



NORGE

(12) **PATENT**

(19) **NO**

(11) **310601**

(13) **B1**

(51) Int Cl⁷ B 23 K 26/12

Patentstyret

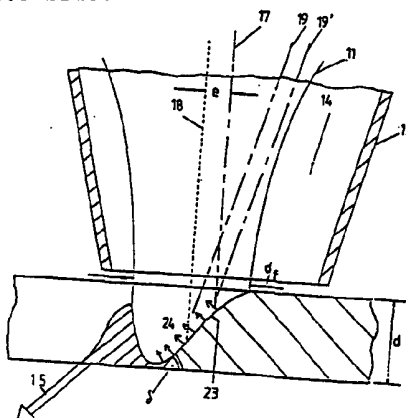
(21) Søknadsnr	19950492	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	1993.08.10, PCT/EP93/02123
(22) Inng. dag	1995.02.09	(85) Videreføringsdag	1995.02.09
(24) Løpedag	1993.08.10	(30) Prioritet	1992.08.12, DE, 4226620
(41) Alm. tilgj.	1995.02.09		
(45) Meddelt dato	2001.07.30		

(71) Patenthaver	Thyssen Stahl AG, D-47161 Duisburg, DE
(72) Oppfinner	Eckhard Beyer, Roetgen-Rott, DE Kai-Uwe Preissig, Dortmund, DE Dirk Petring, Kerkrade, NL Dieter Bingener, Kreuztal, DE Hans-Dieter Riehn, Gladbeck, DE
(74) Fullmektig	Bryns Zacco AS, 0106 Oslo

(54) **Benevnelse** Fremgangsmåte for laserstråleskjæring av bånd- eller plateformede emner, særlig elektroplater

(56) **Anførte publikasjoner** Ingen

(57) **Sammendrag** Oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte for laserstråleskjæring av bånd- eller plateformede emner med høy hastighet, særlig over 100 m/min. Med laserstrålen blir materialet i emnet smeltet under dannelse av en dampkapillar på snittstedet. Smelten drives ut ved hjelp av en skjæregass, som er en blanding av inertgass og vannstoff. For opprettholdelse av dampkapillaren innstilles skjæregassblandings vannstoffandel så høyt og tilføres den laserstråleomhyllende skjæregassblanding til smeltens overflate på snittstedet med et slikt trykk og en slik trykkfordeling at for det første temperaturen på smeltens overflate holdes på fordamningstemperatur og for det andre smelten kontinuerlig drives ut fra snittfugen på den i skjæreretningen for dampkapillaren vendte side.



Oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte for laserstråle-skjæring av bånd- eller plateformede emner, særlig elektroplater med en tykkelse på < 1 mm, særlig $< 0,5$ mm, hvor en fra en laserstrålekilde utgående laserstråle smelter materialet under dannelsen av en dampkapillar på snittstedet, idet herunder smelten drives ut med en inert skjæregass som inneholder hydrogen.

Ved konvensjonell laserstråleskjæring anvendes eksempelvis en 1,5 kW CO₂-laser og en standard-fokuseringsinnretning, som gir intensiteter i fokuseringsområdet på ca. 10^6 W/cm². Ved denne skjæring vil det skje en fresnellabsorpsjon ved snittfronten i metallet, hvor en fordamping av materialet kan ses bort fra.

Laserstråleskjæring av metalliske emner, særlig skjæring av rustfrie stålplater med en tykkelse på under 1 mm, er kjent fra DE 36 19 513 A1. Den skjæreaktive gass i den inerte skjæregass er oksygen. Dette oksygen har en andel på 30 til 90 volum-% av skjæregassen. Oksygenet skal tjene til oppnåelsen av en kjemisk eksoterm reaksjon med stålet for tilveiebringelse av ekstra varmeenergi, for således å påskynde skjæreprosessen. Dessuten skal oksygenet sammen med skjæregassen drive den i skjæreamrådet oppstående smelte ut fra platens snittfuge. Det har imidlertid vist seg at oksydasjonsproduktene ikke drives fullstendig ut fra snittfugen, slik at det ikke oppnås noen i hovedsaken oksydasjonsproduktfrie skjærekanter. Dessuten vil den kjemiske eksoterme reaksjon gi en forholdsvis stor varmepåvirkningssone på siden av skjæreamrådet, noe som fører til en beskadigelse av emnet, særlig en plate, og det eventuelt på denne forhåndenværende belegg.

