

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) FI 944603 A7

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

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application **944603**

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
B23K 9/095

(22) Tekemispäivä - Ingningsdag - Filing date **03.02.1994**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **03.10.1994**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **02.12.1994**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **13.06.2019**

(86) Kansainvälinen hakemus - **03.02.1994 PCT/JP1994/000162**
Internationell ansökan - International
application

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

04.02.1993 JP 5-17724

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 •Nippon Steel Corporation, 6-3, Otemachi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan, JAPANI, (JP)
2 •Hitachi Zosen Corporation, 3-28, Nishikujo 5-chome Konohana-ku, Osaka, Japan, JAPANI, (JP)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 •Kasuya, Tadashi, 20-1, Shintomi, Futtsu-shi, Chiba 299-12, JAPANI, (JP)
2 •Shinada, Koichi, 20-1, Shintomi, Futtsu-shi, Chiba 299-12, JAPANI, (JP)
3 •Horii, Yukihiro, 20-1, Shintomi, Futtsu-shi, Chiba 299-12, JAPANI, (JP)
4 •Miyazaki, Tateo, Osaka-shi, Osaka 554, JAPANI, (JP)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Berggren Oy Ab, Antinkatu 3 C, 00100 Helsinki

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

Menetelmä hitsausepämuodostumien vähentämiseksi yksipuolista palstaliä toshitsausta varten

Förfarande för förminskning av svetsningsdeformationer för ensidig las kstötsvetsning

Menetelmä hitsausvääntymän pienentämiseksi levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella - Förfarande för att minska svetsdistorsion vid ensidig svetsning för att foga plåtar

5 Esillä oleva keksintö liittyy menetelmään, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella. Tarkemmin sanoen esillä olevalla keksinnöllä aikaansaadaan menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymiä levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, ja jossa hitsausvääntymiä vähennetään suoritettaessa monielektrodihitsausta optimaalisissa hitsausoloissa.

10 Tekniikan tasossa tarjotaan seuraavanlaista toispuolisen hitsauksen menetelmää levyjen liittämiseksi. Kuten kuvasta 2 nähdään, hitsattavat teräslevyt 1, 1' asetetaan puskuun ja kiinnehitsin palko, jonka korkeus on yhtä suuri kuin hitsattavien levyjen paksuus, järjestetään uraan, erityisesti hitsin loppuosassa olevaan uraan. Vaihtoehtoisesti hitsin loppuosaan kiinnehitsataan liuska, joka on yhtä paksu kuin hitsattavat levyt, niin että palon korkeus voi olla sama kuin levyn paksuus. Tällä tavalla hitsattavat teräslevyt 1, 1' sidotaan riittävästi ennen hitsaamisen aloittamista, jotta vältettäisiin hitsausvääntymät. Vaihtoehtoisesti tarjotaan seuraavanlainen menetelmä, jossa hitsattavia levyjä kuumennetaan polttimien avulla hitsausprosessin aikana, niin että säädetään termistä käyttäytymistä hitsausvääntymien pienentämiseksi. Tavomaisten menetelmien mukaan, joissa kiinnehitsausta tai liuskaa käyttäen hitsattaviin teräslevyihin kohdistuu suuri puristusvoima, ennen hitsauksen aloittamista on tehtävä suuritoiminen valmistelu, ja lisäksi levyt on korjattava hitsauksen jälkeen, joka aiheuttaa ongelman hitsauksen tehokkuuden parantamisen kannalta. Menetelmä, jolla säädetään termistä käyttäytymistä kaasupolttimia käyttäen, on epäedullinen, koska hitsauslaitteesta tulee suuri ja hitsauksen tehokkuutta on vaikea parantaa.

25 Tekniikan tason mukaan levyjä toispuolisella hitsauksella liitettäessä hitsausvääntymien pienentämisen ensisijaisena tavoitteena on estää murtumien esiintyminen, joita syntyy hitsipalon päähän hitsausprosessin aikana. Ando ym. esittivät, että nämä ääripään murtumat johtuvat hitsausvääntymisestä hitsausprosessin aikana (Magazine of Welding Society, Vol. 30 (1970), nro 8, s. 792). Sen jälkeen on tehty erilaisia tutkimuksia, joissa selvitettiin jännitysten jakaantumista hitsausprosessin aikana (Sato ym, Thesis of Japanese Ship Building Society, vol. 136 (1974), s. 441; ja Fujita ym, Thesis of Japanese Ship Building Society, vol. 133 (1973), s. 267. Näiden tutkimusten tulosten mukaan ääripään murtumien esiintymisen välttämiseksi on hitsausvääntymää pienennettävä hitsausprosessin aikana. Menetelmä, jonka tavoitteena on hitsausvääntymän pienentäminen, rajoittuu kuitenkin sellaiseksi, jossa kiinnehitsattua palkoa tai liuskaa käytetään edellä mainitulla tavalla.

Toisaalta Kamichika ym. (Magazine of Japanese Construction Association (JSSC), vol. 10 (1974), nro 101, s. 35) on tehnyt yhteenvedon tekniikan tason menetelmistä. Kamichikan ym. Tekemän yhteenvedon mukaan ilmoitettiin menetelmiä, joissa käytettiin kiinnehitsattuja palkoja ja liuskoja vääntymän pienentämiseksi, ja lisäksi

5 eräs menetelmä hitsin ääripään pitämistä paikallaan hydraulisen tunkin avulla. Näillä tavanomaisilla menetelmillä pyritään pienentämään vääntymää hitsausprosessin aikana, pitämällä hitsattavana olevat teräslevyt lujasti paikallaan. Sellaisen menetelmän mukaan, jossa teräslevyjä kuumennetaan kaasupolttimilla, hitsausvääntymiä on mahdotonta pienentää niin paljon, että ääripään murtumat voitaisiin estää.

- 10 Japanilaisessa patenttijulkaisussa nro 53-51153 esitetään menetelmä, jossa hitsin lämpö määrää pienennetään hitsattavien levyjen ääripäissä, ja korjaustöiden yhteydessä järjestetään lisäpalko, jolla korjataan puuttuvaa palkoa.

- Äskettäin on esitetty tutkimus, jossa yksityiskohtaisesti analysoidaan jäännösvääntymän käyttäytymistä hitsauksen lopettamisen jälkeen (Ueda ym: Thesis of Japanese Ship Building Society, vol. 171 (1992), s. 335). Tämän tutkimuksen mukaan
- 15 kaasupolttimien tuottama paikallinen kuumennus vaikuttaa jäännösvääntymään, joka jää levyihin hitsauksen lopettamisen jälkeen. Sopivaa kuumennusmenetelmää käytettäessä vääntymän määrä pienenee verrattuna tapaukseen, jossa levyjä ei kuumenneta.

- 20 Edellä selitetyllä tavalla tavanomaisin menetelmin pyritään ensisijassa pitämään hitsattavat teräslevyt paikallaan tai säätämään termistä käyttäytymistä kaasupolttimien avulla. Tavanomaisissa menetelmissä ei pyritä luomaan hitsausoloja levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella. Tämän vuoksi tekniikan tason mukaan on luonnollista, että hitsausprosessiin kohdistuu suuri kuormitus, ja hitsauslaitteet tule-
- 25 vat suuriksi.

Esillä oleva keksintö on saavutettu hitsauksen valmistelutyöhön kohdistuvan raskaan kuormituksen pienentämiseksi sekä pienentämään hitsauslaitteeseen kohdistuvaa raskasta kuormitusta. Esillä oleva keksintö täyttyy, kun löytyy sellaiset hitsausolot, joilla hitsausvääntymää voidaan pienentää.

- 30 Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on aikaansaada menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, jolloin menetelmä perustuu edellä mainittuihin hitsausolosuhteisiin.

Alla esitetään yhteenveto keksinnöstä.

- 1) Menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, jossa hitsattavat teräslevyt asetetaan puskuun ja kiinnehitsin palko
- 35

muodostetaan ja kiinnitetään uraan, ja jossa käytetään ainakin kolme elektrodia, tunnetaan siitä, että menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, käsittää vaiheet, joissa:

estimoidaan hitsausprosessissa syntyvä vääntymäjännitys käyttämällä syötetyn

- 5 lämmön (Q_i , kJ/mm) määrää, joka lasketaan alla olevan lausekkeen (1) avulla, sekä käyttämällä myös parametria P , joka lasketaan alla olevan lausekkeen (2) avulla, ja määrittämällä jokaisen elektrodin hitsausolot siten, että vääntymäjännitys voi pysyä sallituissa rajoissa, jolloin

$$Q_i = (I_i * E_i * 6) / V_i \quad (\text{lauseke 1})$$

- 10 jossa I_i on i :nneen elektrodin virta (A) hitsaussuunnan suhteen vastakkaisessa suunnassa, E_i on i :nneen elektrodin jännite (V), ja V_i on i :nneen elektrodin hitsausnopeus (cm/min), ja jolloin

$$P = \frac{1}{H} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{L_i + k} \quad (\text{lauseke 2})$$

- 15 jossa L_i on etäisyys (mm) ensimmäisestä elektrodista i :nteen elektrodiin, L_1 on 0, n on elektrodien lukumäärä, ja k on positiivinen vakio, ja jossa kiinnehitsin palon maksimikorkeus pusku-urassa on H (mm), jolloin H on enintään puolet hitsattavan teräslevyn paksuudesta.

2) Ensimmäisen kohdan (1) mukainen menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, jolloin vakion k arvo lausekkeessa (2) parametrin P laskemiseksi valitaan alueelta välillä 10 - 150, ja jolloin jokaisen elektrodin hitsausolosuhteet määritetään niin, että arvo P on enintään 0,14.

- 20 keessa (2) parametrin P laskemiseksi valitaan alueelta välillä 10 - 150, ja jolloin jokaisen elektrodin hitsausolosuhteet määritetään niin, että arvo P on enintään 0,14.

3) Menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, jossa hitsattavat teräslevyt asetetaan puskuun ja kiinnehitsin palko muodostetaan ja kiinnitetään uraan, jossa liuska kiinnehitsataan ja kiinnitetään hitsattavien teräslevyjen ääriosuuteen, ja jossa käytetään ainakin kolme elektrodia, tunnetaan siitä, että menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, käsittää vaiheet, joissa:

estimoidaan hitsausprosessissa syntyvä vääntymäjännitys käyttämällä mainitussa

lausekkeessa (1) kuvattuja suureita Q_i , L_i , H ja vakiota k , sekä käyttämällä myös

30 parametreja P ja P_{tab} , jotka lasketaan alla olevien lausekkeiden (2) ja (3) avulla, ja määrittämällä jokaisen elektrodin hitsausolot siten, että vääntymäjännitys voi pysyä sallituissa rajoissa, jolloin

$$P = \frac{1}{H} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{L_i + k} \quad (\text{lauseke 2})$$

jossa L_i on etäisyys (mm) ensimmäisestä elektrodista i :nteen elektrodiin, L_1 on 0, n on elektrodien lukumäärä, k on positiivinen vakio, ja H on enintään puolet hitsattavan teräslevyn paksuudesta, ja jolloin

$$P_{tab} = \frac{1}{Ht} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{L_i + k} \quad (\text{lauseke 3})$$

jossa L_i on etäisyys (mm) ensimmäisestä elektrodista i :nteen elektrodiin, L_1 on 0, n on elektrodien lukumäärä, k on positiivinen vakio, ja jossa Ht (mm) on liuskan paksuus tai Ht (mm) on liuskan paksuuden ja liuskan ja hitsattavan teräslevyn väliin

- 5 muodostetun kiinnehitsatun palon korkeuden arvoista pienempi, ja jossa Ht on enintään puolet hitsattavan teräslevyn paksuudesta.

4) Kolmannen kohdan (3) mukainen menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, jolloin vakion k arvo lausekkeessa (2) parametrin P laskemiseksi ja lausekkeessa (3) parametrin P_{tab} laskemiseksi
10 määritetään alueelle 10 - 150, ja jolloin arvo P ei voi olla suurempi kuin 0,26 ja arvo P_{tab} ei voi olla pienempi kuin 0,009.

- 5) Ensimmäisen 1) tai neljännen kohdan 4) mukainen menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, ja jossa käytetään monielektrodi-jauhekaarihitsausta hitsausolosuhteissa, jotka ovat: kulloisenkin
15 elektrodin virta on enintään 2400 A, ensimmäisen ja toisen elektrodin virrat ovat ainakin 900 A, kolmannen ja sen jälkeisten elektrodien virrat ovat ainakin 600 A, hitsausnopeus on vähintään 60 cm/min ja enintään 200 cm/min, ja etupinnalla ja takapinnalla käytetään johtavaa tyyppiä olevaa juoksutinta.

- 6) Jonkin edellisen kohdan (1) - (5) mukainen menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, jolloin sovelletaan Y-uraa, I-uraa, V-uraa tai U-uraa.
20

7) Jonkin edellisen kohdan (1) - (6) mukainen menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, jolloin liitettävien teräslevyjen vetolujuus on ainakin 390 Mpa ja enintään 780 Mpa, ja jolloin levyn paksuus on ainakin 8 mm ja enintään 50 mm.
25

Piirustuksissa:

kuva 1 on poikkileikkaus, joka esittää uran muodon;

kuva 2 on kaaviollinen esitys, joka havainnollistaa esillä olevan keksinnön hitsausmenetelmää;

30 kuva 3 on kaaviollinen leikkaus kuvan 2 viivaa A - A pitkin;

kuva 4 on käyrästä, joka esittää parametrin P ja vääntymän määrän välisen riippuvuuden;

kuvat 5a ja 5b esittävät vääntymätiloja, ja kuva 5a esittää tilan, jossa on tasossa olevaa vääntymää, ja kuva 5b esittää tilan, jossa on tasosta poikkeavaa vääntymää;

kuva 6 esittää kaaviollisesti termokinmoisuuden mallin;

- 5 kuviot 7a - 7e esittävät uratyyppejä, jolloin kuva 7a esittää Y-uran, kuva 7b V-uran, kuva 7c I-uran, kuva 7d U-uran, ja kuva 7e esittää toisenlaisen uran.

- 10 Laajasti uskotaan, että levyjen liittämiseksi toispuolisessa hitsausprosessissa syntyvä hitsausvääntymä voidaan tehokkaasti välttää kuumentamalla teräslevyjä kaasupolttimien avulla tai sitomalla ne lujasti liuskojen avulla. Esillä olevan keksinnön mukaan teräslevyjä ei tarvitse kuumentaa tai sitoa lujasti. Kun hitsausolot määritetään niin, että parametrit P ja P_{tab} voidaan saattaa ennalta määrätylle alueelle, hitsausvääntymät pienenevät. Esillä olevan keksinnön eräänä tavoitteena on parantaa työn tehokkuutta hitsausprosessissa, sekä pienentää hitsauslaitteeseen kohdistuvaa kuormitusta.

- 15 Esillä olevan keksinnön avulla on tarkoitus aikaansaada menetelmä, jolla pienennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, jossa hitsattavat teräslevyt asetetaan puskuun jossa käytetään ainakin kolme elektrodiä, jolloin menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, käsittää vaiheet, joissa: estimoidaan hitsausprosessissa syntyvä vääntymäjännitys käyttämällä syötetyn lämmön (Q_i, kJ/mm) määrää, joka lasketaan alla olevan lausekkeen (1) avulla, sekä käyttämällä myös parametria P, joka lasketaan alla olevan lausekkeen (2) avulla, ja määrittämällä jokaisen elektrodin hitsausolot siten, että vääntymäjännitys voi pysyä sallituissa rajoissa, jolloin

$$Q_i = (I_i * E_i * 6) / V_i \quad (\text{lauseke 1})$$

- 25 jossa I_i on i:nneen elektrodin virta (A) hitsaussuunnan suhteen vastakkaisessa suunnassa, E_i on i:nneen elektrodin jännite (V), ja V_i on i:nneen elektrodin hitsausnopeus (cm/min), ja jolloin

$$P = \frac{1}{H} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{L_i + k} \quad (\text{lauseke 2})$$

- 30 jossa L_i on etäisyys (mm) ensimmäisestä elektrodista i:nteen elektrodiin, L₁ on 0, n on elektrodien lukumäärä, ja k on positiivinen vakio, ja jossa kiinnehitsin palon maksimikorkeus pusku-urassa on H (mm), jolloin H on enintään puolet hitsattavan teräslevyn paksuudesta.

Edellä esitettyjä lausekkeitä (1) ja (2) selitetään alla.

Kuvassa 6 on kaaviollinen esitys, jossa havainnollistetaan esillä olevan keksinnön mallia. Viitenumerot 19, 20, 21 ja 22 edustavat ensimmäistä, toista, kolmatta ja

- vastaavasti neljättä elektrodia. Oletetaan, että nämä elektrodit siirtyvät äärettömällä levyllä vasemmalta oikealle kuvassa 6. Koordinaattien osalta ensimmäinen elektrodi määritetään origoksi, ja liikkuva koordinaatti (ξ, y) liikkuu hitsausnopeudella V . Kuva 6 esittää tilanteen neljän elektrodin hitsauksessa, jolloin seuraava tarkastelu on tehty edellyttäen, että elektrodien lukumäärä on n .

- Sellaisessa tapauksessa, jossa elektrodien lukumäärä on 1, Sato ym. löysivät ratkaisun (joka mainittiin edellä viiteluettelossa), mutta monielektrodihitsauksen tapausta varten ratkaisua ei kuitenkaan vielä ole löydetty. Tapauksessa, jossa elektrodien lukumäärä on n , ratkaisu löydettiin ottaen huomioon termokimmoisuuden lineaarisuus. Koska toispuoleisessa hitsauksessa vakavan ongelman aiheuttavien ääripäiden murtumien syynä on kuvassa 5a esitetty vääntymä, jännitys σ_y y -akselilla esitetään seuraavasti:

$$\sigma_y = \frac{E\alpha\kappa}{2\pi\lambda V} \left\{ \sum_{i=1}^n q_i \frac{\xi + Li}{r_i^2} - \frac{V}{2\kappa} \sum_{i=1}^n q_i \exp\left(-\frac{V(\xi + Li)}{2\kappa}\right) \left[K_0\left(\frac{Vr_i}{2\kappa}\right) + \frac{\xi + Li}{r_i} K_1\left(\frac{Vr_i}{2\kappa}\right) \right] \right\}$$

(lauseke 4)

- jossa E = kimmomoduuli
 α = lineaarisen laajenemisen kerroin
 κ = lämmön jakaantumisen kerroin
 λ = lämmön siirtymisen kerroin
 V = hitsausnopeus
 $r_i = \{(\xi + Li)^2 + y^2\}^{1/2}$
 Li = etäisyys ensimmäisen ja i :nnen elektrodin välillä ($L_1 = 0$)
 q_i = lämpö määrä, jonka ensimmäinen elektrodi luovuttaa levyn paksuusyksikköä kohti aikayksikössä
 K_0 ja K_1 = nollannen ja ensimmäisen kertaluokan muunnettuja toisen lajin Bessel-funktioita.

