM käsittävät noin 0,20 - 0,60 %
15 berylliumia ja noin 1,4 - 2,2 % nikkeliä lopun ollessa pääasiassa kuparia.

Aluksi erään tämän keksinnön edullisen suoritustavan mukaisesti valettu tanko lejeerinkiä 3 (Alloy 3) (tai HYCON:ia)
20 homogenisoidaan ja hienonnetaan samalla tavalla menetellen kuin, mitä tässä aiemmin edellä on selitetty. Käsittelyn alussa mikrorakenne on kuvassa 9 esitetyn mukainen. Vaihtoehtoisesti lähtömateriaalina voidaan käyttää vaivalejeerinkiä, kuten parhaiten käy ilmi kuvasta 13.

25 Seuraavaksi lejeerinkiä käsitellään termodynaamisesti kauemmin kuin muun muassa esimerkiksi 10 tunnin ajan ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka on yleensä välillä 900 - 1850 astetta (°F). Tämän suoritusvaiheen aikana
30 kuloinkin kyseessä olevaa lejeerinkiä kuumennetaan tässä edellä selitettyyn ensimmäiseen lämpötilaan ja pidetään siinä valitun ajan verran.

Kuumakäsittelyn ja työstön suorittamiseksi tarkoitettun suoritusvaiheen aikana lejeerinkiä pidetään tässä edellä selitettyssä ensimmäisessä lämpötilassa, jossa sitä
35 työstetään suuremmalla kuin noin 30 % kuormituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin noin $(1,243 \times 10^7) / \exp[(2,873 \times 10^4) / (T + 495,4^\circ)]$, missä T

on ilmaistu asteina ($^{\circ}\text{F}$). Kuumakäsittelyn ja työstämisen suorittamiseksi on edullista toimia alueella, jossa kuorimitus on suurempi kuin 50 % yleensä välillä 0,5 - 10,0/s (tai in/in/s). Kuormitusnopeuden (s^{-1}) ja kuumakäsittelyn ja työstämisen lämpötilan välinen riippuvuus lejeeringille 3 (Alloy 3), HYCON 3HPTM ja PHASE 3HPTM on esitetty kuvassa 19 esitettyssä metamorfisessa kaaviossa.

Lejeeringin mikroskooppikuvia termodynaamisen käsittelyn ja kuumakäsittelyn ja työstämisen suorittamiseksi tarkoitettujen suoritusvaiheiden jälkeen on esitetty muun muassa esimerkiksi kuvissa 10 ja 11 (valetusta lähtökappaleesta) sekä kuvissa 14 ja 15 (vaivalejeerinkiä olevasta lähtökappaleesta). Tämän "metamorfisen" suoritusvaiheen aikana toisin kuin aiemmin entuudestaan tunnettujen materiaalin ominaisuuksien parantamiseksi tarkoitettujen menetelmien kohdalla saadaan aikaan kvasiamorfinen, uudelleen kiteytymätön (eli toisin sanoen kaoottinen) raerakenne.

20

Edelleen, kuumakäsittely ja työstäminen voidaan suorittaa kuumavalssaamalla tai takomalla lejeerinkilevyjen tai lejeerinkitankojen ollessa kyseessä tai ekstruusion avulla pyöreiden tuotteiden ollessa kyseessä.

25

Kuumakäsittelyn ja työstämisen jälkeen lejeerinkiä jäähdytetään valittuun lämpötilaan, muun muassa esimerkiksi huoneen lämpötilaan, nopeudella, joka on edullisesti välillä 1000 $^{\circ}\text{F}/\text{s}$ ja 1 $^{\circ}\text{F}/\text{h}$. Kulloinkin kyseessä olevaa materiaalia hehkuetaan tämän jälkeen toisessa valitussa lämpötilassa, joka on yleensä välillä 1375 - 1750 astetta ($^{\circ}\text{F}$) noin 15 minuutista 3 tuntiin kestävän ajan verran. Edullisesti kyseeseen tuleva lämpötila-alue on välillä 1400 - 1750 astetta ($^{\circ}\text{F}$). Lejeerinkiä jäähdytetään veden avulla karkaisemalla tai jollain tätä vastaavalla menetelmällä.

35

Lopuksi, suoritetaan alustavan tai primaarisen termisen kovettamisen suorittamiseksi tarkoitettu suoritusvaihe kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka on yleensä välillä 900

- 1000 astetta ($^{\circ}\text{F}$). Tämän suoritusvaiheen edullinen kesto on välillä noin 2 - 10 tuntia. Tätä seuraa sekundaarinen terminen kovettaminen neljännessä valitussa lämpötilassa, joka on yleensä välillä 700 - 900 astetta ($^{\circ}\text{F}$), noin 10 - 30 tunnin ajan. Tässä edellä selitetty valittu kolmas lämpötila on yleensä erittäin edullisesti välillä 925 - 1000 astetta ($^{\circ}\text{F}$), ja tässä edellä selitty valittu neljäs lämpötila on yleensä erittäin edullisesti välillä 750 - 850 astetta ($^{\circ}\text{F}$). Spesifiset havainnollistavat mikrorakenteet, jotka saadaan aikaan tässä edellä selitetyllä tavalla menetellen, on esitetty kuvassa 12 (valettu lähtökappale) ja kuvassa 16 (vaivalejeerinkinen lähtökappale).

Raekoon hienontamisen suorittamiseksi, jotta saataisiin aikaan siihen liittyvät parannukset sähkön johtavuudessa, lopullisessa lujuudessa, sitkeydessä, kokonaisvenymässä ja suhteellisessa (%) pinta-alan pienenemisessä, on edullista käsitellä kulloinkin kyseessä olevaa lejeerinkiä termodynaamisesti kauemmin kuin 10 tunnin ajan sekä suorittaa hehkuttamista liuotuskäsittelyn avulla noin 15 minuutista noin kolmeen tuntiin. On edelleen edullista, että suoritetaan primaarinen terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka on edullisesti välillä 925 - 1000 astetta ($^{\circ}\text{F}$), noin 2 - 10 tunnin ajan, minkä jälkeen suoritetaan sekundaarinen terminen kovettaminen neljännessä valitussa lämpötilassa, joka on edullisesti välillä 750 - 850 astetta ($^{\circ}\text{F}$), noin 10 - 30 tunnin ajan.

"Punaisten" lejeerinkien metamorfisen käsittelyn yhteydessä on havaittu, että se saa aikaan tulokseksi erinomaisen edullisen keskimääräisen raekoon, kuten muun muassa esimerkiksi noin 20 - 50 μm :n raekoon, joka on haluttu ominaisuus.

