



F I 000106935B



SUOMI - FINLAND (FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU PATENTSKRIFT

(10) FI 106935 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

15.05.2001

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

B23K 9/23

(21) Patentihakemus - Patentansökning

955895

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

08.12.1995

(24) Alkupäivä - Löpdag

08.12.1995

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

10.06.1996

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet

09.12.1994 FR 9414835 P

(73) Haltija - Innehavare

1 •Ferry-Capitain (SARL), Vecqueville, Usine de Bussy, 52300 Joinville, RANSKA, (FR)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Stauder, Francois, 11 Quai du Canal, 52300 Joinville, RANSKA, (FR)

(74) Asiamies - Ombud: Berggren Oy Ab
Jaakonkatu 3 A, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

**Pallografiittivalurautakappaleiden sulahitsausmenetelmä
Förfarande för smältsvetsning av kulgrafitgjutjärnsstycken**

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee valurautakappaleiden hitsaamista. Pallografiittivalurautakappaleiden sulahitsausmenetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

- kappaleen hitsattava alue esikuumennetaan 230-300 °C:n lämpötilaan, sitten suoritetaan välikerroshitsaus;
- välikerroshitsi lämpökäsitellään 800-920 °C:n lämpötilassa sopivalla kestoajalla, sitten suoritetaan jäähdytysjakso;
- välikerroshitsi esikuumennetaan uudelleen 130-200 °C:n lämpötilaan ja suoritetaan viimeistyshitsaus.

Käyttö valurautakappaleiden korjaukseen ja valurautakappaleiden liittämiseen toisiinsa tai teräskappaleisiin.

Uppfinningen avser svetsning av gjutjärnsstycken. Förfarandet för smältsvetsning av kulgrafitgjutjärnsstycken innefattar följande steg:

- zonen av stycket som skall svetsas förvärmats till en temperatur av 230 - 300 °C, varefter en grundsvetsning utföres;
- grundsvetset värmebehandlas vid en temperatur av 800 - 920 °C under en lämplig tid, och sedan utföres ett avkylningssteg;
- grundsvetset förvärmes på nytt till en temperatur av 130 - 200 °C och en färdigsvetsning utföres.

Användning för reparation av gjutjärnsstycken och sammansvetsning av gjutjärnsstycken med varandra eller med stålstycken.

Pallografiittivalurautakappaleiden sulahitsausmenetelmä – Förfarande för smältsvetsning av kulgrafitgjutjärnsstycken

- 5 Tämä keksintö koskee harmaiden valurautakappaleiden hitsausta ja tarkemmin sanottuna menetelmää pallografiitti- eli nystyrägrafiittivalurautakappaleiden hitsaamiseksi kohtuullisissa esikuumennusolosuhteissa.

Valurautakappaleiden hitsaaminen on herkkä ja vaikeasti toteutettava toimenpide etenkin siksi, että ne eivät tahdo kestää klassisten hitsausmenetelmien lämpöjaksista johtuvia jännityksiä. Lisäksi tunnetuilla menetelmillä syntyy hitsausliitoksia, joiden mekaaniset ja esteettiset ominaisuudet eivät aina ole tyydyttäviä, mikä rajoittaa niiden käyttömahdollisuuksia korjausmenetelmissä sekä kappaleiden yhteenliittämismenetelmissä (konehitsaus).

- 15 Hitsausmenetelmiä, joissa käytetään rautaan perustuvia hitsauspuikkoja, tunnetaan; mutta niiden käyttäminen edellyttää paikallista esikuumennusta yli 600 °C:n lämpötilaan, mikä on vaikeata, jopa mahdotonta toteuttaa, kun kysymyksessä ovat suuri-massaiset kappaleet.

