



(12) **UTLEGNINGSSKRIFT**

(19) **NO**

(11) **169245**

(13) **B**

(51) Int Cl⁵ C 22 C 1/02, C 22 C 1/03, C 22 C 21/00

Styret for det industrielle rettsvern

(21) Søknadsnr 873916
(22) Inng. dag 17.09.87
(24) Lepedag 17.09.87
(41) Alm. tilgi. 21.03.88
(44) Utlegningsdag 17.02.92
(62)

(86) Int. inng. dag og søknadsnummer

(85) Videreføringsdag
(30) Prioritet 18.09.86, GB, 8622458

(71/73) Søker/Innehaver Alcan International Ltd, 1188 Sherbrook Street West, Montreal, QC H3A 3G2, CA
(72) Oppfinner(e) Ghyslain Dubé, Jonquiere, QC, CA
Bruno Gariépy, Chicoutimi, QC, CA
Jean Paré, La Baie, QC, CA
(74) Fullmektig Oslo Patentkontor AS, Oslo

(54) **Benevnelse Fremgangsmåte ved fremstilling av aluminiumslegeringer.**

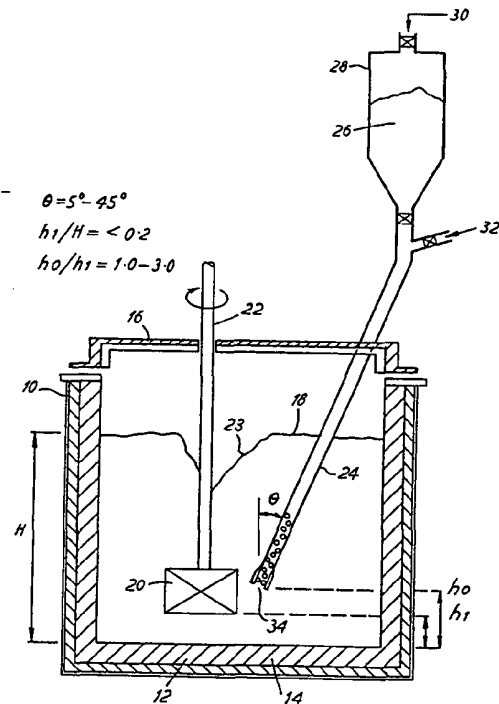
(56) **Anførte publikasjoner** Norsk (NO) alment tilgjengelig patentsøknad nr. 135711 (C22C 1/02),
Europeisk (EP) patentsøknad, publ.nr. 65854 (C22B 21/6), Britisk (GB)
patent nr. 2171117A (C22C 1/03), 2112020A (C22C 1/02)

(57) **Sammendrag**

Aluminium legeres ved tilsetning av legeringskomponenter til det smeltede metall i et behandlingskammer (10,12,14,16) eller digel beliggende mellom et produksjonskammer og en støpeform, istedet for i en støpeovn. Dersom flere digler anvendes for å mate støpeovnen, kan de legerende elementer tilsettes til enkelte, men ikke alle av dem. En foretrukket tilsetningsrekkefølge av legerende elementer er:

- 1) AlF_3 for å redusere uønsket Na, Ca og Li.
- 2) En eller flere av Mn, Fe, Cr, Ni, Cu, Zn og Si i pulverform.
- 3) En eller flere av Zn, Cu og Si i massiv form.
- 4) Mg.

En digel (10,12,14,16) med røreanordning (20,22) og injeksjonslans (24) for tilførsel av ett eller flere legeringselement(er) (26) fra en trakt (28) ved hjelp av en bregass (30,32) er også beskrevet.



Foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte ved fremstilling av et støpt legeme av en aluminiumslegering av den art som er angitt i krav 1's ingress.

5 I aluminiumsindustrien blir idag smeltet aluminium fremstilt i Hall-Heroult reduksjonsceller generelt overført til vibrasjonsovner for støping. Forskjellige operasjoner finner sted i disse ovner for å utføre legeringen og raffinere det smeltede aluminium. Generelle metoder
10 innbefatter tilsetninger av legeringselementer i forskjellige former (barrer, granuler, briketter, pulver), omrøring, oppvarming, fluksdannelse og setting. Selv om mange operasjoner utføres i disse vibrasjonsovner, har deres form vært nesten fullstendig diktert av støpebetingelsene til
15 aluminium og aluminiumslegeringer. På grunn av dets meget sterke affinitet til oksygen blir aluminium og Al-legeringer generelt støpt i en såkalt jevnhellende operasjon ("level pour"). Dette betyr at det smeltede Al-nivå fra ovn til støpemaskin holdes så konstant som mulig for å unngå
20 turbulens eller spruting. Temperaturhomogenitet i vibrasjonsovner krever også at metalldybden minimaliseres for å redusere temperaturgradienter fra den superoppvarmede overflate til den kjøligere bunn av metallputen. Endelig gjør den økende størrelse av støpeovnene for å mate større
25 støpemaskiner operasjonene som utføres, mindre og mindre effektive.

Man kan klassifisere faktiske metallurgiske operasjoner i ovner i fire kategorier:

- 30 1) Legeringselement-tilsetninger
2) Omrøring av smelten for
a) oppløsning av legeringselement og homogenisering av kjemisk blanding
b) temperaturhomogenisering
35 3) Fluksdannelse av smelte
4) Faststoffinklusionssedimentering ved setting.

1) Tilsetninger av legerende elementer

Fremstillingen av aluminiumslegeringer krever tilsetning av vesentlige mengder Mg, Mn, Fe, Si, Cu, Cr, Zn og andre stoffer til det primære aluminium dannet i reduksjonscellene. Råmaterialer brukt for legeringsformål opptrer i forskjellige former, såsom barrer, for-legeringer, stykker, granuler, flak, briketter og pulvere.

To viktige trekk til det legerende element har diktert måtene og anordningene for dannelse av legeringer i tidens løp.

a) Smeltepunkter

De fleste av de legerende elementer har smeltepunkter som er vesentlig høyere enn Al, f.eks.

	<u>Element</u>	<u>Smeltepunkt °C</u>
20	Mn	1244 °C
	Fe	1535 °C
	Cr	1875 °C
	Cu	1083 °C
	Si	1410 °C
25	Al	660 °C

Oppløsning av disse elementer blir derfor drevet av en sakte faststoff-væske diffusjonsprosess i stedet for smelting, og væske-væske diffusjon som er raskere.

På den annen side har Mg og Zn lavere smeltepunkt enn Al (henholdsvis 651 og 419,5 °C).

b) Oppdrift

Alle legerende elementer, bortsett fra Mg, flyter ikke i Al-smelter. diffusjon og følgelig oppløsning i Al-smelter forsinkes dersom tilsetninger ikke er fullstendig disper-

gert. Smeltet metall må også omrøres kontinuerlig for å blande faststoff/væske interfasen.

5 I tillegg blir smeltetemperatur i vibreringsovner generelt opprettholdt under 780 °C, noe som ytterligere begrenser oppløsningsgradene til legeringselementer.

10 For å oppnå rask og pålitelig oppløsning av elementer med høyt smeltepunkt og uten oppdrift (Mn, Cr, Fe, Cu osv.) har forskjellige metoder blitt brukt eller foreslått gjennom årene.

15 Forlegeringer bestående av forsmeltede oppløsninger ga ganske rask oppløsningshastighet og pålitelig gjenvinning. Imidlertid krevet denne teknikk i henhold til faktisk praksis enten separate legeringsovner eller omsmelting når tilførselen ikke var på stedet.

20 Det har blitt foreslått, som i kanadisk patent 1153209, å bruke ferrolegeringer (Fe-Mn, Fe-Si, Fe-Cr osv.) i stedet for rent metall i forlegeringer for å redusere produksjonsomkostningene til den ønskede aluminiumslegering. Bruken av forlegeringer har gradvis blitt byttet ut, i hovedsak på grunn av kostnadsbetraktninger, og også på grunn
25 av diversiteten og kompleksiteten av aluminiumslegeringer som produseres idag.

30 Briketter eller tabletter bestående av sammenpressede blandinger av metall og aluminiumpulveret (ca. 25% aluminium) har generelt erstattet forlegeringer. De oppløser seg relativt raskt og er enklere å bruke og i de fleste anvendelser billigere enn forlegeringer. Igjen øker behandlingsomkostninger og innesluttet Al omkostningene ved denne metode.