Man har lenge sett på kapping av elektroplater som et interessant anvendelsesområde for laserskjæring. Ved en kjent fremgangsmåte av denne type (DE 27 43 544 A1) benyttes det en CO₂-laser med en effekt på noen hundre watt for skjæring av

elektroplater med en tykkelse på under 1 mm. Ved laserstråle-
skjæringen blir emnet på kappestedet pådratt med en oksygen-
inneholdende gass gjennom en dyse, idet trykket foran dysen
5 utgjør mer enn 5 bar. Ved denne skjæringen kan det oppnås
snitthastigheter på knapt 10 m/min. Slike snitthastigheter er
imidlertid økonomisk sett uinteressante for elektroplater.
Dessuten fører slike lave hastigheter til en ikke ønsket
påvirkning av de magnetiske egenskaper som følge av opp-
varmingen av de i forhold til snittfugen hosliggende soner i
10 en særlig kornorientert elektroplate. Derfor betrakter man i
fagverdenen bruk av høyeffektlasere, særlig en CO₂-laser,
hvor emnet fortrinnsvis skal skjæres under anvendelse av
oksygen og/eller nitrogen som skjæregass, som uegnet for
kapping av elektroplater, særlig kornorienterte elektroplater
15 (Stahl und Eisen 110 (1990) Nr. 12, sidene 147-153).

Det har vært gjennomført mange studier og eksperimenter for
eventuelt å kunne gjennomføre laserstråleskjæring av emner
med større hastighet. Således er det eksempelvis fra WO
20 88/01553 kjent å forskyve aksen til laserstrålen, som er
omgitt av en dyse for tilføring av gass til snittstedet, i
forhold til gassdysens trykksentrumsakse, i retning mot den
uskårede plate. Tanken bak dette er at man først må smelte
materialet, for deretter på et etterfølgende sted bedre å
25 kunne drive det ut av snittfugen. Denne type laserstråle-
skjæring lar seg imidlertid ikke anvende med særlig godt
resultat for tynne plater, når man skal arbeide med høye
snitthastigheter.

30 Ved en nettopp bekjentgjort fremgangsmåte for laserstråle-
skjæring av den innledningsvis nevnte type (DVS-Berichte 135,
1991, sidene 12-15) kan man ved optimalt i forhold til
hverandre avstemte parametre, såsom strålekvalitetskjenntall
K, fokuseringskjenntall F og fokusert intensitet med en gitt
35 laserstråletype, fortrinnsvis en CO₂-laser, oppnå snitt-
hastigheter på ca. 100 m/min. for en platetykkelse på 0,25 mm
og med en Fe-legering som materiale. I denne forbindelse gjør

det ingen vesentlig forskjell om skjæregassen tilsettes hydrogen eller om skjæregassen primært består av oksygen, da man ved bruk av oksygen bare oppnår en liten økning av snitthastigheten.

5

Videre er det kjent en skjæremetode (DE 39 34 920), hvor det med en laserstråle skjæres ut slisser. Skjæringen skjer ved hjelp av en luftstråle eller oksygenstråle, som rettes mot skiven foran laserstrålens treffpunkt. Ved hjelp av en slik, av reaktiv gass bestående stråle kan det oppnås brede slisser, med utdriving av smelten fra slissen ved hjelp av trykkgassen. En slik fremgangsmåte adskiller seg prinsippielt fra fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen, som arbeider med en inert skjæregass, som følge av den reaktive skjæregass.

15

Ved en fremgangsmåte av den innledningsvis nevnte type, som er gjenstand for en eldre tysk patentsøknad (P 4123716.1-34), fremheves det at laserstrålens sentrale akse skal ligge innenfor en mot emnet rettet inert skjæregasstråle som inneholder hydrogen. Skjæregasstrålen ligger foran laserstrålens stråleakse i skjæreretningen og er rettet slik at smelten kontinuerlig drives ut av snittfugen.

20

Hensikten med foreliggende oppfinnelse er å forbedre fremgangsmåten av den innledningsvis nevnte type for gitte materialer og emnetykkelser med hensyn til den hittil maksimalt oppnåbare snitthastighet, uten derved å måtte gi avkall på snittkantkvaliteten.

25

Dette oppnås ifølge oppfinnelsen derved at hydrogenandelen i skjæregassen for opprettholdelse av dampkapillaren innstilles tilstrekkelig høyt og at den laserstråleomhyllende inerte skjæregass tilføres smeltens overflate på snittstedet med et tilstrekkelig trykk og en slik trykkfordeling at dampkapillaren forblir lukket nedentil, temperaturen på smeltens overflate holdes på fordampningstemperaturen og smelten

30

35

kontinuerlig drives ut fra snittfugen på den fra skjæreretningen vendte side av dampkapillaren.

