



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **319998**

(13) **B1**

(51) Int Cl⁷

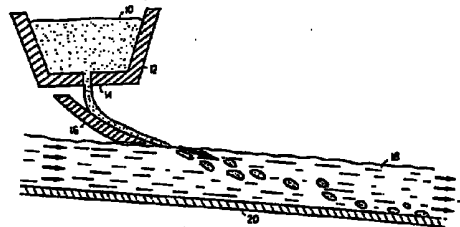
B 22 F 9/08

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	19980993	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1996.09.09 PCT/GB96/02209
(22)	Inng.dag	1998.03.06	(85)	Videreføringsdag	1998.03.06
(24)	Løpedag	1996.09.09	(30)	Prioritet	1995.09.07, ZA, 957505
(41)	Alm.tilgj	1998.04.30			
(45)	Meddelt	2005.10.10			
(73)	Innehaver	Mintek , 200 Hans Strijdom Drive, Randburg 2194, ZA			
(72)	Oppfinner	Ian James Barker, Randburg, Transvaal, ZA Fiona Catherine Levey, Centurion, ZA Michael Bernard Cortie, Sandton, ZA			
(74)	Fullmektig	Zacco Norway AS , Postboks 2003 Vika, 0125 OSLO, NO			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte og apparatur for fremstilling av metallklumper
(56)	Anførte publikasjoner	DE 368570 GB 1 503 562
(57)	Sammendrag	

Metallklumper fremstilles ved å innføre et smeltet metall (10) i en strøm av vann eller annet kjølefluid (18) i en retning som i det vesentlige er den samme retningen som kjølemiddelstrømmen og i en hastighet som i det vesentlige er den samme eller kun lite mindre enn hastigheten for kjølemiddelstrømmen.



Foreliggende oppfinnelse angår fremstilling av metallklumper fra det tilsvarende flytende metall og mer spesielt støping av jern, stål, slagg, ferrolegeringer og andre metaller og deres legeringer til kjeksformede klumper der den lengste dimensjon karakteristisk ligger i størrelsesorden 20 til 100 mm. Disse klumper er signifikant større enn de som fremstilles ved de eksisterende granuleringsmetoder. Som her benyttet inkluderer uttrykkene "metall" eller "materiale", avhengig av den kontekst i hvilke de benyttes, i det vesentlige rene metaller, metalliske legeringer og slagg fremstilt ved hjelp av eller fra metalliske prosesser. Oppfinnelsen angår videre en apparatur for fremstilling av metallklumper.

10

I den metallurgiske industri foreligger det et antall prosesser der et produkt temporært må avkjøles, lagres og eventuelt transporteres for så senere å gjensmeltes. Et slikt produkt defineres her som et "produkt for omsmelting" (PFO).

15 De mest kjente PFO'er er ferrolegeringer som ferrokrom, ferromangan, ferronikkel og ferrosilisium, som benyttes som en kilde for legeringselementer under fremstilling av visse typer stål. Ovnene som fremstiller disse PFO'er er ofte geografisk adskilt fra sete for deres slutt-bruk. Det er også visse andre metaller som aluminium, kobber og sink samt noen av deres legeringer, som på tilsvarende måte fremstilles et annet sted enn der de benyttes. Disse materialer må derfor omdannes fra flytende form til en eller annen type fast form som kan håndteres og transporteres.

25 En annen type PFO dannes og blir senere forbrukt i det samme anlegg. Dette skjer karakteristisk når en nedstrøms produksjonsenhet taes offline for vedlikehold mens oppstrømsenheten fortsetter å produsere. Det varme metall som fortsetter å komme fra oppstrømsenheten kan ikke holdes smeltet under lagring inntil nedstrømsenheten er tilbake online og må derfor omdannes til en fast form som senere kan ovnsmeltes eller innblandes. Denne PFO er da en effektiv buffer mellom to trinn. Et eksempel på et anlegg der dette kan inntre er et integrert jern- og stålverk der en masovn produserer råjern som så mates til et stålanlegg for omdanning til stål som i sin tur fortsetter til en kontinuerlig støper. Hvis i dette tilfellet stålanlegget stanser må råjernet bringes et sted, hvis imidlertid den kontinuerlige støper stanser må stålet behandles på en eller annen måte.

35 Eksisterende metoder for behandling av PFO'er er hovedsaklig de følgende.

Sjiktstøping og lagring.

Her blir det smeltede materialet helt i former på bakken og brekkes etter avkjøling opp i klumper med ønsket størrelse. Et problem her er den uunngåelige produksjon av visse mengder uønskede, finfordelte stoffer.

5

Barre-støping inkludert støping av strenger og "sjokoladeformer".

I denne prosess blir flytende materiale helt i former. Disse kan være enten individuelle former eller kan være satt sammen i en kontinuerlig sløyfe som en støpestreng. Det er en relativt kostbar prosess som har en tendens til å være arbeidskrevende og krever i tillegg omhyggelig operasjon.

10

Granulering.

I det vesentlige omfatter denne oppbryting av en strøm av smeltet materiale enten ved hjelp av en vannstråle eller mot et mål der materialet så faller inn i en vanntank.

15

Partiklene som produseres har en tendens til å være mindre enn det som er ønskelig hos slutt-brukeren og produktet er vanligvis vått når det kommer fra prosessen, men produktet er egnet for lett mekanisk behandling.

20

Det finnes selvfølgelig mange andre metoder for støping av varme materialer, men disse er av heller marginal betydning i forhold til PFO'er. En slik prosess er forstøvning der smeltet materiale omdannes til et fint pulver ved hjelp av en høytrykks-stråle av vann eller gass. Dette pulverformige produkt er for fint for omsmelting og blir karakteristisk benyttet for metallurgiske pulverprosesser, for sveiseelektroder eller som tungt medium for mineralseparering.

25

I en versjon av denne prosess blir en sterk stråle av vann i en hastighet på mellom 5 og 15 m/sek. rettet for å kolliderer med en fallende strøm av materiale. Dette bryter opp materialet i dråper med størrelse mellom 1 og 20 mm som så faller inn i et vannbad og størkner. Ved en annen implementering blir en strøm av smeltet materiale brutt opp ved hjelp av et ildfast mål anbragt i bevegelsesveien og de resulterende dråper som varierer av størrelse opp til 25 mm faller så inn i et vannbad. Den førstnevnte prosess er utstrakt kjent i industrien som Showa Denko-prosessen og den siste som Granshot-prosessen. En annen prosess som generelt benyttes ved granulering av slagg har en nær vertikal strøm av smeltet materiale som kolliderer med sterke, horisontale stråler av vann der blandingen feies langs en så og si horisontal kanal fylt med hurtigstrømmende vann. Til slutt blir blyhagl fremstilt ved å tillate dråper av smeltet materiale å falle ca. 45 m

35

gjennom luft i en innretning kjent som et hagltårn. De resulterende dråper som vanligvis har en størrelse på 1 mm eller 2 i diameter, størkner når de faller gjennom luften.

De teknikker som benyttes i de ovenfor nevnte prosesser har nu gått inn i teknikk som er
5 friggitt, se for eksempel Granshot-prosessen som ble patentert i 1975 i US 3.888.956.
Imidlertid er det noen nye variasjoner som er patentert i den senere tid. For eksempel
beskriver ZA 90/4005A et skjema lik en forlengelse til Granshot-prosessen der det
ildfaste element mot hvilket det smeltede metall strømmer og støter, oscilleres vertikalt.
Et annet patent, ZA 91/2653 samt US 5258053 (1993) beskriver en prosess der smeltet
10 metall strømmer mot et ildfast mål formet som en renne og så inn i en tank av vann.
Utløpet av dette mål er nær overflaten av vannet og vannet i tanken holdes rimelig rolig
med en mild og enhetlig strøm på mindre enn 0,1 m/sek. ført i rette vinkler til den
nedsenkede metallstrøm.

15 US 4.192.673 behandler problemet i forbindelse med partikler, av ferronikkel i dette
spesifikke tilfellet, som danner flate, rynkede former under granulering på grunn av
dannelsen av karbonmonoksyd (CO) gass når ferrolegeringen avkjøles. Oppfinnerne
hevder at dette kan forhindres ved tilsetning av deoksydasjonsmidler som partikkel-
formig aluminium, men også ferrosilisium, ferromangan og lignede.

20 Et eksempel på en nyere utvikling for granulering av slagg er beskrevet i US 4.374.645.
Her blir det smeltede slagg først bragt i kontakt med en høyhastighetsstråle av varmere
vann for oppbrytning hvoretter det faller inn i en langsommere og kjøligere strøm av
vann.