35 Forbedringer ved bruk av briketter har blitt foreslått som beskrevet i UK-patentansøkning 2112020 og kanadisk patent 1153209, men de har ikke blitt akseptert industrielt. En

ytterligere ulempe ved bruken av briketter er at god smelte-
omrøring forblir essensiell for en rask oppløsningshastig-
het. Som beskrevet nedenfor, er smelteomrøring i vibrasjons-
ovner ofte ikke effektiv nok for fullt ut å utnytte bruken
5 av briketter.

Direkte injeksjon av metallpulvere i Al-smelter erstatter
raskt tidligere teknikker idet dette gir gunstige kostnads-
fordeler og oppløsningshastigheter. Apelian, D. et al (TMS
10 paper selection A-79-37) undersøkte parameterne som styrer
direkte injeksjon av metallpulvere i spesielle Mn-pulvere.
Resultater fra denne undersøkelse såvel som industrielle
observasjoner viser at:

Injeksjonshastighetene må være høye for mindre partikler
15 (mindre enn 100 μm) for å trenge inn i Al smelten. En
bæregass (N_2 , Ar) ble brukt for å bære materialet og også å
fremskaffe den nødvendige smelteomrøring. Denne teknikk
danner enorm overflateturbulens og danner derfor vesentlig
tap av metall på grunn av oksydering. Selv når det fine
20 pulveret (40 til 500 μm) blir brukt er det ikke uvanlig i
industriell praksis å behøve 20-30 minutters omrøring etter
pulverinjeksjon i vibrasjonsovner.

Mangel på gjenvinning blir ofte assosiert med finere
25 partikler.

Under visse betingelse kan det danne seg slagg som ytterli-
gere forsinker oppløsningsprosessen.

30 Tilfellet med Mg-tilsetning er enestående. Faktisk er Mg
ikke bare flytende i Al-smelte, men smelter også ved
driftstemperaturene. I tillegg oksyderes eller brenner Mg
lett og har en tendens til å reagere med flytende skum eller
slag. Faktisk driftspraksis ved Mg-tilsetning er årsaken
35 til tre alvorlige problemer:

Tilsetning av magnesium gir en gjenvinning på kun ca. 90%.
Dette 10% tap representerer en viktig ytterligere kostnad i

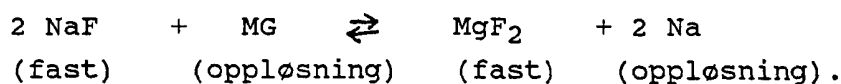
betraktning av den vesentlige mengde Mg som brukes i aluminiumsindustrien idag.

5 Ved oksyderig danner magnesium faste inklusjoner som MgO og MgAl₂O₄, som dispergeres i aluminiumsmelten. Selv om det er små størrelser (mindre enn 100 µm) er disse inklusjoner meget skadelige for påfølgende prosessering og metalldannende operasjoner. For eksempel er det beregnet at 50.000 partikler/kgAl er tilstede i leskedrikkboks-legeringer matet fra støpeovnen. Strenge krav til metallrenhet av slike produkter krever kostbare behandling og filtreringsoperasjoner og blir utført i spesielle enheter mellom ovnene og støpemaskinene.

15

Ved omrøring i ovner som det utføres idag, blir skum eller slagg på smelteoverflaten nøye blandet med Al-Mg-legeringen. Slagget inneholder generelt en viss del elektrolytt fra potte-tappe-operasjonen. Forskjellige forbindelser (NaF, CaF₂) i elektrolytten er da fri til å reagere med magnesium i legeringen som følger, hvor natriuminnholdet av legeringen er bestemt ved reaksjonen:

20



25

Alkaliforurensninger må fjernes før støping, noe som igjen øker kostnaden ved smeltefremstilling.

2. Omrøring

30

Som nevnt ovenfor er omrøringen av ovnsmelten en tidskrevende og relativt ineffektiv operasjon på grunn av geometrien til metallputen og på grunn av ineffektive legeringsmetoder. Omrøringsmetoder faller generelt i to kategorier:

35

a) Mekaniske metoder som bruker store raker montert på gaffeltrucker som beveger seg frem og tilbake og sidelengs for å fremskaffe den nødvendige metallbevegelse.

b) Pneumatiske metoder hvor gass under høyt trykk og med høy hastighet (N_2) injiseres med lanser for å fremskaffe omrøringsbevegelser.

5

I begge tilfelle danner den sterke overflateturbulens vesentlige mengder metalltap, ettersom den beskyttende aluminiumoksydhinne kontinuerlig blir brutt og gjendannet.

10

Neddykkede metallpumper har blitt utviklet for å forbedre omrøringsmetoden, men har kun funnet begrenset godtagelse på grunn av kostnadsberegninger og materiale/vedlikeholdsproblemer. Faktiske omrøringsmetoder er også forbundet med et vesentlig varmetap. Gjenvarming av smelten er derfor ofte nødvendig, noe som ytterligere forsinker posjonsmessig fremstilling.

15

3. og 4. Fluksdannelse og setting

20

Den direkte følge av ikke-effektive metoder brukt for å legere og omrøre Al-smelte i vibreringsovner er et antall ytterligere operasjoner som må utføres for å bringe smelten tilbake innenfor spesielle krav før støping. Disse operasjoner tar sikte på å fjerne oppløste forurensninger, så som

25

alkali (Li, Na, Ca) og hydrogen og faste inklusjoner så som MgO, $MgAl_2O_4$, Al_4C_3 , Al_2O_3 , MnO osv. Fluksdannelse av Al-smelten med gassblanding av $N_2/Al-Cl_2$ er en meget brukt metode i industrien idag. Gasskobling blir brukt for å

30

senke hydrogeninnholdet i oppløsning i aluminium og Al-legeringer. Den hjelper også til med fjerning av alkali-elementer og inklusjoner når klor er en del av gassblandingen. En setteperiode er også innbefattet i utføringen for å tillate inklusjonene å sedimentere. Imidlertid, med hensyn til legeringsdannelse og omrøring, ble disse operasjoner

35

funnet utilstrekkelige for å møte behovene til forskjellige produkter. Følgelig har hele aluminiumsindustrien satt inn produksjonsmessige behandlingseheter, såsom beskrevet i US patent 3839029, 3743263, 4426068, 4177065 og 4177066

for å raffinere og rensmelte aluminium før støping. Til tross for effektiviteten av denne fremgangsmåte er dette en kostbar løsning på dårlig ovnsbehandling og videre gir dette ingen løsning på kilden til problemet.

5

Beskrivelse av oppfinnelsen

Det er et mål for denne oppfinnelse å fremskaffe metoder og muligheter for å fremstille og raffinere aluminiumslegeringer i behandlingsbeholdere før metalloverføring til vibrasjonsovner.

I normale aluminium smelte-støpeoperasjoner blir primært aluminium fra cellen sprøytet inn i transportdigler for transport til støpeområdet. Smeltet aluminium i reduksjonsceller holdes ved temperaturer fra 950 °C til 960 °C. Etter overføring til transportdigler blir den raskt transportert til støpeområdet. Det er et annet mål for foreliggende oppfinnelse å utføre legering og raffineringsoperasjoner i disse transportdigler.

Gjennom årene har utviklingen og industriell utføring av prosesser beskrevet i EPA 65854, publisert 1. desember 1982, for fjerning av alkalielementer i aluminium, vist effektiviteten av behandlingen av aluminium i transportdigler.

Foreliggende oppfinnelse fremskaffer en fremgangsmåte for å et støpt aluminiumslegeme, levert med en eller flere legeringskomponenter av Mn, Fe, Cr, Ni, Cu, Mg, Zn og Si, ved trinnene å danne smeltet metall i en produksjonsbeholder, passere det smeltede metall fra produksjonsbeholderen til en behandlingsbeholder, tilsette og oppløse minst én legeringskomponent i partikkelform til det smeltede metall i behandlingsbeholderen, passere det smeltede metall fra behandlingsbeholderen til et støpekammer og støpe et legeme av aluminiumslegering fra støpekammeret, hvilken fremgangsmåte er særpreget ved de trekk som er angitt i krav 1's karakteriserende del.