For oppfinnelsen er den erkjennelse av betydning, at grensene
5 for den klassiske fresnellabsorbsjon for laserstrålingen
overskrides som følge av den nødvendige høye intensitet. En
partiell fordampning i forbindelse med modifisert vekselvirk-
ningsgeometri medfører dannelsen av en plasma, som kan føre
til avskjerming av laserstrålen, og en dampkapillar. Damp-
10 kapillaren utnyttes ifølge oppfinnelsen til å oppnå høyere
snitthastigheter. Det oppstår nemlig en smeltefluks i
snittområdet parallelt med emneoverflaten rundt dampkapil-
laren, og en smelteutdriving bak dampkapillaren fra snitt-
fugen og nedover. Dette alene vil riktignok ikke være
15 tilstrekkelig. Ved en gal prosessstyring kan det oppstå en
smelteoppstuvning, forbundet med faren for en overheting av
smelten og de hosliggende snittfuge-kantsoner, såvel som en
utvidelse av snittfugen. Dette vil kunne føre til at man ikke
når de ønskede hastighetsøkninger.

20

Da ifølge oppfinnelsen hydrogen blandes med en mest mulig
høy andel av skjæregass, i tillegg til at skjæregassbland-
ingens trykk innstilles, kan man begrense disse uønskede
problemer. Det oppstår riktignok en plasma som følge av
25 materialets fordampning, men i praksis unngås en avskjermende
virkning av plasmaet med hensyn til laserstrålingen, og
fremfor alt vil det ikke oppstå noen hindringer av smelte-
utdrivingen. Hydrogen har nemlig en kjølede virkning, som
følge av sine lette molekyler, eksempelvis ved øket rekombi-
30 nasjonshastighet/støt (elektron-ion-hydrogen), slik at faren
for overheting av smelten, materialet som fordamper og
plasmaen som danner seg, kan unngås. Videre er det av
betydning at smeltens overflatespenning reduseres med
hydrogenet, hvilket motvirker oppstuvningen av smelten og en
35 dermed forbundet hindring av smelte-utdrivingen.

Med fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen oppnår man således samtidig med i forhold til teknikkens stand økede snitt-hastigheter gradfrie snittkanter og en minst mulig påvirkning av de til snittkantene grensende soner i materialet, noe som
5 særlig er av betydning i forbindelse med kornorienterte elektroplater.

Det er fordelaktig dersom skjæregassen inneholder hydrogen opptil maksimalt 25 volum-%. Det kan oppnås hastighets-
10 økninger på ca. 15% sammenlignet med teknikkens stand ifølge den nevnte DVS-rapport.

Egnede trykk for den inerte skjæregass for en CO₂-laser ligger mellom 3 bar og 8 bar. For en Nd:YAG-laser er det
15 fordelaktig å anvende vesentlig høyere trykk, opptil rundt 50 bar.

Det anbefales å benytte nitrogen eller argon som inert skjæregass. Dette er billige gasser som er tilgjengelige i
20 industriell målestokk. Mens nitrogen som regel egner seg særlig for emner av Fe-metaller, kan argon oppvise fordelaktige inertegenskaper, særlig for ikke-Fe-metaller.

Ifølge en videreutvikling av oppfinnelsen, som muliggjør
25 fremstilling av en smal snittfuge med en stor vekselvirkningsflate for laserstrålingen med emnet, foreslås det at laserstrålen skal fokuseres mot en oval brennflekk med i skjæreretningen forløpende hovedakse. Derved reduseres laserstrålingens intensitet med hensyn på snittfronten og man
30 unngår dermed en uønsket sterk fordampning av materialet med tilsvarende kraftig plasmadannelse. Videre er det gunstig for en høy snitthastighet dersom laserstrålens fokuserte brennflekk holdes i emnets halve høyde, midt på emnetykkelsen.

35 Ifølge en utførelsesform av oppfinnelsen kan den inerte skjæregass føres eksentrisk i forhold til laserstråleaksen og fortrinnsvis treffe snittstedet før laserstrålen. Videre vil

det være fordelaktig dersom den inerte skjæregass treffer snittstedet med en vinkel $< 90^\circ$. For samtlige utførelsesformer gjelder at trykksenteret til den inerte skjæregass er forskjøvet mot det uskårede emne. Som følge av denne
5 innstilling vil det ved gasstrålens inngang i snittfugen oppstå en transversal trykkgradient. Denne betinger en strømningsandel i retning av den åpne snittfuges lengde-utstrekning, slik at det oppnås en rask bortføring av smelten og dampen fra laserstrålens vekselvirkningsområde med
10 materialet i platen, samtidig som det også oppnås en lavere fordampning. Ved smeltens utløp vil smeltens reduserte overflatespenning sammen med hydrogenet i skjæregassen og skjæregassens transversale trykkgradient bidra til å påskynde smeltens utløp.

