(12) **PATENT**

(19) NO (11) **335092** (13) **B1**

NORGE

(51) Int Cl.
C22C 1/08 (2006.01)
B22D 25/00 (2006.01)
B22D 25/02 (2006.01)
B22D 27/20 (2006.01)
B22F 3/11 (2006.01)
B22D 19/14 (2006.01)
C22C 1/10 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20022795	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	2002.06.12	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	2002.06.12	(30)	Prioritet	2001.06.15, AT, 936/01 2002.04.22, AT, 621/02
(41)	Alm.tilgj	2002.12.16			
(45)	Meddelt	2014.09.08			

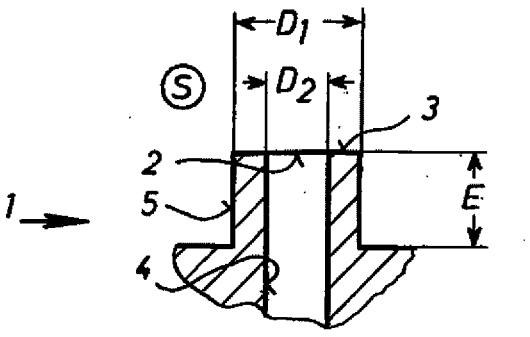
(73) Innehaver: Hütte Klein-Reichenbach GmbH, Kleinreichenbach 25, AT-3900 SCHWARZENAU, Østerrike
(72) Oppfinner: Franz Dobesberger, c/o Hütte Klein-Reichenbach GmbH, Kleinreichenbach 25, A-3900 Scharzenau, Østerrike
Dietmar Leitlmeier, Grünthalerstrasse 5, A-4600 Schleissheim/Wels, Østerrike
Alois Birgmann, A-5141 Moosdorf, Østerrike
Herbert Flankl, Poschachersiedlung 31, A-4320 Perg, Østerrike
(74) Fullmektig: Zacco Norway AS, Postboks 2003 Vika, 0125 OSLO, Norge

(54) Benevnelse: **Innretning for fremstilling av metallskum og anvendelse derav.**

(56) Anførte publikasjoner:
US 5334236 A
EP 0544291 A1

(57) Sammendrag

Det er beskrevet en innretning for innføring av gass i en smelte av skumbart metall ved hjelp av minst ett rør for fremstilling av metallskum. Videre omfatter oppfinnelsen en fremgangsmåte for fremstilling av metallskum samt et metallskumlegeme. Ifølge oppfinnelsen er det forutsatt at minst ett gassinnføringsrør (1) rager fremspringende inn i smelten (S) og på den innragende enden har et gassutløpstverrsnitt (2) med en flate på 0,006 til 0,2 mm2 samt en rørfrontflate på mindre enn 4,0 mm2, og at en jevnhet av diameteren, henholdsvis størrelsen av de enkelte enkeltblærene, foreligger og størrelsen av gassblærene styres ved innstilling av innstrømningsparametrene for gassen. For å sikre stabile gassblæreavløsningskriterier over lange tidsrom består gassinnføringsrøret, i det minste i området ved den innragende enden, av et keramisk materiale.



Foreliggende oppfinnelse vedrører en innretning for innføring av gass i en smelte av skumbart metall ved hjelp av minst ett rør for fremstilling av metallskum.

Videre omfatter oppfinnelsen anvendelse av innretningen for fremstilling av metallskum ved innblåsing av gass i en skumbar kaldsmelte.

Innenfor den innovative teknologien kreves i økende grad materialer med ny egenskapsprofil. Et slikt materiale utgjør et metallskum som på den ene siden, har en vesentlig lavere spesifikk vekt sammenlignet med et fast materiale, og på den annen side, oppviser andre mekaniske egenskaper og en fullstendig annerledesartet materialoppførsel.

For en fremstilling av metallskum-materialer er det kjent forskjellige fremgangsmåter. For eksempel kan en metallsmelte tilsettes stoffer som fordeles i denne, hvilke stoffer dekomponeres ved smeltetemperaturen av metallfasen under gassutvikling. I smelten "innfryses" derved gassblærene som er dannes, henholdsvis er dannet deri, og danner slik et skumlegeme.

Videre er det kjent skumfremgangsmåter hvorved gass bringes inn under overflaten av et smeltet, skumbart metall, et såkalt flytende kompositttmateriale, og på denne måten danner metallskum.

Fra WO 91/01387, henholdsvis EP-483184 B1, er det eksempelvis kjent en slik kontinuerlig skummefremgangsmåte.

Innføringen av gass i det flytende metallet ved hjelp av virvling kan også foregå ifølge EP-545957 B1, hvorved det i et på denne måten dannet og størknet skummateriale foreligger porer med forskjellige diametre, hvorved det oppstår en lite reproduserbar materialoppførsel. En innstilling av porestørrelsen eller størrelsesfordelingen i skumlegemet er dermed ikke mulig i en tilstrekkelig grad.