Egenskapen til produksjonsbeholderen er ikke kritisk. Dette kan simpelthen være en ovn for smelting av fast aluminium fra enhver kilde. Vanligvis er imidlertid produksjonsbeholderen en elektrolytisk reduksjonscelle eller en serie av
5 slike celler som danner en pottelinje.

Egenskapene til behandlingsbeholderen er heller ikke kritisk.

10 Det er vanligvis et overføringskammer, en potteromdigel eller en transportdigel, hvor det smeltede metall overføres fra en reduksjonscelle til en støpeovn. Alternativt kan den være en stasjonær beholder til og fra hvilket smeltet metall blir overført. Behandlingsbeholderen kan være isolert eller
15 også oppvarmet, selv om sistnevnte trekk ikke vanligvis er nødvendig når det smeltede metall kommer fra en reduksjonscelle. Behandlingsbeholderen er fortrinnsvis åpen ved toppen, noe som er enkelt og billig og tillater legerings-tilsetninger å bli foretatt til det indre av en hvirvel i
20 den smeltede metalloverflate, dannet av en drivanordning (impeller) som beskrevet nedenfor. Tilført turbulens er kontrollert, og bruken av en inert gassatmosfære eller et vakuum er ikke nødvendig.

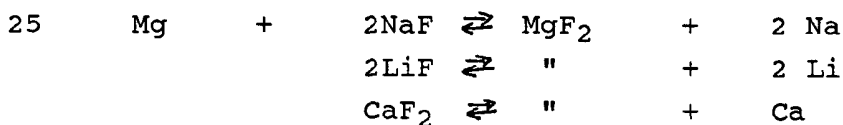
25 Støpebeholderen er vanligvis en støpeovn, såsom en vibrasjonsovn. Andre ganger kan det imidlertid være foretrukket å støpe legeringen direkte fra en transportdigel eller en annen behandlingsbeholder, dvs. når hensikten er at de støpte legemer skal brukes for påfølgende omsmelting.

30 Enkelte smelteanordninger bruker også en oppbevaringsovn mellom reduksjonscellene og støpeovnen med overføring av smeltet metall ved hjelp av transportdigler og/eller via en renne.

35 I normale Al-smelte-støpeoperasjoner blir vibrerende støpeovner fylt direkte med smeltet aluminium fra transportdigler og med en liten del gjenværende faststoff eller pri-

mært aluminium. I de fleste tilfeller kreves innholdet av flere digler til å utføre en ovns-charge. Disse digler kan være fra 2 til 10 tonn metall. På grunn av deres geometri og på grunn av den høye metalltemperatur (830 - 900 °C) er i løpet av overføringstrinnet slike beholdere ideelle for metallurgiske operasjoner, såsom legeringsdannelse. For eksempel ligger forholdet høyde/diameter (H/D) av metall i et støpekammer typisk mellom 0,4 og 1,0, mens ovnsforholdet generelt er 0,1 - 0,15. (Ovner som er rektangulære i stedet for sirkelrunde får en utregnet D-verdi som gjennomsnittet mellom lengden og bredden av ovnskammeret.) Videre er temperaturen til smeltet metall fra 50 - 100 °C høyere i diglene enn i vibreringsovnene. I henhold til oppfinnelsen behøver eller behøver ikke smeltet metall som kommer fra transportdigler, overføres til et påtenkt metallurgisk støpekammer. I praksis er det imidlertid anbefalt å overføre smeltet Al fra potteromdigler til en spesiell transportdigel av forskjellige grunner.

i) Potteromdigler inneholder alltid mer eller mindre elektrolytt holdt tilbake under spylingen av reduksjonscellene. Når påføgende legeringsdannelse med Mg finner sted, reagerer denne elektrolytt med oppløst Mg i henhold til likevektene:



Disse reaksjoner forurenser ytterligere det smeltede aluminium på en måte som ikke er reversibel med en tilsetning av AlF_3 i diglen som beskrevet i EPA 65854.

Smeltet metall kan føres tilbake ved sprøyting eller ved direkte helling inn i behandlingsdiglen. Ved dette trinn foreligger smeltet aluminium med 850 - 900 °C. Ved disse temperaturer har elektrolytten allerede begynt å solidifisere og forblir følgelig i potteromdiglen. I praksis kan bare en liten del (mindre enn 10%) av elektro-

lytten overføres til behandlingsbeholderen ved en direkte hellemetode.

5 ii) I de fleste tilfeller er potteromdigler brukt for transport av smeltet metall ikke isolert, og taper således varme relativt raskt. For å utføre legeringen ved høyest mulig temperatur blir det fordelaktig å bruke en godt isolert transportdigel, i hvilken de påfølgende operasjoner vil bli utført.

10

Under disse betingelser vil smeltet aluminium forbli ved en tilstrekkelig høy temperatur og over en tidsperiode for å tillate legeringsdannelse og raffinering i transportdigelen uten noen ytre varmetilførsel. Dette blir spesielt viktig når tilsetninger med endotermisk oppløsning, såsom magnesium, kobber, silisium, foretas.

15

20 iii) Bruken av spesielle transportdigler for legeringsdannelse og raffinering av primært aluminium blir også fordelaktig når to eller flere legeringer fremstilles samtidig. Risikoen for legeringsforurensning minimaliseres når prepareringstransportdigler blir brukt for hver legering.

25

I tillegg til metalltemperaturen og passende reaksjonkammergeometri, er god omrøring av smelten og metodeanordninger for tilsetning viktige for å oppnå full (100%) og rask oppløsning.

30

I EPA 65854 er det beskrevet en metode for fjerning av Li og andre alkali og jordalkalimetaller fra smeltet aluminium, hvori en sterk sirkulering inne i legemet av smeltet metall, f.eks. en potteromdigel, dannes ved hjelp av en roterende rører. Selv om det ikke er begrenset til denne spesielle metode for omrøring av smeltet metall, vil det observeres at 35 metoden ifølge foreliggende oppfinnelse meget passende blir utført i forbindelse med behandling av smeltet aluminium som beskrevet i EPA 65854.

Ved utvikling av foreliggende oppfinnelse måtte metoder og anordninger for legeringstilsetninger optimaliseres for å oppnå fullstendig (100%) pålitelig og rask (mindre enn 15 minutter) oppløsning av elementene. Disse metoder varierte i henhold til type, kjemiske egenskaper og fysiske karakteristika til det anvendte legeringselement.

10

1) Høyere smeltepunkt enn Al

Elementer såsom Mn, Fe, Cr, Ni, Cu, Si faller inn i denne kategori.

15

Innenfor denne kategori kan elementer deles opp ettersom de har en sen oppløsningshastighet eller en rask oppløsningshastighet i smeltet aluminium.

20

a) sen oppløsning

Mangan og jern blir brukt i utstrakt grad som legeringselementer og faller inn under denne kategori. Cr og Ni, selv om de blir brukt i mindre grad, faller også inn under denne kategori.

25

Mangan, jern, krom og andre legerende elementer av samme kategori bør tilsettes massen av smeltet Al i digler i form av fine pulvere. Pulverstørrelsesfordeling bør fortrinnsvis være innenfor minus 35 mesh (<420 μm) og plus 325 mesh (>44 μm) for rask oppløsning og full gjenvinning. Det anbefales å bruke metallpulvere med mindre enn 10% av hver av de >420 μm og <44 μm fraksjonene. Følgelig er det ikke anbefalt å bruke briketter eller flak som matemateriale for å oppnå rimelig oppløsingstid. For eksempel viste elektrolytiske Mn-flak oppløsningstider som var 3 til 4 ganger lenger enn Mn pulver for tilsetning opptil 3%. En røreanordning kan fremskaffe tilstrekkelig god omrøring for å utføre oppløsningsprosessen i støpebeholdere. Imidlertid ble det

35

funnet at prosessen å legere med Mn og Fe for eksempel kunne forbedres ved å senke røreanordningen nær bunnen av digelen og/eller ved å bruke blader uten skråstilling. Denne modifikasjon har den effekt at den øker omrøringsgraden av metallet ved bunnen av digelen, hvor ikke-flytende partikler har en tendens til å akkumulere.