20 Hitsauspuikolla, olipa se tyypiltään millainen tahansa, tapahtuvassa hitsauksessa siirretään sulaa metallia valurautaa olevalle työkappaleelle. Tämä valurautakappale, joka altistetaan hitsauskaarelle ja kosketukselle sulan metallin kanssa, sulaa pinnaltaan vähäiseltä paksuudelta (noin 0,1-3 mm). Jäähdytysnopeus on sitä suurempi, mitä suurempi on hitsauspaksuus, ja se voi olla noin 800 °C/s:n lämpötila-alueella 1 200-800 °C, kun kysymyksessä on hitsi, joka on tehty noin 50 mm:n paksuiselle kappaleelle. Tämän jäähdytysnopeuden ja eutektisen valurautakappaleen kemiallisen koostumuksen vuoksi jähmettyminen ei pääse tapahtumaan stabiilin käyrän mukaisesti ja tällöin tälle liitosvyöhykkeelle saadaan metallografinen rakenne, joka muodostuu äärimmäisen kovista ja hauraista eutektisistä karbideista, jotka saattavat aiheuttaa pienen murtuman jäähdytymisen aikana.

30 Tätä haittaa voidaan vähentää käyttämällä jotakin hitsauksen lisäainetta, jossa on runsaasti nikkeliä, jähmettyamisen aikana muodostuvan rautakarbidin määrän vähentämiseksi, kuten kuvataan esimerkiksi patenttijulkaisussa FR-A-2359680. Joka tapauksessa hitsi on välttämätöntä lämpökäsitellä noin 800-850 °C:n lämpötilassa.

Toisaalta se metallinosa, joka on heti liitosvyöhykkeen (jota tästedes nimitetään "lämmölle alttiiksi joutuvaksi vyöhykkeeksi") alapuolella, pysyy hitsauksena aikana

5 kiinteässä tilassa, mutta sen jäähtyminen tapahtuu samalla tavalla kuin liitosvyöhykkeen ja se saattaa tuoda mukanaan haitallisia metallurgisia muutoksia, esimerkiksi saattaa muodostua karkaisurakenne. Tämän ongelman välttämiseksi on välttämätöntä esikuumentaa hitsattava vyöhyke yli 200 °C:n lämpötilaan (T °C Ms, lähtö-
martensiittilämpötila).

10 Lopuksi vielä tunnetuilla menetelmillä on vaikea välttää sellaisten jännitysten syntymistä hitsi-työkappaleiliitosvyöhykkeelle, jotka ylittävät saadun ledeburiittityypin rakenteen elastisuusrajan, jolloin syntyy pieniä murtumia. Tämän ilmiön vähentämiseksi hitsausvyöhyke joudutaan esikuumentamaan noin 600-650 °C:n lämpötilaan.

15 Tunnetuissa menetelmissä, joissa hitsaus toteutetaan homogeenisena korkeassa lämpötilassa ja jotka vaativat esikuumennuksen noin 600 °C:seen, käytetään hitsauspuikkoja, joissa on rautaydin ja emäksinen grafiittipäällyste ja joista saadaan nodulaarista valurautaa. Erään toisen menetelmän, jota kuvataan patentissa FR-A-2407786, mukaan hitsaus suoritetaan teräspuikolla, jossa on vanadiiniin, piihin, bariumkarbonaattiin, kalsiumfluoridiin ja rautajauheeseen perustuva päällyste. Nämä menetelmät ovat yleensä vaikeita, jopa mahdottomia toteuttaa, kun kysymys on massiivisista kappaleista.

20 Tunnetaan myös menetelmiä, joissa hitsaus suoritetaan heterogeenisena kylmässä ja joissa käytetään nikkeli- tai ferronikkeliytimisiä hitsauspuikkoja, mutta nämä menetelmät ovat hitaita ja kalliita, ne eivät ole taloudellisesti hyväksyttäviä eikä niillä saada hitsiliitoksia, joiden mekaaniset ominaisuudet ovat tyydyttäviä. Niitä voidaan ajatella käytettäväksi vain pienten ulkonäkövirheiden korjaamiseen.

25 Lopuksi vielä on kehitetty hitsausmenetelmiä, joissa yhdistetään lisälämpö ja paineen käyttäminen ja joilla on pyritty välttämään hitsin haurauteen johtavan ledeburiitin muodostuminen, ja esimerkiksi patentissa FR-A-2455944 kuvataan sellaista menetelmää, jossa joudutaan käyttämään väliseosta, joka pannaan yhteen hitsattavien kappaleiden väliin, ja hitsausvyöhyke kuumennetaan 800 - 1 000 °C:n lämpötilaan 200 barin paineessa.