15

For å kunne fokusere laserstrålingen mest mulig velges en laserstråling med lav modus-ordning, dvs. et størst mulig strålekvalitetskjenntall K på fortrinnsvis $> 0,5$.

20

For å understøtte utrivingen av smelten fra snittfugen på den fra skjæreretningen vendte side av dampkapillaren kan det i tillegg anvendes en gassformet, flytende eller av partikler bestående tilleggs-stråle.

25

Oppfinnelsen skal nå forklares nærmere under henvisning til tegningene, hvor:

Fig. 1 viser en laserstråleskjæreinnretning i et skjematisk perspektivriss, og

30

fig. 2 viser et lengdesnitt gjennom skjæreområdet til et emne med tykkelsen d , rent skjematisk.

35

En skjæreinnretning 25 med en laserstråle 21 føres over et emne 10. Laserstrålingen 11 er fokusert med en fokuserings-optikk 12. Den fokuserte laserstråling 11 er rettet mot det plateformede emne 10, som har en tykkelse d . Når platen 10 beveges i retning av pilen 22 i forhold til skjæreinn-

retningen 25 vil laserstrålen 11 tilveiebringe en snittfuge 16 i platen. Snitthastighetene utgjør eksempelvis ved plater med en tykkelse på mindre enn 1 mm opptil 250 m/min. og mer. Skjæreinnretningen 25 kan eksempelvis anvendes i lengde-
5 og/eller tverroppdelingsanlegg såvel som i kantsømmingsanlegg, og platen kan eksempelvis komme fra en rull.

Fokuseringsoptikken 12 har en fokuseringslinse hvormed laserstrålingen 11 fokuseres slik at fokus vil ligge i
10 området til den halve platetykkelse d, se fig. 2. Av hensyn til de tynne plater som skal kappes, og fremfor alt av hensyn til den ønskede smale snittfuge 16 skal fokuseringen være så kraftig som mulig, dvs. at fokus skal være så lite som mulig. Dette kan man blant annet oppnå ved at laserstrålingen har en
15 mest mulig lav modeordning.

Laserstrålen 21 er omgitt av en gasssdyse 13 for skjæregass 14. Skjæregassen 14 vil i retning av laserstrålen 11 treffe platens 10 skjæreområde 20. Skjæregassen består av en
20 inertgass, såsom nitrogen eller argon, som fortrinnsvis tjener til utdriving av smelten 15, som fremkommer under skjæringen ved hjelp av laserstrålingen 11. Dessuten er skjæregassen tilsatt hydrogen, hvis virkning skal beskrives nærmere nedenfor.

25 Ved skjæring med hastigheter som tilsvarer dagens teknikk, vil det oppstå en snittfront 23 ifølge fig. 1, hvorfra smelten 15 bortdrives umiddelbart. Man kan på denne måten ikke oppnå optimale betingelser for høye snitthastigheter med
30 minst mulig varmepåkjennning av de til skjærefugen 16 tilgrensende områder 26, og man får heller ikke optimale betingelser for oppnåelse av oksydasjonsfrie snittkanter 16. Det er først bruken av de inventive tiltak som muliggjør en overgang til høyere snitthastigheter, ved hvilke snittfugen
35 lukker seg nedentil, dvs. at smelten først forblir i fugen, under dannelsen av en dampkapillær, slik det er vist i fig. 2. Dannelsen og opprettholdelsen av dampkapillæren muliggjør