Ifølge US 5 281 251 foregår en innføring av gass i smelten ved hjelp av en innføringsinnretning, som er tildannet virvelformig, og som på den ytre siden av vingeendene oppviser gassutløpsåpninger. En liknende utførelsesform av gassinnføringsmiddelet eller en vibrerende eller oscillerende dyse beskriver US 5 334 236.

For å oppnå en effektiv skumdannelse er det også foreslått (EP-544291 A1) å tilsette gass til det flytende metallet via et stort antall dyser i form av et oscillerende dysekammer eller ved hjelp av en vertikal dyse med derover roterende propelliknende rører for å virvle gassblærene.

Felles for alle kjente innretninger for fremstilling av metallskum ved en innblåsing av gass i smelten er den ulempen at det dannes porer eller gassblærer med store dimensjonsforskjeller og deres størrelse og størrelsesfordeling kan ikke innstilles i ønsket grad. Dessuten oppstår i mange tilfeller uønsket forholdsvis høye spesifikke vekter og utilstrekkelig reproduserbar materialoppførsel av metallskum-materialet. Her vil oppfinnelsen bidra og setter seg som mål å tilveiebringe en innretning av den innledningsvis nevnte typen med hvilken gass kan bringes inn i smelten i form av porer eller blærer av tilnærmet samme volum, med størrelsesmessig innstillbare porer. En ytterligere oppgave for oppfinnelsen utgjør angivelsen av en anvendelse av innretningen for fremstilling av det ønskede materialskummet.

Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer følgelig en innretning for innføring av gass i en smelte av skumbart metall ved hjelp av minst ett rør for fremstilling av metallskum, kjennetegnet ved at gassinnføringsrøret rager fremspringende inn i smelten og på den innragende enden har et gassutløpstverrsnitt med en flate på 0,006 til 0,2 mm^2 samt en rørfrontflate på mindre enn 4,0 mm^2.

Fordelene oppnådd med oppfinnelsen ligger i det vesentlige i at det ved hjelp av gassinnføringsrøret ved dannelsen av porer oppnås stabile blære-utløsningskriterier for deres bestemte størrelse.

Dersom det i et skumbart metall ifølge teknikkens stand føres inn gass gjennom en utboring i en dyseplate, så viser undersøkelser at det oppstår en blære, hvorved det deretter omkring utboringen inntrer en utvidelse av blærevedhengsområdet. Tidspunktet for avløsning og den derved i praksis dannede størrelsen av blæren ved dyseplaten underligger ingen streng og trang lovmessighet, slik at det på denne måten dannes metallskum med blærer, som oppviser forskjellige diametre. Dersom det i dyseplaten eksempelvis er tilveiebrakt to eller flere utboringer for innføring av gass i det flytende metallet, kan utvidelsen av det aktuelle blærevedhengsområdet på plateoverflaten forsette inntil enkeltblærene forener seg under dannelse av en altfor stor blære, hvilket motvirker ønsket skumdannelse. Som angitt ovenfor er det allerede forsøkt å oppnå en målrettet gassblæreavløsning fra dysen eller en findeling av store gassblærer ved en

relativ bevegelse av gassinnløpsåpningen i metall eller ved virveldannelse, hvilket imidlertid ikke i tilstrekkelig grad brakte en ønsket virkning.

Ved den geometriske utformingen av gassinnføringsrøret ifølge oppfinnelsen kunne det for første gang tilveiebringes ønskede og stabile gassblære-avløsningskriterier i smelten, hvilket i det vesentlige gir like høye enkeltblærevolumer og følgelig dannet metallskum.

Tildannelsen av innretningen kan med fordel utføres slik at utløpsåpningen av gassinnføringsrøret er utformet innragende i smelten i en grad på minst 5 ganger, fortrinnsvis minst 10 ganger, verdien av den største innerdimensjonen av utløpsåpningen. Derved kan det oppnås spesielt virkningsfulle stabile avrivningskriterier for blærene i smelten.

Når på gassinnføringsrøret har en sirkelrund gassutløpsåpning og en rørfrontkant eller sirkelrundformet rørfrontflate, kan det på gunstig måte innstilles spesielt økonomiske rørfrontutforminger for styring av gassblærestørrelsen.

For å oppnå en stor stabilitet ved en liten frontflate av gassinnføringsrøret og også en høy holdbarhet av innretningen i skummeoperasjonen kan det være fordelaktig når det i smelten innragende gassinnføringsrøret, i det minste i området ved gassutløpsenden, oppviser en kulesegment-, kjeglestump- eller pyramidestumpformig ytterkontur. Derved er det fordelaktig at ytterkonturen av gassinnføringsrøret utformes slik at vinkelen som frembringelsesenden av den stumpe overflaten inngår med aksen av gassinnløpskanalen oppviser en verdi på mindre enn 60°, fortrinnsvis mindre enn 45°.