Yleisesti, rakeiden koon hienontaminen ja samanakselisten rakeiden, joilla on yhtenäinen raerakenne, aikaan saaminen on erittäin edullista. Tämä saa aikaan sen, että on mahdollista suorittaa ohjusten ohjausjärjestelmien vaatimien peilien ja muovin ruiskuvalumuottien, joita käytetään CD-levyjen valmistuksessa, kiillotus edullisemmin. Parantunut

terminen johtavuus ja parempi ultrasoninen koestettavuus ovat myös edullisesti käyttökelpoisia ominaisuuksia tietokoneiden lämmönvaihtimissa.

5 Metamorfiset "punaiset" beryllium-kuparilejeeringit ovat edelleen, kuten myös "kultalejeeringit", ainutlaatuisia ominaisuuksiensa suhteen. Esimerkiksi tällaisen lejeeringin sähkön johtavuus ilmaistuna % IACS:sta kerrottuna tekijällä 4,5 ja lisättynä kulloinkin kyseessä olevan lejeeringin
10 myötölujuudella ksi-yksiköissä on suurempi kuin noin 400.

Vaikka tässä edellä on selitetty tämän keksinnön edullisia suoritustapoja beryllium-kuparilejeerinkien yhteydessä hyväksi käytettyinä, on selvää, että analogisia menetelmiä
15 voidaan suorittaa muille erkanemakarkaistaville materiaaleille, kuten muun muassa esimerkiksi alumiinin, titaanin ja raudan lejeeringeille, ottamalla huomioon sen, mitä käyttötarkoitusta varten tämän hakemuksen mukaista keksintöä on kulloinkin tarkoitus soveltaa. Edelleen, mikä
20 tahansa lejeerinki, joka sisältää berylliumia, kuten muun muassa beryllium-nikkelilejeeringit ja beryllium-hopealejeeringit, kuuluvat tämän keksinnön ja tämän keksinnön kohteiden, suoritustapojen sekä käyttötarkoitusten piiriin. Vaikka tämä keksintö on tarkoitettu käytettäväksi
25 edullisesti mitä erilaisimpien beryllium-kuparilejeerinkien yhteydessä erilaisten kappaleiden valmistamiseksi, voivat muutkin edulliset sovellukset tulla kyseeseen.

Tähän keksintöön voidaan tehdä erilaisia muutoksia ja sitä
30 voidaan muunnella tässä hakemuksessa esitetyn selityksen pohjalta. Nämä tässä edellä selitetyt muutokset ja muunnelmat sekä niiden mukaiset vaihtoehtoiset suoritustavat kuuluvat myös tämän keksinnön sekä tämän keksinnön kohteiden, suoritustapojen ja käyttötarkoitusten piiriin
35 siten, kuin tässä jäljempänä esitetyistä patenttivaatimuksista käy ilmi.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä beryllium-kupari tyyppisen erkauttamis-karkaistavan lejeeringin käsittelemiseksi, joka menetelmä käsittää vaiheet:

(i) lejeeringin termodynaaminen käsitteleminen ensimmäisessä valitussa lämpötilassa välillä 482-1010°C (900 - 1850°F),

(ii) edellä mainitussa suoritusvaiheessa i saadun lejeeringin kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin noin 30 % kuormituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin $(1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, missä T on °C, $((1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ])$, missä T on °F), mainitussa ensimmäisessä lämpötilassa, heterogeenisen, kvasi-amorfisen, uudelleenkristallisoitumattoman raerakenteen tuottamiseksi,

(iii) edellä mainitussa suoritusvaiheessa ii saadun lejeeringin hehkuttaminen toisessa valitussa lämpötilassa välillä 746-954°C (1375 - 1750 °F),

(iv) edellä mainitussa suoritusvaiheessa iii saadun lejeeringin karkaiseminen veden avulla ja

(v) edellä mainitussa suoritusvaiheessa iv saadun lejeeringin terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa välillä 249-538°C (480 - 1000 °F) jalostetun sama-akselisen yhdenmukaisen raerakenteen tuottamiseksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä lejeeringin tuottamiseksi, jolla lejeeringillä on yleisesti sama-akselinen hienoraerakenne sekä yhtenäiset parannukset mekaanisissa ominaisuuksissa ja ultraäänitarkastettavuudessa, joka menetelmä käsittää vaiheet:

(i) lejeeringin termodynaaminen käsitteleminen ensimmäisessä valitussa lämpötilassa välillä 482-816°C (900 - 1500°F),

(ii) edellä mainitussa suoritusvaiheessa i saadun lejeeringin kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin noin 30 % kuormituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin $(2,210 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, missä T on °C, $((2,210 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ])$, missä T on °F), mainitussa ensimmäisessä lämpötilassa,

(iii) edellä mainitussa suoritusvaiheessa ii saadun lejeeringin hehkuttaminen toisessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä $746-816^{\circ}\text{C}$ ($1375 - 1500^{\circ}\text{F}$),

(iv) edellä mainitussa suoritusvaiheessa iii saadun lejeeringin karkaiseminen veden avulla ja

(v) edellä mainitussa suoritusvaiheessa iv saadun lejeeringin terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä $249-349^{\circ}\text{C}$ ($480 - 660^{\circ}\text{F}$).

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä lejeeringin tuottamiseksi, jolla lejeeringillä on jalostettu raekoko sekä yhtenäiset parannukset murtolujuudessa, kokonaisvenymässä sekä puristuvuusprosentti pinta-alassa ja sitkeydessä, joka menetelmä käsittää vaiheet:

(i) lejeeringin termodynaaminen käsittely kauemmin kuin noin 16 tunnin ajan ensimmäisessä valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä $538-677^{\circ}\text{C}$ ($1000 - 1200^{\circ}\text{F}$),

(ii) edellä mainitussa suoritusvaiheessa i saadun lejeeringin kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin noin 30 % kuormituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin $(2,210 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^{\circ})]$, missä T on $^{\circ}\text{C}$, $((2,210 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^{\circ})])$, missä T on $^{\circ}\text{F}$), mainitussa ensimmäisessä lämpötilassa,

(iii) edellä mainitussa suoritusvaiheessa ii saadun lejeeringin hehkuttaminen toisessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä $746-802^{\circ}\text{C}$ ($1375 - 1475^{\circ}\text{F}$) noin 30 minuutista noin 1 tuntiin,

(iv) edellä mainitussa suoritusvaiheessa iii saadun lejeeringin karkaiseminen veden avulla ja

(v) edellä mainitussa suoritusvaiheessa iv saadun lejeeringin terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä $249-349^{\circ}\text{C}$ ($480 - 660^{\circ}\text{F}$) noin 3 tunnista 6 tuntiin.

4. Patenttivaatimuksen 2 tai 3 mukainen menetelmä, jossa menetelmässä kuormitusnopeus kuumakäsittely ja työstämisvaiheessa on suurempi tai yhtä suuri kuin $(1,009 \times 10^8)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^{\circ})]$, missä T on $^{\circ}\text{C}$, $((1,009 \times 10^8)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^{\circ})])$, missä T on $^{\circ}\text{F}$).