Tarkastellaan jännitystä σ_y , joka aiheutuu hitsauslinjan edessä, ja jolla on voimakas yhteys ääripään murtumiin. Koska $y = 0$, $r_i = \xi + Li$. Koska lausekkeen (4) arvot K_0 ja K_1 ovat suhteellisen pienet hitsauslinjan edessä, ne jätetään huomiotta. Koska E , α , κ ja λ ovat vakioita, voidaan johtaa seuraava lauseke.

$$\sigma_y = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{\xi + Li} \quad \text{(lauseke 5)}$$

Varsinaisen hitsaustoiminnan aikana terminen jännitys vaimenee uraan järjestetyn kiinnehitsatun palon takia. Kiinnehitsatun palon korkeus ei kuitenkaan välttämättä ole yhtä suuri kuin levyn paksuus. Tämän vuoksi on arvioitava kiinnehitsattuun

palkoon syntyvä jännitys. Kun levyn paksuus on A (mm), saadaan y -akselin suunnassa vaikuttava voima pituusyksikköä kohti kertomalla levyn paksuus jännityksellä, eli

$$\sigma_y \cdot A.$$

- 5 Kun korkeudeltaan H oleva kiinnehitsattu palko vastaanottaa tämän voiman, saadaan seuraava lauseke, eli kun kiinnehitsatun palon jännitys on σ_y' , ja kiinnehitsattuun palkoon yksikköpituutta kohti vaikuttava voima on $\sigma_y' \cdot H$, saadaan seuraava lauseke.

$$\sigma_y \cdot A = \sigma_y' \cdot H.$$

- 10 Vastaavasti kiinnehitsatun palon jännitys σ_y' voidaan ilmaista seuraavalla lausekkeella.

$$\sigma_y' = \sigma_y \cdot A/H.$$

Koska σ_y on verrannollinen lausekkeeseen (5), σ_y' on verrannollinen arvoon, joka saadaan kun lauseke (5) kerrotaan arvolla (A/H) .

- 15 Tällä hetkellä lauseke $A \cdot q_i/V = Q_i$ (hitsausinsinöörien käyttämä syötetty lämpö, kJ/mm) on voimassa. Tämän vuoksi kiinnehitsatun palon jännitys ilmaistaan seuraavalla lausekkeella.

$$\sigma_y' \propto \frac{1}{H} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{L_i + \xi} \quad (\text{lauseke (6)})$$

- 20 Terminen jännitys voidaan esittää pisteenä, joka sijaitsee sulan edessä (piste, jossa $\xi = k$). Vastaavasti parametri P voidaan määrittää seuraavasti.

$$P = \frac{1}{H} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{L_i + k}$$

Varsinaisen hitsaustoiminnan aikana hitsattavaan perusmetalliin kohdistuu elastisen muodonmuutoksen lisäksi myös plastista muodonmuutosta. Lisäksi myös elastisen muodonmuutoksen alueella lämpötilariippuvuutta esiintyy fyysisten arvojen, kuten kimmomoduulin osalta. Vastaavasti keksijät ovat vakavasti tutkineet parametrin P sopivuutta tässä saadun tiedon perusteella. Tutkimuksen tuloksena on havaittu, että parametria P voidaan käyttää käytännön parametrina.

- 30 Kuvassa 4 on esitetty miten parametri P vastaa muodonmuutoksen määrää. Kuvan 4 vaaka-akseli ilmaisee toisin sanoen hitsauksen aikana aiheutuneen muodonmuutoksen määrän alempana selitettävässä esimerkissä. Tämän vuoksi voidaan ymmärtää,

että parametri P on sopusoinnussa muodonmuutoksen määrään, jota aiheutuu hitsauksen aikana. Edellä olevan johdosta muodonmuutoksen määrää voidaan pienentää, jos arvo P pidetään ennalta määrätyllä alueella.

- 5 Esillä olevan keksinnön mukaan liuskaa varten käytetyllä parametrilla P_{tab} on sama riippuvuus kuin edellä selitetyllä kiinnehitsatun palon parametrilla. Liuska sitoo hitsattavia teräslevyjä samalla tavalla kuin kiinnehitsattu palko. Tämän vuoksi liuskan toimintaa voidaan arvioida samalla tavalla.

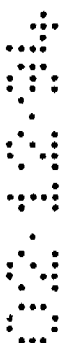
Seuraavassa selitetään esillä olevaa keksintöä yksityiskohtaisemmin.

- 10 Ensin parametri P jaetaan kahdeksi termiksi $\Sigma Q_i/(L_i + k)$ ja $1/H$, ja seuraavassa selitetään molempia termejä.

- Parametrin P termi $\Sigma Q_i/(L_i + k)$ ilmaisee miten hitsausolosuhteet vaikuttavat hitsausvääntymän määrään. Kun hitsauslämmön syöttämistä pienennetään, niin tavallisesti hitsausvääntymän määrä pyrkii pieneneen. Teräslevyjä kiinnitettäessä toispuolisella hitsauksella liittäminen on tehtävä valmiiksi saman hitsaustoiminnan aikana, niin ettei lämmön syöttämistä voi pienentää ratkaisevasti. Sulan rakenteet 15 yksielektrodihitsauksessa ja monielektrodihitsauksessa ovat erilaiset. Vaikka lämmön syöttö on yhtä suuri, niin hitsausvääntymän käyttäytyminen on vastaavasti erilaista. Jotta näin ollen voitaisiin määrittää hitsausolot niin, että hitsausvääntymää voidaan pienentää, on käytettävä parametria, joka ilmaisee sulan rakenteen tai parametria, joka ilmaisee elektrodien järjestelyn. 20



- 25 Keksijät olivat täysin vakuuttuneita edellä mainitun parametrin olemassaolosta, ja he tutkivat ja selvittivät sitä. Tutkimuksen tuloksena he ovat saaneet tietoonsa, että termiä $\Sigma Q_i/(L_i + k)$ tehokkaana parametrina. Käytännön kannalta elektrodien väliseen etäisyyteen lisätään vakio k . Toisin sanoen, koska $L_1 = 0$, suuretta Q_1/L_1 ei voi laskea ensimmäiselle elektrodille. Tämän vuoksi elektrodien väliseen etäisyyteen lisätään k . Keksijät ovat havainneet, että parametria voidaan käyttää käytännössä, kun vakio k lisätään elektrodien väliseen etäisyyteen.



Syynä siihen, että vakiolle k annetaan alue, on seuraava.

- 30 Kun vakio k on liian pieni, parametri P määrytyy likimääräisesti ensimmäisen elektrodin lämmön syötöstä Q_1 ja arvosta H . Tämän vuoksi on mahdotonta arvioida oikein toisen elektrodin ja sitä seuraavien elektrodien vaikutusta. Tästä syystä vakion k arvoksi annetaan vähintään 10. Kun vakio on liian suuri, elektrodien välisen etäisyyden vaikutusta ei voi arvioida oikein, eli elektrodijärjestelyn vaikutusta ei voi arvioida oikein. Tästä syystä vakion k arvoa ei voi asettaa suuremmaksi kuin 35 150. Kun vakion k arvoksi käytännössä asetetaan 50, voidaan määrittää hitsausolo-

suhteet, joissa hitsausvääntymän määrää voidaan pienentää.

Seuraavaksi selitetään termiä $1/H$.

- 5 H on puskuun asetettuun uraan sovitetun, kiinnehitsatun palon maksimikorkeus. Parametri, jonka avulla löydetään yhteys hitsausvääntymän käyttäytymisen ja hitsausolosuhteiden välillä, voidaan selittää suureiden Q_i ja Li avulla. Kun kuitenkin hitsattaviin teräslevyihin ei lainkaan tehdä kiinnehitsausta, eli kun uraan ei lainkaan tehdä kiinnehitsauspalkoa, eikä hitsattavia levyjä sidota liuskalla, niin hitsattavat teräslevyt eivät ole millään lailla sidottuja. Vaikka tässä tapauksessa aikaansaadaan hitsausolosuhteet hitsausvääntymän pienentämiseksi, hitsausta on lähes mahdotonta tehdä. Näin ollen on oleellista, että teräslevyt pidetään paikallaan mahdollisimman pienellä kiinnehitsauspalolla. Tämän vuoksi on löydettävä parametri, joka ilmaisee sen vaikutuksen.

Keksijät ovat myös tutkineet suureen H vaikutusta edellä esitetyltä kannalta, ja löytäneet seuraavaa:

- 15 Kun hitsausolot ilmaiseva parametri $\Sigma Q_i/(Li + k)$ kerrotaan termillä $1/H$, eli kun käytetään lausekkeen (2) parametria P , voidaan ilmaista hitsausolojen vaikutus ja myös ilmaista kiinnehitsatun palon tai liuskan vaikutus. Syy siihen, että H on kiinnehitsatun palon maksimikorkeus puskuun asetetussa urassa, on että hitsausvääntymä voidaan useimmiten rajoittaa kohtaan, jossa palon korkeus on suurin. Tämän vuoksi arvon H käyttäminen on tehokkain keino.

Seuraavaksi selitetään parametria P_{tab} .

- 25 Parametri P_{tab} muodostetaan, kun parametrin P termi H korvataan termillä H_t . Esillä olevan keksinnön tavoitteena on pienentää hitsausvääntymän määrää, pääasiassa valitsemalla hitsausolosuhteet. Käytännössä käytetään liuskaa, ei vain pienentämään hitsausvääntymää, vaan myös toisen tavoitteen saavuttamiseksi. Liuskan käyttäminen on esimerkiksi teollisuudessa tehokas keino, jolla estetään kraattereiden syntyminen hitsauksen ääripäähän hitsattavissa teräslevyissä. Kun liuska tällaisessa tapauksessa kiinnehitsataan hitsattaviin teräslevyihin, liuska toimii sitoen hitsattavat teräslevyt. Näin ollen keksijät ovat tarkastelleet tapausta, jossa hitsattavat teräslevyt on sidottu liuskalla. Keksijät ovat havainneet seuraavaa:

30 P_{tab} on parametri, jolla ilmaistaan liuskan ja hitsausolosuhteiden vaikutus hitsausvääntymään, ja samalla tavalla kuin P :n osalta, parametri P_{tab} ilmaisee liuskan vaikutuksen.

Seuraavaksi esitetään syy siihen, miksi termien H ja H_t alueet rajoitetaan.

- Parametrien P ja P_{tab} saattamiseksi ennalta määrätyle alueelle on olemassa kolme menetelmää. Näitä ovat: menetelmä, jolla valitaan sopivat hitsausolosuhteet, menetelmä, jolla valitaan sopivat termien H ja H_t arvot, ja menetelmä, jolla valitaan sekä sopivat hitsausolosuhteet että sopivat arvot H ja H_t . Menetelmä, jossa arvot H ja H_t ovat suuremmat kuin puolet hitsattavien teräslevyjen paksuudesta, on sama kuin tavanomainen menetelmä, jossa hitsausvääntymän määrää pienennetään pääasiassa sitomalla teräslevyt uraan järjestetyllä kiinnehitsatulla palolla tai liuskalla. Esillä olevan keksinnön tavoitteena on pienentää hitsausvääntymän määrää pääasiassa valitsemalla hitsausolosuhteet. Kun näin ollen arvot H ja H_t ovat suuremmat kuin hitsattavien teräslevyjen paksuus, niin se on vastoin esillä olevan keksinnön tavoitetta. Tämän vuoksi arvojen H ja H_t rajaksi asetetaan enintään puolet hitsattavien teräslevyjen paksuudesta.