30 On siis äärimmäisen vaikeaa toteuttaa tyydyttävästi harmaata valurautaa, etenkin pallografiittivalurautaa olevien kappaleiden hitsaus edellä mainituilla tunnetuilla menetelmillä, erityisesti silloin, kun kysymys on suurimassaisista kappaleista.

Esillä olevan keksinnön kohteena on puoliheterogeeninen menetelmä harmaata valurautaa ja etenkin pallografiittivalurautaa olevien kappaleiden hitsaamiseksi.

Esillä olevan keksinnön mukainen menetelmä on menetelmä pallografiittivalurautakappaleiden sulahitsaamiseksi välikerroshitsaustekniikalla, joka menetelmä eroaa olennaisesti muista siinä, että se käsittää seuraavat vaiheet:

- 5 a) suoritetaan työkappaleen hitsattavan vyöhykkeen esikuumennus 230-300 °C:seen, sitten sen välikerroshitsaus;
 - b) välikerroshitsi lämpökäsitellään 800-920 °C:n lämpötilassa sopivan pituisen ajan, sitten suoritetaan jäähdytysjakso;
 - c) välikerroshitsi esikuumennetaan uudelleen 130-200 °C:n lämpötilaan ja suoritetaan viimeistyshitsaus (täyttö tai yhteenliittäminen).
- 10 Erään suositeltavan toteutusmuodon mukaan edellä vaiheessa c) tehdyn hitsauksen jälkeen suoritetaan lämpöpäästökäsittely 530-570 °C:n lämpötilassa sopivalla kestoajalla, joka on yhdestä muutamaan tuntiin.

Edellä mainitun vaiheen a) esikuumennus tapahtuu paikallisesti käsiteltävään kappaleeseen korjattavan vian tai hitsaamalla yhteenliitettävän alueen kohdalla 230-300 °C:n lämpötilaan, mieluiten noin 250 °C:n lämpötilaan. Esikuumennuslämpötila voi olla yli 300 °C, mutta sellaisesta lämpötilasta ei ole mitään etua. Sitä vastoin on tärkeää, että tämä lämpötila on korkeampi kuin käsiteltävälle aineelle ominainen lähtömartensiittilämpötila ($T^{\circ}\text{C Ms}$), joka on yleensä noin 200 °C. Esikuumennuslämpötilan alaraja voi siis hieman vaihdella riippuen hitsattavan valuraudan lähtömartensiittilämpötilasta. Tätä rajaa alhaisemman lämpötilan haittana olisi, että se aiheuttaisi pienten murtumien vaaran välikerroshitsausalueella ja valurautaisen työkappaleen ja välikerroshitsin välialueella.

Edellä mainittujen vaiheiden a) ja c) välikerroshitsaus- ja hitsausoperaatiot voidaan toteuttaa suositeltavimmin hitsauspuikolla, jonka ydin on terästä ja joka on päällystetty puoliemäksisellä seoksella, esimerkiksi käyttämällä tasavirtakaarihitsausasemaa (80-110 A), hitsauspuikon ollessa kytketty positiiviseen napaan. Saattaa olla eduksi käyttää vähän hiiltä sisältävää pehmeää hiiliterästä olevaa hitsauspuikkoa, jossa on päällyste, joka sisältää vähän karbonaattia ja fluorisälpää verrattuna tavallisimpiin päällysteisiin, mutta joka sisältää noin 10 paino-% piitä. Hitsauspuikko, jota käytetään viimeistyshitsaukseen (täyttöön, kun kysymyksessä on korjaus, ja yhteenliittämiseen, kun kysymyksessä on konehitsaus), voidaan sovittaa haluttujen tulosten mukaan erityisesti silloin, kun suoritetaan jonkin valurautakappaleen ja jonkin teräskappaleen liittäminen yhteen keksinnön mukaisella menetelmällä.

Välikerroshitsaus suoritetaan klassisilla menetelmillä yhtenä tai useampana kerroksena ja mieluiten kahtena tai kolmena kerroksena niin, että välikerroshitsin kokonaispaksuudeksi saadaan 3-15 mm, suositeltavimmin 5-10 mm. Kun kysymyksessä on valurautakappaleen korjaus, välikerroshitsaus suoritetaan korjattavalle alueelle.

