



NORGE

KORRIGERT FORSIDE / CORRECTED FRONT COVER

(12) PATENT

(19) NO

(11) 310980

(13) B1

(51) Int Cl⁷ C 22 C 33/06, 38/00

Patentstyret

(21) Søknadsnr	20000499	(86) Int. inng. dag og	
(22) Inng. dag	2000.01.31	søknadsnummer	
(24) Løpedag	2000.01.31	(85) Videreføringsdag	
(41) Alm. tilgj.	2001.08.01	(30) Prioritet	Ingen
(45) Meddelt dato	2001.09.24		

(71) Patenthaver	Elkem ASA, Hoffveien 65 B, 0377 Oslo, NO
(72) Oppfinner	Øystein Grong, 7092 Tiller, NO
	Ole Svein Klevan, Orkanger, NO
(74) Fullmektig	Magne Vindenes, 4675 Kristiansand S

(54) Benevnelse **Fremgangsmåte for kornforfining av stål, kornforfiningslegering for stål og fremgangsmåte for fremstilling av kornforfiningslegering**

(56) Anførte publikasjoner Ingen

(57) Sammendrag

Den foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte for kornforfining av stål, særlig ferrittiske og austenittiske stål, hvilken fremgangsmåte er kjennetegnet ved at en kornforfiningslegering med en sammensetning FeXY hvor X er ett eller flere elementer valgt fra gruppen omfattende Cr, Mn, Si, Ni og Mo og hvor Y er ett eller flere oksid- og/eller sulfiddannende elementer valgt fra gruppen omfattende Ce, La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba, Sr og Mg hvor X er mellom 0 og 80 vekt % basert på vekten av legeringen og hvor Y er mellom 0,001 og 15 vekt % basert på vekten av legeringen og hvor legeringen i tillegg inneholder mellom 0,001 og 1 vekt % oksygen og/eller mellom 0,001 og 1 vekt % svovel, hvilken legering inneholder minst 10^3 inneslutningspartikler pr. mm^3 bestående av oksider og/eller sulfider av ett eller flere av Y elementene og/eller ett eller flere av X elementene Cr, Mn og Si, hvilke inneslutningspartikler har en midlere diameter mindre enn 5 μm , tilsettes til smeltet stål i en mengde mellom 0,01 og 3 vekt % basert på vekten av stål, hvorefter stålet støpes.

Oppfinnelsen vedrører videre en kornforfiningslegering for stål og fremgangsmåter for fremstilling av kornforfiningslegeringer.

Teknisk område

Den foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte for kornforfining av stål, særlig ferrittiske og austenittiske stål, en kornforfiningslegering for stål og en fremgangsmåte for fremstilling av en kornforfiningslegering. Legeringen er beregnet både for kontroll av kornstørrelse i formede støpegjenstander og i støpte emner for videre bearbeiding til standard produkter (for eksempel plater, rør, stenger, wire).

Teknikkens stilling

10 Kravene som stilles høyfaste stål med optimal kombinasjon av egenskaper blir stadig strengere. Da kornstørrelsen i stål kontrollerer egenskapene, kan den ønskede egenskapsprofil oppnås ved utvikling av en riktig regulert mikrostruktur.

15 Stål i støpt tilstand er gode eksempler på materialer hvor de oppnådde egenskaper er avhengig av den mikrostruktur som oppstår under størkning. Generelt vil en grov kolonneformet kornstruktur uunngåelig utvikle seg dersom effektive heterogene kimdanningssteder er fraværende foran størkningsfronten. Ved tilstedeværelse av kimdanningskrystaller, vil fine ekviaksiale korn dannes direkte i smelten. Avhengig av omstendighetene kan den ekviaksiale konstruksjonen helt overskygge dannelse av kolonneformede korn, hvilket fører til en forbedret støpbarhet (for eksempel varmduktilitet og motstand mot varmsprekking) gjennom en mindre kornstørrelse og reduserte problemer med senterlinjesegregering.

25

Erfaring har vist at mikrostrukturen i høylegert stål etter støping er meget forskjellig fra mikrostrukturen i karbonmanganstål eller lavlegerte stål på grunn av det høyere innhold av legeringselementer og et bredere spenn i kjemisk sammensetning. Vanligvis kan man observere fire distinkte størkningsforløp:

30

- Primær ferrittdannelse
- Primær ferrittdannelse etterfulgt av peritektisk omvandling til austenitt

- Primær ferritt- og austenittdannelse
- Primær austenittdannelse

På grunn av fravær av etterfølgende fast-fase omvandling, er det særlig et
5 behov for kornforfining i fullt austenittiske eller ferrittiske stål. Det har opp til
nå ikke vært tilgjengelig kommersielle kornforfinere for stål i motsetning til det
som er tilfelle for støpejern og aluminiumlegeringer hvor kornforfiner er
utstrakt brukt for å raffinere størkningsmikrostrukturen.