Seuraavaksi selitetään syytä, miksi parametrien P ja P_{tab} alue rajoitetaan.

- Siinä tapauksessa, jossa kiinnehitsattu palko muodostetaan puskuun asetettuun uraan, hitsattavat teräslevyt pidetään paikoillaan pääasiassa puskuun asetettuun uraan muodostetun kiinnehitsatun palon avulla. Edellä mainitussa tapauksessa arvo P tulee tavanomaisten hitsausolojen mukaan suuremmaksi kuin 0,14. Tämän vuoksi on mahdoton toteuttaa hitsausvääntymän pienentämistä, ellei teräslevyjen sitomiseen käytetä liuskaa, tai ellei kaasupolttimia käytetä termisen käyttäytymisen säätämiseksi. Syynä siihen että parametrin P ylärajaksi asetetaan 0,14 on se, että arvo 0,14 on yläraja, jolla aikaansaadaan sama vaikutus kuin tavanomaisella menetelmällä hitsausvääntymän määrän pienentämiseksi. Pidetään edullisena, että hitsausolosuhteet ja H määritetään niin, että parametrin P arvoksi tulee enintään 0,04, kun $k = 50$.

- Siinä tapauksessa että hitsattaviin teräslevyihin hitsataan liuska, liuska pitää kiinni hitsattavia teräslevyjä. Kun parametrin P_{tab} arvo on pienempi kuin 0,009, se on kuitenkin yhtä suuri kuin tavanomaisella hitsausvääntymän pienentämismenetelmällä liuskaa käytettäessä. Tämä on vastoin esillä olevan keksinnön tavoitteita. Tämän vuoksi parametrin P_{tab} alue ei saa olla alle 0,009. Siinä tapauksessa, että arvo P_{tab} on edellä mainitulla alueella, on määritettävä yläraja P :lle hitsausvääntymän rajoittamiseksi, samalla tavalla kuin tavanomaisessa menetelmässä. Koska tässä tapauksessa teräslevyjä pidetään kiinni liuskalla, voidaan hitsausvääntymän määrää pienentää, vaikka arvo P on suurempi kuin 0,14. Tästä syystä P :n ylärajaksi asetetaan 0,26. Hitsausolosuhteet ja H_t määritetään edullisesti niin, että P_{tab} ei ole pienempi kuin 0,02, kun $k = 50$, ja että P ei ole suurempi kuin 0,08.

Seuraavassa selitetään syytä, miksi elektrodien lukumäärä rajoitetaan arvoon, joka on vähintään 3.

- Hitsausvääntymään sisältyy kaksi ongelmaa. Ensinnäkin on tasossa tapahtuva muodonmuutos, ja toiseksi on tasosta poikkeava vääntyminen. Tapauksessa, jossa hitsaus tehdään terälevyjen liittämistä varten, tasosta poikkeava vääntyminen aiheutuu siitä, kun hitsauksen lämpökäyttäytyminen teräslevyn etupinnalla (tästä eteenpäin tämä tarkoittaa pintaa, joka on hitsauselektrodien puolelle) ja takapinnalla (tästä eteenpäin tämä tarkoittaa pintaa, joka on hitsauselektrodien vastakkaisella puolella) on erilaista, ja tasosta poikkeava vääntymistä aiheutuu myös silloin, kun siirtyvän hitsausmetallin määrä on erilainen etupinnalla ja takapinnalla. Tasossa tapahtuva muodonmuutos määritellään hitsausvääntymäksi, jota esiintyy samassa tasossa.
- 10 Tyypillinen tasossa esiintyvä muodonmuutos on esitetty kuvassa 5a. Kuvassa 5a esitetty hitsausvääntymä syntyy, kun hitsauspalon edessä oleva ura avautuu hitsauksen aikana. Tämä hitsausvääntymä syntyy ikään kuin hitsattavat teräslevyt kiertäisivät hitsauskaaren ympäri. Tämän vuoksi tätä hitsausvääntymää sanotaan kiertymäksi. Tässä yhteydessä ääripään murtumat syntyvät tämän kiertymän takia.
- 15 Toisaalta tasosta poikkeava vääntyminen on hitsausvääntymä, joka ei sijaitse samassa tasossa. Tyypillinen esimerkki tasosta poikkeavasta muodonmuutoksesta on esitetty kuvassa 5b. Tämä tasosta poikkeava vääntyminen syntyy, kun etupinnan ja takapinnan muodonmuutoksen määrät ovat erilaiset. Kuvan 5b tapauksessa kulman vääntyminen ja poikkeaminen aiheutuvat hitsattavina oleviin teräslevyihin.
- 20 Hitsaustoiminnassa, jossa teräslevyjä liitetään elektrodeja käyttäen, joiden lukumäärä ei ole suurempi kuin 2, jokaisen elektrodin lämpösyöttö kasvaa, niin että jokaisen elektrodin luovuttama metallimäärä myös kasvaa. Tämän johdosta ja verrattuna tapaukseen, jossa käytetään vähintään 3 elektrodia, etupinnalla ja takapinnalla olevan hitsauspalon leveyden välinen ero pyrkii kasvamaan, ja myös hitsin vahvuus
- 25 pyrkii kasvamaan. Nämä ovat eräitä tekijöitä, jotka aiheuttavat tasosta poikkeavaa hitsausvääntymistä. Keksijät ovat havainneet, että vaikka parametrit P ja P_{tab} valitaan alueilta, jotka määritellään esillä olevassa keksinnössä, niin siinä tapauksessa jossa elektrodien lukumäärä on enintään 2, niin tasosta poikkeava hitsausvääntymää ei voida pienentää, vaikka samassa tasossa tapahtuvaa hitsausvääntymää voidaan
- 30 pienentää. Edellä olevan johdosta elektrodien lukumääräksi määritetään ainakin 3.
- Seuraavaksi selitetään syytä, miksi hitsausolosuhteet ja juoksutin on rajoitettu esillä olevassa keksinnössä.
- Ensinnäkin ensimmäisen ja toisen elektrodin osalta kyseessä ovat edellä kulkevat elektrodit. Käytännön kannalta on erittäin tärkeitä, että muodostetaan takapalko
- 35 näillä edeltävillä elektrodeilla. Takapalon muodostamiseksi on muodostettava avainreikä. Syy siihen, että ensimmäisen ja toisen elektrodin virtojen arvoksi asetetaan vähintään 900 A on se, että minimivirta 900 A vaaditaan avainreiän muodos-

tamiseksi kaaren voimaa käyttäen. Syy siihen, että määritetään ylärajaksi 2400 A on se, että kun virta kasvaa suuremmaksi kuin 2400 A, sulaa ei enää voida hallita, eikä voida muodostaa kunnollista palkoa. Kun tämän jälkeen tarkastellaan kolmatta elektrodia, nämä perässä tulevat elektrodit toimivat muodostaen pintapalon. Nämä

5 peräkkäiset elektrodit poikkeavat edeltävistä elektrodeista, eikä näillä perässä tulevilla elektrodeilla tarvitse muodostaa takapalkoa (uranami), eikä näillä perässä tulevilla elektrodeilla myöskään tarvitse muodostaa avainreikää. Tämän johdosta voidaan muodostaa erinomainen palko käyttäen pienempää virtaa kuin ensimmäisellä ja toisella elektrodilla. Syy siihen, että kolmannen ja sitä seuraavien elektrodien

10 ylärajaksi asetetaan 2400 A on sama kuin ensimmäisellä ja toisella elektrodilla. Suuri hitsausnopeus on edullinen parannettaessa työn tehokkuutta. Jos kuitenkin hitsausnopeus on liian suuri, tästä aiheutuu sellaisia hitsausvikoja kuin alavajausta. Syy siihen, että hitsausnopeuden ylärajaksi asetetaan 200 cm/min on se, että estetään sellaisten hitsausvikojen kuten alavajauksen syntyminen, kun nopeus on rajaa

15 alempi. Tämän alarajan asettamiseksi on kaksi syytä. Toinen syy on seuraava. Koska edeltävän elektrodin virran alaraja on 900 A ja perässä tulevan elektrodin virran alaraja on 600 A, niin siinä tapauksessa että hitsausnopeus on alle 60 cm/min, luovutetun metallin määrä kasvaa liiallisesti. Toinen syy on seuraava. Koska edeltävän elektrodin takapalko muodostetaan käyttäen kaaren voimaa, niin vaikka hitsausnopeutta lisätään, voidaan muodostaa riittävän hyvä takapalko. Edellä olevasta syystä

20 alarajaksi asetetaan 60 cm/min. Hitsausnopeus vaikuttaa hitsauslämmön syöttöön. Jos kuitenkin lämmön syöttöä pienennetään, parametri P pienenee väistämättä. Tämän johdosta on käytännössä hyödyllistä asettaa alaraja hitsausnopeudelle.

Seuraavaksi selitetään syytä, miksi rajoitetaan juoksutinta etupinnalla ja takapinnalla.

25

Hitsausvääntymän esiintyminen johtuu hitsausolosuhteista, eikä juoksuttimen valinta liity hitsausvääntymään. Esillä olevan keksinnön mukaisten hitsausolosuhteiden mukaisesti ensimmäisen ja toisen elektrodin virran alaraja on 900 A ja yläraja 2400 A. Kun hitsausta suoritetaan suurella virralla, tarvitaan tulenkestävää juoksutinta.

30 Johtavaa tyyppiä oleva juoksutin on myös tulenkestävää. Tämän johdosta juoksutin esillä olevassa keksinnössä rajataan johtavaa tyyppiä olevaksi juoksuttimeksi.