$10^8)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ)]$, missä T on $^\circ\text{F}$).

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä lejeeringin tuottamiseksi, jolla lejeeringillä on yleisesti sama-akselinen hienoraerakenne sekä yhtenäiset parannukset mekaanisissa ominaisuuksissa ja ultraäänitarkastettavuudessa, joka menetelmä käsittää vaiheet:

(i) lejeeringin termodynaaminen käsitteleminen ensimmäisessä valitussa lämpötilassa välillä $482-1010^\circ\text{C}$ ($900 - 1850^\circ\text{F}$),

(ii) edellä mainitussa suoritusvaiheessa i saadun lejeeringin kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin noin 30 % kuormituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin $(1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, missä T on $^\circ\text{C}$, $((1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ)]$, missä T on $^\circ\text{F}$), mainitussa ensimmäisessä lämpötilassa,

(iii) edellä mainitussa suoritusvaiheessa ii saadun lejeeringin hehkuttaminen toisessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä $760-954^\circ\text{C}$ ($1400 - 1750^\circ\text{F}$) noin 15 minuutista noin 3 tuntiin,

(iv) edellä mainitussa suoritusvaiheessa iii saadun lejeeringin karkaiseminen veden avulla ja

(v) edellä mainitussa suoritusvaiheessa iv saadun lejeeringin terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä $427-538^\circ\text{C}$ ($800 - 1000^\circ\text{F}$).

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä lejeeringin tuottamiseksi, jolla lejeeringillä on yleisesti sama-akselinen hienoraerakenne sekä yhtenäiset parannukset sähköisessä johtavuudessa, murtolujuudessa, kokonaisvenymässä sekä puristuvuusprosentti pinta-alassa ja sitkeydessä, jossa menetelmässä terminen kovettaminen suoritetaan lämpötilavälillä $482-510^\circ\text{C}$ ($900 - 950^\circ\text{F}$) noin 2-3 tuntiin.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä lejeeringin tuottamiseksi, jolla lejeeringillä on yleisesti sama-akselinen hienoraerakenne sekä yhtenäiset parannukset mekaanisissa ominaisuuksissa, sähköisessä johtavuudessa ja ultraäänitarkastettavuudessa, joka menetelmä käsittää

vaiheet:

- (i) lejeeringin termodynaaminen käsittely ensimmäisessä valitussa lämpötilassa välillä 482-1010°C (900 - 1850°F),
- (ii) edellä mainitussa suoritusvaiheessa i saadun lejeeringin kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin noin 30 % kuormituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin $(1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, missä T on °C, $((1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ])$, missä T on °F), mainitussa ensimmäisessä lämpötilassa,
- (iii) edellä mainitussa suoritusvaiheessa ii saadun lejeeringin hehkuttaminen toisessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä 760-954°C (1400 - 1750 °F),
- (iv) edellä mainitussa suoritusvaiheessa iii saadun lejeeringin karkaiseminen veden avulla ja
- (v) edellä mainitussa suoritusvaiheessa iv saadun lejeeringin primäärinen terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä 482-538°C (900 - 1000 °F), jota seuraa sekundäärinen terminen kovettaminen neljännessä valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä 371-482°C (700 - 900°F).

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä lejeeringin tuottamiseksi, jolla lejeeringillä on yleisesti sama-akselinen hienoraerakenne sekä yhtenäiset parannukset sähköisessä johtavuudessa, murtolujuudessa, kokonaisvenymässä sekä puristuvuusprosentti pinta-alassa ja sitkeydessä, jossa menetelmässä lejeeringin termodynaaminen käsittely vaiheessa i kestää kauemmin kuin 10 tuntia, primäärinen terminen kovettaminen vaiheessa v suoritetaan yleisesti lämpötilavälillä 496-538°C (925 - 1000°F) 2-10 tunnin ajan ja sekundäärinen terminen kovettaminen suoritetaan yleisesti lämpötilavälillä 399-454°C (750 - 850°F) 10-30 tunnin ajan.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä lejeeringin tuottamiseksi, jolla lejeeringillä on yleisesti sama-akselinen hienoraerakenne sekä yhtenäiset parannukset materiaaliominaisuuksissa, joka menetelmä käsittää vaiheet:

- (i) lejeeringin termodynaaminen käsittely ensimmäisessä

valitussa lämpötilassa välillä 482-927°C (900 - 1700°F),
(ii) edellä mainitussa suoritusvaiheessa i saadun lejeeringin kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin noin 30 % kuormituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin $(1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, missä T on °C, $((1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ])$, missä T on °F), mainitussa ensimmäisessä lämpötilassa,
(iii) edellä mainitussa suoritusvaiheessa ii saadun lejeeringin hehkuttaminen toisessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä 749-954°C (1375 - 1750 °F),
(iv) edellä mainitussa suoritusvaiheessa iii saadun lejeeringin karkaiseminen veden avulla ja
(v) edellä mainitussa suoritusvaiheessa iv saadun lejeeringin terminen kovettaminen kolmannessa valitussa lämpötilassa, joka on yleisesti välillä 316-538°C (600 - 1000 °F).

10. Jonkin edeltäneistä patenttivaatimuksista mukainen menetelmä, jossa menetelmässä käsiteltäväksi tarkoitettu lejeerinki on valanteen muodossa, joka homogenisoidaan ennen vaihetta i.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, jossa vaiheen ii lejeerinki jäähdytetään vaiheiden ii ja iii välissä nopeudella, joka yleensä on välillä 538°C/s (1000°F/s) ja 0,55°C/tunti (1°F/tunti).

12. Jonkin edeltäneistä patenttivaatimuksista mukainen prosessi, jossa käsiteltäväksi tarkoitettu lejeerinki on vaivalejeeringin muodossa.

13. Jonkin edeltäneistä patenttivaatimuksista mukainen prosessi, jossa vaiheen i lejeerinki kuumakäsitellään ja työstetään kuumavalssauksella.

14. Jonkin patenttivaatimuksista 1-12 mukainen prosessi, jossa vaiheen i lejeerinki kuumakäsitellään ja työstetään kuumatakomisella tai -pakottamisella.

15. Jonkin patenttivaatimuksista 1-12 mukainen prosessi, jossa vaiheen i lejeerinki kuumakäsitellään ja työstetään kuumaekstruusiolla tai -puristuksella.

16. Erkauttamiskarkaistu beryllium-kuparilejeerinki, jolla on jalostettu sama-akselinen hienoraerakenne, joka lejeerinki on tuotettu patenttivaatimuksen 2 tai 3 mukaisella prosessilla, ja joka lejeerinki oleellisesti koostuu 1,8-2,0% berylliumia, 0,2-0,35% kobolttia, loppuosa kuparia.