- 5 Kun kysymys on kahden kappaleen liittämisestä yhteen konehitsauksella, välikerroshitsaus suoritetaan yhteen liitettäviin alueisiin, jotka on suositeltavimmin etukäteen viistottu.

Edellä mainitun vaiheen b) aikana suoritettu lämpökäsittely voidaan esillä olevan keksinnön mukaan sovittaa toivottujen tulosten mukaisesti.

- 10 Niinpä kun halutaan saada hitsiliitos, jonka mekaaniset ominaisuudet ovat vähintään samanlaiset kuin valurautaisen työkappaleen, on eduksi pitää lämpötila 850-920 °C:ssa asteessa sopivan kauan, esimerkiksi 2 tunnin ajan, kun kysymyksessä on noin 25 mm:n paksuinen hitsisauma, ja noin 4 tunnin ajan, kun kysymyksessä on 50 mm:n paksuinen kappale, ja sitten suorittaa jäähdyttäminen niin, että lämpötila
- 15 välikerroshitsin sisällä laskee 250-300 °C:seen välttämällä lämpötilan nousua tämän rajan yli.

- Tämän käsittelyn tarkoituksena on destabiloida epäsuotavat rautakarbidiitit, joita saat-
taa muodostua liitosalueelle välikerroshitsin ja valurautaisen työkappaleen väliin.
Sellaiset eutektiset karbidit ovat nimittäin hauraita ja erittäin kovia ja siis vaikeasti
- 20 työstettäviä ja ne saattavat aiheuttaa tämän liitosalueen murtumisen. Lämpökäsittelyn tarkoituksena on päinvastoin edistää tällä alueella erittäin pienten mustan tem-
pervaluraudan tyyppisten noduulien muodostumista, joita on runsaasti ferriittimat-
riksissa. On tärkeää, että lämpötila välikerroshitsin sisällä lasketaan alle
300 °C:seen, jotta vältetään karkaisun vaikutuksesta muodostuneen perliitin grafi-
toituminen.
- 25

Lämpökäsittely kohdistetaan suositeltavimmin koko valurautakappaleeseen, mutta mahdollista on myös suorittaa paikallinen käsittely.

- Aivan erityisen edullista on suorittaa karkaisujäähdytys puhallusilmalla paikallis-
tettuna välikerroshitsiin sen lämpötilan saattamiseksi noin 250-300 °C:seen. Tämä
- 30 välikerroshitsiin paikallistettu käsittely tuottaa ferriitti-perliittirakenteen, jossa per-
liitti antaa koko hitsiliitokselle haetut erinomaiset mekaaniset ominaisuudet.

Jos sitä vastoin halutaan saada ennen kaikkea hitsiliitos, joka takaa täydellisen tiiv-
yden ja joka ulkonaisesti muistuttaa mahdollisimman hyvin valurautaista työkappale-
ta, on edullista suorittaa lämpökäsittely 800-850 °C:n lämpötilassa yhtä pitkällä

- kestoajalla kuin edellisessä tapauksessa, esimerkiksi 4 tuntia, kun hitsiliitoksen paksuus on 25 mm, 6 tuntia, kun paksuus on 50 mm, ja antaa sitten jäähtyä vapaassa ilmassa. Myös tässä tapauksessa on suositeltavaa kohdistaa lämpökäsittely koko valukappaleeseen. Paikallinen käsittely on myös mahdollinen, varsinkin silloin, kun
- 5 kysymys on valukappaleiden yhteenliittämisestä.

Päinvastoin kuin edellä kuvatussa tapauksessa, jossa saadaan perliittirakenne välikerroshitsi-valurautaliitosalueella, tässä saadaan helpommin taottava ferriittivyöhyke.

- 10 Molemmissa tapauksissa lämpökäsittely suoritetaan käyttämällä tavallisia työvälineitä ja lämmitysnopeutta, joka voi olla noin 50-100 °C/tunti. Voidaan esimerkiksi käyttää uunia, jonka tyyppisiä metallurgianteollisuudessa tavallisesti käytetään, tai paikallisesti käytettäviä keraamisia kuumennusvastuksia.