Seuraavaksi selitetään syytä, miksi uran muotoa rajoitetaan.

Käytännön kannalta uran muoto ei vaikuta hitsausvääntymään, jota syntyy toispuolisessa hitsauksessa levyjä liitettäessä. Erinomaisen hitsauspalon muodostamiseksi uran muodon on kuitenkin oltava sopiva. Kuvassa 7 on esitetty Y-, V-, I- ja U-

35 muotoisia uria, joiksi esillä olevan keksinnön ura on rajoitettu, jotta saataisiin erinomainen hitsauspalko levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella. Tässä tapauk-

sessä U-ura ei rajoitu kuvassa esitettyyn esimerkkiin, ja näin mukaan on otettu muunnettu U-ura. Esillä olevassa keksinnössä uran muoto on rajoitettu, jotta pienennettäisiin hitsausvääntymää ja saataisiin palko, jonka muoto on erinomainen.

Seuraavassa selitetään syytä siihen, että terälevy on rajoitettu.

- 5 Esillä olevan keksinnön päätavoitteena on pienentää hitsausvääntymää. Tämän vuoksi hitsausvääntymän määrää voidaan pienentää hitsattavasta teräslevystä riippumatta. Kuitenkaan teräslevy, jonka vetolujuus on pienempi kuin 390 Mpa, ei sovellu hitsattuun rakenteeseen, niin että vetolujuuden alarajan arvoksi asetetaan ainakin 390 Mpa. Syy miksi vetolujuuden ylärajaksi asetetaan 780 Mpa on se, että
- 10 siinä tapauksessa että teräslevyn vetolujuus ei ole alle 780 Mpa, hitsatun osuuden lujuus voi mahdollisesti heikentyä teräslevyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella. Tämän takia ylärajaksi asetetaan tämä arvo, jotta varmistettaisiin hitsatun osuuden luotettavuus.

- Levyn paksuuden osalta liitostyöhön toispuolisella hitsauksella käytetään käytännön kannalta vain teräslevyjä, joiden paksuus on ainakin 8 mm. Tämä on syynä siihen, että alarajaksi asetetaan 8 mm. Syytä siihen, että levyn paksuuden ylärajaksi asetetaan 50 mm selitetään seuraavassa. Kun teräslevyyn, jonka paksuus on vähintään 50 mm, kohdistuu toispuolinen hitsaus liitostyötä varten, niin jokaisen elektrodin virta kasvaa liialliseksi, ja saattaa olla, ettei aikaansaada hyvälaatuisia hitsauspalkoa. Kun levyn paksuus tulee suureksi, luovutetun metallin määrä kasvaa, ja näin ollen hitsausnopeus pienenee, eikä hitsausta voi suorittaa tehokkaasti. Kun lisäksi hitsattavaan teräslevyyn syötetään suuri lämpömäärä, teräslevyn lujuus heikenee.
- 20

- Kun hitsausolosuhteet on rajoitettu edellä selitetyllä tavalla, voidaan parametria P pienentää, eli hitsausvääntymä pienenee, ja voidaan aikaansaada hitsiliitos, jolla on erinomainen palkorakenne, suhteellisen suurella hitsausteholla kun hitsausnopeus pidetään alueella 60 - 200 cm/min.
- 25

Esimerkki

- 30 kuvissa 2 ja 3 esitettyyn koelaitteeseen viitaten seuraavassa selitetään esillä olevan keksinnön esimerkkiä. Kuten piirustuksissa on esitetty, kaksi toiselta puolelta hitsattavaa teräslevyä 1, 1' asetettiin puskuun ja kiinnitettiin hitsausalustaan 9 liittyvällä kahdella puristinparilla 8. Lisäksi hitsattavien teräslevyjen 1, 1' puskuun asetetun osan sivut liitettiin liuskan 4 avulla. Teräslevyjen 1, 1' puskuun asetettujen uraosuudet oli aikaisemmin tehty kiinnehitsaus, ja sen jälkeen suoritettiin toispuolinen hitsaus teräslevyjen liittämiseksi, käyttäen kahta, kolmea, neljää, viittä ja kuutta
- 35

elektrodia, vaikka kuvassa 2 esitetyssä laitteessa käytetään neljä elektrodia 2a - 2d. Kuvassa 2 viitenumero 14 on ilmaletku. Ilmaletkussa olevan ilmanpaineen vaikutuksesta säädetään tukilevyn 15 työntövoimaa, niin että voidaan tukea hitsattavia teräslevyjä.

- 5 Seuraavassa selitetään tässä käytettyä hitsauslaitetta. Esimerkiksi neljän elektrodin hitsauksen tapauksessa hitsauselektrodit 2a, 2b, 2c, 2d liitettiin hitsausteholähteisiin 11a, 11 b, 11c ja vastaavasti 11d. Nämä hitsausteholähteet 11a - 11d kytkettiin hitsausolosuhteiden säätöyksikköön 12 ja parametrin laskentayksikköön 13. Parametrin P laskemiseksi lausekkeen (2) avulla käytettiin seuraavia suureita: aikaisemmin
- 10 kiinnehitsatun palon maksimikorkeus H; virran, jännitteen ja i:nneen elektrodin hitsausnopeuden avulla lausekkeesta (1) saatu lämpösyöttö Q_i ; etäisyys L_i ensimmäisen ja i:nneen elektrodin välillä; ja vakio k. Laskettua parametria P käyttäen suureeksi H valittiin puolet hitsattavien teräslevyjen paksuudesta, ja hitsausolot, kuten jokaisen elektrodin virta ja jännite, hitsausnopeus ja elektrodien välinen etäisyys
- 15 määritettiin niin, ettei arvo P voinut olla suurempi kuin 0,14.

Käytettäessä liuskaa 4 se edeltä käsin kiinnehitsattiin puskuun asetettujen teräslevyjen 1, 1' sivulle. Tässä tapauksessa hitsausolosuhteet, kuten jokaisen elektrodin virta ja jännite, hitsausnopeus ja elektrodien välinen etäisyys määritettiin käyttäen parametria P_{tab} niin, etteivät suureet H ja H_t voineet olla enemmän kuin puolet hitsattavien teräslevyjen paksuudesta, ja niin ettei arvo P voinut olla suurempi kuin 0,26 eikä arvo P_{tab} pienempi kuin 0,009. Tässä tapauksessa parametri P_{tab} laskettiin lausekkeen (3) avulla käyttäen kiinnehitsatun palon maksimikorkeutta hitsattavien teräslevyjen 1, 1' puskuun asetetussa osassa, liuskan paksuutta, ja kiinnehitsatun palon maksimiarvoa H_t liuskan ja hitsattavien teräslevyjen ja liuskan välissä.

- 25 Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty esillä olevassa keksinnössä käytettyjä hitsausolosuhteita, kuten virta I, jännite E, hitsausnopeus V ja elektrodien välinen etäisyys L. Taulukoissa 1 ja 2 on myös esitetty levyn paksuus, puskuun asetettuun uraan muodostetun kiinnehitsatun palon maksimikorkeus, hitsausolosuhteiden mukaan laskettu parametri P (joka on esitetty lausekkeessa (2)), sekä uran muoto. Vakioiksi k valittiin kolme arvoa: 10, 50 ja 150. Taulukoissa 1 ja vastaavasti 2 olevan uran muodon urakulma θ ja uran pohjan paksuus R_f vastaavat kuvassa 1 esitettyjä suureita θ ja R_f . Tässä yhteydessä, kun hitsattavat teräslevyt 1, 1' sidottiin liuskalla 4, liuska 4 hitsattiin hitsattaviin teräslevyihin 1, 1' kuvien 2 ja 3 esittämällä tavalla. Siinä tapauksessa että hitsattavien teräslevyjä 1, 1' ei sidottu liuskalla 4, liuskan 4 ja hitsattavien teräslevyjen väliin levitettiin lankapätkiä.
- 35

Toispuolisella hitsauksella taulukoissa 1 ja 2 esitetyissä hitsausolosuhteissa liitettävien teräslevyjen mitattiin kolmea tyyppiä olevan vääntymisen määrät. Toisin sa-

noen mitattiin hitsausprosessin aikana syntynyt vääntyminen tasossa, hitsauksen jälkeen jäävän poikittaisen kutistumisen määrä, ja kulmavääntymän määrä. Tasossa tapahtuvan vääntymisen määrä mitattiin seuraavalla tavalla. Kuten kuvassa 2 on esitetty, vääntymisen mittaamista varten teräslevyjen 1 toiseen päähän kiinnitettiin

5 pituudeltaan 300 mm oleva levy 5 kohtaan, jonka etäisyys uran keskipisteestä oli 20 mm, ja tämän levyn muodonmuutos mitattiin mittakellolla 3. Vääntymisen määränä käytettiin mitta-arvoa, joka mitattiin kun ensimmäinen elektrodi 2a oli saavuttanut kohdan, jonka etäisyys ääripäästä oli 50 mm.

- 10 Jäännösvääntymisen poikittainen kutistuminen mitattiin seuraavalla tavalla. Kaksi kosketuspalloa 6 järjestettiin edeltä käsin kohtiin, joiden etäisyys ääripäästä oli 50 mm ja etäisyys uran keskikohdasta myös 50 mm. Kosketuspallojen 6 välinen etäisyys mitattiin ennen hitsausprosessia ja sen jälkeen, ja ero ilmaistiin. Tätä erotusta käytettiin poikittaisen kutistumisen mittana. Kulmavääntymisen määrä ilmaisiin siten, että teräslevyn kulma mitattiin kulmamittarilla, ja ennen hitsausprosessia ja sen
- 15 jälkeen otettujen mittojen erotus määritettiin kulmavääntymisenä. Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty näiden kolmen tyyppisen vääntymisen mittaustulokset tavanomaisen menetelmän ja vertailuesimerkin tapauksessa.