17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen lejeerinki, jossa 2,21 kertaa lejeeringin iskuenergia jouleina plus 0,29 kertaa lejeerinki aikaansaa lujuuden MPa:na, joka on suurempi kuin 275 (3,0 kertaa lejeeringin iskuenergia jalkapaunoina plus 2,0 kertaa lejeerinki aikaansaa lujuuden ksi:nä, joka on suurempi kuin 275).

18. Erkauttamiskarkaistu beryllium-kuparilejeerinki, jolla on jalostettu sama-akselinen hienoraerakenne, joka lejeerinki on tuotettu patenttivaatimuksen 4 mukaisella prosessilla, ja joka lejeerinki oleellisesti koostuu 1,6-1,79% berylliumia, 0,2-0,35% kobolttia, loppuosa kuparia.

19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen lejeerinki, jossa 2,21 kertaa lejeeringin iskuenergia jouleina plus 0,29 kertaa lejeerinki aikaansaa lujuuden MPa:na, joka on suurempi kuin 275 (3,0 kertaa lejeeringin iskuenergia jalkapaunoina plus 2,0 kertaa lejeerinki aikaansaa lujuuden ksi:nä, joka on suurempi kuin 275).

20. Erkauttamiskarkaistu beryllium-kuparilejeerinki, jolla on jalostettu sama-akselinen hienoraerakenne, joka lejeerinki on tuotettu jonkin patenttivaatimuksista 5-8 mukaisella prosessilla, ja joka lejeerinki oleellisesti koostuu 0,2-0,6% berylliumia, 1,4-2,2% kobolttia, loppuosa kuparia.

21. Patenttivaatimuksen 20 mukainen lejeerinki, jossa 4,5 kertaa lejeeringin sähköinen johtavuus % IACS plus 0,145

kertaa lejeerinki aikaansaa lujuuden MPa:na, joka on suurempi kuin 400 (4,5 kertaa lejeeringin sähköinen johtavuus % IACS plus lejeerinki aikaansaa lujuuden ksi:nä, joka on suurempi kuin 400).

22. Erkauttamisekarkaistava, kuumakäsitelty ja työstetty beryllium-kupari-valanne, jolla valanteen muodostavalla lejeeringillä on heterogeeninen, kvasi-amorfinen, uudelleenkristallisoitumaton raerakenne ja joka valanne koostuu oleellisesti 0,20-0,60% berylliumia, 1,4-2,2% nikkeliä, loppuosa kuparia, joka kuumakäsitelty ja työstetty valanne on valmistettu prosessilla, jossa valanne on kuumennettu lämpötilaan, joka on lämpötilavälillä 482-1010°C (900 - 1850°F) ainakin 10 tunniksi, jota seuraa valanteen kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin noin 30 % kuormituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin $(1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, missä T on °C, $((1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ)])$, missä T on °F).

23. Erkauttamisekarkaistava, kuumakäsitelty ja työstetty beryllium-kupari-valanne, jolla valanteen muodostavalla lejeeringillä on heterogeeninen, kvasi-amorfinen, uudelleenkristallisoitumaton raerakenne ja joka valanne koostuu oleellisesti 1,60-1,79% berylliumia, 0,2-0,35% kobolttia, loppuosa kuparia, joka kuumakäsitelty ja työstetty valanne on valmistettu prosessilla, jossa valanne on kuumennettu lämpötilaan, joka on lämpötilavälillä 482-816°C (900 - 1500°F) ainakin 10 tunniksi, jota seuraa valanteen kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin noin 30 % kuormituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin $(1,009 \times 10^8)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, missä T on °C, $((1,009 \times 10^8)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ)])$, missä T on °F).

24. Erkauttamisekarkaistava, kuumakäsitelty ja työstetty beryllium-kupari-valanne, jolla valanteen muodostavalla lejeeringillä on heterogeeninen, kvasi-amorfinen,

uudelleenkristallisoitumaton raerakenne ja joka valanne koostuu oleellisesti 1,80-2,00% berylliumia, 0,20-0,35% kobolttia, loppuosa kuparia, joka kuumakäsittelty ja työstetty valanne on valmistettu prosessilla, jossa valanne on kuumennettu lämpötilaan, joka on lämpötilavälillä 482-816°C (900 - 1500°F) ainakin 10 tunniksi, jota seuraa valanteen kuumakäsittely ja työstäminen suuremmalla kuin noin 30 % kuormituksella kuormitusnopeuden ϵ ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin $(2,210 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, missä T on °C, $((2,210 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ)]$, missä T on °F).

Patentkrav

1. Metod att bearbeta en utskiljningshårdbar legering av beryllium-koppartypp varvid metoden innefattar stegen att:

- (i) termodynamiskt behandla legeringen vid en första vald temperatur inom området 482-1010 °C (900-1850 °F),
- (ii) varmbearbeta legeringen från steg i vid större än 30 % töjning vid en töjningshastighet ϵ större än eller lika med $(1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, där T är i °C, $((1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ])$, där T är i °F), vid den första temperaturen för att ge en heterogen, kvasiamorf, icke omkristalliserad kornstruktur,
- (iii) anlöpa legeringen från steg ii vid en andra temperatur inom området 746-945 °C (1375-1750 °F),
- (iv) vattenkyla legeringen från steg iii, och
- (v) termiskt härda legeringen från steg iv vid en tredje vald temperatur inom området 249-538 °C (480-1000 °F), för att ge en förädlad likformig enhetlig kornstruktur.

2. Metod enligt krav 1 för att framställa en legering som har en vanligtvis likformig enhetlig fin kornstruktur med åtföljande förbättringar i mekaniska egenskaper och undersökning med ultraljud, varvid metoden innefattar stegen att:

- (i) termodynamiskt behandla legeringen vid en första vald temperatur vanligen inom området 482-816 °C (900-1500 °F),
- (ii) varmbearbeta legeringen från steg i vid större än 30 % töjning vid en töjningshastighet ϵ större än eller lika med $(2,210 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, där T är i °C, $((2,210 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ])$, där T är i °F), vid den första temperaturen,
- (iii) anlöpa legeringen från steg ii vid en andra temperatur vanligen inom området 746-816 °C (1375-1500 °F),
- (iv) vattenkyla legeringen från steg iii, och
- (v) termiskt härda legeringen från steg iv vid en tredje vald temperatur vanligen inom området 249-349 °C (480-660 °F).

3. Metod enligt krav 2 för att ge en legering som har en förädlad kornstorlek med åtföljande förbättringar i maximal hållfasthet, total utvidgning, % reduktion av yta och seghet, varvid metoden innefattar stegen att:

- (i) termodynamiskt behandla legeringen i mer än ca 16 timmar vid en första vald temperatur vanligen inom området 538-677 °C (1000-1250 °F),
- (ii) varmbearbeta legeringen från steg i vid större än 30 % töjning vid en töjningshastighet ϵ större än eller lika med $(2,210 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, där T är i °C, $((2,210 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ])$, där T är i °F), vid den första temperaturen,
- (iii) anlöpa legeringen från steg ii vid en andra temperatur vanligen inom området 746-802 °C (1375-1475 °F) under ca 30 minuter till ca 1 timme,
- (iv) vattenkyla legeringen från steg iii, och
- (v) termiskt härda legeringen från steg iv vid en tredje vald temperatur vanligen inom området 249-349 °C (480-660 °F) i ca 3-6 timmar.