Anleggsteknisk, men også med tanke på ytelsen av anlegget og produktkvaliteten, kan det videre medføre en betydelig fordel når dersom minst to, fortrinnsvis mer enn to, gassinnføringsrør, spesielt med i hvert tilfelle samme gjensidige avstand, hvor avstanden fortrinnsvis har en verdi på mer enn 10 ganger innragningsgraden av utløpsrøret, henholdsvis gassinnføringsrøret, inn i smelten, er anordnet i en utbyttbar dysestamme i smeltekaret av metallskumanlegg. På denne måten kan en stor skummengde av høy kvalitet oppnås i løpet av korte tidsrom, hvilket eventuelt er ønsket ved i en intens ytterligere bearbeidelse av utgangsmaterialet, spesielt av store deler.

Selv om det med en innretning av den ovenfor nevnte typen oppnås fremragende resultater i enkeltforsøkt og i småseriedrift vedrørende en jevnhet av gassblærevolumene, så er det ved forsøk med hensyn til utførbarheten for å tilveiebringe metallskum for storserieproduksjon av komponenter og kompositttdeler for kjøretøy-

industrien, funnet at under en varig drift kan geometrien av innretningen forandres ved smelteangrep, henholdsvis reaksjon av innretningen med en smelte, hvorved en sikring av stabile gassblæreavløsningskriterier i varig drift ikke lenger synes å være gitt.

På dette grunnlaget er oppfinnelsen videre rettet mot en ytterligere utførelsesform, med hvilken også det ved kontinuerlig drift over lange tidsrom kan oppnås stabile gassblære-avløsningskriterier ved oppskumming av en metallsmelte.

Oppgaven å tilveiebringe en utførelsesform av innretningen, hvormed stabile gassblæreavløsningskriterier også kan oppnås ved oppskumming av en metallsmelte ved kontinuerlig drift over lange tidsperioder løses ved at gassinnføringsrøret, i det minste i området ved den innragende enden, består av et keramisk materiale.

De derved oppnådde fordelene er spesielt å se deri at ved utformingen av innretningen ifølge oppfinnelsen forblir geometrien i det vesentlige uforandret også ved langvarig kontakt med en minst flere hundre graders Celsius varm metallsmelte, det kan derfor også ved hyppig anvendelse av innretningen over lange tidsrom ved oppskumming av metallsmelte oppnås stabile gassblæreavløsningskriterier. Den høye formstabiliteten og lange anvendelsesvarigheten for innretningen ifølge oppfinnelsen ved smeltekontakt muliggjør videre tilveiebringelse av metallskum ved jevnt høy kvalitet i kontinuerlig drift uten reparatur, henholdsvis utbytting, av en innretning. Derved utnytter oppfinnelsen den erkjennelsen at delene av innretningen som er fremstilt av, eventuelt hele innretningen, reagerer signifikant langsommere, sammenlignet med hittil anvendte av stål fremstilte innretninger, med metallsmelte, og derved samtidig ved samme geometri muliggjør tildannelsen av et hydrofobt system med hensyn til en gassblæredannelse ved innføring av gass i smelten.

En spesielt høy reaksjonstreghet og dermed utmerkede bruksegenskaper oppnås ved en innretning ifølge oppfinnelsen når det keramiske materialet er et oksidkeramisk materiale, spesielt et aluminiumoksidkeramisk materiale.

Den ytterligere oppgaven ved oppfinnelsen, å tilveiebringe en anvendelse av den innledningsvis angitte typen, med hvilken høyverdig metallskum kan oppnås ved innblåsing av gass i et skumbart metall, løses ved at en uniformiteten av diameteren, henholdsvis størrelsen av de aktuelle enkeltblærene og størrelsen av gassblærene, styres ved en geometrisk dyseutforming og ved en innstilling av innstrømningsparameteren for gassen i metallsmelten.

Fordelene ved det derved oppnådde metallskummet er spesielt å se i at i det vesentlige like store blærer vesentlig forbedrer støttekriteriene for de metalliske begrensningene ved mekanisk belastning med tanke på en lav spesifikk vekt av skumlegemet og en ønsket materialoppførsel.

Når det anvendelsesorientert kreves metallskumlegemer med forskjellige diametre for de i hvert tilfelle like store blærene, kan ifølge oppfinnelsen på enkel måte jevnheten av størrelsen av enkeltblærene oppnås ved hjelp av innragingen av gassinnføringsrøret i smelten og størrelsen av enkelblærene ved størrelsen av gassutløpstverrsnittet, størrelsen av innføringsrør-frontflaten og nivået av gasstrykket. Har nemlig metall-skumlegemer i hvert tilfelle gassblærer med samme volum, men med forskjellig størrelse, så er også deres materialoppførsel ved deformasjon forskjellig, som et resultat av dette kan en gjenstand som er best mulig egnet for formålet fremstilles.

Omfattende forsøk har vist at uniformiteten av gassblærestørrelsen kan styres ytterligere når gassen innføres med et trykk som svinger omkring en middelverdi og/eller ved hjelp av dyser som oscillerende beveges i smelten.

Fremgangsmåteteknisk, men også med tanke på en høy produktkvalitet, kan det videre være fordelaktig når gassen blåses inn med et trykk på 0,3 til 12 bar (0,03-1,2 MPa), fortrinnsvis 0,7 til 5 bar (0,07-0,5MPa), i materialet som skal skummes.