10 Gjennom de siste tiårene er det blitt oppnådd vesentlige forbedringer av
egenskapene for stål gjennom en nøye kontroll av kjemisk sammensetning og
volumfraksjon og størrelsesfordeling av ikke-metalliske inneslutninger. Dette
er blitt muliggjort ved innføring av sekundær stålfremstilling som en integrert
del i fremstillingsprosessen og ved bruk av avanserte øseraffineringssteknikker
15 for desoksidasjon og avsvovling. Den ødeleggende effekt av inneslutninger
på stålegenskapene oppstår på grunn av deres evne til å virke som
initieringssteder for mikrohulrom og bruddsprekker under bruk. Bruk av rene
stål blir normalt betraktet som en fordel, både med hensyn til seighet og
utmatningsstyrke.

20

Mer nylig er den fordelaktige virkning av inneslutninger på fast-fase
omvandling av stål blitt anerkjent. Særlig er fenomenet med intragranulær
kimdannelse av nåleformet ferritt ved inneslutninger veldokumentert i
lavlegerte stål for sveising, hvor de beste egenskapene oppnås ved
25 forhøyede oksygen- og svovelnivåer som fører til utvikling av en mer finkornet
mikrostruktur. De samme observasjonene er også blitt gjort i smistålprodukter
desoksidert med titan, selv om betingelsene som eksisterer ved
stålframstillingen er mer utfordrende på grunn av risikoen for at
inneslutningene vokser og risikoen for inneslutning av store partikler som kan
30 virke som initieringssteder for bruddsprekker. På grunn av problemene
relatert til kontroll av størrelsen av inneslutninger under desoksidasjon og
støping, har konseptet med inneslutningsstimulert ferrittkimdanning ennå ikke

funnet noen særlig anvendelse, men er begrenset til bestemte smistålprodukter hvor sveisbarhet er av særlig viktighet.

Det er kjent at inneslutninger spiller en viktig rolle i utvikling av
5 størkningsmikrostrukturen for stål og vesentlig kornforfining er blitt observert i en rekke stålsystemer inkludert:

Aluminium-titan desoksidert lavlegerte stål på grunn av kimdannelse av deltaferritt ved titanoksid/nitridinneslutninger.

10 Aluminium-titan desoksidert ferrittisk rustfritt stål på grunn av kimdannelse av deltaferritt ved titanoksid/nitrid-inneholdende inneslutninger.

Lavlegerte stål behandlet med sjeldne jordartsmetaller (REM) på grunn av kimdannelse av deltaferritt ved Ce/La inneholdende oksider og sulfider.

Ferrittiske rustfrie stål behandlet med sjeldne jordartsmetaller på grunn av kimdannelse av deltaferritt ved Ce/La inneholdende oksider og sulfider.

15 Austenittiske rustfrie stål behandlet med sjeldne jordartsmetaller på grunn av kimdannelse av austenitt ved Ce/La inneholdende oksider og sulfider.

I alle disse tilfellene har kornforfiningseffekten sammenheng med inneslutningenes evne til å virke som effektive heterogene
20 kimdanningssteder, for eksempel ved å gi en liten gitteruregelmessighet mellom substratet og kimet. Eksperimenter har vist at en underkjøling i størrelsesorden av 1°C er nødvendig for å starte kimdanning når den atomære uregelmessighet over flaten er 5 % eller mindre. Denne graden av underkjøling er tilstrekkelig lav til å starte dannelse av en ekviaksial
25 mikrostruktur under størkning forutsatt at antallet kimdannende inneslutninger foran fast/flytende grenseflaten overstiger en bestemt terskel.

FeSi-baserte inokulanter og behandlingslegeringer for støpejern er kommersielt tilgjengelig og i vanlig bruk i støperiindustrien. Disse legeringene
30 inneholder balanserte tilsetninger av sterke oksid- og sulfiddannere så som Ca, Al, Ce, La, Ba, Sr og Mg. Det er godt etablert at hovedrollen til elementene er å modifisere den kjemiske sammensetning og krystallstruktur av de eksisterende inneslutninger i det smeltede støpejern og således forårsaker grafittdannelse under størkningen. Dette foregår ved en heterogen

kimdannelsesprosess som er analog til det som er dokumentert for kornkimdanning i stål.