4. Metod enligt krav 2 eller 3, varvid töjningshastigheten i varmbearbetningssteget är större än eller lika med $(1,009 \times 10^8)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, där T är i °C, $((1,009 \times 10^8)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ])$, där T är i °F).

5. Metod enligt krav 1 för att framställa en legering som har en vanligtvis likformig enhetig kornstruktur med åtföljande förbättringar i mekaniska egenskaper, elektrisk ledningsförmåga och undersökning med ultraljud, varvid metoden innefattar stegen att:

- (i) termodynamiskt behandla legeringen vid en första vald temperatur inom området 482-1010 °C (900-1850 °F),
- (ii) varmbearbeta legeringen från steg i vid större än 30 % töjning vid en töjningshastighet ϵ större än eller lika med $(1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, där T är i °C, $((1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ])$, där T är i °F), vid den första temperaturen,

- (iii) anlöpa legeringen från steg ii vid en andra temperatur inom området 760-954 °C (1400-1750 °F) under ca 15 minuter till ca 3 timmar,
- (iv) vattenkyla legeringen från steg iii, och
- (v) termiskt härda legeringen från steg iv vid en tredje vald temperatur inom området 427-538 °C (800-1000 °F).

6. Metod enligt krav 5 för att framställa en legering som har en förädlad kornstorlek med åtföljande förbättringar i elektrisk ledningsförmåga, maximal hållfasthet, total utvidgning, % reduktion i area och seghet, varvid den termiska härdningen utförs vid en temperatur inom området 482-510 °C (900-950 °F) under ca 2-3 timmar.

7. Metod enligt krav 1 för att framställa en legering som har en vanligtvis likformig enhetlig kornstruktur med åtföljande förbättringar i mekaniska egenskaper, elektrisk ledningsförmåga och undersökning med ultraljud, varvid metoden innefattar stegen att:

- (i) termodynamiskt behandla legeringen vid en första vald temperatur vanligen inom området 482-1010 °C (900-1850 °F),
- (ii) varmbearbeta legeringen från steg i vid större än 30 % töjning vid en töjningshastighet ϵ större än eller lika med $(1,243 \times 10^7) / \exp[(2,873 \times 10^4) / (T + 237,4^\circ)]$, där T är i °C, $((1,243 \times 10^7) / \exp[(2,873 \times 10^4) / (T + 459,4^\circ)]$, där T är i °F), vid den första temperaturen,
- (iii) anlöpa legeringen från steg ii vid en andra vald temperatur vanligen inom området 760-954 °C (1400-1750 °F),
- (iv) vattenkyla legeringen från steg iii, och
- (v) genomföra en första termisk härdning av legeringen från steg iv vid en tredje vald temperatur vanligen inom området 482-538 °C (900-1000 °F) följt av en andra termisk härdning vid en fjärde vald temperatur vanligen inom området 371-482 °C (700-900 °F).

8. Metod enligt krav 7 för att framställa en legering som har en förädlad kornstorlek med åtföljande förbättringar i elektrisk ledningsförmåga, slutlig hållfasthet,

totalförlängning, % reduktion i area och seghet varvid den termodynamiska behandlingen vid steg i utförs i mer än 10 timmar, varvid den första termiska härdningen vid steg v utförs vid en temperatur vanligen inom området 496-538 °C (925-1000 °F) under 2-10 timmar och den andra termiska härdningen vid steg v utförs vid en temperatur vanligen inom området 399-454 °C (750-850 °F) i 10-30 timmar.

9. Metod enligt krav 1 för att framställa en legering som har en vanligtvis likformig enhetlig fin kornstruktur med åtföljande förbättringar i materialegenskaper och särdrag, varvid metoden innefattar stegen att:

- (i) termodynamiskt behandla legeringen vid en första vald temperatur inom området 482-927 °C (900-1700 °F),
- (ii) varmbearbeta legeringen från steg i vid större än 30 % töjning vid en töjningshastighet ϵ större än eller lika med $(1,243 \times 10^7) / \exp[(2,873 \times 10^4) / (T + 237,4^\circ)]$, där T är i °C, $((1,243 \times 10^7) / \exp[(2,873 \times 10^4) / (T + 459,4^\circ)])$, där T är i °F), vid den första temperaturen,
- (iii) anlöpa legeringen från steg ii vid en andra temperatur vanligen inom området 749-954 °C (1375-1750 °F),
- (iv) vattenkyla legeringen från steg iii, och
- (v) termiskt härda legeringen från steg iv vid en tredje vald temperatur inom området 316-538 °C (600-1000 °F).

10. Metod enligt något av föregående krav, varvid ingångsmaterialet är ett göt homogenerat före steg i.

11. Metod enligt krav 10, varvid legeringen från steg ii kyls mellan steg ii och iii vid en hastighet vanligen i området 538 °C/s (1000 °F/s) och 0,55 °C/h (1 °F/h).

12. Process enligt något av föregående krav, varvid ingångsmaterialet är i smidd form.

13. Process enligt något av föregående krav, varvid legeringen från steg i varmbearbetas med hjälp av varmvalsning.

14. Process enligt något av kraven 1-12, varvid legeringen från steg 1 varmbearbetas med hjälp av varmsmidning.
15. Process enligt något av kraven 1-12, varvid legeringen från steg i varmbearbetas med hjälp av varmpressning.
16. Utskiljningshärdad beryllium-kopparlegering som har en förädlad likformig enhetlig kornstruktur, varvid legeringen framställs med hjälp av en process enligt krav 2 eller 3, och består huvudsakligen av från 1,8-2,0 % beryllium, 0,2-0,35 % kobolt, återstoden koppar.
17. Legeringen enligt krav 16, varvid 2,21 x slagenergin för legeringen i joule + 0,29 x legeringssträckgränsen i Mpa är större än 275 (3,0 x slagenergin för legeringen i fotpund + 2,0 x legeringssträckgränsen i ksi är större än 275).
18. Utskiljningshärdad beryllium-kopparlegering som har en förädlad likformig enhetlig kornstruktur, varvid legeringen produceras med hjälp av en process enligt krav 4, och består huvudsakligen av från 1,6-1,79 % beryllium, 0,2-0,35 % kobolt, återstoden koppar.
19. Legeringen enligt krav 18, varvid 2,21 x slagenergin för legeringen i joule + 0,29 x legeringssträckgränsen i Mpa är större än 275 (3,0 x slagenergin för legeringen i fotpund + 2,0 x legeringssträckgränsen i ksi är större än 275).
20. Utskiljningshärdad beryllium-kopparlegering som har en förädlad likformig enhetlig kornstruktur, varvid legeringen har producerats av en process enligt något av kraven 5-8, och består huvudsakligen av från 0,2-0,6 % beryllium, 1,4-2,2 % nickel, återstod koppar.
21. Legering enligt krav 20, varvid 4,5 x den elektriska ledningsförmågan hos legeringen i % IACS + 0,145 x legeringssträckgränsen i Mpa är större än 400 (4,5 x den

elektriska ledningsförmågan för legeringen i % IACS + legeringssträckgränsen i ksi är större än 400).