Spesielt lette metallskumlegemer, henholdsvis metallskumlegemer med lav romvekt, kan oppnås når den metalliske smelten fremstilles av lettmetall, fortrinnsvis av aluminium eller en aluminiumslegering. Derved kan også en allsidig ønsket material-oppførsel ved lav masse av delen oppnås.

Skumbarheten av metallet, men også dannelsen av skummatriksen henholdsvis skumveggen, kan forbedres vesentlig når det for innstilling av den skumbare metallsmelten anvendes SiC-partikler og/eller Al_2O_3-partikler, samt ytterligere ikke-metalliske partikler og/eller partikler av intermetalliske faser. Derved er det med tanke på stabiliteten og fastheten, spesielt bøyefastheten av skumveggene, gunstig når partikler for stabilisering av metallskummet anvendes med en størrelse på 1 til 50 µm, fortrinnsvis 3 til 20 µm, og fordeles jevnt i skummatriksen, hvorved det kan oppnås fremragende resultater når det i basismetallet innstilles en skumbar metallsmelte med en volumandel av partikler på 2 til 50 volum-%, spesielt 18 til 28 volum%.

Ved en gjennomføring av en kontinuerlig skumming ved den ovenfor nevnte anvendelsen er det funnet at det spesielt ved lavere partikkelinnhold av smelten i noen grad kan komme til en oppsprekking av partikkel- og metallbeheftede blærer som befinner seg over smelteoverflaten. Derved blærer forene seg i det flytbare metallskummet, slik at et størknet metallskum kan oppvise større porer dannet av to eller flere enkeltblærer, hvilke porer kan være utgangspunkter for en materialsvikt ved mekanisk belastning, spesielt ved en høy punktvis trykkbelastning.

Målet med oppfinnelsen, å videreutvikle denne anvendelsen i en slik grad at en delvis oppsprekking av blærer i størst mulig grad kan forhindres, oppnås ved at gassen blåses inn under smelteoverflaten minst i en avstand S (i millimeter) ifølge

$$S = 11,5 + 144,6 \times P^{-0,55}$$

hvorved P er tallverdien av partikkelinnholdet av smelten i volum-%.

Fordelene som oppnås ved videreutviklingen ifølge oppfinnelsen ligger fremfor alt i at ved tilveiebringelse av en stigehøyde ifølge oppfinnelsen må gassblærene som er brakt inn i metallsmelten som skal oppskummes, ved oppstigning til smelteoverflaten tilbakelegge en minste veilengde i den partikkelholdige smelten, på hvilken veilengde gassblærene i hvert tilfelle kan samle tilstrekkelig partikler til å stabilisere blærene mot en oppsprekking så snart de har trengt seg gjennom smelteoverflaten. Spesielt kan derved også skumbare metallsmelter med lavt partikkelinnhold, eksempelvis på 2 volum-%, nå på enkel måte overføres til stabile metallskum av høy kvalitet, ved at ifølge oppfinnelsen en tilstrekkelig stor stigehøyde tilveiebringes.

Når, som det videre er funnet, en oksygenholdig gass, fortrinnsvis luft, spesielt i det vesentlige rent oksygen, blåses inn, kan de fordelaktige av en minimum stigehøyde for gassblærene justert til partikkelinnholdet overraskende forøkes, fordi det på overflaten av de partikkel- og metallbeheftede gassblærene samtidig dannes et oksidsjikt som virker forsterkende.

For tilveiebringelse av utgangsmaterialet for fremstilling av metallskumgjenstander med ønsket materialoppførsel sikter oppfinnelsen også mot å tilveiebringe et flytbart metallskum med gassblærer, som er begrenset ved vegger av en flytende metallmatriks med faste forsterkningspartikler. Dette målet nås ved at diameteren av de største gassblærene

dividert med den for de minste gassblærene gir en verdi på mindre enn 2,5. Et slikt flytbart metallskum kan ved anvendelse av forskjellige midler med høy nøyaktighet formes til deler og las størkne, hvorved avhengig av enkeltblærestørrelse og forholdsverdi, de bestemte tetthetene for delene og deres kompresjonsoppførsel ved trykkspenningsbelastning kan oppnås. Skumdeler med en tetthet på i hvert tilfelle 0,09 til 0,11 opplever eksempelvis en kompresjonsgrad på opp til 70 % ved bare svakt stigende trykkspenninger på 0,25 til 0,8 Mpa.

Et metallskumlegeme, som tåler så vel ved høy flatevis som også høy punktvis mekanisk belastning, oppnås ved at porene, i et metallskum av den innledningsvis nevnte typen, i det vesentlige er utformet sfærisk og/eller ellipsoidisk, hvorved den i hvert tilfelle største diameteren av porene er fordelt monomodalt og porene er i det vesentlige dannet av individuelt stabiliserte blærer og at vegginneroverflaten i det minste delvis er overtrukket med et oksid.