25 Den kjente teknikk er imidlertid beheftet med en del ulemper.

Nedenfor følger noen av hovedulempene.

30 Sjiktstøpings- og formstøpingsprosesser krever arbeidskraft i nærheten av
støpeoperasjonen. Smeltet metall og særlig i de mengder som benyttes ved jern-, stål- og
ferrolegeringsproduksjon, er svært farlig.

35 Eksponering av varmt metall mot luft danner ofte røk. Store mengder av varmt metall
har derfor en tendens til å binde til seg mer forurensning enn det som er ønskelig.

Som nevnt tidligere danner prosessen med oppbryting av en blokk av støpt legering også en viss porsjon finfordelte stoffer som har en mindre kommersiell verdi. Granuleringsprosessene reduserer problemene med finfordelte stoffer, men dimensjonene for de fremstilte granuler ved de eksisterende prosesser forblir imidlertid mindre enn det
5 sluttbrukerne anser som optimalt.

Granuleringsprosessene kan noen ganger produsere "corn flakes" som er lette, fluffede, papirlignende partikler, i stedet for normale granuler. Disse kan til slutt brytes opp i finere partikler som så gir tilsvarende problemer som de finfordelte stoffer fra støping.
10

Eksisterende granuleringsprosesser har en tendens til leilighetsvis eksplosjoner, ofte forbundet med en akkumulering av en stor masse av varmt metall under vann.

Granulert materiale er vanligvis vått når det kommer fra granulatorene. Denne fukt eller væte kan gi problemer når materialet benyttes senere, og slikt materiale må vanligvis tørkes.
15

De fleste brukere synes å foretrekke klumper av ferrolegering i størrelsesområdet 20 til 100 mm. Dette sies å være fordi klumper i dette størrelsesområdet vil falle hurtig gjennom slaggsjiktene som dekker et typisk bad av smeltet metall. Det er også et krav at materialet lett kan mates igjennom de eksisterende materialbehandlingssystemer.
20 Materialet må også være tørt. De eksisterende, granulerte materialer mates lett men partiklene har en tendens til å være for små. Klumper av oppbrutt, støpt ferrolegering synes å være i stand til å tilfredsstille størrelseskrav, men det foreligger også et uunngåelig tap i form av fine partikler. Enkelte brukere synes å ha en preferanse for granulformen i forhold til oppbruttet materiale. Det synes ikke å foreligge noen kjent teknikk, som uten betydelige mangler, kan produsere et granulært materiale med den form og den størrelse som foretrekkes av brukerne.
25

På tross av alle forsøk foreligger det derfor et spesifikt behov for en pålitelig, sikker, hensiktsmessig og rimelig prosess for å omdanne smeltet metall ved direkte-støking uten forutgående knusing, til faste stykker som klumper med en størrelse og en form som er akseptabel for slutt-brukerne. Disse klumper bør fortrinnsvis være i det vesentlige globulære eller kjeksformede og der den største dimensjon karakteristisk ligger mellom 20 og 100 mm. Ved siden av de nevnte krav bør disse klumper ideelt sett være i stand til å kunne motstå belastningene ved lagring, transport og behandling uten nedbrytning til finfordelte stoffer. Teknikkene for å produsere disse klumper bør ikke
30
35

være mer risikofylt eller kreve mer arbeidsinnsats og vedlikehold enn det som er tilfelle for dagens metoder. Det er åpenbart et krav til en slik prosess at den ikke må innføre ytterligere eller for store mengder av uønskede urenheter i ferrolegeringen. Prosessen bør også være enkel å konstruere og å drive, særlig i forhold til de eksisterende metoder.

5

Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer følgende en fremgangsmåte for fremstilling av metallklumper der en strøm av smeltet metall innføres med en første hastighet medstrøms i en stabil strøm av kjølefluid med en andre hastighet, kjennetegnet ved at

- 10 a) retningen for strømmen av smeltet metall er skrådd i forhold til vertikallinjen;
- b) forskjellen mellom den første hastighet og den andre hastighet er mindre enn 5 meter per sekund; og
- c) det smeltede metall er i det minste i det vesentlige nedsenket i kjølefluidet.

15

Fluidet kan være:

vann;

en organisk eller uorganisk væske;

en oppslemming (for eksempel en suspensjon av et tett medium, grafitt eller andre fine stoffer);

en emulsjon eller en oppløsning, inneholdende salter (for eksempel saltoppløsning), overflateaktive midler eller væsker (organiske eller uorganiske);

et virvelsjikt av fine, faste partikler.

25 De viktige egenskapene for avkjølingsfluidet omfatter densiteten, kokepunktet, varmekapasiteten, varmeoverføringsevnen, viskositeten samt den kjemiske reaktivitet med overflaten av de varme klumpene. Selv om vann generelt er foretrukket, hovedsaklig på grunn av tilgjengeligheten, renheten og varmekapasiteten, kan andre væsker eller blandinger av stoffer også gi fordeler. Tilsetning av et oppløselig salt til vann vil for

30 eksempel øke kokepunktet og akselerere dets evne til å overføre varme ut av det varme metall eller slagg. Densiteten og viskositeten for vann kan også endres ved å fremstille en vannbasert oppslemming, for eksempel av ferrosilisium-, magnetitt- eller grafittpulvere i vann. Densiteter helt opp til $3,5 \text{ g/cm}^3$ kan oppnås ved tilsetning av ferrosilisiumpulver. Tilsetningen av grafitt vil forbedre smøringen mellom faste klumper og

35 bunnen av rennene og vil også endre oksygenpotensialet for kjølemidlet. En tilsvarende forandring når det gjelder oksygenpotensialet for kjølemidlet kan oppnås ved tilsetning av høyere alkoholer, som isopropylalkohol. Systemet kan gjøres moderat oksyderende

hvis ønskelig ved tilsetning av et nitratsalt. Omvendt kan reduserende betingelser sikres ved tilsetning av et nitrittsalt. Når det gjelder spesielle metaller med høy verdi kan det være en fordel å benytte en organisk væske som olje eller en silikonbasert væske, som kjølemiddel. Tilsetning av surfaktanter, oksyderende eller reduserende midler eller
5 andre sporkjemikalier som kan modifisere de kjemiske overflatereaksjonene mellom de varme klumpene og kjølemidlet, er også fordelaktig. Et virvelsjikt gir mulighetene for ekstremt høye densiteter.

Fluidet behøver ikke bæres og kan tillates å falle fritt. I dette tilfellet involverer
10 prosessen en forsiktig medstrømsinnføring av metallet inn i fluidstrømmen og er forskjellig fra Showa Denko granuleringsprosessen der en i det vesentlige verikal strøm av metall "knuses" av en hurtigstrømmende, horisontal væskestrøm.

Alternativt kan fluidstrømmen føres langs en på forhånd bestemt vei ved hjelp av en
15 egnet struktur som en renne. Der man benytter en struktur for å føre strømmen av fluidstrøm kan skråstilling, lengde og form arrangeres eller varieres i henhold til forskjellige krav slik at det smeltede metall glir ned langs strukturen i nedsenket tilstand i fluidstrømmen mens man samtidig sikrer en tilfredsstillende kjøling og kontroll av formen av klumpene.

20 Formen for produktet kan til en viss grad kontrolleres ved formen av kanalene i rennen. Bunnen i rennen kan ha et stort antall parallelle kanaler, noe som effektivt skaper parallelle veier hvor igjennom et antall strømmer av varmt metall beveger seg samtidig.

25 En on-line-bedømmelse av formen av klumpene kan benyttes for å kontrollere posisjonen fra en trakt hvorfra det smeltede metall mates, i et feedback-system.

Rennen kan ha en kompleks form. Som et eksempel kan dette inkludere et første område med en relativt steil skråstilling og et andre område med relativt slakk skråstilling som
30 kan være i det vesentlige lineær. Krummingen i dette første området kan være slik at veiene for kjølevæsken og metallstrømmene er tilpasset slik at den effektive, vertikale akselerasjon for metallstrømmen reduseres til under det som vanligvis skyldes tyngdekraften. Under disse betingelser kan fluid- og metallstrømmen bringes til å akselerere nedover ved nær eller sågar ut over frittfallbetingelser. Rennen kan alternativt
35 ha en rett bevegelsesvei, skrådd i en hvilken som helst helling etter behov. En annen mulighet er å ha bølgebevegelser langs renneområdet. Som en ytterligere mulighet kan rennen, sett i plan, være rett eller følge en krummet vei, for eksempel en spiralrenne.