- 15 Kokeet, joita tehtiin keksinnön mukaisesti suoritetuille hitsiliitoksille, osoittivat erinomaisia mekaanisia ja mikrografisia ominaisuuksia. Erityisesti hitsiliitoksen mekaaniset ominaisuudet ovat samanarvoiset ja tietyissä tapauksissa jopa paremmat kuin valurautaisen työkappaleen ja tämä saadaan aikaan suhteellisen alhaisilla esikuumennuslämpötiloilla, noin 250 °C:lla.

- 20 Lisäksi voidaan huomauttaa, että vetomurtolujuudessa ei havaita minkäänlaista haurautta, ja sula-alueella ennen murtumista todettu kutistumisdeformaatio osoittaa luotettavasti, että ollaan lähellä työkappaleen metallin maksimivetomurtolujuutta. Kokeet, jotka suoritettiin keksinnön mukaisella menetelmällä tehdyille liitoksille, ovat osoittaneet, että hitsiliitosten Vickers-kovuus on alle 350 (HV 500, Vickers-kovuus 500 g:n kuormalla), mikä vahvistaa sen, että ne ovat täysin työstettäviä päinvastoin kuin klassisilla menetelmillä saadut hitsiliitokset.

- 25 Esillä olevan keksinnön mukainen menetelmä merkitsee monia etuja. Erityisesti sitä voidaan käyttää tarvitsematta erikoislaitteita ja sen avulla saadaan laajennetuksi pallografiittivalurautakappaleiden (SG-rautakappaleiden) käyttöaluetta ei ainoastaan korjauksen alalle, kun kappaleet, jotka ennen heitettiin pois, voidaan korjata, vaan myös valurautalevyjen liittämiseen toisiinsa tai seosteteräslevyjen tai teräslevyjen
- 30 kanssa konehitsaamalla. Korjausalalla tulee mahdolliseksi korjata vaivatta valurautakappaleita, joissa on valussa tai jähmettymisen aikana syntyneitä virheitä.

Seuraavassa kuvataan keksintöä rajoittamattomia suoritusesimerkkejä, joissa korjataan hitsaamalla valukappale, konehitsataan kaksi SG-rautakappaletta ja konehitsataan SG-rautakappale (seostettua tai seostamatonta) terästä olevaan kappaleeseen.

Esimerkki 1

5 SG-rautaa 400-12 olevan valukappaleen korjaaminen

Tämän esimerkin tarkoituksena on korjata valukappale tekemällä hitsisauma, jonka mekaaniset ominaisuudet ovat vähintään yhtä hyvät kuin valurautaisen työkalun.

- 10 Korjataan valukappale (SG-rauta 400-12), jonka muodostaa 55 mm:n paksuinen levy, jossa on 25 mm:n syvyinen vika (hiekkasulkeuma), ja johon tehdään mekaaninen syvennys hiomalla niin, että muodostuu railo.

Käytetyn valuraudan kemiallinen koostumus on seuraava:

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
3,40	2,18	00,22	0,025	0,007	0,10	0,05	0,06	0,16

- 15 Valurautakappaletta kuumennetaan paikallisesti noin 250 °C:n lämpötilaan korjattavan vian kohdalta kaasupolttimen liekillä.

Sitten tehdään välikerroshitsaus käyttämällä hitsauspuikkoa, jossa on läpimitaltaan 3,2 mm:n metalliydin, pehmeää hiiliterästä, jonka hiilipitoisuus on pieni, ja puoliemäksinen päällyste ja joka on markkinoilla olevaa tyyppiä. Hitsauspuikon kemiallinen koostumus on seuraava:

C	Mn	Si	Ni	Mo	V
0,06	0,6	0,41	0,029	0,01	0,012

20

S	P	Cu	Cr	Ti	Al
0,007	0,016	0,011	0,024	0,013	0,001

Käytetyn päällysteen karbonaatti- ja fluorisälpäpitoisuus on pieni ja se muodostaa "kalkki-pii" -tyyppisen päällysteen, joka sisältää noin 10 % piitä. Tämän päällysteen sulatuote on lasimaiselta näyttävä kuona.