Med en fordelaktig monomodal størrelsesfordeling av romlig uniformt fordelte porer med hensyn til isotropien av mekaniske egenskaper, har metallskumgjenstanden som oppnås ved oppfinnelsen , i tillegg, en oksidforsterket poreveggstruktur, hvorved det oppnås en forhøyet belastbarhet ved bruk, henholdsvis kan en anvendelsesvarighet av komponenter med en metallskumenhet økes. Grunnet dannelsen av porene på en slik måte at porene tilsvarer i det vesenlige enkle, stabiliserte blærer av et flytbart metallskum, er et metallskumlegeme ifølge oppfinnelsen egnet til bruk i komponenter ikke bare ved høy flatemessig belastning, men også fremragende egnet ved høy punktformig opptredende belastning.

I det følgende beskrives oppfinnelsen nærmere ved hjelp av tegninger som angir en utførelsesform.

Disse viser:

Fig. 1 et gassinnføringsrør

Fig. 2 et gassinnføringsrør med kjeglestumpformet ytterkontur

Fig. 3 en dysestamme med flere gassinnføringsrør.

I Fig. 1 er et gassinnføringsrør 1 angitt, som i en grad E rager inn i en smelte. Gassinnføringsrøret 1 oppviser mellom den indre overflaten 4 og den ytre overflaten 5 en ensartet veggtykkelse med en rørfrontflate 3 som rager inn i smelten S.

Fig. 2 viser et gassinnføringsrør 1 med en innragingsgrad E i en smelte S, hvilket rør 1 i utløpsområdet oppviser en kjeglestump- eller pyramidestumpformig ytterkontur 6, som i forlengelsen har en vinkel til aksen 7 av en gassinnløpskanal. Med slik utførelsestype av et gassinnføringsrør 1 kan det ved høy stabilitet og tykkelse av basisdelen dannes en rørfrontflate 3 med minste flateinnhold inntil en frontkant.

Fra Fig. 3 fremgår en utførelsesform med en dysestamme 8, som fortrinnsvis er anordnet løsbart i en vegg 9 av et smeltekar. I dysestammen 8 er det anordnet tre i en smelte S innragende gassinnføringsrør 1, 1', 1'' med en avstand A_1 og A_2 til hverandre. Slike lett utbyttbare dysestammer 8 anvendes fortrinnsvis når metallskum med i det vesentlige samme enkeltblærevolum, imidlertid med forskjellig blærestørrelse, skal fremstilles, fordi derved dannelseskriteriene : størrelse av gassutløpstverrsnittet og størrelse av gassinnføringsrør-frontflaten kan endres på kort tid.

På bakgrunn av de skjematiske tegningene skal blæredannelsesmekanismene igjen beskrives kort:

Dersom en innføring av gass i en smelte S foregår, så dannes i denne på utløpsåpningen 2 av innføringshullet 1 en konveks innadvendt kontur. Omkring denne innadvendte strukturen som forstørres henger smelten på omgivelsesflaten av gassutløpsåpningen. Fordi grenseflatesystemet smelte/vegg foreligger som hydrofobt system, er vedhengsfastheten av det flytende metallet omkring gassutløpsåpningen lav, hvilket fører til avløsningsprosesser og flateformig utvandring av gassblærebegrensningen på veggen. Derved er avløsningsbetingelsene for gassblæren i stor grad ubestemte, hvilket kan føre til de forskjelligste blærestørrelser. Dersom det ved hjelp av flere nabostilte utløpsåpninger skal dannes blærer, så forener disse seg i de fleste tilfeller, hvorved en ønsket skumming forhindres eller en ujevn blærestruktur av metallskummet dannes.

Oppviser eksempelvis et ifølge oppfinnelsen fremragende gassinnløpsrør 1 en innerdiameter D2 og et gassutløpstverrsnitt 2 samt en ytterdiameter D1, så resulterer derav målet for rørfrontflaten 3.

Ved en gassinnføring i smelten kan gassblærebegrensningen imidlertid bare vandre til ytterkanten av rørfrontflaten 3, hvorved en vesentlig innvirkning på avløsningskriteriene er gitt. Også nabostilte gassinnføringsrør 1, 1', 1'', som rager inn i den skumbare smelten S utgjør, på grunn av de ved ytterkanten av frontflaten 3 tilbakespringende

flatene, definerte avløsningskriterier for gassblærer, slik at en forening og dannelse av store blærer i stor grad er utelukket.

I det følgende beskrives det nærmere en utførelsesform av oppfinnelsen med referanse til figurene, derved viser:

Fig. 4: Avhengigheten av den ifølge oppfinnelsen tilveiebrakte minstestigehøyden av partikkelinnholdet av smelten.
Fig. 5: Porestørrelsesfordelingen av metallskumlegemet ifølge oppfinnelsen.