Den optimale profil kan avhenge av arten av materialet som behandles og forskjellig profil kan være nødvendig for hver type materiale.

Aspektforholdet, form og størrelse for de resulterende klumper, kan påvirkes av en eller flere av de følgende faktorer: skråstillingen for den bærende konstruksjon for fluidstrømmen; tverrsnittprofilen for den bærende konstruksjon for fluidstrømmen; den grad i hvilken temperaturen i metallstrømmen overskrider likvidus-temperaturen, også kjent som "overheting"; sammenstøtsvinkelen mellom metallstrøm mot kjølefluidet eller mot bunnen av den bærende konstruksjon som benyttes for føring av fluidstrømmen; temperaturen og sammensetningen i den avkjølede fluidstrøm; og strømningshastigheten for kjølefluidet eller for metallstrømmen, eller for begge to, og det inherente, turbulente strømningsmønster i kjølefluidet og metallet.

Et viktig aspekt ved oppfinnelsen er at klumpene, etter at de er dannet i kjølevæsken, bør tillates å styrkne tilstrekkelig med en hud som er tykk nok før noe støt gjennomføres for derved å unngå en forvrengning av formen. Tiden som er nødvendig for en tilstrekkelig styrkning er en funksjon av et antall parametre. Disse omfatter varmeoverføringshastigheten fra klumpene, den mengde energi som må fjernes, kontakttiden med kjølefluidet, typen kjølefluid, form og størrelse for klumpene samt de mekaniske og termiske egenskapene for klumpene ved forhøyede temperaturer og overflatespenningen for de flytende klumper. Det er viktig at metallstrømmen er nedsenket i fluidstrømmen i et tidsrom langt nok til å sikre at tilstrekkelig varme trekkes bort fra metallet slik at metallet er stivt når det separeres fra fluidstrømmen.

Separeringen av metallet fra fluidstrømmen kan gjennomføres ved å helle metallklumpene fra kjølefluidet inn i en oppholds- eller samletank eller mot en fluid/metallseparator av en hvilken som helst type, som en kjedetransportør eller en vibrerende plate. Apparaturen bør være slik at en opphopning av stive, men fremdeles varme, klumper ikke kan inntre. Dette er nødvendig for å forhindre damp- eller hydrogeneksplosjoner.

Klumpene av metall kan fjernes enten ved hjelp av en apparatur tilsvarende en kontinuerlig grustransportør eller ved en vibrasjonstransportør eller en hvilken som helst annen apparatur. Hvis et oppløselig materiale utgjør en del av fluidet kan en spray- og vaskestasjon benyttes på dette trinnet.

Materialet kan avkjøles ytterligere etter separering og transporteres til et hensiktsmessig lagringssted eller en standard-anordning for å sikte og sortere klumpene. Det kan også tilveiebringes midler for avkjøling av klumpene uten å bevege dem. For eksempel kan klumpene samles eller på annen måte posisjoneres på en varmemotstandsdyktig transportør, som en grustransportør, og så tørkes ved hjelp av luft som rettes mot klumpene.

Oppfinnelsen tilveiebringer videre en apparatur for fremstilling av metallklumper, kjennetegnet ved at den omfatter en skrådd renne, midler for tilmatning av et kjølefluid ved en første hastighet og i en første retning som er skrådd mot vertikallinjen, inn i rennen ved en øvre ende av denne, midler for innføring av en smeltet metallstrøm i kjølemidlet i rennen i en retning som er i det vesentlige den samme som kjølemiddelstrømmens retning, ved en andre hastighet, idet forskjellen mellom den første hastighet og den andre hastighet er mindre enn 5 meter per sekund, samt midler ved den nedre ende av rennen for å separere metallklumper fra kjølemidlet.

Forholdet mellom strømningsraten for det smeltede metall og strømningsraten for kjølemidlet kan ligge mellom 1:5 og 1:15 og ligger typisk i størrelsesorden 1:10 på vektbasis.

Strømningsraten for metallet kan også kontrolleres på en hvilken som helst egnet måte og for eksempel kan det skje ved å variere metallhodet i en trakt som er posisjonert for utslipp i fluidstrømmen. Tverrsnittet for en utløpsåpning i trakten kan varieres for å endre hastigheten og strømningsraten for metallstrømmen, for eksempel ved å endre diameteren dynamisk under hellingen eller før hellingen eller ved bruk av en konisk plugg. Posisjonen for trakten kan justeres slik at den kan beveges i det horisontale eller vertikale plan for at metallstrømmen skal falle inn i kjølemidlet i optimal vinkel og ved optimal posisjon. Skråstillingsmekanismer for helling av metallet fra smeltedigelen til trakten og for å kontrollere strømningsraten av metall kan også være innarbeidet i apparaturen. Nødoverløp for overskytende metall kan også utgjøre en del av kontrollen av metallstrømningsraten.

Apparaturen kan inkludere en eller flere uthellingstuter av egnet geometri for å føre metallet fra trakten til kjølemediet ved egnet hastighet og vinkel.

Kjølemediet vil uunngåelig være turbulent på grunn av det høye Reynolds-tallet, men bør være jevnt og stabilt. For høy turbulens må unngås da dette kan påvirke klumpenes

form og størrelse. For å oppnå dette kan apparaturen også inkludere en oppholdsbrønn hvortil kjølemidlet mates samt et overløp som kjølemidlet renner over for å passere fra brønnen til trakten. Et første område av trakten før metallet tilføres kan benyttes for å tillate overskytende turbulens og utjevnes. En topptank kan også tilveiebringes i tilfelle
5 det skulle foregå en energisvikt slik at kjølemidlet vil fortsette å renne et gitt tidsrom. På grunn av at varme tas opp i fluidet kan det være nødvendig med utstyr for å avkjøle fluidet.

Oppfinnelsen skal beskrives nærmere under henvisning til de ledsagende figurer der:

10

Figur 1 viser visse mulige forskjellige tverrsnittprofiler for en renne for bruk i apparaturen ifølge oppfinnelsen,

15

Figur 2 viser en beregnet temperaturprofil i en sfærisk klump av smeltet ferrokrom som er bråkjølt i vann ved 15°C;

Figur 3 er et skjematisk riss av apparaturen ifølge oppfinnelsen som viser prinsippene ved medstrømsinjeksjon og minimal hastighetsforskjell;

20

Figur 4 er et sirkeldiagram som viser de relative andeler av klumpstørrelser som fremstilles ved bruk av oppfinnelsen;

Figur 5 inneholder fotografier av klumper fremstilt i laboratorieskala-apparaturer ved bruk av oppfinnelsens prinsipper; og

25

Figur 6 viser et eksempel på en apparatur ifølge oppfinnelsen for fremstilling av klumper i kommersiell skala.

30

Foreliggende oppfinnelse ble foreslått ved resultatene fra en teoretisk analyse av de prosesser som virker på en klump av smeltet metall eller slagg som kommer i kontakt med en kjølevæske som vann. Betrachtingene som ble benyttet for å komme frem til oppfinnelsen skal derfor kort beskrives.

35

Størrelsen på klumpene som stammer fra granuleringsprosessen avhenger av den måte som smeltet metall behandles på når den avkjøles for størkning. Det er et antall krefter som virker inn på formen av en klump under en slik prosess og eventuelle størrelser og

former bestemmes av hvordan og i hvilken grad disse krefter bringes til å virke inn på klumpene. Relevante krefter er:

Overflatespenning. Overflatespenningskreftene søker å trekke klumpen til en kule, men er relativt svake. Det er den samme hovedkraft som gjelder når det er om å gjøre å holde en stor klump sammen mens den fremdeles er flytende.

Hydrodynamisk strekk-krefter. Enhver gjenstand som beveger seg gjennom et fluid vil utsettes for strekk-krefter. Når det gjelder en klump av flytende metall som strømmer gjennom et kjølemiddel vil strekk-kreftene ha en tendens til å trekke overflaten bort og derved bryte opp klumpen.

Bevegelseskrefter. Strømmer av enten flytende metall eller kjølemiddel vil søke å opprettholde bevegelse på grunn av sitt moment. En strøm av væske som støter mot en overflate vil flates ut og sprees ut og kan så bryte opp til småklumper eller dråper. Selv nærværet av sterke strømmer inne i en klump av væske er i stand til å bryte opp klumpen.