22. Utskiljningshärdbart, varmbearbetat beryllium-koppargöt, varvid legeringen som ingår i götet har en heterogen, kvasiamorf, icke omkristalliserad kornstruktur och består huvudsakligen av 0,20-0,60 % beryllium och 1,4-2,2 % nickel, återstod koppar, varvid det varmbearbetade götet görs med hjälp av en process i vilken ett göt uppvärms vid en temperatur inom området 482-1010 °C (900-1850 °F) under åtminstone 10 h följt av varmbearbetning av götet vid större töjning än 30 % vid en töjningshastighet ϵ större än eller lika med $(1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, där T är i °C, $((1,243 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ])$, där T är i °F).

23. Utskiljningshärdbart, varmbearbetat beryllium-koppargöt, varvid legeringen som utgör götet har en heterogen, kvasiamorf, icke omkristalliserad kornstruktur och består huvudsakligen av 1,60-1,79 % beryllium och 0,2-0,35 % kobolt, återstod koppar, varvid det varmbearbetade götet tillverkas med hjälp av en process i vilken ett göt uppvärms vid en temperatur inom området 482-816 °C (900-1500 °F) under åtminstone 10 h följt av varmbearbetning av götet vid större töjning än 30 % vid en töjningshastighet ϵ större än eller lika med $(1,009 \times 10^8)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, där T är i °C, $((1,009 \times 10^8)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ])$, där T är i °F).

24. Utskiljningshärdbart, varmbearbetat beryllium-koppargöt, varvid legeringen som utgör götet har en heterogen, kvasiamorf, icke omkristalliserad kornstruktur och består huvudsakligen av 1,80-2,00 % beryllium och 0,21-0,35 % kobolt, återstod koppar, varvid det varmbearbetade götet tillverkas med hjälp av en process i vilken götet uppvärms vid en temperatur inom området 482-816 °C (900-1500 °F) under åtminstone 10 h följt av att varmbearbeta götet vid större än 30 % töjning vid en töjningshastighet ϵ större än eller lika

med $(2,210 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 237,4^\circ)]$, där T är i °C, $((2,210 \times 10^7)/\exp[(2,873 \times 10^4)/(T + 459,4^\circ)])$, där T är i °F).