Metallpulvere, såsom Mn, Fe og Cr-pulvere blir best tilsatt til massen av smeltet Al ved underoverflate-injeksjon ved å bruke en inert bæregass (N_2 , Ar). I motsetning til faktisk injeksjonspraksis, særpreget ved høye bæregasshastigheter og sterk overflateturbulens, er det anbefalt å transportere mater materialet med minimalt gassforbruk.

For å forhindre tap i forbindelse med flotasjon og oksydering av fine pulvere, er det anbefalt å anbringe injeksjonslansen i en skrå vinkel i forhold til vertikalen. Det er også anbefalt å anbringe åpningen til lanser i en posisjon slik at metallpulverne føres nedad og radielt av strømmen av smeltet metall. Maksimum dispersjon av partiklene oppnås således med minimum risiko for partikkeldannelse. I tillegg blir bæregassboblene som kommer ut fra lanser, innesluttet i den radielle bevegelse, som ender i hvirvelen dannet av smeltet metall i bevegelse. Ved å bryte metall-luft-grensen frigjør boblene finmetallpartikler som kan ha blitt båret med. Disse partikler blir så umiddelbart trukket inn i massen av smeltet Al ved hvirvelens virkning. Denne fremgangsmåte forhindrer overflateoksydering av metallpulveret som ofte er forbundet med injeksjon ved høy bærehastighet.

Tilsetningen av metallpulvere, nemlig Mn, Fe, Cr og Ni foretatt i henhold til trekkene ifølge foreliggende oppfinnelse, er særpreget ved meget rask oppløsningstid. Tilsetninger på opptil 4% Mn og 1,5% Fe oppløste seg fullstendig på mindre enn 8 minutter. På grunn av fremgangsmåtens effektivitet og den eksoterme oppløsning av disse elementer, oppnås det ved fremgangsmåten en rask økning i temperatur av den smeltede metallmasse, som er så høy som 9 til 10° pr. 1% tilsetning.

Således kan ved fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen, en full ovnsladning fremstilles ved legering i kun en del av diglene og danne ovnstilsetningen. De maksimale tilsetninger av legeringselementer i henhold til de forskjellige fasediagram er slik at ingen intermetalliske forbindelser blir tillatt dannet og felt ut ved bunnen av digelen.

Tilsetning av metallpulvere til hvirvelen, beskrevet for AlF_3 tilsetninger i EPA 65854, kunne også foretas. Imidlertid var denne metode mindre pålitelig, gav et visst tap ved oksydering og dannet følgelig faste ugunstige inklusjoner i Al.

Videre kan sikkerhetsrisiko relatert til eksplosivitet og toksisitet av pulveret eksistere dersom hvirveltilsetninger blir brukt.

Andre metoder har blitt foreslått for å tilsette pulverisert materiale til smeltet metall uten bruk av høyhastighets bæregass. En slik metode er beskrevet i US patent 4109898. Dette har imidlertid flere ulemper sammenlignet med fremgangsmåten beskrevet her, nemlig

- bevegelige deler med gassforseglinger
- beskyttelsesbelegg
- slitasje av slyngedysen

Kobbertilsetninger

Med hensyn til kobbertilsetninger til aluminium, tillater den kombinerte effekt av høy metalltemperatur (>800 °C), digelutforming og smelteomrøring bruken av faste kobberstykker. Stangstykker (20 kg hver) og 8 kg barrer i tilsetninger i opptil 1% oppløser seg fullstendig på mindre enn 5 minutter når det tilsettes til digler. Tilsetninger av Cu-stykker kan foretas likeledes før eller under omrøring av smelten i diglene. Det er tydelig at utføring av metodene for legering i digler beskrevet ovenfor for Cu såvel som for Mn, Fe, Cr og Ni, representerer vesentlig besparelse i

forhold til forlegeringer eller briketter. Faktisk er forlegeringer ikke anbefalt og kan være ikke-kompatible med metoden ifølge oppfinnelsen, siden deres aluminiuminnhold kunne resultere i utstrakt temperaturtap.

5

b) Høyt smeltepunkt/rask oppløsning

Silisium er hovedlegeringselementet i denne kategori. Det bør settes til som rent metallisk silisium under omrøring av smelten som beskrevet tidligere. Siden silisium oppløses raskt i digler, kan råmateriale i form av ganske store stykker (10 - 20 cm) eller pulvere (90% større enn 44 μm) likeledes bli brukt.

15 2. Lavere smeltepunkt enn Al

Sink flyter ikke i Al og kan tilsettes enten i pulver eller massiv form. Oppløsningen av sink i aluminium er endotermisk.

20

Magnesium er det eneste legerende element som flyter i Al, men på grunn av dets viktighet i aluminiumslegeringer og på grunn av dets spesielle karakteristika, må spesielle metoder for tilsetning anvendes.

25

Når man legerer aluminium med magnesium i digler eller ovner, er det viktig ikke å sette smeltet Al-Mg legering i kontakt med gjenværende elektrolytt. For å forhindre ytterligere forurensning av Na, Ca og Li, er det anbefalt å overføre smeltet metall fra potteromdigler til den påtenkte prosessdigel.

30

Som beskrevet ovenfor, må metalloverføring sikre at elektrolytt ikke bæres over i prosessdigelen i noen grad.

35

For å oppnå rask oppløsning og gjenværende alkali (Na, Ca, Li) innhold lavere enn 5 ppm etter AlF_3 -tilsetningen, bør Mg-tilsetninger utføres under visse betingelser. For det

første er det ønskelig å unngå hvirveldannelse av den smeltede metallmasse. Faktisk vil hvirvelstrømningsmønsteret trekke flytende elektrolytt fra overflaten inn i massen av det smeltede metall for derfor å favorisere utbytingen mellom magnesium og de forskjellige fluorforbindelser.

Hvirveldannelse kan forhindres ved å redusere hastigheten av en roterende røreanordning (60-100 RPM mot 150 RPM) og/eller ved å anbringe røreanordningen forskjøvet i forhold til digelsenteret. Minimal forskyvning i forhold til senter erholdes når rørebladtuppen er tangentiell til symmetriaksen av digelen. Magnesiumbarrer (opptil 23 kg) kan brukes som råmateriale. Rene Mg-barrer er den billigste kilde for Mg og deres enhetsstørrelse er liten nok til å oppnå tett spesifikasjon nøyaktig. Siden fast Mg er flytende i Al, flyter Mg-barrer på smelteoverflaten. Etter som de smelter, blir flytende Mg umiddelbart trukket inn og oppløst i massen av det smeltede Al. Oppløsningstiden er mindre enn 5 minutter, selv for store Mg-tilsetninger (opptil 10%).

Siden disse betingelser opprettholdes for å forhindre forurensning ved alkali tilbakereaksjon, blir Mg-tilsetninger fortrinnsvis utført til sist i den totale prosess. En foretrukket sekvens av tilsetninger til digelen kan nå etableres for å oppnå maksimal effektivitet. For det første tilsetning av AlF_3 (valgfritt) for fjerning av alkali og jordalkalielementer. For det andre, tilsetning av legeringselementer med en eksotermisk oppløsning i Al, nemlig Fe, Mn, Cr og Ni. Samtidig eller umiddelbart etter følger tilsetninger av Cu, Si som har endotermisk reaksjon, men normalt blir tilsatt i mindre mengder. Oppløsningsparametrene til Cu og Si er også identiske til de for Fe, Mn osv. hva angår rørehastighet og posisjon.

Etter å ha oppnådd maksimumtemperatur og nesten fullstendig oppløsning av de første elementer, blir rørehastighet og posisjon for ikke-hvirvelbetingelse satt og Mg-tilsetninger foretatt. Maksimum Mg-tilsetning bestemmes i henhold til

fasediagrammene og også på basis av metalltemperaturen i diglene. I enkelte tilfeller må Mg-tilsetninger faktisk begrenses for å forhindre frysing, ettersom Mg-tilsetninger er forbundet med temperaturtap på 8-10 °C pr. prosent tilsatt i ikke-oppvarmet isolert digel.