- Hitsauspuikko toimii tasavirralla, jonka voimakkuus on 85-100 A ja jännite 23 V, ja työkappaleen paikallinen lämpötila ei ole alle 250 °C. Välikerroshitsaus suoritetaan kolmena peräkkäisenä kerroksena, jolloin kokonaispaksuudeksi saadaan noin 6-7 mm. Railon reunat ympäröidään hitsillä valurautaisen työkappaleen suojaamiseksi
- 5 mahdolliselta sulamiselta myöhemmän täyttövaiheen aikana.

Vapaassa ilmassa huoneenlämpötilaan jäädyttämisen jälkeen välikerroshitsi tarkastetaan ja siitä poistetaan tarvittaessa mahdolliset harvat viat.

- Sitten suoritetaan koko valukappaleen kokonaislämpökäsittely kuumentamalla kappale vähitellen 900 °C:n lämpötilaan uunissa, lämpötilan nousunopeuden ollessa
- 10 50 °C/tunti.

Kappaletta pidetään 900 °C:ssa 2 tuntia (hitsiliitoksen paksuuden ollessa 25 mm), sitten se jäädytetään karkaisumenetelmällä, jossa puhallusilma suunnataan välikerroshitsiin niin, että lämpötila välikerroshitsin sisässä laskee noin 250-300 °C:seen.

- Välikerroshitsin pinta käsitellään edellä mainitun lämpökäsittelyn jälkeen mekaanisesti hiomalla pintaan muodostuneen rautaoksidin poistamiseksi, sitten välikerroshitsin tarkastamisen jälkeen suoritetaan käsiteltävän alueen esikuumennus noin 150 °C:seen. Sitten suoritetaan viimeistyshitsaus (täyttö) käyttämällä hitsauspuikkoa, joka on samanlainen kuin edellä kuvattu, virran voimakkuuden ollessa 95-110 A.
- 15

- Lopuksi suoritetaan päästölämpökäsittely kaikkien jäännösjännitysten poistamiseksi hitsin läheltä kuumentamalla vähitellen noin 550 °C:n lämpötilaan, lämpötilan nousunopeuden ollessa noin 50 °C/tunti. Lämpötilaa ylläpidetään noin 2 tuntia (hitsauspaksuuden ollessa 25 mm), sitten sen annetaan jäähtyä vapaassa ilmassa.
- 20

Saadun hitsin mekaaniset ominaisuudet on esitetty seuraavassa taulukossa.

Vetolujuus

Kokeet suoritettiin läpimitaltaan 10 mm:n koekappaleilla

Koekappale	Murtolujuus (MPa)	Kimmoraja (MPa)	A %	Z %
1	486	394	26,4	72,9
2	503	424	22,6	71,9
3	490	431	24,2	75,0
4	494	425	21,2	70,8

A % = Venymä

Z % = Kutistuma (poikkileikkauksen pienenemä).

- 5 Voidaan havaita, että murtuma paikallistuu sula-alueen keskelle.

Taivutuskoe

Kokeet suoritettiin 10 x 20 x 180 mm:n koekappaleilla

Painin (läpimitta mm)	Murtojännitys (MPa)	Taivutuskulma (°)
40	72	49

Kokeet osoittivat, että taivutusmurtuma tapahtuu liitosalueen kohdalla.

10 **Esimerkki 2**

SG-rautaa 400-12 olevan kappaleen korjaus

Tämän esimerkin tarkoituksena on korjata valukappale tekemällä hitsisauma, jonka ulkonäkö on täydellinen, jolloin se näyttää samanlaiselta kuin valurautainen työkalukappale, ja joka samalla takaa täydellisen tiiviyyden.

- 15 Menetellään kuten esimerkissä 1 käyttäen valurautakappaletta, joka on mitoiltaan samanlainen ja jossa on sama vika. Kun on suoritettu paikallinen kuumennus 250 °C:seen, tehdään välikerroshitsaus samoissa olosuhteissa ja samanlaisella hitsauspuikolla kuin esimerkissä 1, sitten suoritetaan seuraava lämpökäsittely:

- 20 valukappale kuumennetaan vähitellen noin 820 °C:n lämpötilaan, lämpötilan nousunopeuden ollessa noin 50 °C/tunti. Kappale pidetään tässä lämpötilassa noin 4 tuntia (paksuuden ollessa 25 mm), sitten suoritetaan jäähdyttäminen vapaassa ilmassa.