Gravitets- og innholdskrefter. Graviteten eller tyngdekraften er relativt sterk sammenlignet med de andre krefter som virker på en klump og kan i særdeleshet og ved relativt kort avstand akselerere klumpen til hastigheter ved hvilke andre krefter som involveres gjør at klumpen brytes opp. Tyngdekraften gjør også at en væske som holdes i en beholder inntar beholderens form. Hvis imidlertid væsken ikke fukter materialet på bunnen av beholderen vil den ha en tendens til å trekkes sammen til en kule på grunn av overflatespenningskreftene mens den samtidig flates ut på grunn av tyngdekraften.

Friksjonskrefter. En klump av metall som glir ned en kanal vil underkastes et friksjonsstrekk på grunn av gnidningen mot bunnen av kanalen. Hvis klumpen kun er delvis størknet kan friksjonskreftene være tilstrekkelige til å forstyrre formen av klumpen eller sågar å rive den opp.

Foreliggende oppfinnelse er basert på bruken av apparaturer som er konstruert for å frembringe disse krefter i en kombinasjon som bevirker dannelse av store klumper av metall eller slagg istedet for de relativt mindre klumper som dannes i andre granulatorer. De store klumpene av metall må dannes under betingelser som er relativt sikrere enn for eksempel bare å helle en strøm av varmt metall i vann. For å oppnå dette, har det vært fastslått at en strøm av varmt metall ikke må underkastes noen strekk-krefter eller

bevegelseskrefter som overskrider overflatespenningskreftene. For det andre må strømmen spaltes opp i klumper av ønsket størrelse og form. Til slutt må klumpene ikke deretter underkastes for store krefter av noen type inntil de er tilstrekkelig størknet.

- 5 Modellering og simulering av dannelsen av individuelle klumper ved finite-element-metoder er så og si umulig på grunn av at prosessen i det vesentlige er tilfeldig. Imidlertid kan kvantitative studier av de prinsipielle mekanismer gi et visst innsyn og en viss forståelse og det er også vist tilnæringsmetoder som kan benyttes, som for eksempel dimensjonsanalyse og fri energi. De følgende analyser gjør bruk av disse
- 10 konsepter. Det vil vises at oppbrytningen av en metallstrøm i den ønskede sekvens av klumper kan oppnås ved å rette seg særlig mot det gjensidige spill mellom overflate-spending og strekk, mengden av materiale som chargerer til kanalen på et hvilket som helst tidspunkt og den kinetiske energi som metall- eller slaggstrømmen gies. De observasjoner som er beskrevet nedenfor ble verifisert ved hjelp av vann-modelering.

15

Forhold strekk-:overflatespenningskrefter.

Man betrakter en sfærisk klump som beveger seg gjennom et fluid. Strekk-kraften gies ved:

20

$$F_{\text{strekk}} = C_D \cdot (\pi r^2) \cdot (\rho v^2 / 2) \quad (1)$$

mens overflatespenningskraften som holder to halvdelar av klumpen sammen er gitt ved:

25

$$F_{\text{surften}} = \sigma \cdot 2\pi r \quad (2)$$

der

- C_D er strekk-koeffisienten (dimensjonsløs)
- 30 r er lik klumpens radius (meter)
- ρ er densiteten for fluidet som omgir klumpen (kg/m^3)
- v er hastigheten for klumpen i forhold til fluidet (m/sek) og
- σ er overflatespenningen for klumpens grenseflate med fluidet (Newton/m)

35 Forholdet mellom disse to krefter er derfor:

$$\begin{aligned} \text{Forhold} &= F_{\text{drag}} / F_{\text{surfeten}} \\ &= \frac{C_D}{4} \cdot \frac{\rho v^2 r}{\sigma} \end{aligned} \quad (3)$$

5

den første parentes i ligning 3 er i det vesentlige konstant for en gitt geometri. Den viktigere, når det gjelder det praktiske problem man snakker om, er derfor den andre parentes som her kan defineres som klumpantallet, N_{blob} :

10

$$N_{\text{blob}} = \frac{\rho v^2 r}{\sigma} \quad (4)$$

15

Dette dimensjonsløse tall kalles også Weber-tallet men det er andre definisjoner av weber-tallet, det spesifikke navnet "blob-tall" har vært benyttet for å unngå forvirring.

En blob eller en klump vil rives bort når N_{blob} overskrider en viss kritisk verdi. Omvendt vil en klump forbli intakt hvis tallet forblir under den kritiske verdi. I ligning 4 avhenger parametrene σ og ρ kun av substansen i klumpene, så for en gitt størrelse for klumpene, det vil si en gitt r , kan kun v varieres for å holde blob-tallet under den kritiske verdi. Hvis videre hastigheten v går opp vil størrelsen r gå ned. I praksis betyr dette at hastigheten for klumpene må holdes relativt lik hastigheten for fluidet hvis det ønskes store klumper.

25

Skille fra den kjente teknikk er å oppnå dette ved å bringe sammen strømmene av varmt metall og vann i medstrøm og ved like hastigheter.

Et bånd av flytende metall i en kanal karakteriseres ved en fri energi som er en kombinasjon av overflateenergien og den potensielle energi. I noen tilfeller kan imidlertid et slikt bånd nå en lavere fri energi ved spontan oppbryting i klumper. Det kan vises teoretisk at det er en minimum fri energi for en slik strøm ved en gitt masse pr. lengdeenhet (kg/m) som her kalles den kritiske oppfylling. Ved denne kritiske oppfylling vil et bånd av flytende metall forbli som et kontinuerlig bånd og vil ikke brette opp i klumper fordi den frie energien befinner seg ved sitt minimum og kan ikke gå lavere. Hvis båndet starter med mindre masse pr. lengdeenhet enn den kritiske oppfylling vil den

35

ekstra frie energi spontant drive systemet til å bryte opp båndet til segmenter slik at massen pr. lengdeenhet i hvert segment blir omtrent lik den kritiske oppfylling. Hvis det derimot er mer masse pr. lengdeenhet enn den kritiske oppfylling vil den overskytende masse søke å utvide endene av båndene og gå tilbake til den kritiske oppfylling.

5

I praksis betyr dette at apparaturen må kjøres med en strøm av smeltet metall som gir en oppfylling akkurat under den kritiske verdi slik at båndet vil brette opp. For jern, stål, jernlegeringer og andre materialer som har tilsvarende overflatespenninger kan det beregnes at for en typisk kanalkonstruksjon er denne kritiske oppfylling av størrelsesorden 1,5 kg/m selv om denne verdi avhenger av parametre som kan variere, for eksempel overflatespenning, densitet og kanalens krumming. Hvis for eksempel hastigheten for metallet er i størrelsesorden 2,0 m/sek. er det absolutte maksimumsgjennomløp rundt $1,5 \text{ kg/m} \times 2,0 \text{ m/sek.} = 3,0 \text{ kg/sek.}$

10

15

Fordi overflatespenningskraften er relativt svak er overflate-energien relativt liten sammenlignet med de typiske kinetiske energier og de potensielle energier. Hvis derfor en relativt stor klump av flytende metall slippes mer enn akkurat en liten strekning mot en overflate vil den ha en tendens til å sprute og brytes opp i mindre dråper.

20

Visse typiske komparative verdier er som følger. Man betrakter en klump med en masse på 0,1 og med et overflateareal på $0,003 \text{ m}^2$. Hvis overflatespenningen er 1,0 Newton/m er overflate-energien pr. masse-enhet 0,03 Joule/kg (beregnet fra $0,003 \text{ m}^2 \times 1,0 \text{ Newton/m} - 0,1 \text{ kg}$). For at klumpens kinetiske energi skal tilfredsstille dette trenges det en hastighet på kun ca. 0,25 m/sek. (beregnet fra $\sqrt{2 \times 0,03 \text{ joule/kg}}$). Alternativt

25

krever en omgjøring av dette til potensiell energi en elevasjon på kun 0,3 mm (beregnet fra $0,03 \text{ joule/kg} - 9,8 \text{ m/sek./sek.}$). Ikke all klumpens potensielle eller kinetiske energi vil gå inn i og overvinne overflate-energien, men det vil være klart fra disse verdier

30

hvorfor det er nødvendig å innføre det varme, flytende metall i strømmen av vann meget forsiktig og at man særlig må være forsiktig med å passe på at strømmene er medstrøms og av omtrent samme hastighet og å ikke slippe strømmen av varmt metall for langt før den treffer vannet.