Magnesiumtilsetninger i digler har vist seg å gi gjenvinninger på 98-100% i motsetning til ca. 90% for vanlige operasjoner i ovner. I tillegg til råmaterialebesparelse gir fremgangsmåten ifølge foreliggende oppfinnelse vesentlige forbedringer i metallrenhet. Kun begrensede mengder inklusjoner dannes ved oksydering under legering, og disse kan faktisk bli samlet opp inne i digelen ved virkningen av fluksen. Denne oppsamlingsmekanisme har tidligere blitt beskrevet i EPA 112024.

Forbedring i metallrenhet ved anvendelse av digelmetallurgi kan gi besparelser i tid og omkostninger ved ovn- og kontinuerlige behandlingsoperasjoner. Siden rent og legert metall tilføres ovnene, kan fluksdannelse og setting i ovnene elimineres eller reduseres vesentlig for samme støpemetallkvalitet. Alternativt kan fremgangsmåten, dersom ovns- og den kontinuerlige operasjon opprettholdes, fremskaffe bedre og renere metall til støpemaskiner enn hva som ellers var mulig.

Det kommer endelig ut som et foretrukket trekk av oppfinnelsen at på grunn av raskheten og effektiviteten av prosessen kan legeringen og raffineringen av primært aluminium foretas i digler under overføringsoperasjonen fra potterom til støpe-ovner uten noen varmetilførsel utenfra (selvfølgelig kan varme tilføres dersom det er påkrevet). Også på grunn av dets effektivitet kan det som kreves for total legering for en full ovn, tilsettes til en del av diglene for å utgjøre en gitt mengde. Flytende forlegeringer av forskjellige sammensetninger og konsentrasjoner blir så dannet for å tilsvare den umiddelbare legeringsproduksjon uten behov for solidifisering, løsgjørelse og omsmelting.

Tabell 1 viser enkelte eksempler på hvorledes metoden kan utføres ved produksjon av forskjellige legeringer. Det er antatt at hver digel inneholder 5 tonn, slik at 8 digler er krevet for å danne en metallmasse på 40 tonn. Lege-
 5 ringstilsetningene tar i betrakning innholdet av Fe og Si i primært Al.

TABELL 1

10	Lege- ring	Spesifikk legering											total tilsetn. av digel (Kg)	
		legerings- sammensetninger												
15		Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Cr	
	AA-1100	0.075	0.55	-	-	0.15	-	30	180	-	-	40	-	250 kg
	AA-3003	0.075	0.61	-	1.08	0.22	-	30	204	-	432	68	-	734 kg
20	AA-3004B	0.16	0.44	1.05	1.10	0.20	-	64	136	420	440	60	-	1120 kg
	AA-5052	-	0.25	2.5	-	-	0.2%	-	60	1000	-	-	80	1140 kg
	AA-5182	-	0.25	4.5	0.35	-	-	-	60	1800	-	-	-	2000 kg

25	Lege- ring	% av digler som legeres	Lege- ring pr. tilfør- sels- digel (kg)	Digel til lege- rings- konsen- tra- sjons- forhold	Analyse av forlegering tilført ovn fra prosess					
					Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Cr
30	AA-1100	1 over 8	250 kg	8:1	0.6%	3.7%	-	-	0.8%	-
	AA-3003	2 over 8	367 kg	4:1	0.28	1.9%	-	4.02%	0.63%	-
	AA-3004B	2 over 8	560 kg	4:1	0.57%	1.22%	3.78%	4.0%	0.54%	-
	AA-5052	3 over 8	380 kg	2.67:1	-	0.37%	6.2%	-	-	0.5%
35	AA-5182	4 over 8	500 kg	2:1	-	0.27%	8.18%	0.64	-	-

5

10

Som vist i tabell 1, kan en mengde legeringer og konsentra-
sjoner dannes i digler avhengig av de spesielle produk-
sjonskrav. Konsentrasjonsgraden (forhold mellom legerende
konsentrasjon i en digel i forhold til konsentrasjonen av
legeringen som skal dannes) kan f.eks. variere fra så høyt
som 20:1 for nesten rent aluminium og opp til et forhold på
1:1 for sterkt legerte produkter. Mengden av legerende
tilsetninger til digelen avhenger av oppløseligheten til
elementene i aluminiumslegeringer ved operasjonstempera-
turen. Maksimale tilsetninger for de forskjellige elementer
er definert som konsentrasjonen ved hvilken intermetalliske
forbindelser begynner å felles ut i det flytende metall. I
praksis vil temperaturtap på grunn av endotermisk oppløsning
av Mg, Si, Cu for eksempel også ha innvirkning på den maksi-
male mengde av tilsetninger i diglene. Aluminiumsinnhold i
legering eller forlegering dannet i digel bør derfor være
minst 75%.

30

I henhold til betingelsene for foreliggende oppfinnelse blir
en aluminiumsstøpende ovn fylt fra et visst antall støpe-
beholdere med primært aluminium fra reduksjonsceller. Lege-
ringstilsetningene for ovnsmassen tilsettes direkte i be-
handlingsdiglene ifølge metoden beskrevet ovenfor. Ved
avslutning av ovnstilsetningen behøver smelten kun å
homogeniseres i temperatur og blanding og om nødvendig
begrenset fluksdannelse for å utføre fjerning av alkali

35

og/eller setteperiode for forbedring av metallrenhet. Total tid for operasjonen i ovnen kan begrenses til 30 - 60 minutter med digellegering og raffinering uten å begrense tilsetningssammensetningen. I vanlig aluminiumstøpe-
5 praksis kan legeringsdannelsestid i ovner være på noen timer. Kostnadsreduksjon og/eller økning i produksjonskapasitet kan beregnes fra vurdering av metodene og anordningene beskrevet i foreliggende oppfinnelse.

10 I de medfølgende tegninger er:

Fig. 1 et skjematisk oversiktsbilde fra siden av en digel utstyrt med anordninger for tilsetning av forpulvret legeringselement til smeltet Al, og
fig. 2 er et tilsvarende plant bilde.

15

Under referanse til tegningene omfatter en digel en stål-
mantel (10), isolering (12), en ildfast foring (14) og et
isolert lokk (16), og inneholder smeltet Al opptil et nivå
indikert av overflate (18) i en avstand H over bunnen av
20 digelen. En røreanordning (20) er montert inne i digelen og roteres ved hjelp av en vertikal aksling (22). Røreanordningen er montert eksentrisk, slik at tuppene til bladene passerer gjennom akslen til digelen, og med bladene anbragt i en høyde h_1 over bunnen av digelen. Ved rotering av
25 røreanordningen dannes en hvirvel i overflaten av det smeltede Al. En injeksjonslanse (24) er anbragt med pulverisert legeringselement (26) fra en trakt (28) med lavhastighets inert bæregass (Ar, N_2) fra rør (30) og (32). Lansen stikker inn i det smeltede Al med en vinkel på 5 grader
30 til 45 grader i forhold til vertikalen. Tuppen (34) av lansen er en høyde h_0 over bunnen av digelen. I planfiguren (figur 2) strekker lansen seg omtrent tangentielt til sirkelene dannet av røreanordningen og hvirvelen.

35 Det viste arrangement er passende for tilføring av høysmeltende legerende elementer som oppløser seg sakte i smeltet Al. For dette formål bør forholdet h_1/H være mindre enn 0,2, forholdet h_0/h_1 bør være i området 1,0 - 3,0, bære-

gasstrømningsgraden bør være liten og med liten hastighet, og rørehastigheten bør være 100-250 RPM.

EKSEMPEL 1

5

Dannelse av AA-3003 med aluminiums digel-metallurgi.

Ved denne forsøksbeliggenhet tilføres potterometall til et likestrøms støpeutstyr utstyrt med ovner med 50 tonns kapasitet. Smeltealuminium transporteres i digler med et gjennomsnittlig metallinnhold på 5,7 tonn og et H/D forhold på 0,47. Normalt forblir en ovn på en gitt legeringsproduksjon i en viss tid. I tillegg holdes en del legering tilbake i ovnen fra støping til støping for produktivitets- og kvalitetsformål. Under forsøksperioden forble en masse på ca. 8 tonn tilbake etter støping i en 50 tonns ovn. Tabell 2 gir legeringssammensetningen til AA-3003 og de nødvendige legeringstilsetninger for å fremstille en full 50 tonns mengde fra en 18 tonns masse av AA-3003 med primært aluminium fra potterom.