at smelten forblir forholdsmessig sterkt flytende. Som følge av den høyere energiinnkopling oppnådd med dampkapillaren kan man oppnå høyere snitthastigheter, og derved få en lavere varmepåkjønning i nabosonene 26 og i de oksydasjonsfrie snittkanter. Fig. 2 viser at med fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen vil snittfronten 23 ligge vesentlig flatere, nemlig med en vinkel på eksempelvis 65-75°, til sammenligning med vanlig skjæring med ren henholdsvis praktisk talt utelukkende fresnellabsorbsjon, hvor vinkelen ligger nærmere 90° og snittfronten 23 altså har et meget bratt forløp. Den flate snittfront 23 fremgår ved tynne plater av det høye forhold mellom fokusdiameter d_f og platetykkelsen d , til tross for den større stråleintensitet henholdsvis den kraftigere fokusering. Ved vanlig skjæring av eksempelvis 3 mm tykke plater med en fokusdiameter $d_f = 3/10$ mm vil man få et med hensyn på platetykkelsen d beregnet forhold 1:10. Til tross for høyere stråleintensitet som følge av kraftigere fokusering til f.eks. 6/100 mm vil man for en platetykkelse på 0,2 mm få et forhold på 3:10, slik at snittfronten ved maksimal snitthastighet altså nødvendigvis må ligge flatere, for å oppnå fullstendig innkopling av laserstrålen. Dette betyr at man får en større vekselvirkningsflate. Dessuten oppstår det en forholdsmessig kraftig oppstuvning av smelten, fordi man på grunn av den høye snitthastighet vil få en stor volumstrøm og den maksimale hastigheten til smeltestrømmen vil være begrenset. Blant annet derfor vil det i retning av pilen 24 i fig. 2 oppstå en forsterket fordamping av platematerialet. Samtidig med den flatere snittfront 23 vil man altså også få en redusert strømningshastighet for smelten under dens utdrivning, og metallfordampningshastigheten stiger, slik at det ved høye laserintensiteter kan oppstå et avskjermende metallampplasma. Begge deler unngår man ved å tilsette hydrogen til den inerte skjæregass. Vannstoffet bevirker at smeltens overflatespenning reduseres, slik at smelten kan blåses ut raskere og man derved kan få redusert smeltefilmtykkelse, overflatetemperatur og fordampningshastighet. Dette er viktig, når man tar hensyn til at

snittfugen 16 er meget smal og at platen er tynn, mens den massestrøm (masse/tidsenhet) som skal drives ut, allikevel er meget stor, som følge av den høye snitthastighet. Dessuten vil de lette hydrogenmolekylene kjøle plasmaet og således
5 motvirke dannelsen av et avskjermende metalledampplasma. I tillegg til øket maksimal snitthastighet øker man således også skjæreprouessens stabilitet, noe som vil ha en tilsvarende positiv innvirkning på snittkvaliteten.

10 I fig. 2 er laserstrålingen 11 vist med en i området til platetykkelsen d liggende fokus med diameter d_f . Laserstrålingens 11 tilhørende akse er betegnet med 18. Gassdysen 13 er likeledes rotasjonssymmetrisk utformet, og dens akse er betegnet med 17. Aksen 17 er her et synonym for skjæregassens
15 14 trykksentrum, hvilken skjæregass tilføres skjæreamrådet 20 som vist i fig. 1.

Når det gjelder den relative tilordning mellom gassdysen 13 og laserstrålingen 11 så er det å merke seg at gassdysens 13
20 akse 17 er anordnet med en eksentrisitet e i forhold til laserstrålingens akse 18, og at forskyvningen er i retning mot den uskårede plate 10. Som følge av denne forangående dysejustering vil det ved skjæregassens 14 inngang i snittfugen 16 oppstå en transversal trykkgradient i lengderetningen til den åpne snittfuge, altså loddrett på aksen 18.
25 Som følge herav påvirkes den dannede metalledamp slik at man kan unngå en avskjermende virkning av metalledampplasmaet. Dessuten oppnås at smelten vekkføres raskere i retning av den forholdsmessig flate snittfront 23. Selv om altså utdrivningsstrekningen som følge av den flatere snittfront 23 er
30 lengre enn ved en brattere eller steilere snittfront, vil samvirket mellom hydrogenet, som reduserer smeltens overflatespenning, og den bedrede transversale styring av skjæregassen, gi en bedret smelteutdriving 15.

35

Av fig. 2 går det frem at den transversale trykkgradient for skjæregassen også kan oppnås ved å anordne gassdysen 13 med

skrå akser 19 eller 19' i forhold til platen 10. Skråstillingen og anordningen av aksene 19,19' vil i forbindelse med skråningen til snittfronten 23 bestemme størrelsen til den transversale trykkgradient. Forskjellen ved anordningen av aksene 19,19' er at akse 19 skjærer snittfronten i området til akse 18 i skjæreområdet 20, mens akse 19' vil ligge foran dette skjæringspunkt, sett i retning av den uskårede plate 10. Skjæregassen 14 treffer snittfronten 23 og/eller den uskårede plate 10.