5 Forsøk har vist at både FeCr and FeMn, fremstilt ved konvensjonelle støpemetoder inneholder en indre distribusjon av oksider og sulfider hvor den første gruppe er viktigst. Disse systemene har en høy oksygenoppløselighet i smeltet tilstand (ca. 0,5 vekt % O eller høyere), hvor inneslutningene dannes naturlig både før og under støping på grunn av reaksjonen mellom O og S og Cr, Si, og Mn inneholdt i legeringene. Fordi avkjølingshastigheten ved

10 konvensjonell sandformstøping er lav blir imidlertid den resulterende størrelsesfordelingen av Cr_2O_3 , SiO_2 , MnO og MnS oksid og sulfid inneslutningene heller grove. Størrelsen av inneslutningene i kommersiell FeCr og FeMn er typisk mellom 10 og $50\mu\text{m}$, hvilket gjør slike legeringer uegnet som kornforfinere for stål.

15 Kontrollerte laboratorieeksperimenter har vist at tilsetninger av en sterk oksid- eller sulfdanner slik som Ce til en smeltet jernlegering vil resultere i dannelse av Ce_2O_3 og CeS. Disse inneslutningene tilsvarer de inneslutningene som er observert i stål behandlet med sjeldne jordartsmetaller, og i begge tilfeller

20 oppnås det utstrakt kornforfining. Den initiale størrelse av inneslutningene oppnådd med denne konvensjonelle legeringsteknikken er mellom 1 og $4\mu\text{m}$. Imidlertid skjer det en gradvis vekst av inneslutningene etter at Ce er tilsatt og dersom ikke smelten kjøles hurtig vil inneslutningene vokse seg store og bli skadelig for de mekaniske egenskapene.

25

Beskrivelse av oppfinnelsen

Det er et formål med den foreliggende oppfinnelse å fremskaffe en metode for kornforfining av stål, særlig ferrittiske og austenittiske stål, ved tilsats av visse kornforfiningslegeringer til smeltet stål før eller under støping, å

30 fremskaffe en kornforfiningslegering for bruk ved kornforfining av slike stål og å fremskaffe en fremgangsmåte for fremstilling av en kornforfiningslegering.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører således en fremgangsmåte for kornforfining av stål, særlig ferrittiske og austenittiske stål, hvilken fremgangsmåte er kjennetegnet ved at en kornforfiningslegering med en sammensetning FeXY hvor X er ett eller flere elementer valgt fra gruppen

5 omfattende Cr, Mn, Si, Ni og Mo og hvor Y er ett eller flere oksid- og/eller sulfiddannende elementer valgt fra gruppen omfattende Ce, La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba, Sr og Mg hvor X er mellom 0 og 80 vekt % basert på vekten av legeringen og hvor Y er mellom 0,001 og 15 vekt % basert på vekten av legeringen og hvor legeringen i tillegg inneholder mellom 0,001 og 1 vekt %

10 oksygen og/eller mellom 0,001 og 1 vekt % svovel, hvilken legering inneholder minst 10^3 inneslutningspartikler pr. mm^3 bestående av oksider og/eller sulfider av ett eller flere av Y elementene og/eller ett eller flere av X elementene Cr, Mn og Si, hvilke inneslutningspartikler har en midlere diameter mindre enn 5 μm , tilsettes til smeltet stål i en mengde mellom 0,01

15 og 3 vekt % basert på vekten av stål, hvorefter stålet støpes.

I henhold til en foretrukket utførelsesform inneholder FeXY legeringen som tilsettes til det smeltede stål minst 1 vekt % av X elementene.

20 I henhold til en annen foretrukket utførelsesform har FeXY legeringen som tilsettes til det smeltede stål en sammensetning hvor X er mellom 3 og 50 vekt % basert på vekten av legeringen, og hvor Y er mellom 0,001 og 5 vekt % basert på vekten av legeringen. Innholdet av oksygen og/eller svovel er fortrinnsvis mellom 0,01 og 0,3 vekt % basert på vekten av legeringen.

25

I henhold til en ytterligere foretrukket utførelsesform inneholder legeringen som tilsettes det smeltede stål minst 10^6 inneslutningspartikler per mm^3 hvor inneslutningspartiklene har en midlere diameter mindre enn 1 μm .