TABELL 2

Legeringskrav for AA-3003

	Mn	Fe	Si	Cu	Mg
AA-3003 spec (%)	1,08%	0,61%	0,22%	0,075%	-
Legeringstilsetninger (kg)	340 kg	150 kg	60 kg	25 kg	-

Ovnstilsetningen (ca. 32 t) kunne så kompletteres med overføring av 5 potteromdigler pluss 3 tonn faste tilsetninger. Det ble også besluttet å tilsette alt av de legerende elementer til to av de fem digler i like mengder. Gitt den eksotermiske oppløsning av Mn og Fe og på grunn av fraværet av Mg, kunne den legerende og raffinierende prosess utføres direkte i transportdigelen (ikke isolert). Alle fem digler ble behandlet med AlF_3 tilsetninger for å fjerne alkali og jordalkali-forurensninger.

TABELL 3

Eksempel 1 fremstilling av AA-3003

Støpe- skje nr.	til- setning (kg)			Legeringstilsetning		Oppløsnings- tid (min)	Metall- sammensetning	Konsen- trasjon- sforhold
	Mn	Fe	Si	fe-Mn	Cu-Si			
1	170	75	30	Start	Slutt	8 min	2.7% 1.33% 0.51% 0.23%	2.5:1
				Behandlings- tid (min)	1.0 min 3.5 min 6 min 14 min			
2	170	75	30	Metall- temp. (°C)	808°C 820°C 834°C 824°C	8 min	2.7% 1.33% 0.51% 0.23%	2.5:1
				Behandlings- tid (min)	1.0 min 3.5 7 min 13 min			
				Metall- temp. (°C)	821°C 833°C 843°C 832°C			

1) Fra AlF₃ tilsetning ved tid T = 0 min.

2) Analyser ved OES

Den legerende og raffinierende prosess er oppsummert i tabell 3. En total mengde på 287,5 kg av legeringstilsetninger ble foretatt til hver av de to prosessdigler. Tilsetninger av Fe og Mn ble foretatt tidlig i prosessen, fulgt av Cu og Si under kontinuerlig omrøring av smelten med en rotasjonsrører av typen beskrevet i EPA 65854. Mn og Fe i pulverform (85-90% - 35 + 325 mesh) ble injisert under overflaten av smelten ved å bruke metoden beskrevet i figur 1. Si og Cu (stykker henholdsvis 10 cm, og stangstykker 20 kg) ble dumpet inn i digelen ved 6-7 minutters intervaller. Det fulle legeringsprosess var endt innen 14 minutter med oppløsningstider på mindre enn 10 minutter for de forskjellige elementer. Legering av AA-3003 i digler er også særpreget ved en sterk eksotermisk oppløsning, som resulterer i en netto prosesstemperaturøkning på mer en 10 °C. Med aluminiumsdigel-metallurgiprosessen kan en full ovnstilføring legeres og raffineres innenfor den normale tilførselstid. Tre ovnsmengder av AA-3003 ble dannet i henhold til eksempel 1. Digel- og ovnsanalysen ga 100% gjenvinning av alle elementer, idet ovnsmengdene var spesifisert ved endelig tilførsel og homogenisering. Siden legering og raffinering i digler også passende utføres i forbindelse med fjerning av alkali og jordalkalielementer i digler, er reduksjon eller eliminering av fluksdannelse i ovner mulig. Ved avsluttet tilførsel var innholdet av Li, Na og Ca mindre enn 2 ppm. Utførelsen av denne prosess resulterer følgelig i viktig reduksjon eller eliminering av ineffektive ovnsoperasjoner og vesentlig økning i støpesenterets effektivitet.

Eksempel 2

I en andre serie forsøk ble metodene og effektiviteten til Mg-tilsetninger i digler etablert. I dette forsøk bærer potteromdigler et gjennomsnitt på 7000 kg metall. Disse er lett isolert og oppviser et metallforhold på H/D på ca. 0,74. For effektivt å fjerne alkalielementer i nærvær av Mg som beskrevet ovenfor, ble primært metall fra første

potterom først overført til en bestemt prosessdigel. Metall-
overføringen ble utført ved å helle direkte fra støpeskjeen
til digelen, noe som ble forenklet ved digel-tekanneformen.
Det ble beregnet at badinnholdet i prosessdigelen var mindre
5 enn 2 kg pr. tonn Al. Fire forsøk, nr. 1-4, har blitt fore-
tatt, hvor Mg ble variert fra 2,5 til 4,25%. Mg ble tilsatt
i form av 10 kg barrer, matet til overflaten av smelten.
Legeringstilsetninger kom etter en tilsetning av AlF_3 for
fjerning av alkali (Na, Ca) i diglen under de første 6-8
10 min. av behandlingstiden. Ved tilsetning av Mg ble rota-
sjonshastigheten av omrøringsanordningen redusert til mindre
enn 100 OPM (mot 150 OPM) for å oppnå ikke-hvirvel betingel-
ser. Forsøksbetingelser og resultater er oppsummert i tabell
4. Legeringstilsetninger mellom 180 kg og 320 kg per digel
15 ble foretatt i en hastighet på ca. 100 kg per min. Oppløs-
ningen av Mg var meget rask og var ferdig på ca. 4 min.
Analyse ved optisk emisjonsspektografi viste gjennvinningene
å være 98 til 100 %. Sammenlignet med legering med Mg i
ovner (tilnærmet 90 % gjennvinning) overføres denne høye
20 gjennvinninggrad i digler til:

- A) besparelser i råmaterialet for legering.
- B) forbedring i kvaliteten av produktene.

25 Metallrenhetmålinger (filtrering og metallografisk under-
søkelsesteknikk) viste ca. 10 gangers forbedring i forhold
til vanlig ovner.

TABELL 4

Legering av aluminium med Mg i støpeskjeer

Test	Mg til- satt (kg)	Forsøksparametre					Resultater						
		Mg Start (min.)	Start T ^o C	Mg slutt (min.)	T ^o C	test slutt (min.)	RPM	Opp- lø- nings- tid (min.)	Ende- lig Mg (%)	T ^o C tap 0 ^o C/%Mg	Metall (mm ²)/Kg etter rensing	Na (PPM) Ca (PPm) etter forsøk	
1	183 kg	7.9	-	10.1	-	15	65	-	2.55	8 ^o C	0.21	3	≤ 1
2	314 kg	7.3	820	10.1	770	15	65	4.1	4.16	9 ^o C	0.45	4.5	≤ 1
3	179 kg	7.1	810	9.1	787	15	95	3.0	2.57	9 ^o C	0.93	5	≤ 1
4	322 kg	6.8	795	9.6	756	15	95	3.4	4.24	8 ^o C	0.73	3.5	≤ 1
5	314 kg	12.5	798	15.2	758	-	135	4.3	4.02	-	-	30	-

Resultater av prøver tatt i digler etter behandling viste inklusjoner ved en gjennomsnittlig grad på 0,58 mm²/kg hvorav 85 % var små alluminiumkarbider. På den annen side kan ovnsprøve tatt etter legering inneholde inklusjoner som varierer fra 2-10 mm²/kg med en meget større grad (70-80%) av kvalitetsnedsettende MgO og MgAl₂O₄. Endelig ble det vist at lave verdier (mindre enn 5 ppm) av gjenværende Na kan oppnås selv ved høyt Mg innhold ved å begrense celle-elektrolytt ved hjelp av metalloverføring fra potteromsdigler til prosessbeholder og ved å etablere ikke-hvirvel betingelser. Faktisk når en hvirvel blir dannet som i forsøk nr. 5 ved 135 OPM, steg natriuminholdet raskt til 30 ppm.

Eksempel 3.

15

Dannelse av AA-3004 (boks).