Taulukko 1. Hitsausolosuhteet

Nro	Levyn paksuus (mm)	Virta (A)						Jännite (V)						Nopeus (cm/min)
		1E	2E	3E	4E	5E	6E	1E	2E	3E	4E	5E	6E	
1	9	900	630	-	-	-	-	32	40	-	-	-	-	65
2	9	1050	900	650	-	-	-	35	40	45	-	-	-	100
3	9	1350	1050	650	650	-	-	35	40	40	45	-	-	160
4	12	1050	800	-	-	-	-	38	42	-	-	-	-	56
5	12	1400	1100	650	650	-	-	35	40	40	45	-	-	150
6	16	1150	1050	700	-	-	-	38	42	45	-	-	-	65
7	16	1700	1300	780	800	-	-	35	40	40	45	-	-	150
8	20	1250	1050	850	-	-	-	36	42	46	-	-	-	60
9	20	1800	1450	1200	1100	-	-	35	40	40	45	-	-	120
10	20	1650	1400	850	800	750	750	35	40	40	45	40	45	120
11	20	1700	1400	750	750	-	-	35	40	40	45	-	-	100
12	25	1350	1150	950	-	-	-	36	42	46	-	-	-	55
13	25	1700	1400	1050	950	-	-	35	40	40	45	-	-	90
14	25	1800	1550	900	850	800	750	35	40	40	45	40	45	110
15	30	1380	1150	1040	-	-	-	36	42	46	-	-	-	45
16	30	1900	1650	1800	1700	-	-	35	40	40	45	-	-	100
17	30	1900	1650	1100	1000	900	750	35	40	40	45	40	45	100
18	35	1450	1200	1050	-	-	-	38	42	48	-	-	-	38
19	35	1700	1400	1350	1250	-	-	35	40	40	45	-	-	65
20	35	2100	1750	1200	1150	1200	1100	35	40	40	45	40	45	100
21	40	1450	1250	1200	-	-	-	33	42	48	-	-	-	30
22	40	1700	1450	1250	1150	-	-	35	40	40	45	-	-	50
23	40	2100	1750	1350	1450	1400	1350	35	40	40	45	40	45	90
24	30	1900	1650	1800	1700	-	-	35	40	40	45	-	-	100
25	30	1900	1650	1100	1000	900	750	35	40	40	45	40	45	100
26	35	2100	1750	1200	1150	1200	1100	35	40	40	45	40	45	100

Huomautus: merkinnät 1E, 2E, 3E, 4E, 5E ja 6E tarkoittavat ensimmäistä, toista, kolmatta, neljättä, viidettä ja vastaavasti kuudetta elektrodia.

Taulukko 2. Hitsausolosuhteet

Nro	Elektrodien välinen etäisyys (mm)						Uran muoto		H (mm)	P		
	L2	L3	L4	L5	L6		θ (°)	Rf (mm)		k = 10	k = 50	k = 150
1	30	-	-	-	-		60	3	3	0.108	0.0274	0.0102
2	30	150	-	-	-		60	3	3	0.0952	0.0266	0.0109
3	30	230	260	-	-		50	3	3	0.0749	0.0207	0.0086
4	35	-	-	-	-		60	3	3	0.1692	0.0426	0.0160
5	30	230	260	-	-		50	3	3	0.0829	0.0229	0.0095
6	35	155	-	-	-		60	3	3	0.1705	0.0476	0.0195
7	30	230	260	-	-		50	3	3	0.1002	0.0276	0.0114
8	35	155	-	-	-		50	3	3	0.1957	0.0537	0.0222
9	30	230	260	-	-		50	3	3	0.1356	0.0386	0.0165
10	30	230	260	420	450		50	3	3	0.1266	0.0371	0.0164
11	30	230	260	-	-		50	5	3	0.1520	0.0421	0.0174
12	35	155	-	-	-		50	5	3	0.2254	0.0638	0.0265
13	30	210	240	-	-		50	5	3	0.1714	0.0489	0.0208
14	30	230	260	420	450		45	5	3	0.1507	0.0440	0.0194
15	35	155	-	-	-		50	5	3	0.2814	0.0798	0.0333
16	30	210	240	-	-		40	5	3	0.1787	0.0539	0.0241
17	30	210	240	400	430		40	5	3	0.1769	0.0526	0.0234
18	35	155	-	-	-		45	6	3	0.3650	0.1021	0.0425
19	30	210	240	-	-		40	7	3	0.2406	0.0705	0.0308
20	30	210	240	400	430		35	6	3	0.1951	0.0584	0.0264
21	30	150	-	-	-		45	6	3	0.4305	0.1268	0.0535
22	30	210	240	-	-		35	7	3	0.3134	0.0914	0.0396
23	30	210	240	400	430		35	6	3	0.2196	0.0673	0.0312
24	30	210	240	-	-		40	5	5	0.1072	0.0323	0.0145
25	30	210	240	400	430		40	5	5	0.1061	0.0316	0.0141
26	30	210	240	400	430		35	6	5	0.1171	0.0350	0.0158

Huomautus: 1) Merkinnät L2, L3, L4, L5 ja L6 tarkoittavat etäisyyttä ensimmäisestä elektrodistä toiseen, komanteen, neljanteen, viidenteen ja vastaavasti kuudenteen elektrodiin. 2) Uran muodon osalta merkinnät θ ja Rf tarkoittavat uran kulmaa ja pohjan korkeutta kuvassa 1. 3) Merkintä P tarkoittaa lausekkeen (2) avulla. 4) merkintä H tarkoittaa kiinnehitsatun palon maksimikorkeutta, joka on 50 mm hitsin päästä tai kiinnehitsatun palon 50 mm alueella, joka on lähinnä päätä.



Taulukko 3. Esimerkkejä hitsausvääntymän mittaamisesta

Nro	Hitsaus- olosuhte nro	P			Ht (mm)	Ptab			Poltin- kuu- mennus	Vääntymisen määrä hitsauksen aikana (mm)	Jäännösvääntymä hitsauksen jälkeen		Huomautus
		k = 10 k	k = 50 k	k = 150 k		k = 10 k	k = 50 k	k = 150 k			Poikittainen kutistuminen	Kulma- vääntymä (rad)	
1	1	0.108	0.0274	0.0102	-	-	-	-	Ei	0.70	0.51	0.12	Vertailuesimerkki
2	2	0.0952	0.0266	0.0109	-	-	-	-	Ei	0.68	0.59	0.06	Keksinnön esimerkki
3	3	0.0749	0.0207	0.0086	-	-	-	-		0.52	0.55	0.05	
4	5	0.0829	0.0229	0.0095	-	-	-	-		0.58	0.45	0.04	
5	7	0.1002	0.0276	0.0114	-	-	-	-		0.71	0.41	0.03	
6	9	0.1356	0.0386	0.0165	-	-	-	-		1.00	0.50	0.02	
7	10	0.1266	0.0371	0.0164	-	-	-	-		0.98	0.57	0.02	
8	11	0.1520	0.0421	0.0174	-	-	-	-	Ei	1.15	0.49	0.03	Vertailuesimerkki
9	13	0.1714	0.0489	0.0208	-	-	-	-		1.35	0.49	0.03	
10	15	0.2814	0.0798	0.0333	-	-	-	-		2.05	0.60	0.01	
11	19	0.2406	0.0705	0.0308	-	-	-	-		1.85	0.55	0.01	
12	21	0.4305	0.1268	0.0535	-	-	-	-		3.25	0.73	<0.01	
13	22	0.3134	0.0914	0.0396	-	-	-	-		2.55	0.61	<0.01	
14	24	0.1072	0.0323	0.0145	-	-	-	-	Ei	0.85	0.52	0.01	Keksinnön esimerkki
15	25	0.1061	0.0316	0.0141	-	-	-	-		0.82	0.54	0.01	
16	26	0.1171	0.0350	0.0158	-	-	-	-		0.89	0.54	0.01	
17	11	0.1520	0.0421	0.0174	-	-	-	-	Kyllä	0.88	0.40	0.04	Tavallinen menetelmä
18	13	0.1714	0.0489	0.0208	-	-	-	-		0.99	0.39	0.03	

Taulukko 4. Esimerkkejä hitsausvääntymän mittaamisesta

Nro	Hitsaus- olosuhte nro	P			Ht (mm)	Ptab			Poltin- kuu- mennus	Vääntö- misen määrä hitsauk- sen aikana (mm)	Jäännösvääntymä hitsauksen jälkeen		Huomautus
		k = 10	k = 50	k = 150		k = 10	k = 50	k = 150			Poikit- tainen kutis- tuminen (mm)	Kulma- vääntymä (rad)	
19	21	0.4305	0.1268	0.0535	-	-	-	-	Kyllä	2.90	0.58	0.01	Vertailuesimerkki
20	22	0.3134	0.0914	0.0395	-	-	-	-	Kyllä	1.93	0.48	0.01	
21	4	0.1692	0.0426	0.0160	3.0	0.1692	0.0426	0.0160	Ei	0.89	0.58	0.11	
22	6	0.1705	0.0476	0.0195	4.0	0.1279	0.0357	0.0146	Ei	0.74	0.59	0.03	Keksinnön esimerkki
23	8	0.1957	0.0537	0.0222	5.0	0.1174	0.0322	0.0133		0.67	0.58	0.03	
24	11	0.1520	0.0421	0.0174	5.0	0.0912	0.0253	0.0104		0.50	0.53	0.02	
25	12	0.2254	0.0638	0.0265	6.3	0.1073	0.0304	0.0126		0.63	0.55	0.01	
26	13	0.1714	0.0489	0.0208	6.3	0.0816	0.0233	0.0099		0.50	0.48	0.01	
27	14	0.1507	0.0440	0.0194	6.3	0.0718	0.0210	0.0092		0.43	0.55	0.01	
28	16	0.1787	0.0539	0.0241	7.5	0.0715	0.0216	0.0096		0.44	0.52	0.01	
29	17	0.1769	0.0526	0.0234	7.5	0.0708	0.0210	0.0094		0.42	0.51	<0.01	
30	18	0.3650	0.1021	0.0425	8.8	0.1244	0.0348	0.0145	Ei	0.73	0.63	0.01	
31	19	0.2406	0.0705	0.0308	8.8	0.0820	0.0240	0.0105	Ei	0.47	0.53	0.01	Keksinnön esimerkki
32	20	0.1951	0.0584	0.0264	8.0	0.0732	0.0219	0.0099		0.44	0.52	0.01	
33	21	0.4305	0.1268	0.0535	10.0	0.1291	0.0380	0.0161	Ei	0.80	0.75	0.01	Vertailuesimerkki
34	22	0.3134	0.0914	0.0396	10.0	0.0940	0.0274	0.0119		0.57	0.65	0.01	
35	23	0.2196	0.0673	0.0312	10.0	0.0659	0.0202	0.0094	Ei	0.41	0.59	<0.01	Keksinnön esimerkki
36	15	0.2814	0.0798	0.0333	15.0	0.0563	0.0160	0.0067	Ei	0.31	0.58	0.02	
37	18	0.3650	0.1021	0.0425	17.5	0.0626	0.0175	0.0073		0.33	0.59	0.01	
38	21	0.4305	0.1268	0.0535	20.0	0.0646	0.0190	0.0080		0.37	0.58	0.01	
39	22	0.3134	0.0914	0.0396	20.0	0.0470	0.0137	0.0059		0.26	0.59	0.01	