Näin saadaan täyttämisen ja päästölämpökäsittelyn, jotka suoritetaan kuten esimerkissä 1, jälkeen hitsi, jonka ulkonäkö on hyvin lähellä valurautaisen työkalun ulkonäköä ilman että syntyisi pieniä murtumia.

Esimerkki 3

5 Kahden SG-rautaa 400-12 olevan kappaleen liittäminen yhteen

Suoritetaan kahden valurautalevyn, joiden paksuus on 25 mm ja jotka ovat koostumukseltaan samanlaisia kuin esimerkissä 1, liittäminen yhteen (konehitsaus).

Yhteenliitettävien alueiden pinnat viistetään työstämällä ja viisteet tarkastetaan suotaumisen avulla.

- 10 Viisteet esikuumennetaan paikallisesti noin 250 °C:seen koko paksuudeltaan ja sitten suoritetaan välikerroshitsaus kumpaankin viisteeseen samanlaisella hitsauspuikolla kuin esimerkissä 1 kolmena kerroksena, jolloin kokonaispaksuudeksi saadaan noin 5 mm kumpaankin viisteeseen. Hitsauslanka siirretään välikerroshitsin reunaan, jotta vältetään kaikkinaisen ylipursuaminen, joka saattaisi sulattaa valurautaista työkalua liitosalueelta myöhemmän yhteenliittämisvaiheen aikana.
- 15

Huoneenlämpötilaan jäähdyttämisen jälkeen suoritetaan samanlainen välikerroshitsin lämpökäsittely kuin esimerkissä 1, ja sen jälkeen karkaisu puhallusilmalla, kunnes välikerroshitsin sisälämpötila laskee noin 250-300 °C:seen.

- 20 Tehdyn välikerroshitsin tarkastamista varten suoritettua jäähdyttämisen jälkeen suoritetaan yhteenliitettävien alueiden paikallinen esikuumennus noin 150 °C:n lämpötilaan. Kahden valurautakappaleen yhteenliittäminen tapahtuu sitten yksinkertaisesti hitsaamalla samalla hitsauspuikolla kuin edellä, samoissa olosuhteissa kuin esimerkissä 1, ja sitten suoritetaan päästölämpökäsittely noin 550 °C:ssa 2 tunnin kestoajalla, kuten edellä mainittiin. Jäähdyttäminen suoritetaan sitten vapaassa ilmassa.
- 25

Esimerkki 4

SG-rautaa 400-12 olevan kappaleen ja teräskappaleen liittäminen toisiinsa

- 30 Valurautakappale, joka on samanlainen kuin edellä esimerkissä 3, liitetään yhteen tyypin XC 38 terästä (seostamatonta terästä, joka soveltuu lämpökäsittelyyn) olevan kappaleen, joka on mitoiltaan samanlainen kuin valurautakappale, kanssa.

Sekä valurautakappale että teräskappale viistetään yhteenliitettävältä alueelta ja tarkastetaan suotautumisen avulla.

Menetellään kuten esimerkissä 1 mainittiin, mutta esikuumennus ja välikerroshitsaus tehdään vain SG-rautaa olevan kappaleen viisteisiin.

- 5 Elektrodi, jota käytetään valurautakappaleen välikerroshitsaukseen, on samanlainen kuin esimerkissä 1. Tälle välikerroshitsille suoritetaan sitten sama lämpökäsittely 900 °C:ssa tai 820 °C:ssa toivotusta tuloksesta riippuen (etusijalle asetetaan joko hitsiliitoksen mekaaniset ominaisuudet tai ulkonäköseikat).

- 10 Hitsauspuikko, jota käytetään liittämistoimenpiteeseen, on samanlainen kuin edellä kuvattu puikko, mutta se voidaan valita valurautakappaleeseen liitettävän teräksen laadun mukaan.