Leskedrikkboksen representerer idag en av de meste kritiske alluminiumsprodukter spesielt i forbindelse med metallkvalitet og metallrenhet. Dette forsøket ble utformet for å vise at oppfinnelsen kan brukes for kritiske legeringer med vesentlige forbedringer både i produktivitet av støpefabrikken og kvaliteten av produktet. Forsøk beskrevet i dette eks. ble utført på samme sted som i eks. 1, dvs. med 5,7 tonn støpedigler som mater 50 tonn mantelovner med primært Al fra potterom. Som i eks. 2 ble legeringsprosessen utført i en spesiell prosessdigel. Denne digel hadde tidligere blitt isolert og den var forvarmet før metalloverføringen for å minimalisere varmetap. Tre påfølgende 50 tonns porsjoner ble produsert i en gitt ovn. I dette tilfellet ble det tilbake en mengde på 8-9 tonn i ovnen etter støpingen. Den gjenværende mengde besto nesten fullstendig av primært alluminium fra potterom. Tabell 5 gir numminelle sammensetninger av AA-3004 og typiske mengder av legeringstilsetninger av AA-3004 og typiske mengder legeringstilsetninger til 50 tonns porsjonsovn.

Tabell 5.

Legeringsbetingelser for AA-3004					
	Mn	Fe	Cu	Si	Mg
AA-3004					
10 Sammensetning%	1,1%	0,44%	0,16%	0,20%	1,05%
Legeringstil-					
15 setninger (kg)	464kg	100kg	66kg	58kg	560kg

15 Fra en gjenværende mengde på 8-9 tonn av AA-3004 var 7 støpedigler krevet for å fylle ovnen. Av disse 7 støpedigler ble kun to overført til nevnte prosessdigel og legert (0,5-0,5) og de andre fem ble ikke overført og ikke legert før

20 tilføring i ovnen.

Alle støpebeholdere og digler ble behandlet med en tilsetning av AlF_3 for fjerning av alkali og jordalkali forurensninger. Tabell 6 viser den legerende og rafinerende prosess

25 i digelen.

Tabell 6.

Typisk digelprosess (2 legerte digler over tilsetning 7).

5

Tilsetning		Prosess		Metaller		Impeller
Type	Mengde (Kg)	Tid (min.) Start Slutt		Temperatur (°C) Start Slutt		ORM
AlF ₃	10 Kg	0	1	808	804	130-140
Mn	234 Kg)	2	5.3	802	796	130-140
Fe						
Cu	33 Kg)	8.5	9.5	828	830	130-140
Si						
Mg	280 Kg	11	13.5	826	801	70-90
Forsøkslutt		17		790 ⁰		

Tabell 7 gir ytterligere prosessinformasjon.

Element	Mn	Fe	Cu	Si	Mg
Tilsetning (kg)	234	50	33	29	280
Mål % i digel	3.7	0.90	0.52	0.51	4.44
Oppløsnings- tid (min.)	9	9	6	5	5

En endelig analyse av metall i prosessdigelene viste Na og Ca konsentrasjoner på henholdsvis 4 ppm og 3 ppm.

Som i første eks. var sekvensene og tilsetninger 1) AlF_3 , 2) Mn og Fe, 3) Cu og Si, og endelig 4) Mg for hvilket ikke-virvelbetingelser ble etablert. Omrøring i diglen ble igjen utført av en røreanordning av typen beskrevet i EPA65854 ved å følge hastighet og beliggenhetskrav ifølge foreliggende metode for optimalisert legering. Totalt ca. 625 kg av legeringselementer blir tilsatt hver av prosessdiglene under forsøksperioden (2 digler per ovn, 3 ovner totalt).

Legeringselementer brukt for AA-3004 produksjon var av samme form og karakteristika som de beskrevet i eks. 1 og 2. Prosesstid for legerte digler varierte fra 16-20 min. Dette kunne forkortes ytterligere til mindre enn ca. 15 min ved passende automatisering og samtidige legeringstilsetninger. Oppløsningstider var igjen meget raske for alle elementer (mindre enn 9 min). Digellegeringsprosessen viste seg også å være energieffektiv. På tross av de store mengder som var tilsatt, og spesielt Mg, led den totale prosess kun av marginale temperertap på 15 til 20°C på en fraksjon kun av smeltetilsetning. Dette aspekt alene av digelmetallurgi kan representere vesentlig besparelse i forhold til faktisk ovnslegerende praksis.

Ved endelig tilsetning og smelte-homogenisering var alle tre
ovnstilsetninger ved numminell sammensetning for denne
legering. Siden legeringsprosessen i digelen ikke forsinket
tilsetningstiden, kunne legering-prepareringstiden reduseres
5 med 30 til 60 min. I tillegg var alkaliforurensninger (Li,
Na, Ca) allerede lave (mindre enn 4 ppm) etter tilførsel.
Metallrenhet forbedres også ytterligere i forhold til
ovnspraksis, spesielt siden en meget mindre fraksjon av Mg
oksyderes til MgO , $-MgAl_2O_4$ under legeringsprosessen. Som
10 tidligere beskrevet kan disse fordeler bli brukt for å for-
korte legeringsprepareringstrinnene (fluss dannelse -
fetting) og/eller for å forbedre kvaliteten av støpte barer.
I dette spesielle tre-porsjonsforsøk ble fluss-dannelse og
fetting i ovnen opprettholdt. Inklusjonstall av matemetallet
15 fra ovner tilført ved digelmetallurgi var halvparten av de
som ble funnet med vanlig ovnspraksis.

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte ved fremstilling av et støpt aluminiums-
5 legeme legert med en eller fler legeringskomponenter valgt
fra Mn, Fe, Cr, Ni, Cu, Mg, Zn og Si ved trinnene å danne
smeltet aluminium i en produksjonsbeholder, passere det
smeltede metall fra produksjonsbeholderen til en behand-
lingsbeholder, tilsette og oppløse minst én legerings-
10 komponent i partikulær form til det smeltede metall i
behandlingsbeholderen, føre det smeltede metall fra
behandlingsbeholderen til et støpekammer og støpe et legeme
av aluminiumslegering fra støpekammeret,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det smeltede metall
15 føres fra produksjonsbeholdren i flere porsjoner til minst
én åpen uvarmet transportdigel som behandlingsbeholder, og
at derpå i det minste én legeringskomponent tilsettes og
oppløses i det smeltede metall i minst én porsjon, men ikke
i alle av dem, idet legeringstiden ikke overskrider 15
20 minutter, og porsjonene blandes derpå i støpebeholderen.
2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t
v e d at alle legeringskomponentene tilsettes og oppløses i
det smeltede metall i behandlingsbeholderen.
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 det benyttes en
produksjonsbeholder som er en elektrolytisk reduksjonscelle.
- 30 4. Fremgangsmåte ifølge krav 3, k a r a k t e r i s e r t
v e d at det smelted metall føres fra cellen til en
transportdigel og derfra til behandlingsbeholderen.
5. Fremgangsmåte ifølge et hvert av kravene 1 til 4,
35 k a r a k t e r i s e r t v e d at det benyttes en
behandlingsbeholder som er en transportdigel.

6. Fremgangsmåte ifølge et hvert av kravene 1 til 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at flere behandlingsbeholdere blir brukt hvor innholdet av behandlingsbeholderne blir blandet i støpebeholderen.

5

7. Fremgangsmåte ifølge et hvert av kravene 1 til 6, k a r a k t e r i s e r t v e d at alle legeringskomponentene tilsettes og oppløses i det smeltede metall i det minste i én porsjon, men ikke i alle.

10

8. Fremgangsmåte ifølge et hvert av kravene 1 til 7, k a r a k t e r i s e r t v e d at minst én legeringskomponent tilsettes som et pulver ved overflateinjeksjon ved å bruke en bæregass i en omrørt masse av det smeltede metall i behandlingsbeholderen.

15

9. Fremgangsmåte ifølge krav 8, k a r a k t e r i s e r t v e d at hoveddelen av metallpulveret som benyttes, har en partikkelstørrelse i området 44 μm til 2 mm.

20

10. Fremgangsmåte ifølge krav 8 eller 9, k a r a k t e r i s e r t v e d at den smeltede metallmasse i behandlingsbeholderen omrøres ved hjelp av en impeller drevet ved en slik hastighet at det dannes en hvirvel ved den smeltede metalloverflate.

25

11. Fremgangsmåte ifølge et hvert av kravene 1 til 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at minst én legeringskomponent, valgt fra Cu og Si, tilsettes i massiv form til en omrørt masse av det smeltede metall i behandlingsbeholderen.