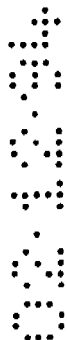
Taulukoissa on havainnollistettu seuraavaa tarkastelua. Tapauksissa nro 1 - 16, joissa hitsattavia teräslevyjä ei sidottu liuskalla, ja jossa lisäksi ei käytetty kuumennusta kaasupolttimella, hitsauksen aikaisen vääntymän määrät olivat enintään 1,00 mm, kun parametri P oli enintään 0,14. Tapauksissa nro 8 ja 9, joissa parametri P oli suurempi kuin 0,140, vääntymän määrät hitsauksen aikana olivat suuremmat kuin 1,00 mm. Tavanomaisten menetelmien 17 ja 18 tapauksessa, joissa tapauksissa nro 8 ja 9 käytettiin kuumennusta kaasupolttimella kuvassa 2 esitetyssä kohdassa, hitsauksen aikaisen vääntymän määrä pieneni arvoon, joka oli enintään 1,00 mm, kun käytettiin kuumentimella lämmittämistä. Esillä olevan keksinnön kaikissa esimerkeissä vääntymisen määrä hitsauksen aikana rajoittui arvoon, joka oli enintään 1,00 mm samalla tavalla kuin tavanomaisessa menetelmässä. Tässä yhteydessä, tapauksissa nro 12 ja 13, joissa parametri P oli suuri, hitsauksen aikaisten vääntymisen määrät olivat 3,25 mm ja vastaavasti 2,55 mm, jotka ovat suuret, ja jopa tapauksissa nro 19 ja 20 joissa tapausten nro 12 ja 13 osalta käytettiin polttimilla kuumentamista, hitsauksen aikaisen vääntymisen määrä ei pienentynyt arvon 1,00 alle. Tapauksissa nro 12 ja 13 vääntymisen määrät pienenevät enintään 1,00 mm:ksi vain kun hitsattavia teräslevyjä pidettiin paikallaan liuskalla, samaan tapaan kuin tavanomaisissa menetelmissä nro 38 ja 39. Tapauksessa nro 1, jossa parametri P oli pienempi, hitsauksen aikaisen vääntymisen määrä pysyi vähäisenä, mutta koska käytettiin kahden elektrodin hitsausta, kulmavääntymisen määrä kuitenkin kasvoi arvoon 0,12 rad, joka on varsin korkea. Esillä olevan keksinnön esimerkeissä kulmavääntymisen kaikkia määrät olivat alle 0,10 rad, samalla tavalla kuin tavanomaisella menetelmällä.

Tapauksissa nro 21 - 39, joissa hitsattavat teräslevyt pidettiin paikallaan liuskan avulla, ja kun parametri P oli enintään 0,26, vääntymisen määrät olivat riittävän pienet, myös kun parametri P_{tab} oli vähintään 0,009, jolloin teräslevyihin kohdistuva paikallaan pitävä voima oli pieni. Kuitenkin tapauksessa nro 21, jossa parametri P oli enintään 0,26 ja parametri P_{tab} oli vähintään 0,009, niin kahden elektrodin hitsausta käytettäessä kulmavääntymisen oli 0,11 rad, joka on paljon. Tapauksissa nro 30, 33 ja 34, joissa parametri P oli suurempi kuin 0,26, hitsauksen aikaisen vääntymisen määrät olivat enintään 1,00 mm, poikittaisen kutistumisen määrät olivat 0,63 mm, 0,75 mm ja 0,65 mm, eli suuremmat kuin 0,60 mm. Esillä olevan keksinnön esimerkeissä kaikki poikittaisen kutistumisen määrät olivat enintään 0,60 mm samalla tavalla kuin tavanomaisella menetelmällä, ja poikittaisen kutistumisen määrät pienenevät arvoon, joka oli suhteellisesti pienempi kuin tapauksissa nro 37, 38 ja 39, jotka ovat tavanomaisia menetelmiä, ja joissa teräslevyjä paikallaan pitävä voima oli suuri.

Kuten edellä selitettiin, esillä olevan keksinnön mukaisella menetelmällä hitsaus-

vääntymän määrää voidaan pienentää samalla tavalla kuin tavanomaisella menetelmällä.

- Laajasti on uskottu, että hitsausvääntymä, jota syntyy teräslevyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, voidaan tehokkaasti välttää kuumentamalla teräslevyjä kaasupolttimilla, tai sitomalla ne lujasti liuskojen avulla. Esillä olevan keksinnön mukaan ei kuitenkaan tarvitse käyttää kuumennusta tai lujaa teräslevyjen sitomista. Kun hitsausolosuhteet määritetään sellaisiksi, että parametrit P ja P_{tab} voidaan saattaa ennalta määrätylle alueelle, hitsausvääntymä pienenee. Tämän johdosta esillä oleva keksintö on hyvin tehokas ja nostaa hitsausprosessin työn tehokkuutta sekä pienentää hitsauslaitteeseen kohdistuvaa kuormitusta.



Patenttivaatimukset

1. Menetelmä hitsausedellytysten optimoimiseksi hitsausvääntymän vähentämiseksi minimiin vähentämällä sellaiseen hitsaamiseen ja siinä käytettäviin hitsausvälineisiin kohdistuvaa työlästä valmistelutyötä, jossa hitsattavat teräslevyt asetetaan
5 puskuun ja kiinnitetään uraan ja jossa muodostetaan kiinnehitsin palko ja tämä kiinnitetään uraan ja jossa käytetään ainakin kolmea elektrodia, **tunnettu** siitä, että

- 1) valitaan hitsattavan teräslevyn kiinnehitsatun palon maksimikorkeus puskuun asetetussa urassa sellaiseksi, että se on korkeintaan puolet hitsattavan teräslevyn paksuudesta;
- 10 2) valitaan ensimmäisen elektrodin ja järjestyksessä i:ntenä olevan elektrodin välinen etäisyys L_i (mm);
- 3) määrätään positiivinen vakio K ;
- 4) muodostetaan parametri P , jonka määrää sallituissa rajoissa oleva lauseke (2);
- 15 5) lasketaan syötetyn lämmön Q_i määrä (kJ/mm) seuraavan lausekkeen (1) avulla; ja
- 6) valitaan järjestyksessä i:ntenä olevan elektrodin virran I_i (A) ja jännitteen E_i (V) ja hitsausnopeuden V_i (cm/min) sopivia yhdistelmiä seuraavan lausekkeen (1) avulla:

$$Q_i = I_i \times E_i \times 6 \div V_i \quad (\text{lauseke 1})$$

$$P = \frac{1}{H} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{L_i + K} \quad (\text{lauseke 2})$$

joissa L_i on 0 ja n on elektrodien lukumäärä.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, **tunnettu** siitä, että vakion k arvo lausekkeessa (2) parametrin P laskemiseksi valitaan alueelta 10-150 ja että jokaisen
25 elektrodin hitsausolosuhteet määritetään niin, että arvo P on enintään 0,14.

3. Menetelmä hitsausedellytysten optimoimiseksi hitsausvääntymän vähentämiseksi minimiin vähentämällä sellaiseen hitsaamiseen ja siinä käytettäviin hitsausvälineisiin kohdistuvaa työlästä valmistelutyötä, jossa hitsattavat teräslevyt asetetaan puskuun ja kiinnitetään uraan, muodostetaan kiinnehitsin palko ja kiinnitetään

se uraan, kiinnehitsataan liuska ja kiinnitetään se hitsattavien teräslevyjen ääriosuuteen ja jossa käytetään ainakin kolmea elektrodia, **tunnettu** siitä, että

- 1) valitaan hitsattavan teräslevyn kiinnehitsatun palon maksimikorkeus puskuun asetetussa urassa sellaiseksi, että se on korkeintaan puolet hitsattavan teräslevyn paksuudesta;
- 2) valitaan ensimmäisen elektrodin ja järjestyksessä i:ntenä olevan elektrodin välinen etäisyys Li (mm);
- 3) määrätään positiivinen vakio K ;
- 4) muodostetaan parametri P_{tab} , jonka määrää seuraava lauseke (3) niin, että se on ainakin 0,009;
- 5) muodostetaan parametri P , jonka määrää sallituissa rajoissa oleva lauseke (2);
- 6) lasketaan syötetyn lämmön Q_i määrä (kJ/mm) lausekkeen (2) avulla niin, että Q_i täyttää myös lausekkeen (3); ja

valitaan järjestyksessä i:ntenä olevan elektrodin virran I_i (A) ja jännitteen E_i (V) ja hitsausnopeuden V_i (cm/min) sopivia yhdistelmiä seuravan lausekkeen (1) avulla,

$$Q_i = I_i \times E_i \times 6 \div V_i \quad (\text{lauseke 1})$$

$$P = \frac{1}{H} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{Li + K} \quad (\text{lauseke 2})$$

$$P_{tab} = \frac{1}{Ht} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{Li + K} \quad (\text{lauseke 3})$$

joissa lausekkeissa Li on 0 ja n on elektrodien lukumäärä, Ht (mm) on liuskan paksuus, H (mm) on pienempi arvo, joka on liuskan paksuuden ja liuskan ja hitsattavan teräslevyn väliin muodostetun kiinnehitsatun palon paksuuden välillä, ja Ht on korkeintaan puolet hitsattavan teräslevyn paksuudesta.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, **tunnettu** siitä, että vakion k arvo lausekkeessa (2) parametrin P laskemiseksi ja lausekkeessa (3) parametrin P_{tab} laskemiseksi määritetään alueelle 10-150 ja että arvo P ei voi olla suurempi kuin 0,26.