Lopuksi suoritettava päästölämpökäsittely on samanlainen kuin edellä esimerkissä 1 kuvattu.

- 15 Tämä menettely toistetaan korvaamalla XC 38 -teräs seostetulla 35 NCD 6 -tyyppisellä teräksellä (nikkelillä, kromilla ja molybdeenillä seostettu teräs). Menetellään kuten edellä, mutta liittämiseen käytetty hitsauspuikko korvataan toisella, kaupallisesti saatavilla olevalla puikolla, jonka koostumus on lähellä käytetyn seosteteräksen koostumusta.

Kokeet vahvistavat saadut erinomaiset tulokset.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä pallografiittivalurautakappaleiden sulahitsaamiseksi välikerroshitsaustekniikalla, **tunnettu** siitä, että se käsittää seuraavat vaiheet:
 - a) kappaleen hitsattava alue esikuumennetaan 230-300 °C:n lämpötilaan, sitten
 - 5 suoritetaan välikerroshitsaus;
 - b) välikerroshitsi lämpökäsitellään 800-920 °C:n lämpötilassa sopivalla kestoajalla, sitten suoritetaan jäähdytysjakso;
 - c) välikerroshitsi esikuumennetaan uudelleen 130-200 °C:n lämpötilaan ja suoritetaan viimeistyshitsaus.
- 10 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaiheessa c) suoritettua hitsausta seuraa päästölämpökäsittely 530-570 °C:n lämpötilassa sopivan kestoajan, joka on yhdestä muutamaan tuntiin.
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että välikerroshitsin kokonaispaksuus on 3-15 mm.
- 15 4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaiheen b) lämpökäsittely suoritetaan 850-920 °C:n lämpötilassa.
5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että lämpökäsittelyä seuraa jäähdytys lämpötilan laskemiseksi välikerroshitsin sisällä 250-300 °C:seen.
- 20 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että jäähdyttäminen suoritetaan karkaisemalla ilmapuhalluksella, joka kohdistetaan välikerroshitsiin.
7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaiheen b) lämpökäsittely suoritetaan 800-850 °C:n lämpötilassa.
8. Minkä tahansa patenttivaatimuksista 1-3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaiheiden a) ja c) välikerroshitsaus ja hitsaus suoritetaan hitsauspuikolla, jonka ydin on terästä ja joka on päällystetty jollakin puoliemäksisellä seoksella.
- 25

Patentkrav

1. Förfarande för smältsvetsning av kulgrafitgjutjärnsstycken med mellanskikts-svetsteknik, **kännetecknat** av att det innefattar följande steg:
 - a) det område av stycket som skall svetsas förupphettas till en temperatur mellan 230 och 300 °C, sedan utförs mellanskiktssvetsning;
 - b) mellanskiktssvetsen värmebehandlas vid en temperatur mellan 800 och 920 °C under en lämplig period, sedan utförs en kylperiod;
 - c) mellanskiktssvetsen förupphettas pånytt till en temperatur mellan 130 och 200 °C och slutbehandlingssvetsning utförs.
2. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att den svetsning som utförts i steg c) följs av en avlöpningsvärmebehandling vid en temperatur mellan 530 och 570 °C under en lämplig period, som är från en till några minuter.
3. Förfarande enligt patentkrav 2, **kännetecknat** av att mellanskiktssvetsen har en totaltjocklek mellan 3-15 mm.
4. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att värmebehandlingen i steg b) utförs vid en temperatur mellan 850 och 920 °C.
5. Förfarande enligt patentkrav 4, **kännetecknat** av att värmebehandlingen följs av nedkylning för att sänka temperaturen inne i mellanskiktssvetsen till mellan 250 och 300 °C.
6. Förfarande enligt patentkrav 5, **kännetecknat** av att nedkylningen utförs genom härdning med luftblästring, som riktas mot mellanskiktssvetsen.
7. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att värmebehandlingen i steg b) utförs vid en temperatur mellan 800 och 850 °C.
8. Förfarande enligt något av patentkrav 1-3, **kännetecknat** av att mellanskikts-svetsningen och svetsningen i stegen a) och c) utförs med en elektrod vars kärna är av stål och som ytbelagts med en halvbasisk blandning.