30

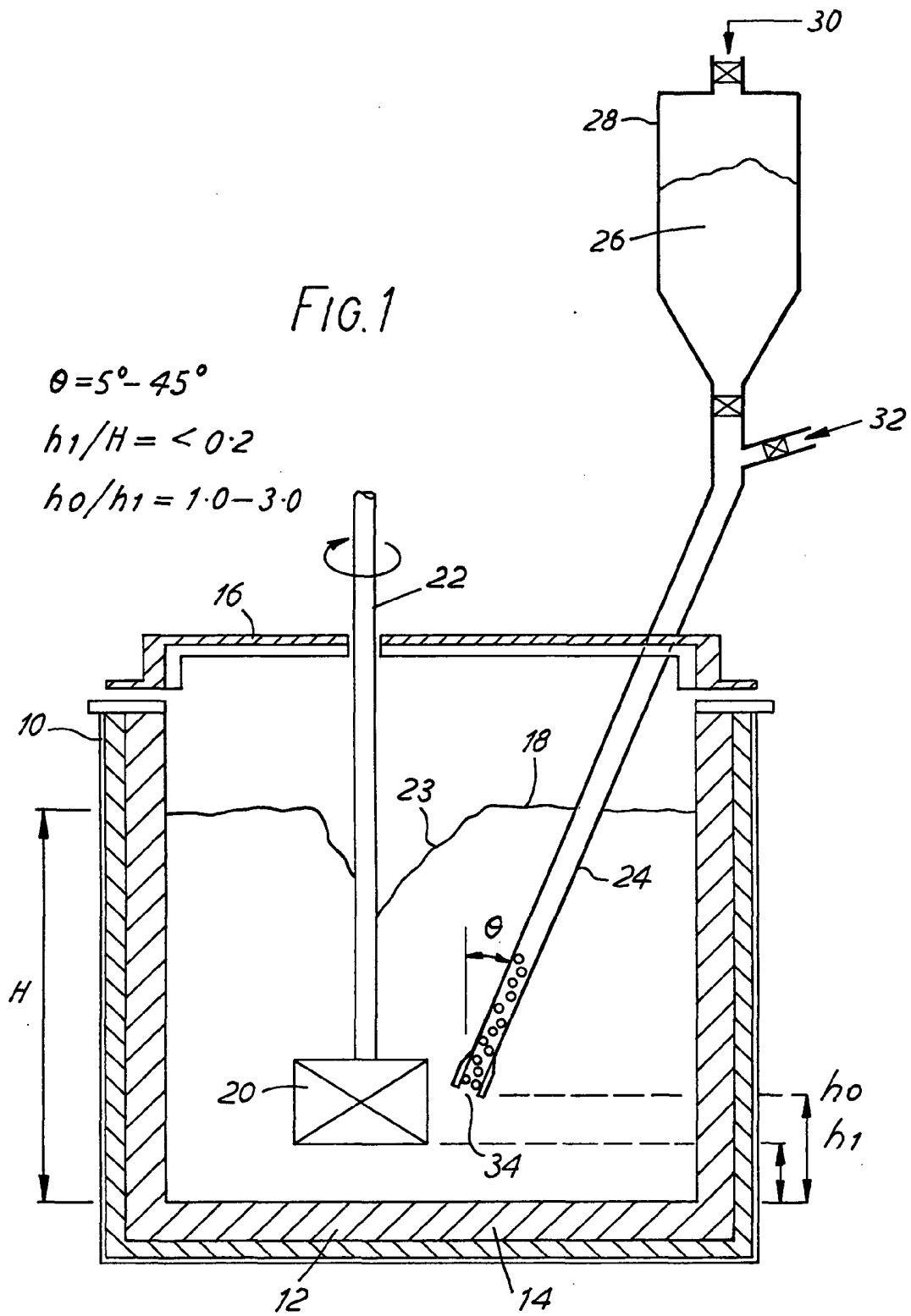
12. Fremgangsmåte ifølge et hvert av kravene 1 til 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at legeringskomponenten Mg tilsettes til en masse av det smeltede metall i behandlingsbeholderen som omrøres ved en slik hastighet at det ikke i vesentlig grad dannes noen hvirvel ved den smeltede metalloverflate.

35

13. Fremgangsmåte ifølge krav 12, k a r a k t e r i s e r t
v e d at det, før tilsetningen av Mg, tilsettes AlF_3 til
den omrørte masse av det smeltede metall i behandlings-
beholderen i en mengde for å redusere hver av Na-, Ca- og
5 Li-nivåene til under 5 ppm.

14. Fremgangsmåte ifølge et hvert av kravene 8 til 13,
k a r a k t e r i s e r t v e d at to eller fler av de
følgende tilsetninger blir foretatt i følgende rekkefølge
10 til den omrørte masse av smeltet metall i behandlings-
beholderen:

- i) AlF_3 for å redusere innholdet av Na, Ca og Li;
- ii) én eller fler av Mn, Fe, Cr, Ni, Cu, Zn og Si i
pulverform;
- 15 iii) én eller fler av Zn, Cu og Si i massiv form;
- iv) Mg.



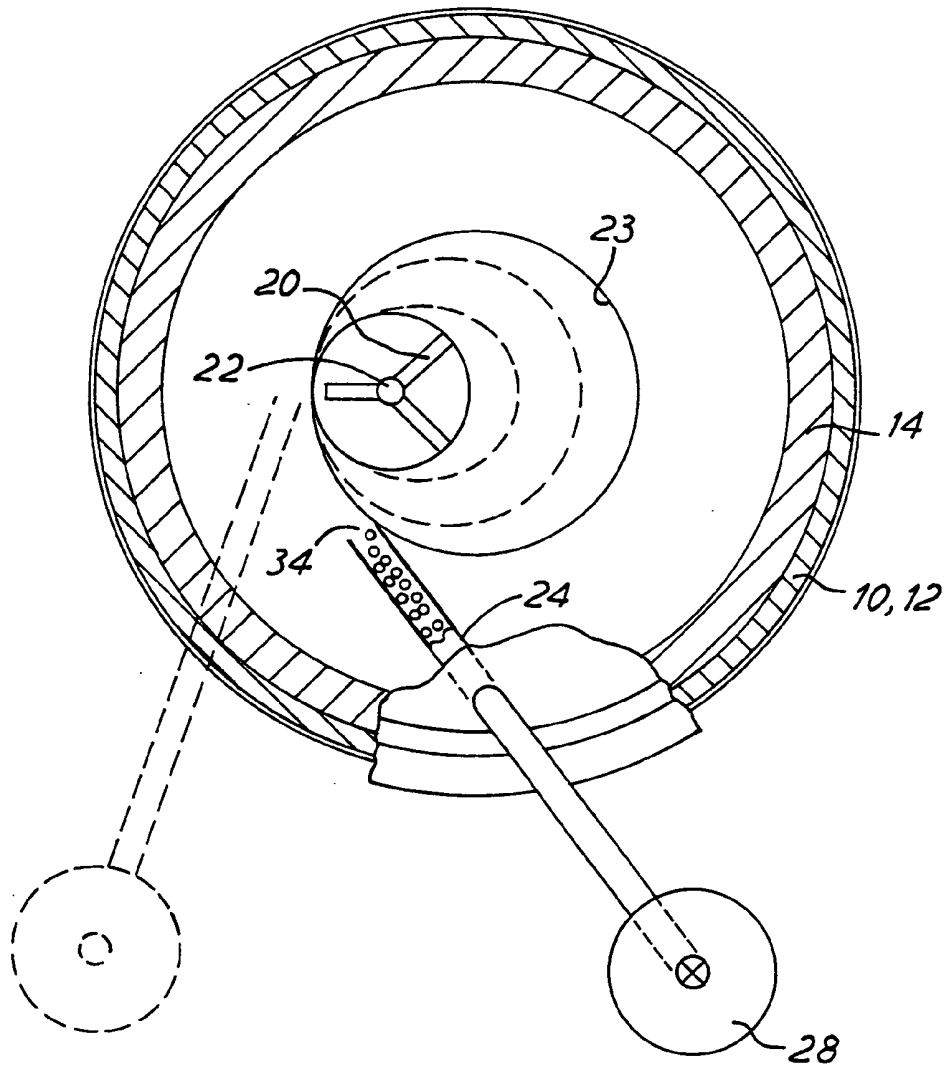


FIG. 2