I omfangsrike forsøksrekker ble det oppsmeltet forskjellige, i hvert tilfelle partikkelholdige aluminiumslegeringer, eksempelvis AlSi7Mg, en også som A 356 kjent aluminiumlegering med, ved siden av aluminium, i det vesentlige 7 vekt-% silisium og 1 vekt-% magnesium, eller eksempelvis AA 6061 (aluminiumlegering med en sammensetning ifølge normeringen Aluminium Association nummer 6061), i en smeltedigel, hvorved en innstilling av partikkelinnholdet i smelten eventuelt foregikk ved tilblanding av en kjemisk sammensetning tilsvarende, partikkelfri legering. Deretter ble det i den partikkelholdige smelten innført gass. Innføringen foregikk i alle forsøk i hvert tilfelle over et enkelt dyselegeme med én utløpsåpning, hvorved det ble anvendt dyselegemer av krom-nikkel-stål og av keramisk materiale.

I en første forsøksrekke ble holdbarheten av forskjellige dyselegemer undersøkt. Ved gjennomføring av i hvert tilfelle fem oppskummingsforsøk over tidsrom på 20 sekunder til 45 minutter, med på den ene siden krom-nikkel-stål-dyser og med aluminiumoksid-dyser på den andre siden, kunne det ved ståldysene, som var i bruk lenger enn ca. 2 minutter, optisk observeres en forandring av formen av gassutløpsåpningen ved smelte-angrep. Følgelig hadde metallskum fremstilt ved starten og slutten av skummeprosessen, og fjernet fra smelteoverflaten, forskjellige porediametre. I motsetning til dette var, ved de av aluminiumoksid bestående dyselegemene, selv ved en kontinuerlig anvendelse i løpet av 45 minutter, ingen slike forandringer av geometrien synlig. Følgelig kunne det over hele forsøkstidsrommet fremstilles metallskum med likeverdige poreegenskaper. Også andre keramiske materialer, som SiO_2 eller SiO_2/Al_2O_3, kan med fordel anvendes overfor stål; den lengste bruksvarigheten oppnås sammenligningsvis imidlertid med dyselegemer av Al_2O_3.

I en andre forsøksrekke ble med dyselegemer av aluminiumoksid, ved fastsatt partikkelinnhold P av smelten, stigehøyde S av den innførte gassen variert og kvaliteten

av metallskummet dannet ved forskjellige gassinnføringsdybder ble undersøkt. Derved viste det seg med referanse til Fig. 4 følgende oppførsel: Ved lavt partikkelinnhold P av smelten, eksempelvis 2 volum-%, kan det ved en lav stigehøyde S dannes metallskum, hvori, sett i tverrsnitt, porer er tilstede som minst er dannet av to blærer. Slike porer er lette å gjenkjenne ved at de er tildannet ellipsoid-langstrakte med et høyt forhold mellom den lengre og kortere aksen. En slik oppførsel finnes ved de undersøkte partikkelinnholdene i stigehøydeområdet A i Fig. 4. Så snart imidlertid stigehøyden S, ved et gitt partikkelinnhold P, ikke lenger ligger i området A av Fig. 4, men derimot forhøyes på en slik måte at de faller i området B, kan det fremstilles et metallskum hvori blærene på grunn av den forhøyede stigeveien kan akkumulere tilstrekkelige partikler på overflaten for å stabiliseres overfor en oppbrekking i flytende metallskum. De eksperimentelt bestemte nødvendige stigehøydene for i det vesentlige fullstendig blærestabilisering er innført i Fig. 4 for forskjellige partikkelinnhold i form av trekanter. Linjen som deler området A og området B utgjør en til de eksperimentelle data tilpasset utjevningskurve med generell formel

$$Y = a + X^b.$$

Ved opprettholdelse av minstestigehøyden ble det ved metallskum, i tverrsnitt, i et omfang på mer enn 95 %, delvis mer enn 99 %, fastslått porer som tilsvarer enkelte gassblærer. Fig. 2 viser porestørrelsesfordelingen av et metallskum som er fremstilt under opprettholdelse av oppskummingsbetingelsene ifølge oppfinnelsen. Som det fremgår av histogrammet i Fig. 2 er, ved en monomodal fordeling av porestørrelsene ved en midlere verdi på 4 mm, andelen av porer med ca. 6 mm andelsmessig bare svakt enn de med 2 mm, det vil si porestørrelsene er på begge sider av middelverdien fordelt i tilnærmet samme grad, henholdsvis med samme hyppighet.

I en tredje forsøksrekke ble virkningene av den innblåste gassen på materialsammensetningen og materialegenskapene studert. Derved har det innenfor rammen av sekundærelektronmikroskopiske (SEM) undersøkelser uventet vist seg at ved anvendelse av oksygenholdige gasser, som prisgunstig luft, på poreoverflatene i delområder dannes et ytterligere sjikt av et oksid. Oksidsjiktet virker forsterkende på metallskummet, som en 5 til 7 %'s økning av den for kompresjon av metallskumlegemer ifølge oppfinnelsen til det halve volumet nødvendige deformasjonsenergien. En ytterligere forøkning av den samme deformasjonsenergien på totalt ca. 10 % ble observert ved anvendelsen av rent oksygen som oppskummingsgass. I slike tilfeller er, slik det kunne vises ved hjelp av SEM-opptak, de indre overflatene av

veggene i det vesentlige fullstendig, det vil si et omfang på minst 90 %, overtrukket med et oksidsjikt.