30 I henhold til en ytterligere utførelsesform tilsettes kornforfiningslegeringen til smeltet stål i en mengde mellom 0,1 og 1,5 vekt % basert på vekten av stålet.

For å oppnå best resultat anbefales det at stålet, før tilsetning av kornforfinerlegeringen, behandles for å danne de riktige termodynamiske betingelsene i stålsmelten for å redusere muligheten for "fading". Kornforfiningslegeringen tilsettes derfor til det smeltede stål enten i støpeøsen like før eller under støping eller direkte i støpeformen. Når kornforfiningslegeringen tilsettes til det smeltede stål i støpeøsen er det foretrukket å tilsette legeringen i partikulær form med en partikkelstørrelse mellom 5 og 20 mm. Når kornforfiningslegeringen tilsettes til det smeltede stål i støpeformen er det foretrukket å tilsette legeringen i form av en "cored wire" som kontinuerlig tilføres til stålsmelten med en kontrollert hastighet. For ytterligere å redusere fadingeffekten er det viktig at kornforfiningslegeringen tilsettes til det smeltede stål som det siste trinn før støping; etter regulering av stålsammensetningen og etter andre behandlingstrinn så som desoksidasjon eller lignende.

Det er blitt verifisert at det ved fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen blir introdusert et høyt antall av meget små oksid- og/eller sulfidpartikler i det smeltede stålet. Disse kan virke som aktive kimdanningspunkter under den etterfølgende størkningen hvor nye korn vil vokse ekviaksialt inntil de treffer eller forstyrrer veksten av kolonneformede korn. Dette resulterer i en ekviaksial mikrostruktur med meget liten kornstørrelse i det støpte stålet. Det er også blitt funnet at inneslutningspartiklene som tilføres stålet via kornforfiningslegeringen påvirker utviklingen av mikrostrukturen i fast fase ved at de påvirker rekrystallasjon og kornvekst og/eller ved å fremme intergranulær dannelse av nåleformet ferritt. Dette fører til en ytterligere kornforfining ved termomekanisk behandling og sveising av stålene, særlig i ståltypen hvor det forekommer fasetransformasjon i fast tilstand.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører videre en legering for kornforfining av stål, særlig ferrittiske og austenittiske stål, hvilken legering er kjennetegnet ved at den har en sammensetning $FeXY$ hvor X er ett eller flere elementer valgt fra gruppen bestående av Cr, Mn, Si, Ni og Mo og hvor Y er ett eller flere oksid og/eller sulfiddannende elementer valgt fra gruppen bestående av Ce,

La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba, Sr og Mg hvor X er mellom 0 og 80 vekt % basert på vekten av legeringen og hvor Y er mellom 0,001 og 15 vekt % av legeringen, hvilken legering i tillegg inneholder mellom 0,001 og 1 vekt % oksygen og/eller mellom 0,001 og 1 vekt % svovel, hvilken legering
5 inneholder minst 10^3 inneslutningspartikler per mm^3 omfattende oksider og/eller sulfider av ett eller flere av Y elementene og/eller ett eller flere av X elementene Cr, Mn og Si, hvilke inneslutningspartikler har en midlere diameter mindre enn $5\text{ }\mu\text{m}$.

10 I henhold til en foretrukket utførelsesform inneholder kornforfiningslegeringen minst 1 vekt % av ett eller flere av X elementene.

I henhold til en annen foretrukket utførelsesform er X mellom 3 og 50 vekt % basert på vekten av legeringen og Y er mellom 0,001 og 5 vekt % basert på
15 vekten av legeringen. Inneholdet av oksygen og/eller svovel er fortrinnsvis mellom 0,01 og 0,3 vekt % basert på vekten av legeringen.

I henhold til en ytterligere foretrukket utførelsesform inneholder legeringen minst 10^6 inneslutningspartikler per mm^3 hvor inneslutningspartiklene har en
20 midlere diameter mindre enn $1\text{ }\mu\text{m}$.

Kornforfiningslegeringen i henhold til oppfinnelsen som inneholder et meget høyt antall inneslutningspartikler, knuses til en partikkelstørrelse mellom 5 og 20 μm før den anvendes som kornforfiner. Kornforfiningslegeringen tilsettes
25 til stålet enten i partikulær form eller i form av en såkalt fylt wire som inneholder kornforfiningslegeringen og som fremstilles på konvensjonell måte. Den fylte wiren inneholder en passende justert størrelsesfordeling av knuste partikler av kornforfiningslegeringen for å oppnå en ønsket pakketetthet og oppløsningshastighet tilpasset for sen tilsetning til støpeformen.