5. Patenttivaatimuksen 1 tai 4 mukainen menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, **tunnettu** siitä, että käytetään monielektrodi-jauhekaarihitsausta hitsausolosuhteissa, jotka ovat: kulloisenkin

elektrodin virta on enintään 2400 A, ensimmäisen ja toisen elektrodin virrat ovat ainakin 900 A, kolmannen ja sen jälkeisten elektrodien virrat ovat ainakin 600 A, hitsausnopeus on vähintään 60 cm/min ja enintään 200 cm/min, ja etupinnalla ja takapinnalla käytetään johtavaa tyyppiä olevaa juoksutinta.

- 5 6. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 1-5 mukainen menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, **tunnettu** siitä, että sovelletaan Y-uraa, I-uraa, V-uraa tai U-uraa.
7. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 1-6 mukainen menetelmä, jolla vähennetään hitsausvääntymää levyjä liitettäessä toispuolisella hitsauksella, **tunnettu** siitä, että liitettävien teräslevyjen vetolujuus on ainakin 390 Mpa ja enintään 780 Mpa ja
10 että levyn paksuus on ainakin 8 mm ja enintään 50 mm.

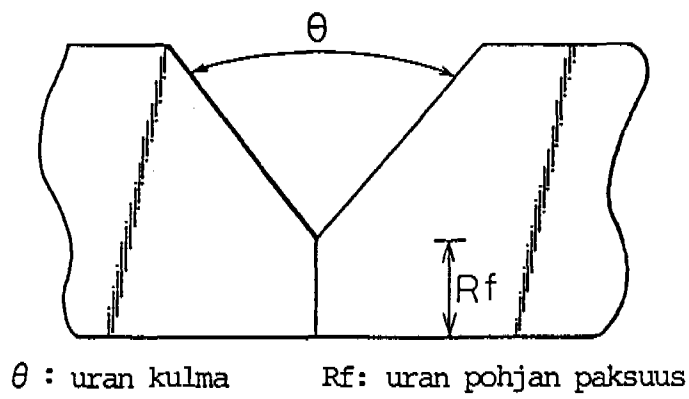


Fig.3

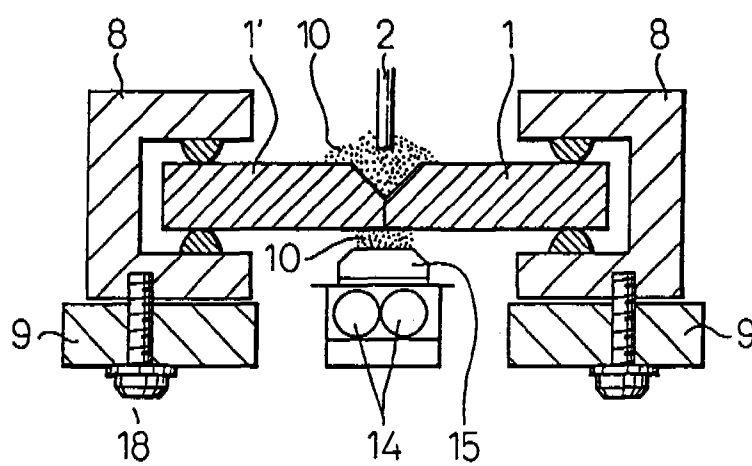


Fig.4

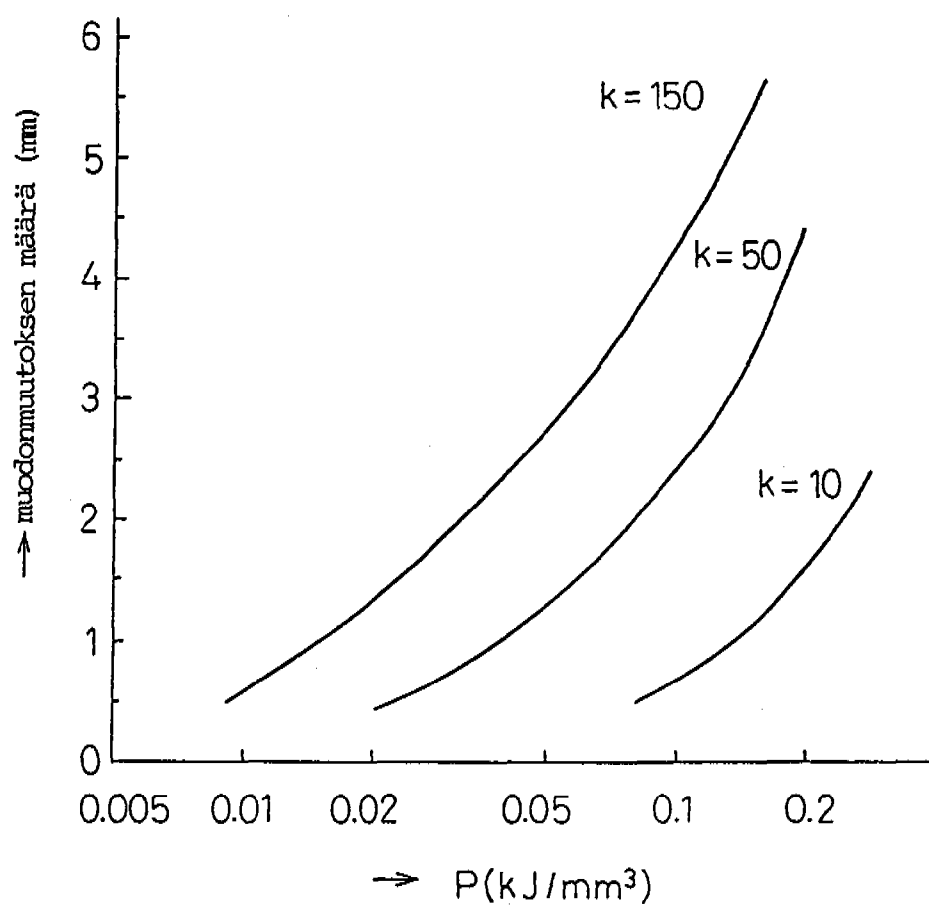


Fig.5(a)

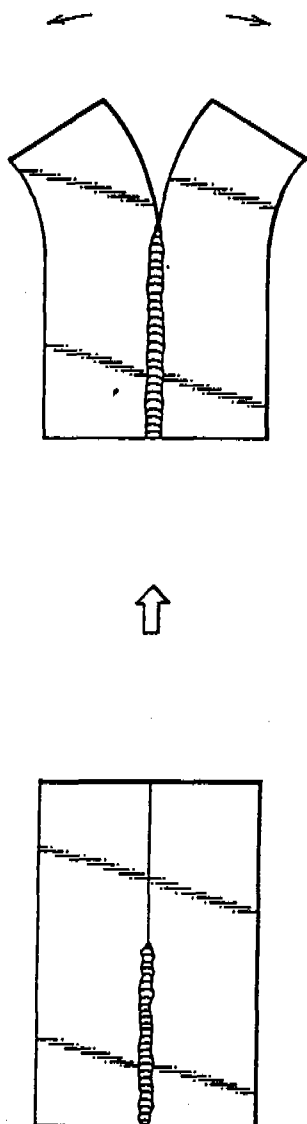


Fig.5(b)

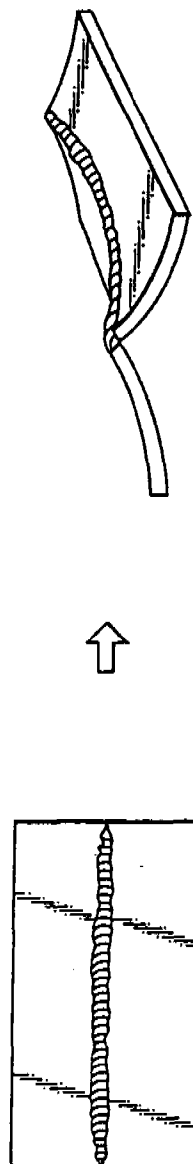


Fig.6

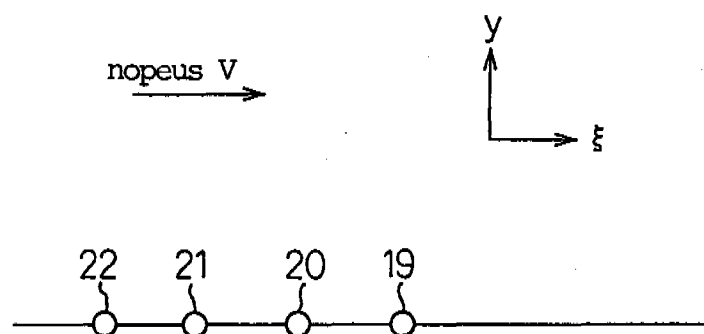


Fig.7(a)



Fig.7(b)

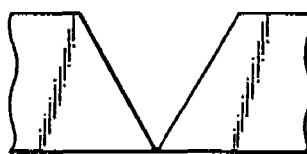


Fig.7(c)

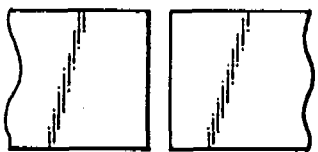


Fig.7(d)

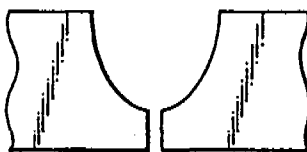


Fig.7(e)



EP A 300 369 (B23K 9/10)

WO

JP-tiio: 4-143075 (B23K 9/18)

Muita julkaisuja: - Andra publikationer:

Allekirjoitus