P a t e n t k r a v

1.

Innretning for innføring av gass i en smelte av skumbart metall ved hjelp av minst ett rør for fremstilling av metallskum, k a r a k t e r i s e r t v e d at gassinnføringsrøret (1) rager fremspringende inn i smelten (S) og på den innragende enden har et gassutløpstverrsnitt (2) med en flate på 0,006 til 0,2 mm^2 samt en rørfrontflate (3) på mindre enn 4,0 mm^2.

2.

Innretning ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at utløpsåpningen (2) av gassinnføringsrøret (1) er utformet innragende i smelten i en grad (E) på minst 5 ganger, fortrinnsvis på minst 10 ganger, verdien av den største innerdimensjonen (D2) av utløpsåpningen (2).

3.

Innretning ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at gassinnføringsrøret (1) har en sirkelrund gassutløpsåpning (2) og en rørfrontkant eller sirkelformig rørfrontflate (3).

4.

Innretning ifølge ett av kravene 1 til 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at det i smelten (S) innragende gassinnføringsrøret (1) i det minste i området av gassutløpsenden (2) oppviser en kulesegment-, kjeglestump- eller pyramidestumpformig ytterkontur (6).

5.

Innretning ifølge ett av kravene 1 til 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at vinkelen (α), som frembringelsesenden (61) av den stumpe overflaten (6) inngår med aksen (7) av gassinnløpskanalen, oppviser en verdi på mindre enn 60°, fortrinnsvis på mindre enn 45°.

6.

Innretning ifølge ett av kravene 1 til 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at minst 2, fortrinnsvis mer enn 2 gassinnføringsrør (1,1',1''), spesielt med i hvert tilfelle lik gjensidig avstand (A1, A2), som fortrinnsvis oppviser en verdi på mer

en 10 ganger innragingsgraden (E) av utløpsåpningen i smelten, er anordnet i en utbyttbar dysestamme (8) i smeltekar (9) av metallskumanlegg.

$$A \geq 10 \times E$$

7.
Innretning ifølge ett eller flere av kravene 1 til 6, k a r a k t e r i s e r t v e d at gassinnføringsrøret i det minste i området av den innragende enden består av keramisk materiale.

8.
Innretning ifølge krav 7, k a r a k t e r i s e r t v e d at det keramiske materialet er et oksidkeramisk materiale, spesielt et aluminiumoksidkeramisk materiale.

9.
Anvendelse av innretning ifølge krav 1 for fremstilling av metallskum ved innblåsing av gass i en skumbar metallsmelte hvorved en jevnhet av diameteren, henholdsvis størrelsen av de aktuelle enkeltblærene og størrelsen av gassblærene, styres ved hjelp av en geometrisk dyseutforming og en innstilling av innstrømningsparameteren av gassen i metallsmelten.

10.
Anvendelse ifølge krav 9, hvor jevnheten av størrelsen av enkeltblærene oppnås ved hjelp av innragingen av gassinnføringsrøret i smelten og størrelsen av enkeltblærene styres ved størrelsen av gassutløpstverrsnittet, størrelsen av innføringsrør-frontflaten og størrelsen av gasstrykket.

11.
Anvendelse ifølge krav 9 eller 10, hvor gassen innføres med et om en middelverdi svingende henholdsvis vekslende trykk og/eller ved oscillerende bevegede dyser i smelten.

12.
Anvendelse ifølge ett av kravene 9 eller 10, hvorved gassen blåses inn med et trykk på 0,3 – 12 bar (0,03 – 1,2MPa), fortrinnsvis med 0,7 til 5 bar (0,07-0,5 MPa).

13.
Anvendelse ifølge ett av kravene 9 til 12, hvorved den metalliske smelten fremstilles av lettmetall, fortrinnsvis av aluminium eller en aluminiumlegering.

14.
Anvendelse ifølge ett av kravene 9 til 13, hvorved det for tilveiebringelse av den skumbare metallsmelten anvendes SiC-partikler og/eller Al_2O_3-partikler samt ytterligere ikke-metalliske partikler og/eller intermetallisk fase.

15.
Anvendelse ifølge ett av kravene 9 til 14, hvorved partikler for stabilisering av metallskummet anvendes med en størrelse på 1 til 50 µm, fortrinnsvis 3 til 20 µm.

16.
Anvendelse ifølge ett av kravene 9 til 15, hvorved den skumbare metallsmelten fremstilles med en volumandel av partikler på 2 til 50 volum-%, fortrinnsvis 18 til 28 volum-%.

17.
Anvendelse ifølge ett av kravene 9 til 16 for fremstilling av metallskum ved innblåsing av gass i en skumbar metallsmelte, hvorved en jevnhet av diameteren, henholdsvis størrelsen av de aktuelle enkeltblærene og størrelsen av gassblærene styres, hvorved gassen blåses inn i minst en avstand S (i millimeter) ifølge

$$S = 11{,}5 + 144{,}6 \times P^{-0{,}55},$$

hvorved P er tallverdien av partikkelinnholdet av smelten i volumprosent, under smelteoverflaten.