30

Ved å velge en passende kombinasjon av X og Y elementer i kornforfiningslegeringen kan kornforfiningslegeringen skreddersys for enhver stålsammensetning. Kornforfiningslegeringen i henhold til den foreliggende

oppfinnelse er således meget fleksibel og kan, særlig ved å velge X elementene i legeringen, benyttes for å oppnå et kornforfinet stål med en riktig mengde legeringselementer i stålet.

- 5 Den foreliggende oppfinnelse vedrører videre en fremgangsmåte for fremstilling av en kornforfiningslegering for stål, hvilken fremgangsmåte er kjennetegnet ved de følgende trinn:

10 Tilveiebringelse av en første smelte av en basis FeX legering hvor X er et eller flere elementer valgt fra gruppen bestående av Cr, Mn, Si, Ni og Mo i en mengde mellom 1 og 80 vekt % basert på vekten av FeX legeringen og hvor resten, bortsett fra forurensninger, er Fe; tilveiebringelse av en andre smelte av en FeXY legering hvor X er ett eller flere elementer valgt fra gruppen bestående av Cr, Mn, Si, Ni og Mo i en mengde mellom 1 og 80 vekt % basert
15 på vekten av FeXY legeringen og hvor Y er ett eller flere elementer valgt fra gruppen bestående av Ce, La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba, Sr og Mg i en mengde av Y mellom 0,002 og 30 vekt % basert på vekten av FeXY legeringen; tilsetning av en oksid og/eller svovelinneholdende forbindelse til den første smelten for å oppnå mellom 0,002 og 2,0 vekt % O og/eller mellom
20 0,002 og 2,0 vekt % svovel oppløst i den første smelten;
blanding av den første og den andre smelten i slike mengder at det oppnås en smeltet legering inneholdende 1 til 80 vekt % av ett eller flere av elementene valgt fra gruppen bestående av Cr, Mn, Si, Ni og Mo, 0,001 til 15 vekt % av Ce, La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba, Sr og Mg, 0,001 til 1 vekt % O
25 og/eller 0,001 til 1 vekt % S, hvor resten unntatt normale forurensninger er Fe, og;
umiddelbar størkning av den resulterende smeltede legering ved hurtigkjøling for å danne en legering som har minst 10^3 inneslutningspartikler pr. mm^3 bestående av oksider og/eller sulfider av ett eller flere av Y elementene
30 og/eller ett eller flere av X elementene Cr, Mn og Si, hvilke inneslutningspartikler har en midlere diameter på mindre enn $5\mu\text{m}$.

I henhold til en foretrukket utførelsesform blir den første og den andre smelte oppvarmet til en temperatur av minst 50°C over deres smeltepunkter før den første og den andre smelte blandes.

- 5 I henhold til en annen foretrukket utførelsesform foretas blandingen av den første og den andre smelten ved å tømme den første og andre smelte samtidig slik at den første og andre smelten blir brakt i intim kontakt med hverandre.
- 10 Hurtigkjølingen kan foretas enten ved støping i en vannkjølt kobberform eller ved støping på støpebelte, ved vanngranulering, ved vannatomisering, ved gassatomisering eller ved andre konvensjonelle hurtigkjølingsmetoder.

Den foreliggende oppfinnelse vedrører videre en fremgangsmåte for å
15 fremstille en kornforfiningslegering hvilken fremgangsmåte er kjennetegnet ved de følgende trinn:

- tilveiebringelse av en Fe smelte inneholdende mellom 0,0001 og 1 vekt % O og/eller mellom 0,0001 og 1 % S oppløst i Fe smelten;
- tilsetning av mellom 0,001 og 15 vekt % av ett eller flere elementer valgt fra
20 gruppen bestående av Ce, La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba og Mg og;
- umiddelbart størkne den smeltede legering ved hurtigkjøling for å danne en fast legering inneholdende minst 10^3 inneslutningspartikler pr. mm^3 bestående av oksider og/eller sulfider av ett eller flere elementer valgt fra gruppen bestående av Ce, La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba og Mg, hvilke
25 inneslutningspartikler har en midlere diameter av mindre enn $5\mu\text{m}$.

- Erfaring har vist at det er mulig å oppnå en fin distribusjon av submikroskopiske oksider og/eller sulfid inneslutningspartikler ved å øke kjølehastigheten av legeringen før eller under størkningen. Ved hurtigkjøling
30 er det således mulig å oppnå så mye som 10^8 inneslutningspartikler pr. mm^3 eller høyere i kornforfiningslegeringen i henhold til den foreliggende oppfinnelse.