35

Avsnittet ovenfor har forklart hvorfor det er så viktig at en kule ikke underkastes slag eller andre ytre krefter før den har størknet. I dette avsnitt skal vi se på det tidsrom som klumpen må forbli i kjølestrømmen før den er størknet. Denne parameter kontrollerer lengden av rennen. Fordi slik informasjon er vanskelig å måle nøyaktig ble disse temperaturfordelinger beregnet.

De publiserte, eksplisitte løsninger på transientvarmestrøm gjennom sfærer og klumper ble undersøkt sammen med de tilgjengelige, termofysikalske data og benyttet sammen som input i et kundekonstruert computerprogram. En bedømmelse av det

5 dimensjonsløse tall kjent som Biot-tallet, N_{Bi} , viste at temperaturgradientene inne i et volum av flytende ferrolegering er mindre steil enn den mellom klump og omgivelse og indikerte derfor at en eksplisitt serieløsning var nødvendig for å beregne temperaturene. Den mest relevante del av varmeoverføringsberegningen når det gjelder granulering gjelder de første få sekunder og derfor var opp til 80 termer nødvendig i

10 serieberegningene for å gi rimelig nøyaktighet.

De forskjellige fysikalske parametre som var nødvendige for å foreta disse beregninger er oppsummert i tabell 1. Verdiene ble oppnådd fra litteraturen der slike var tilgjengelige og kryss-sjekket ved hjelp av grove kalorimetriske og

15 varmeoverføringsforsøk.

Tabell 1: Data benyttet for å modellere temperaturfordelingen i sfærer og stykker av ferrokrom.

Egenskap	Verdier
Temperatur i smelten, °C	1600
Likvidus-temperatur, °C	1560
Temperatur ved størkning, °C	1500
Temperatur for fluid, °C	15
Emissivitet	0,2 til 0,4
Termisk konduktivitet, W/m/k	20 (porøs) til 50 (fast)
Effektiv varmekapasitet*, J/kg/K	838
Densitet ved 1500°C, kg/m ³	6600
hc i luft, W/m ² /K	5 (rolig luft) til 80 (beveget luft)
hc i vann (filmkoking), W/m ² /K	300 til 600
Radiant h, W/m ² /K	90 til 200
Kombinert h, W/m ² /K	650 til 850

20 * Inkluderer latent størkningsvarme.

Varmeoverføringen fra en klump av smeltet ferrolegering vil til å begynne med være en kombinasjon av konveksjon og stråling. De eksplisitte analytiske uttrykkene henviste

imidlertid til kun å betrakte konvektiv varmeoverføring over et grensesjikt. Fordi strålingsvarmeoverføring ikke desto mindre også er viktig når det gjelder meget varme metaller eller slagge ble denne tatt hensyn til i form av en ekvivalent varmeoverføringskoeffisient, h_r , der

5

$$h_r = \sigma \cdot \epsilon \cdot (T_s + T_a) \cdot (T_s^2 + T_a^2)$$

der σ er Stefan-Blotzmann-konstanten og ϵ er emissiviteten for metallet.

10 Den totale mengde varme som overføres til omgivelsene er derfor ca.

$$q = A \cdot (h_r + h_c) \cdot (T_s - T_a).$$

15 Varmeoverføringsberegningene ble kombinert med kunnskapen om temperaturene ved hvilke metallet blir tilstrekkelig fast til å motstå sammenstøtsdeformering (bestemt som beskrevet i avsnittet nedenfor) for derved å oppnå et estimat av den minimumstid som er nødvendig for å stabilisere den ønskede form og derved den krevede lengde av rennen.

20 Det kan antas at metallene ikke vil være i stand til å motstå skjærbelastninger når de befinner seg over likvidus-temperaturen og at de vil være faste under solidus-temperaturen. Det er derfor klart at den kritiske temperatur ved hvilken en størknende klump av metall blir stiv vil ligge et sted mellom likvidus- og solidus-temperaturene.

25 Fordi de nøyaktige verdier for likvidus- og solidus-temperaturene har en innflytelse på klumpstøpingsprosessen ble de relevante temperaturer for materialene som ble benyttet i forsøkene bestemt fra fase-diagram og bekreftet i enkelte tilfeller ved termisk differensialanalyse (DTA).

30 Den temperatur ved hvilken stivheten er opprettet avhenger av hvordan en legering størker og det skal henvises til figur 2. Når det gjelder krom blir en vesentlig andel Cr_7C_3 -nåler dannet heller hurtig og i betydelige mengder, i temperaturområdet fra likvidus til ca. 50°C under likvidus. Man observerte i senere metallografiske undersøkelser at disse nåler låste seg i hverandre. Selv om den siste del av væsken ikke størknet før rundt 1200°C ble det funnet at en bulk andel av krom-charge allerede var
35 stiv ved ca. 1500°C . Tilsvarende oppførsel, men over andre temperaturområder, ventes for andre metaller.

Den tid som går med for at en klump av størknet metall skal bli stiv avhenger av et antall faktorer inkludert hastigheten for varmeoverføring, størrelse og form for klumpen og temperatur og sammensetning av det medium i hvilken den størkner. Et antall forskjellige kjølefluider kan benyttes slik det er nevnt ovenfor. For å vise dette er det i beregningene nedenfor antatt at det oppnås stivhet i en sfære av høykarbon-ferrokrom når en hud av materiale ved 1500°C eller mindre har strukket seg ca. 20 % av avstanden mot sentrum av sfæren. Tilsvarende beregninger er mulig for andre metaller.

Beregninger for en klump med diameter 10 mm viser at det vil ta upraktisk lang tid å størkne i luft. Når imidlertid vann er bråkjølingsmedium, blir klumpen effektivt stiv på mindre enn 1 sekund. I det foreliggende arbeide er det ønskelig å produsere klumper med en karakteristisk dimensjon på rundt 20 til 100 mm. Dette fører til kravet at varme må trekkes ut ved hjelp av et medium som vann i 2 ½ til 3 ½ sekund før klumpen vil være stiv.

Det ble prøvet forskjellige konfigurasjoner for apparaturen. En renne med lengde 2 m ble funnet å være for kort og resulterte i at det ble støtt ut klumper som fremdeles var flytende. En 10 m renne ga fast materiale. For kanalen ble det prøvet 3 krumningsradier, nemlig 50 mm, 75 mm og 100 mm. Alle tre virket men de minste krumningsradier hadde en tendens til å produsere klumper som var heller små. De største krumningsradier var på den annen side for flate da strømmen av metall hadde en tendens til å bevege seg i meander-bevegelser fra side til side og kolliderer med sideveggene av kanalen.

Fluidstrøm i en kanal er utførlig analysert i litteraturen. Hastigheten for vann som strømmer ned rennen avhenger av strømningshastighet, helling og hydraulisk radius. I apparaturen ifølge oppfinnelsen som vist i figurene 3 og 6 var vannhastighetene rundt 2 til 3 m/sek. med en helling fra rundt 1:7 til 1:13 og en strømningshastighet på rundt 10 til 25 l/sek./kanal. Steile hellinger ga høy turbulens, noe som ugunstig påvirket klumpenes form. Slakkere hellinger og lavere strømningshastigheter forårsaket leilighetsvis at en klump klebet seg fast i kanalen. I alle tilfeller ble en avsetnings-avstand på rundt 2 m tilveiebragt for å tillate at den til å begynne med grove væskestrøm roet seg før metallet ble tilsatt.

Figur 3 viser en forstørret detalj av en del av apparaturen som vist i figur 6. Smeltet metall inneholdt i en beholder 12 slippes ut gjennom et eller flere hull 14 mot en kort,

ildfast utført kanal eller tut 16. Metallutslippshastigheten reguleres ved hjelp av størrelsen i hullet i beholderen.

5 Tuten 16 fører strømmen av smeltet metall fra beholderen 12 forsiktig inn i vannstrømmen 18 i en renne 20.

Strømningshastighetene for metall er karakteristisk 1,5 til 2,5 kg/sek./trakt-kanal. Høye strømningshastigheter har en tendens til å fremme strenger av "pølser" heller enn diskrete klumper selv om den eksakte grense avhenger av type metall. Det er eksperimentelt påvist at en fylling med 1,8 kilogram bløtt stål/m kanallengde gir en kontinuerlig "pølse". Det er ingen spesiell mangel med en lavere metallstrømningshastighet bortsett fra sannsynligheten for at metall fryser opp ved meget lave strømningshastigheter og det faktum at en lavere strømningshastighet gir en lavere gjennomløpsmengde, noe som i sin tur påvirker prosessens økonomiske levedyktighet.