I fig. 2 er laserstrålingen 11 vist med en fokus med diameter d_f . Stråletverrsnittet er altså sirkelformet. Laserstrålingen 11 kan imidlertid også være fokusert fortrinnsvis elliptisk eller avlangt. I så tilfelle vil d_f være lengden til den store halvaksen i ellipsen, og den store halvakse ligger i skjæreretningen. Som følge herav vil laserstrålingens intensitet i den flate snittfront reduseres og dermed økes også vekselvirkningsflaten ved innkoplingen av laserstrålingen i platen. Derved kan skjæreprosessen stabiliseres, fordi plasmadannelsen og smelteutdrivingen kan kontrolleres bedre. Samtidig kan bredden til laserfokus holdes liten, og tilsvarende kan bredden til snittfugen 16 holdes liten.

Med den nye fremgangsmåte ifølge oppfinnelsen kan man oppnå snitthastigheter på mer enn 100 m/min., fortrinnsvis opptil 250 m/min. og mer, med oksydasjonsfrie snittkanter. Som følge av den høye snitthastighet vil den uønskede varmepåvirkning av snittfugens kantsoner være liten, noe som er særlig viktig i forbindelse med kornorienterte elektroplater.

P a t e n t k r a v

1.

5 Fremgangsmåte for laserstråleskjæring av bånd- eller plate-
formede emner, særlig elektroplater med en tykkelse på < 1mm,
særlig < 0,5 mm, hvor en fra en laserstrålekilde utgående
laserstråle (11) smelter materialet under dannelse av en
dampkapillar på snittstedet, idet smelten (15) drives ut med
en inert skjæregass (14) som inneholder vannstoff, k a r a k-
10 t e r i s e r t v e d at for å opprettholde dampkapil-
laren blir skjæregassens hydrogenandel innstilt tilstrekkelig
høyt og tilføres den laserstråle-omhyllende inerte skjæregass
(14) til smeltens overflate på snittstedet (20) med et
tilstrekkelig trykk og en slik trykkfordeling at damp-
15 kapillaren forblir lukket nedentil, temperaturen på smeltens
(15) overflate holdes på fordampningstemperaturen og smelten
(15) kontinuerlig drives ut fra snittfugen (16) på den fra
skjæreretningen vendte side av dampkapillaren.

20 2.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t
v e d at skjæregassen (14) som benyttes, inneholder en
andel opptil 25 volum-% hydrogen.

25 3.

Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s-
e r t v e d at ved en CO₂-laser (11) som laserstrålekilde
innstilles trykket til skjæregassblandingen på mellom 3 og 8
bar.

30

4.

Fremgangsmåte ifølge et av kravene 1-3, k a r a k t e r i -
s e r t v e d at ved en Nd-YAG-laser (11) som laser-
strålekilde innstilles trykket til skjæregassblandingen på
35 opptil 50 bar.

5.

Fremgangsmåte ifølge et av kravene 1-4, k a r a k t e r i -
s e r t v e d at det som skjæregass (14) benyttes
5 nitrogen eller argon.

6.

Fremgangsmåte ifølge et av kravene 1-5, k a r a k t e r i -
s e r t v e d at skjæregassen (14) føres frem eksentrisk
10 i forhold til laserstråleaksen (18) og slik at den treffer
snittstedet (20) foran laserstråleaksen.

7.

Fremgangsmåte ifølge et av kravene 1-6, k a r a k t e r i -
15 s e r t v e d at skjæregassen (14) føres frem med en
vinkel mindre enn 90° mot snittstedet (20).

8.

Fremgangsmåte ifølge et av kravene 1-7, k a r a k t e r i -
20 s e r t v e d at laserstrålen (11) fokuseres mot en oval
brennflekk som har en i skjæreretningen forløpende hovedakse.

9.

Fremgangsmåte ifølge et av kravene 1-8, k a r a k t e r i -
25 s e r t v e d at laserstrålens (11) fokuserte brennflekk
holdes på emnets halve høyde.

10.

Fremgangsmåte ifølge et av kravene 1-9, k a r a k t e r i -
30 s e r t v e d at den fra en laserstrålekilde utgående
laserstråle (11) er av en lav modusordning.

11.

Fremgangsmåte ifølge et av kravene 1-10, k a r a k t e r i -
35 s e r t v e d at smelten (15) i tillegg drives ut fra
snittfugen (16) bak dampkapillaren ved hjelp av en gassform-
et, flytende eller av partikler bestående tilleggsstråle.

1/1