18.
Anvendelse ifølge ett av kravene 1 til 17,hvorved det blåses inn en oksygenholdig gass, fortrinnsvis luft, spesielt i det vesentlige rent oksygen.

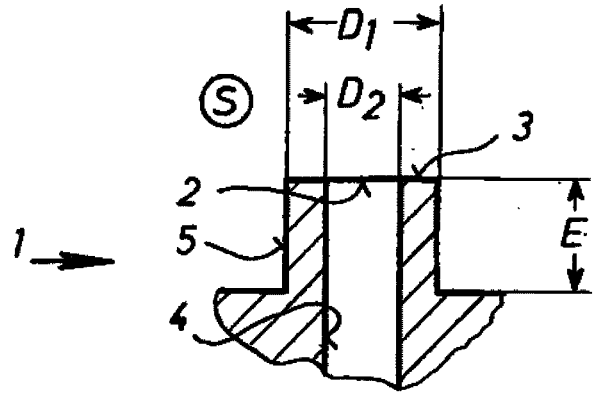


Fig . 1

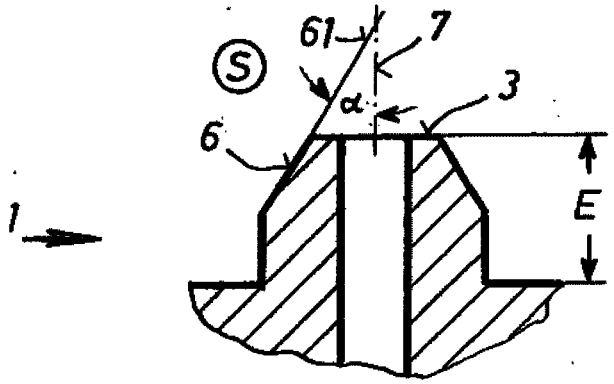


Fig . 2

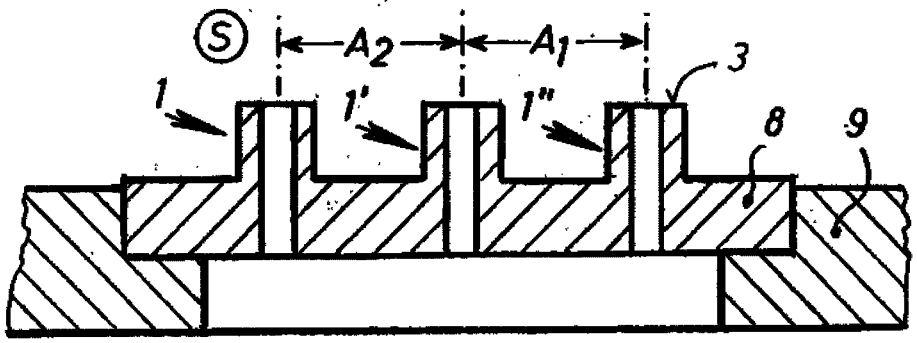


Fig . 3

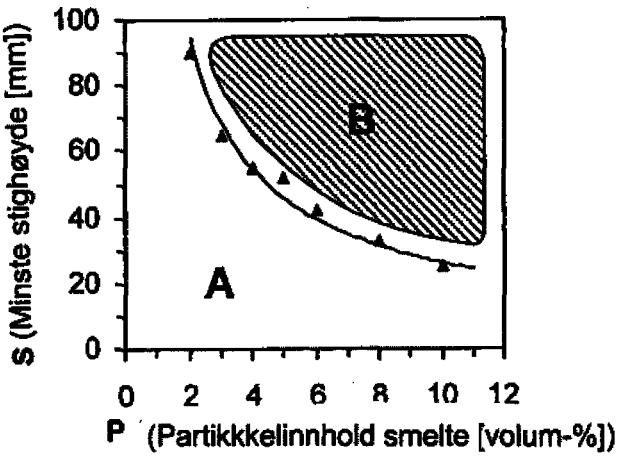

S (Minste stighøyde [mm])
100
80
60
40
20
0
B
A
0 2 4 6 8 10 12
P (Partikkkelinnhold smelte [volum-%])

Fig. 4

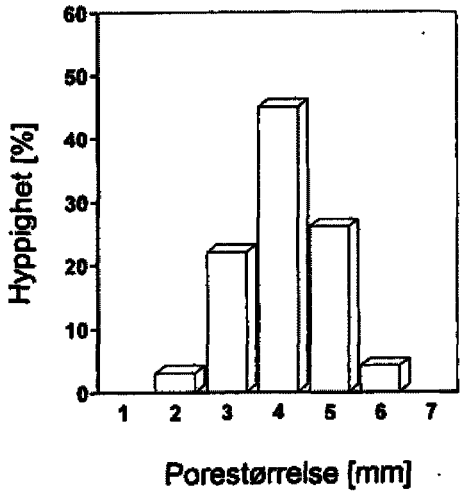

Hyppighet [%]
60
50
40
30
20
10
0
1 2 3 4 5 6 7
Porestørrelse [mm]

Fig. 5