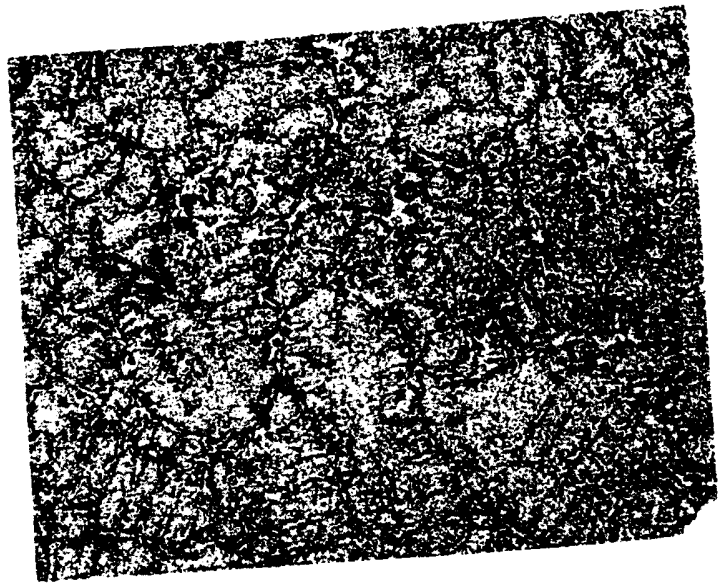


FIG. 1

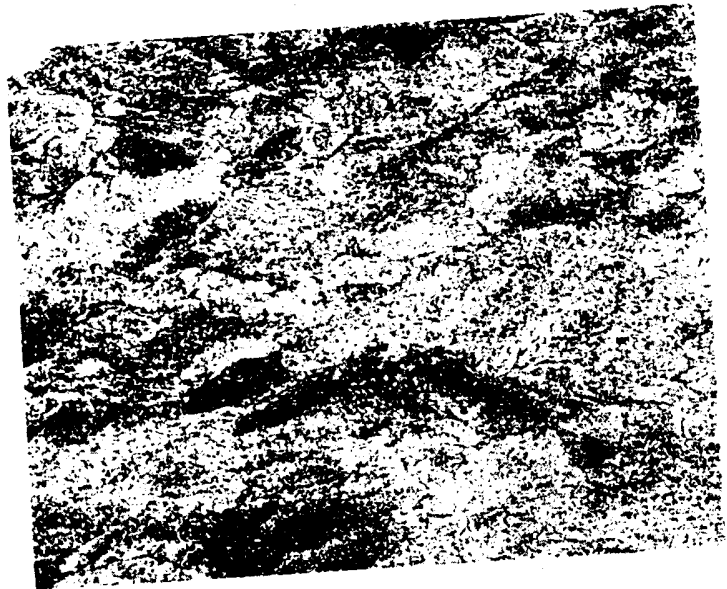


FIG. 2

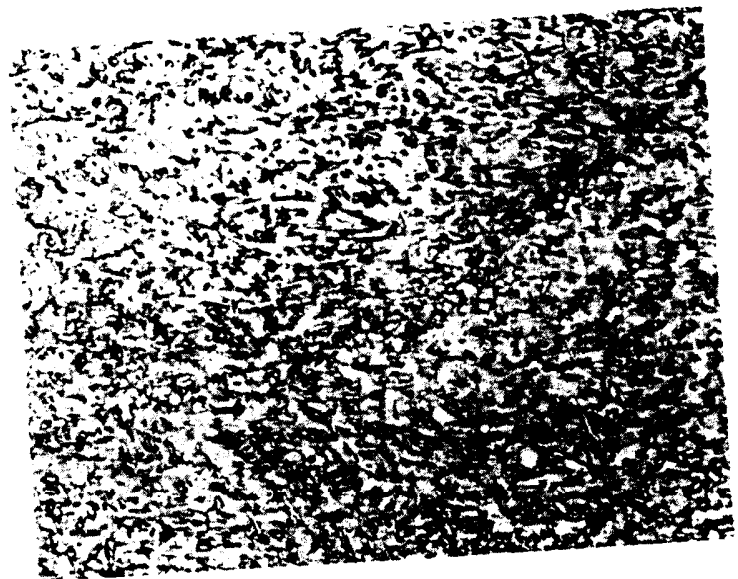


FIG. 3

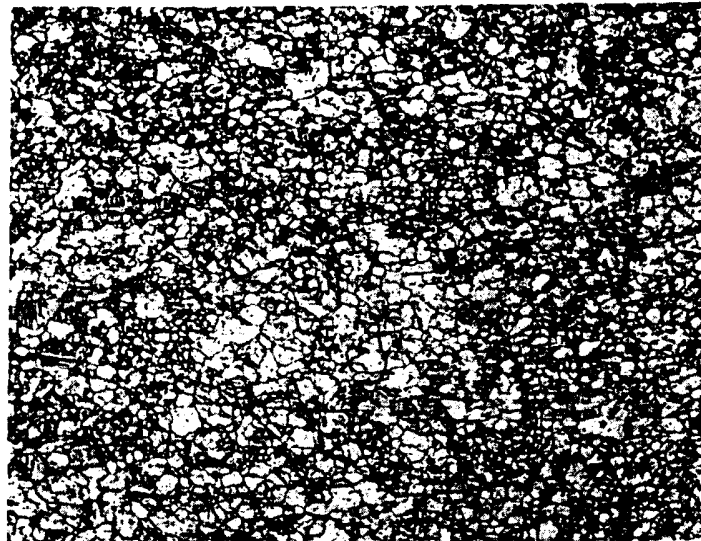


FIG. 4



FIG. 5



FIG. 6

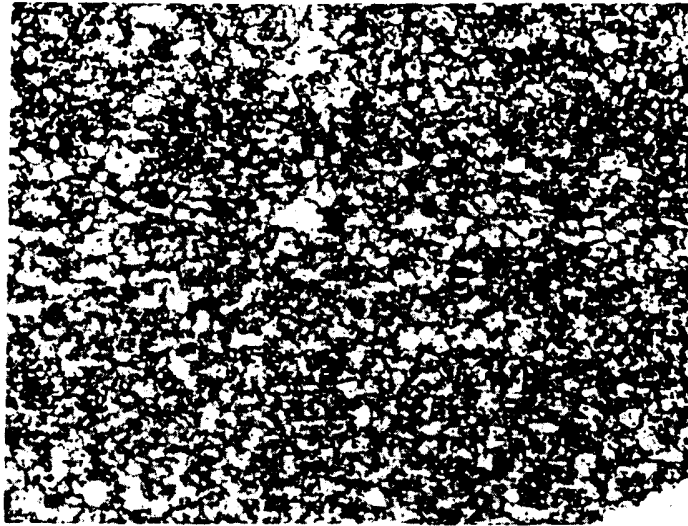


FIG. 7

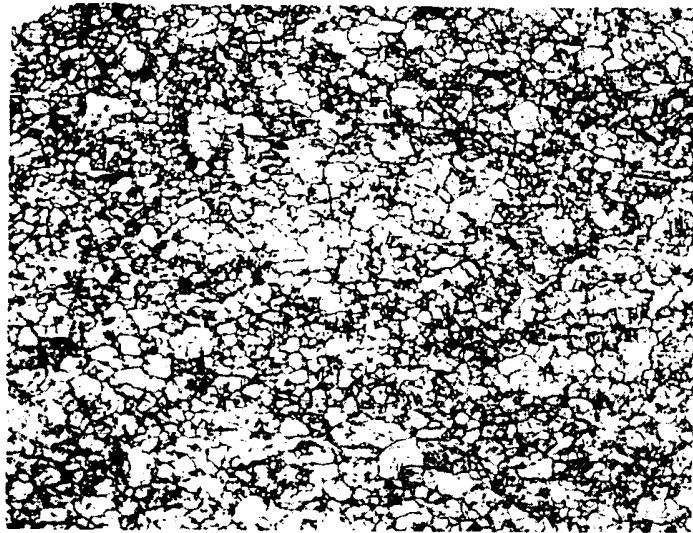


FIG. 8

Micrograph showing a dense, granular texture with small, irregular particles.