15 Figur 6 viser et perspektivriss av en apparatur 22 ifølge oppfinnelsen. Like referansetall som benyttet i figur 3 benyttes for å indikere like komponenter.

20 Rennet 20 kan være en enkelt- eller flerløpskanal og er båret på en egnet konstruksjon 24 for å gi den krevde renne skråstilling. Rennet munner ut i en oppfangingsstank 26 og vann sirkuleres fra denne tank ved hjelp av en pumpe 28 gjennom en rørledning 30 til en toppstank 32. Topp-tanken mater en forrådsbrønn 34 ved den øvre ende av rennet og løper fra denne brønn over en terskel direkte inn i en øvre del 36 av rennet, noe som tillater væskestrømmen å stabilisere seg.

25 Utløpsbeholderen chargerer med smeltet metall fra en smelteøse 38 som bæres ved hjelp av en egnet, ikke vist kran. Standby-beholdere er for sikkerhets skyld anordnede mottaksbeholdere som kan ta opp ethvert overløp av smeltet metall som kan opptre. Smeltet metall fra utløpsbeholderen strømmer inn i en krysskanal 44 som så munner ut i 30 tuten 16 hvis det er en enkelt kanal i rennet eller et antall tuter hvis det er et antall kanaler i rennet.

35 Strømningshastigheten for kjølevannstrømmen og for den smeltede metallstrøm kan kontrolleres for å sikre en optimal produksjon av metallklumper. Kjølevannsstrømmen kan kontrolleres ved å variere hastigheten for pumpen 28 eller ved å benytte ikke viste kontrollventiler for derved å variere hastigheten og strømningsraten av vannet.

Strømningsraten for det smeltede metall kan kontrolleres for eksempel ved å variere høyden av metall i utløpsbeholderen eller tverrsnittet av utløpsmunningen gjennom hvilken det smeltede metall slippes ut. Posisjonen for beholderen og tverrkanal-enheten kan også justeres. For eksempel kan det hele bevegges horisontalt eller vertikalt for å sikre at metallstrømmen faller ned i vannstrømmen i optimal vinkel og ved optimal posisjon.

En vibrerende separator 46 er anordnet over oppfangingstanken. Separatoren fanger klumpene av smeltet metall og tillater at væsken strømmer gjennom til tanken. Separatoren fører metallklumpene frem mot utløpsåpningen 48 og klumpene som faller fra separatoren samles i en haug 50 eller kan mates til en kjøler og tørker.

De granuleringsprosesser som i dag er kjent for søkeren gir våte eller fuktige granuler. Innføringen av slike granuler i en ovn kan gi eksplosive resultater. Det er derfor ønskelig å sikre at klumpene tørkes og dette kan for eksempel oppnås ved å benytte en separator, for eksempel et kjedegitter eller en hvilken som helst annet egnet, motstandsdyktig transportør, for å separere væske fra metallklumper. Som vist i figur 6 blir separatoren 46, som kan ha en betydelig lengde, benyttet for å transportere klumper forbi en eller flere luftvifter 51 som retter en strøm av luft mot klumpene, fra forskjellige retninger hvis dette er nødvendig, for å sikre at klumpene i det minste delvis er tørket og i det minste i en viss grad er avkjølt.

Som et alternativ til vibrasjonsseparatoren kan det benyttes et kjedegitter for å separere væske fra metallklumper.

Sikkerhet er en viktig betraktning når det gjelder drift av denne apparatur. På samme måte som med konvensjonelle granulatorer kan kontakten mellom smeltet metall og vann leilighetsvis gi eksplosjoner. I apparaturen ifølge oppfinnelsen er imidlertid mengden metall som er i kontakt med vann på et gitt tidspunkt relativt liten.

Figur 1 viser noen mulige tverrsnittprofiler for rennen.

Figur 1a viser en renne med relativt liten krumningsradius mens figur 1b viser en relativt stor krumningsradius. Figur 1c viser konseptet med en vannkappe 52 konformt med det indre tverrsnitt for rennen.

Figur 1d viser en renne med to parallelltløpende kanaler, hver av hvilke tar opp en fluidstrøm hvori de respektive strømmer av smeltet metall føres.

Figur 1e viser en renne med en sentral kanal 54 hvori en smeltet metallstrøm konsentreres og som flankeres av ytre kanaler 56 som tillater et relativt større volum vannstrøm. Den sistnevnte konstruksjon bevirker en reduksjon av meandervirkningen for det flytende metall som nevnt ovenfor, når kanalradien er for stor.

Det ble utført forsøk med smeltede metaller.

10

Det ble benyttet en innføringsovn for å omsmelte opp til 50 kg metall som var tappet og overført til en utløpsbeholder hvorfra den strømmet inn i rennen. Tappetemperaturen for metallet ble notert med et dypetermopar eller et pyrometer eller begge deler.

15 Det ble gjennomført flere forsøk på denne apparatur ved bruk av et antall legeringer med et antall forskjellige oppsettskonfigurasjoner. De nominelle sammensetninger for noen av legeringene er gitt i tabell 2.

Tabell 2: Sammensetning for ferrolegeringer benyttet for klumpstøpingsprøver.

20

Materiale	Fe	Cr	Mn	Si	C	Smelte- område, °C
Kromcharge	38	52	-	3	7	1200-1570
0,5 % karbon ferrokrom	44	54	-	1,4	0,5	1500-1600
Middels karbon ferro-mangan	17	-	80	1	2	1180-1220
Ferro-silisium	25	-	-	71	0,4	1215-1370

Resultater

Som angitt ved den teoretiske analyse ble det funnet at en for stor grad av avkjølende turbulens ga uregelmessig formede partikler og en for lav skråstilling av rennen eller en for stor metallstrøm forårsaket dannelse av lange pølser. Det best formede produkt ble oppnådd med en renne med en lengde på 10 m med en skråstilling i området 1:8-1:12, en metallmatehastighet på rundt 1,5 kg/sek./kanal og en relativt glatt vannstrøm som strømmet med ca. 15 l/sek./kanal. Således ligger strømningsmengdeforholdet metall:vann i størrelsesorden 1:10 på massebasis.

25

Noen av produktene som ble oppnådd ved å benytte forskjellige konfigurasjoner og metaller er vist i figurene 5, 5a, b, c og d mens figur 4 viser størrelsesfordelingen for de fremstilte klumper.

5

Forsøkene ble gjennomført på et anlegg i stand til å behandle kun 0,15 tonn flytende metall pr. minutt. Et fullskala-anlegg ville være nødvendig for å bearbeide smeltet metall i en mengde opp til 3 tonn/min. og ville måtte kjøres uten avbrudd i opp til 30 minutter.

P a t e n t k r a v

1.

Fremgangsmåte for fremstilling av metallklumper der en strøm av smeltet metall
5 innføres med en første hastighet medstrøms i en stabil strøm av kjølefluid med en andre
hastighet, k a r a k t e r i s e r t v e d a t

- d) retningen for strømmen av smeltet metall er skrådd i forhold til
vertikallinjen;
- 10 e) forskjellen mellom den første hastighet og den andre hastighet er mindre enn
5 meter per sekund; og
- f) det smeltede metall er i det minste i det vesentlige nedsenket i kjølefluidet.

2.

15 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t
kjølefluidet er valgt blant:

vann;

en organisk eller uorganisk væske;

20 en oppslemming, som en suspensjon av et tett medium, grafitt eller andre finfordelte
stoffer;

en emulsjon eller en oppløsning inneholdende salter som saltoppløsning, overflateaktive
midler eller organiske eller uorganiske væsker; og

et virvelsjikt av fine, faste partikler.

25

3.

Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t
v e d a t kjølefluidet føres for bevegelse langs en på forhånd bestemt bevegelsesvei
ved hjelp av en egnet konstruksjon og som inkluderer mulige trinn med å variere minst
30 en av skråstilling, lengde og form for konstruksjonen for å holde den smeltede
metallstrøm nedsenket i fluidet.

4.

Fremgangsmåte ifølge krav 3, k a r a k t e r i s e r t v e d a t
35 konstruksjonen har et første område med en krumming slik at bevegelsesveien for
kjølefluidet og metallstrømmen tilpasses slik at den effektive, vertikale akselerasjon for
metallstrømmen reduseres til under det som vanligvis skyldes tyngdekraften.

5.