FIG. 9

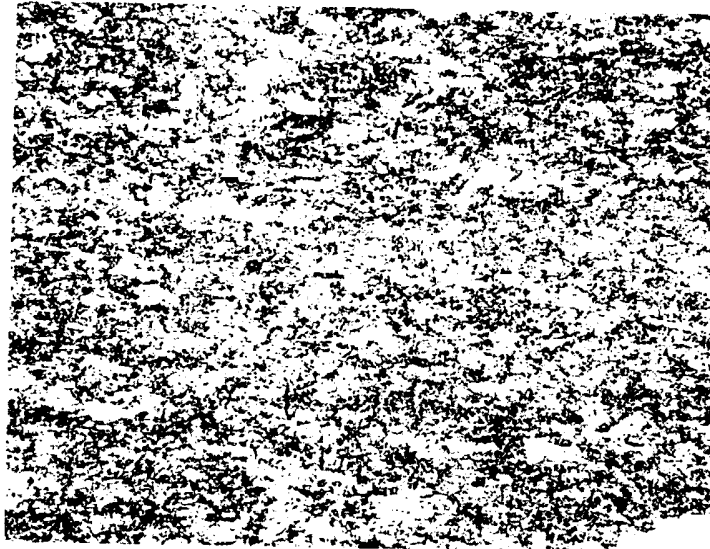


FIG. 10



FIG. 11



FIG. 12



FIG. 13

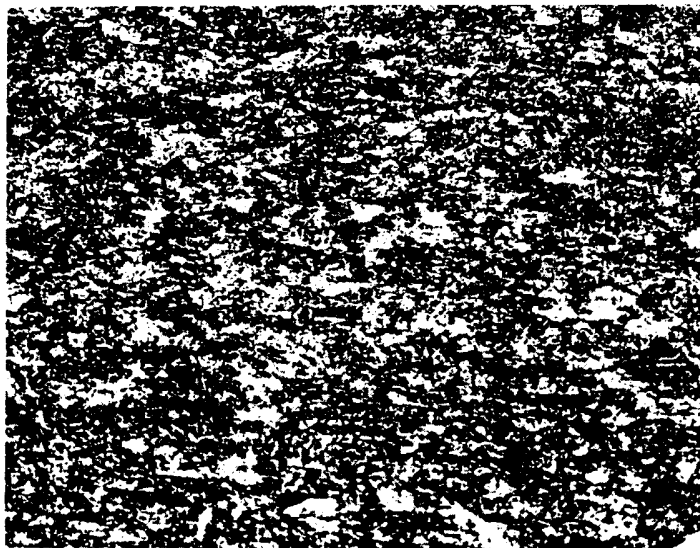


FIG. 14

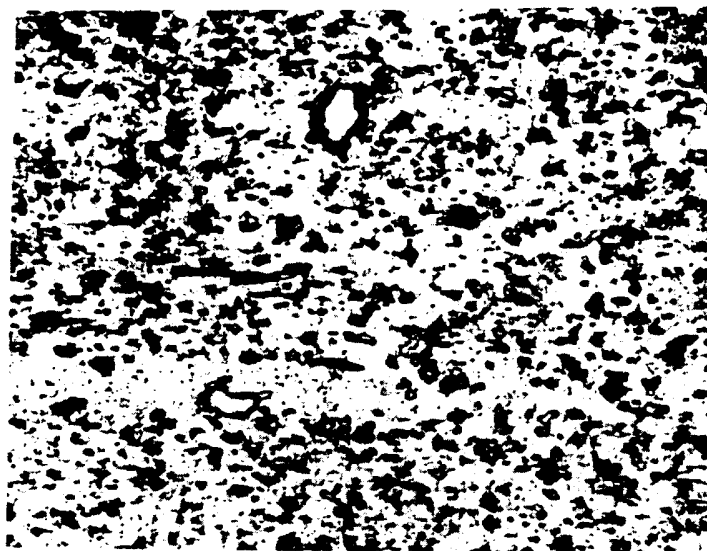


FIG. 15

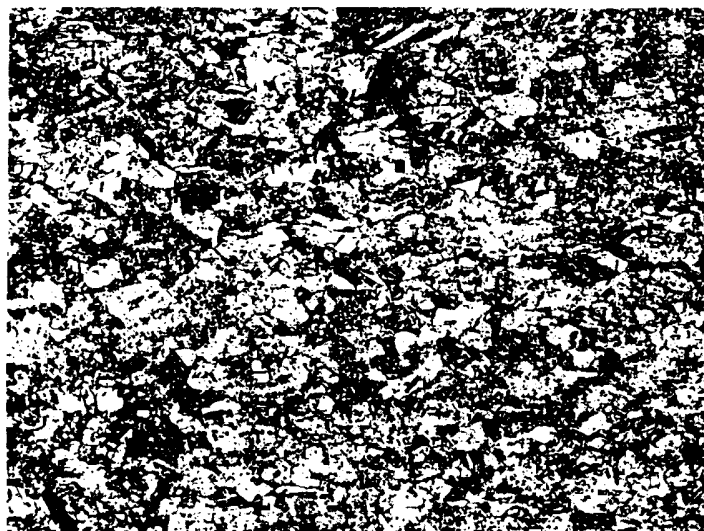
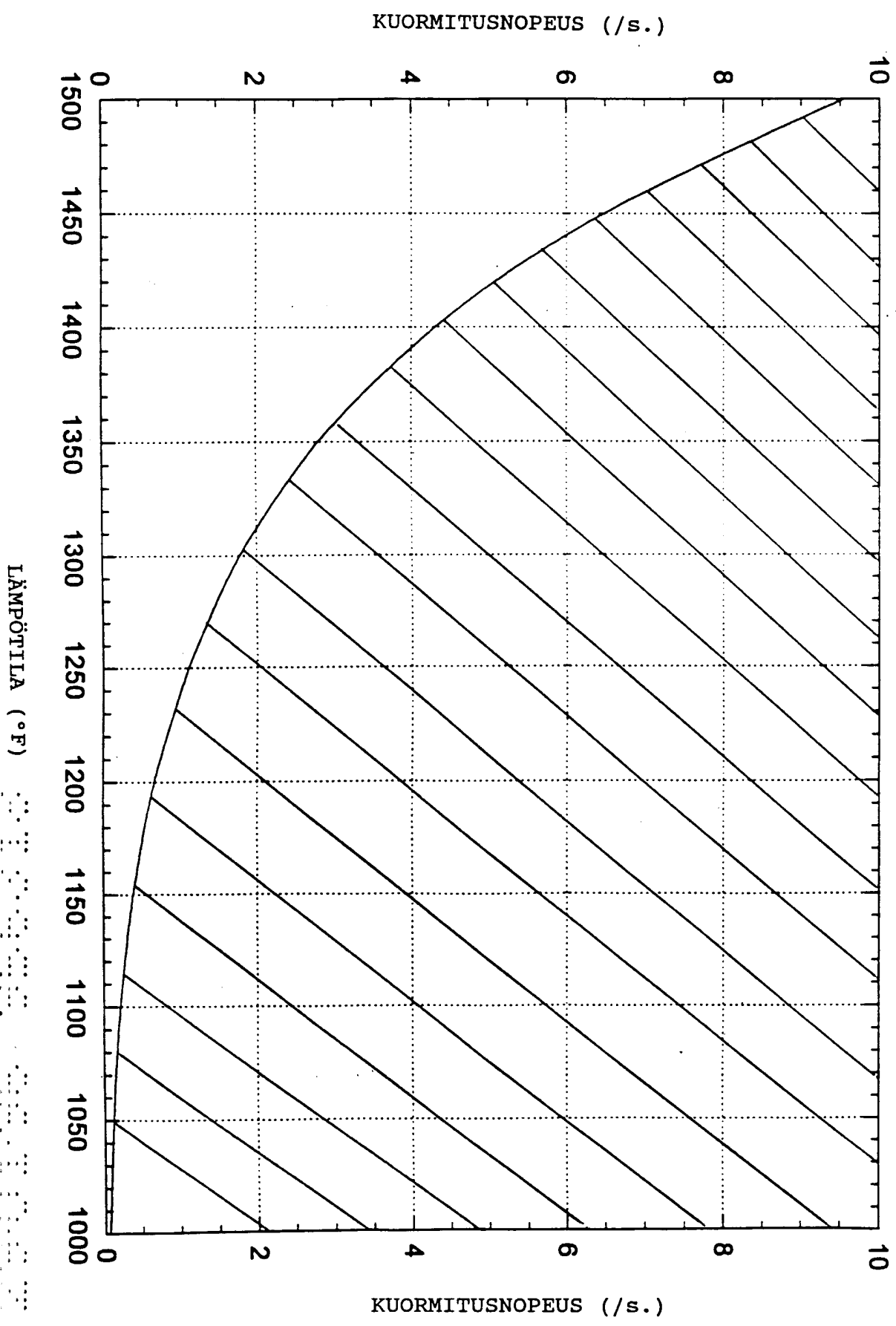


FIG. 16

Vertical text on the left margin, possibly a page number or document identifier, consisting of a series of small, vertically aligned characters.

METAMORFINEN KARTTA LEJJEERINGILLE AILLOY 25

FIG. 17



METAMORFINEN KARTTA LEJERINKEILLE
Alloy 3, Hycon 3HP™ & Phase 3HP

FIG. 19