Fremgangsmåte ifølge krav 3 eller 4, k a r a k t e r i s e r t
v e d at den omfatter midler for kontroll av utseendeforholdet, form og størrelse for
5 klumpene ved å variere en eller flere av de følgende: skråstillingen for bærekonstruksjonen for fluidstrømmen; tverrsnittsprofilen til bærekonstruksjonen for fluidstrømmen; mengden ved hvilken temperaturen i metallstrømmen overskrider likvidus-temperaturen; sammentreffsvinkelen mellom metallstrøm og kjølefluid eller mot et gulv i den bærende konstruksjon; temperatur og sammensetning for den flytende strøm;
10 strømningshastigheten for kjølefluidet eller for metallstrømmen eller begge deler; og det inherente, turbulente strømningsmønster i kjølefluidet og metallet.

6.

Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av kravene 1-5, k a r a k -
15 t e r i s e r t v e d at den omfatter å støte ut metallklumpene fra kjølefluidet til en oppholds- eller samletank eller mot en fluid/metallseparator.

7.

Fremgangsmåte ifølge krav 6, k a r a k t e r i s e r t v e d at
20 den omfatter et trinn med tørking av metallklumpene.

8.

Apparatur for fremstilling av metallklumper, k a r a k t e r i s e r t
v e d at den omfatter en skrådd renne (20), midler for tilmatning av et kjølefluid
25 (18) ved en første hastighet og i en første retning som er skrådd mot vertikallinjen, inn i rennen ved en øvre ende av denne (32), midler for innføring av en smeltet metallstrøm (15) i kjølemidlet i rennen (16) i en retning som er i det vesentlige den samme som kjølemiddelstrømmens retning, ved en andre hastighet, idet forskjellen mellom den første hastighet og den andre hastighet er mindre enn 5 meter per sekund, samt midler
30 ved den nedre ende av rennen for å separere metallklumper fra kjølemidlet (46).

9.

Apparatur ifølge krav 8, k a r a k t e r i s e r t v e d at den
smeltede metallstrøm (15) mates til fra en utløpsbeholder (12) og strømningshastigheten
35 for denne kontrolleres ved å variere i det minste en av de følgende: mengden metall i utløpsbeholderen; tverrsnittet for utløpsåpningen fra beholderen (14); og posisjonen for beholderen.

10.

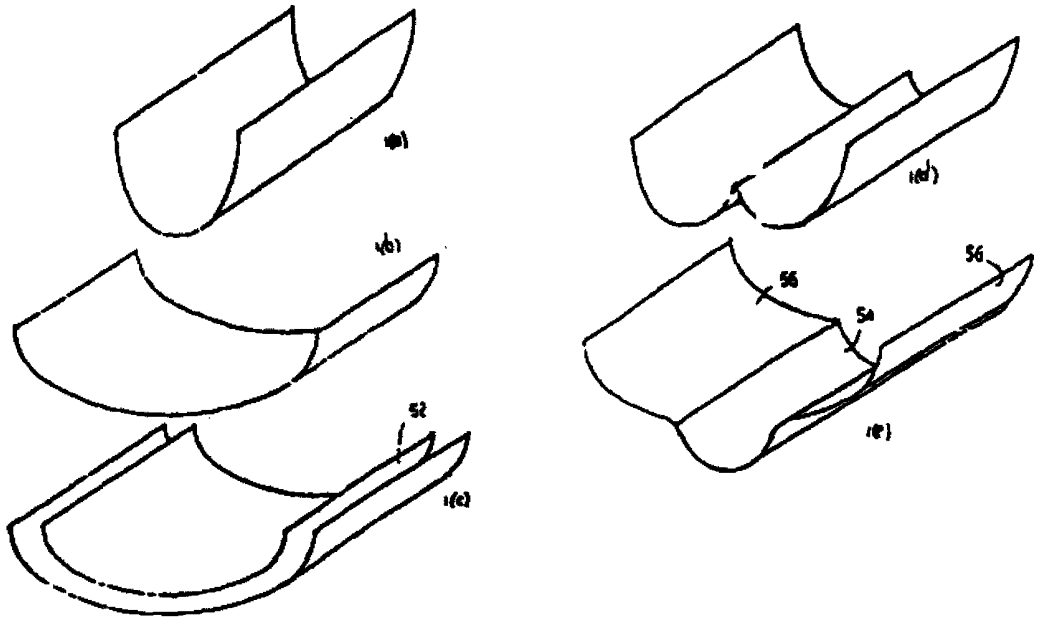
Apparatur ifølge krav 8 eller 9 k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter en renne (20), en doseringsbeholder inn i hvilken kjølemidlet mates (34),
5 en terskel for overløp av kjølemiddel fra beholderen til rennen idet rennen har et første område der kun kjølemiddelstrømmer og et andre område ved begynnelsen av hvilket den smeltede metallstrøm innføres i kjølemiddelstrømmene, og midler ved den nedre ende av rennen for separering av metallklumper fra kjølemiddelstrømmen (46).

10 11.

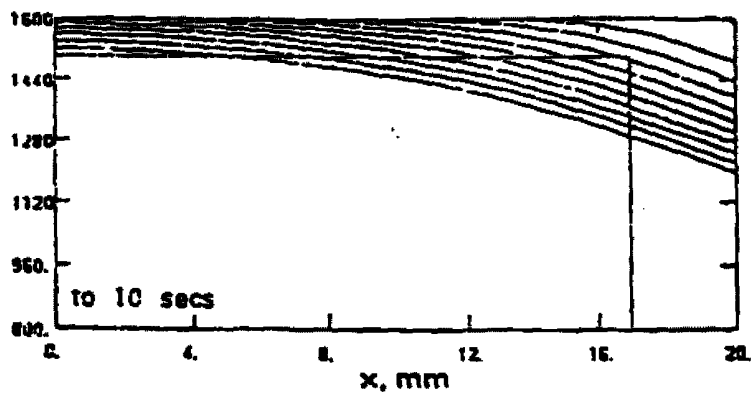
Apparatur ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at rennen 20 har en kanalradius mellom 50 og 100 mm og en helling fra 1:7 til 1:13.

12.

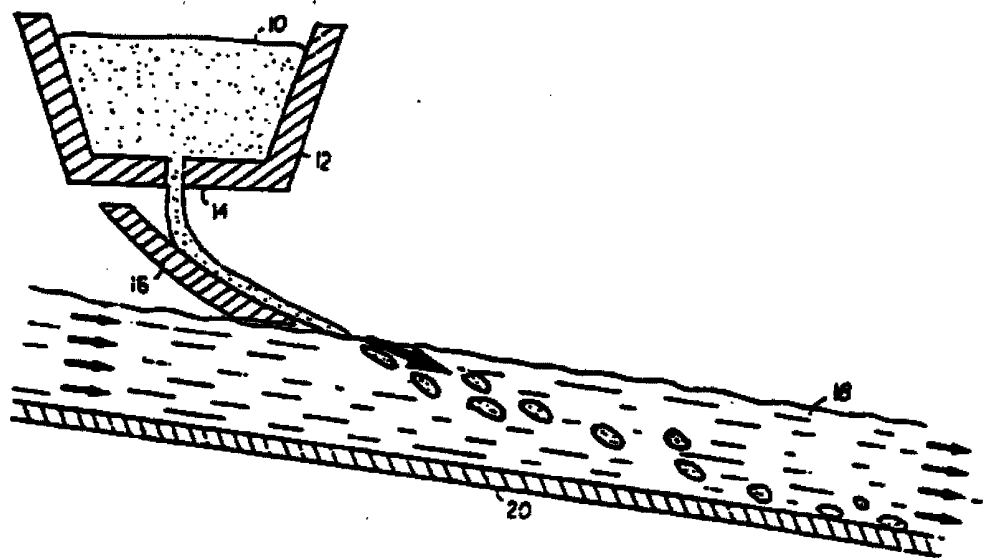
15 Apparatur ifølge krav 10 eller 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter midler for i det minste delvis å avkjøle og i det minste delvis å tørke metallklumpene (51).



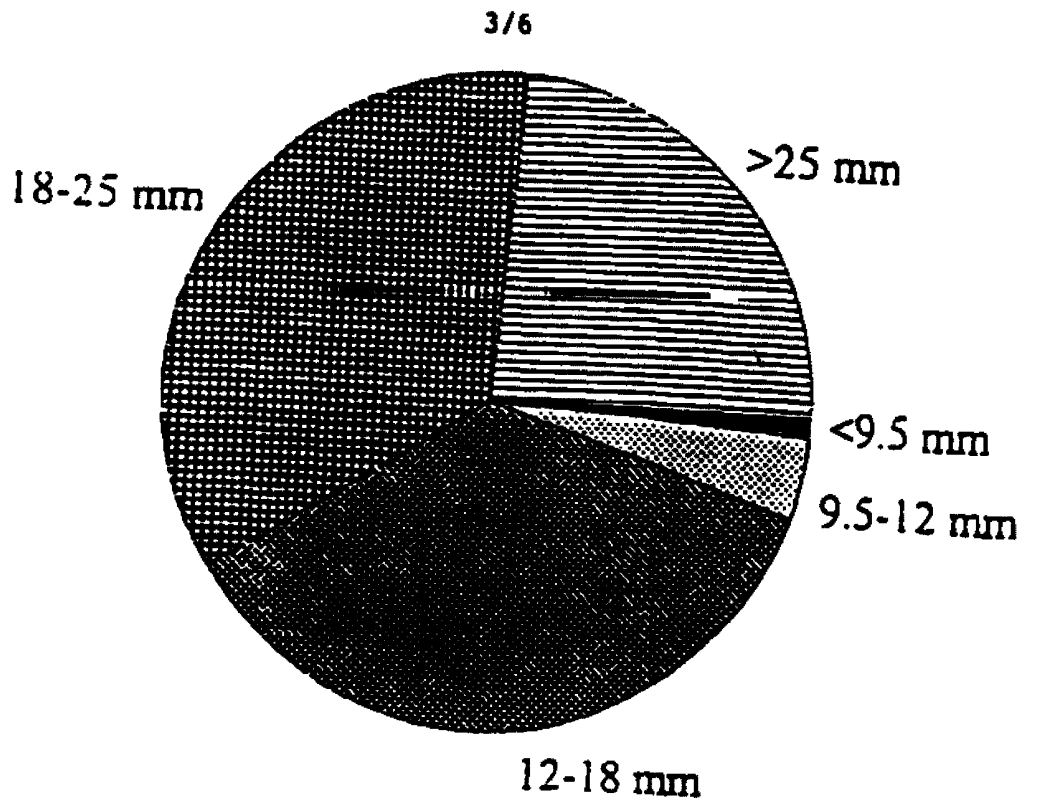
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4

4/6

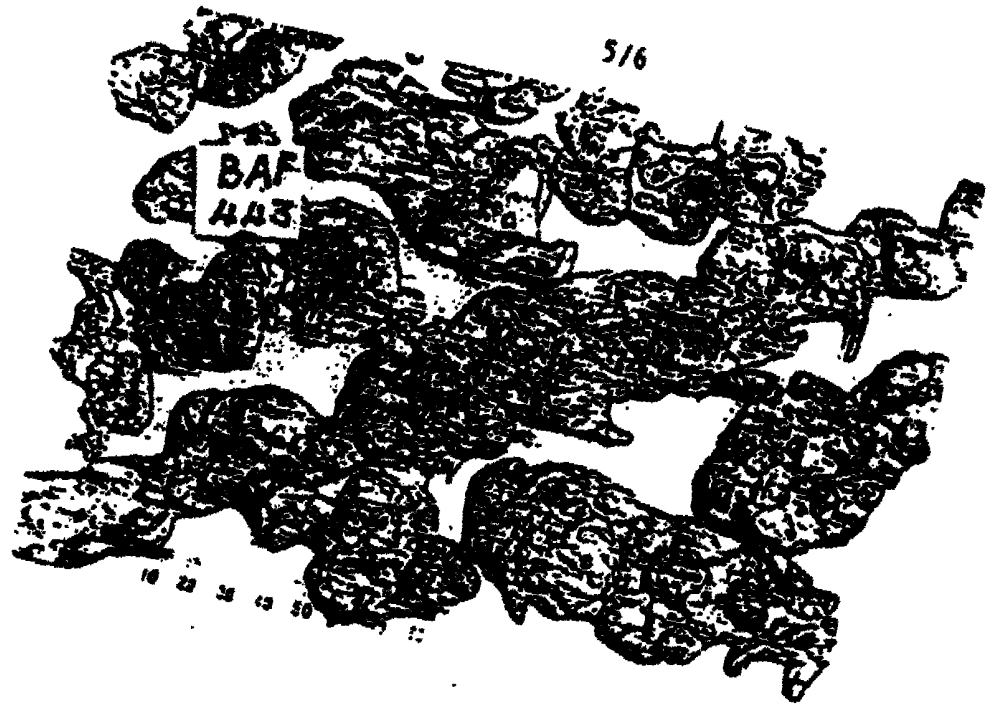


(a)



(b)

Figur 5

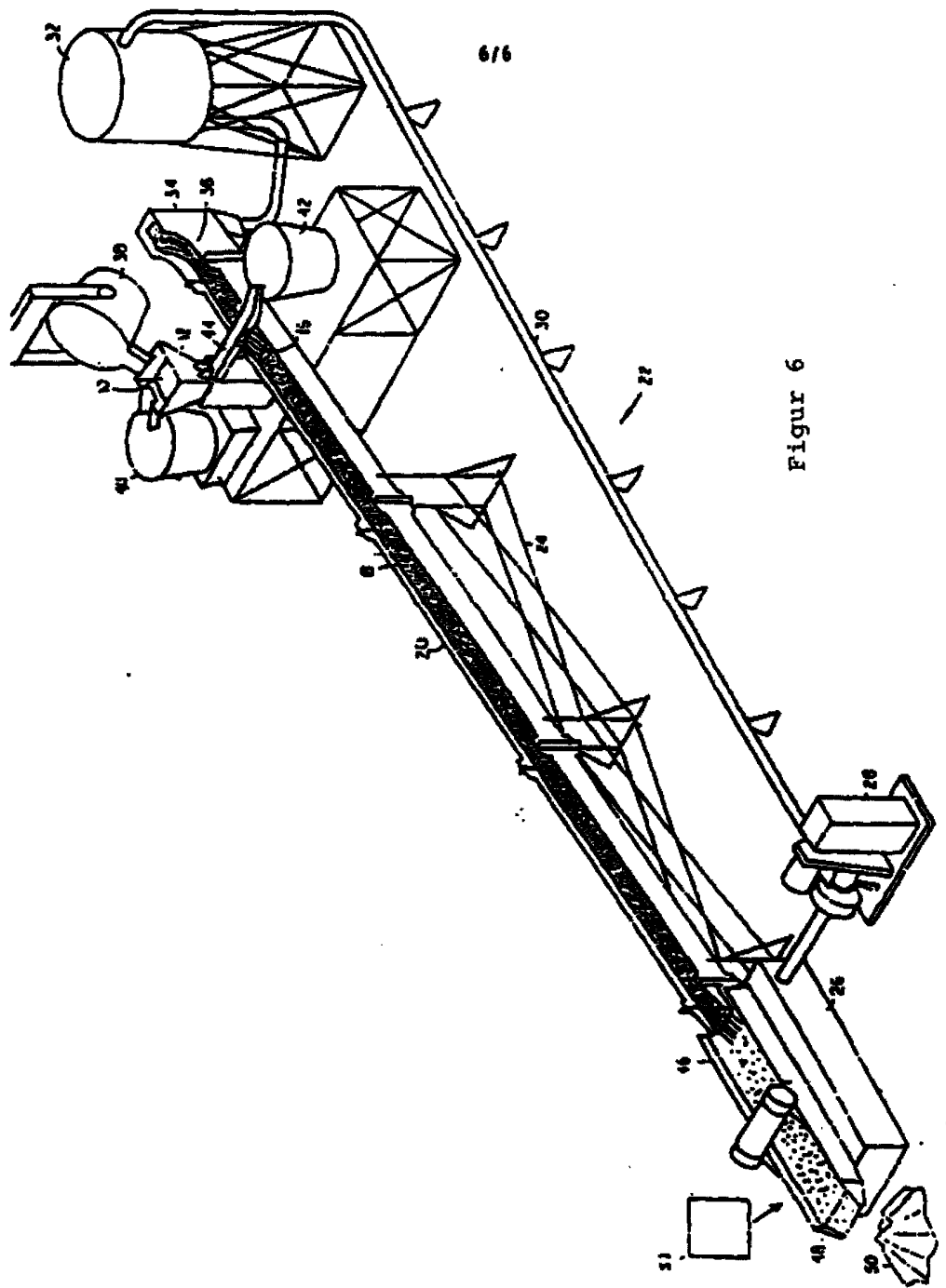


(c)



(d)

Figur 5



Figur 6