KRAV:

- 5 1. Fremgangsmåte for kornforfining av stål, k a r a k t e r i s e r t v e d at en kornforfiningslegering med en sammensetning FeXY hvor X er ett eller flere elementer valgt fra gruppen omfattende Cr, Mn, Si, Ni og Mo og hvor Y er ett eller flere oksid- og/eller sulfiddannende elementer valgt fra gruppen omfattende Ce, La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba, Sr og Mg hvor X er mellom 0 og 10 80 vekt % basert på vekten av legeringen og hvor Y er mellom 0,001 og 15 vekt % basert på vekten av legeringen og hvor legeringen i tillegg inneholder mellom 0,001 og 1 vekt % oksygen og/eller mellom 0,001 og 1 vekt % svovel, hvilken legering inneholder minst 10^3 inneslutningspartikler pr. mm^3 bestående av oksider og/eller sulfider av ett eller flere av Y elementene og/eller ett eller flere av X elementene Cr, Mn og Si, hvilke 15 inneslutningspartikler har en midlere diameter mindre enn $5\text{ }\mu\text{m}$, tilsettes til smeltet stål i en mengde mellom 0,01 og 3 vekt % basert på vekten av stål, hvoretter stålet støpes.
- 20 2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at FeXY legeringen som tilsettes til det smeltede stål inneholder minst 1 vekt % av X elementene.
3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at 25 FeXY legeringen som tilsettes til det smeltede stål har en sammensetning hvor X er mellom 3 og 50 vekt % basert på vekten av legeringen, og hvor Y er mellom 0,001 og 5 vekt % basert på vekten av legeringen samt at innholdet av oksygen og/eller svovel er mellom 0,01 og 0,3 vekt % basert på vekten av legeringen.
- 30 4. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at FeXY legeringen som tilsettes det smeltede stål har minst 10^6

inneslutningspartikler per mm^3 hvor inneslutningspartiklene har en midlere diameter mindre enn $1\mu\text{m}$.

5. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, karakterisert ved at
5 kornforfiningslegeringen tilsettes til smeltet stål i en mengde mellom 0,1 og 1,5 vekt % basert på vekten av stålet.

6. Fremgangsmåte ifølge krav 1, karakterisert ved at
10 kornforfiningslegeringen tilsettes til det smeltede stål i støpeøsen like før eller under støping.

7. Fremgangsmåte ifølge krav 1, karakterisert ved at kornforfiningslegeringen tilsettes til det smeltede stål i støpeformen.

15 8. Legering for kornforfining av stål, karakterisert ved at legeringen har en sammensetning FeXY hvor X er ett eller flere elementer valgt fra gruppen bestående av Cr, Mn, Si, Ni og Mo og hvor Y er ett eller flere oksid og/eller sulfiddannende elementer valgt fra gruppen bestående av Ce, La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba, Sr og Mg hvor X er mellom 0 og 80 vekt %
20 basert på vekten av legeringen og hvor Y er mellom 0,001 og 15 vekt % av legeringen, hvilken legering i tillegg inneholder mellom 0,001 og 1 vekt % oksygen og/eller mellom 0,001 og 1 vekt % svovel, hvilken legering inneholder minst 10^3 inneslutningspartikler per mm^3 omfattende oksider og/eller sulfider av ett eller flere av Y elementene og/eller ett eller flere av X
25 elementene Cr, Mn og Si, hvilke inneslutningspartikler har en midlere diameter mindre enn $5\mu\text{m}$.

9. Legering ifølge krav 8, karakterisert ved at legeringen inneholder minst 1 vekt % av ett eller flere av X elementene.
30

10. Legering ifølge krav 8 eller 9, karakterisert ved at FeXY legeringen har en sammensetning hvor X er mellom 3 og 50 vekt % basert på vekten av legeringen og hvor Y er mellom 0,001 og 5 vekt % basert på vekten

av legeringen, samt at innholdet av oksygen og/eller svovel er fortrinnsvis mellom 0,01 og 0,3 vekt % basert på vekten av legeringen.

11. Legering ifølge krav 8, k a r a k t e r i s e r t v e d at legeringen
5 inneholder minst 10^6 inneslutningspartikler pr. mm^3 hvor inneslutningspartiklene har en midlere diameter mindre enn $1\mu\text{m}$.

12. Fremgangsmåte for fremstilling av en kornforfiningslegering for stål, k a r a k t e r i s e r t v e d de følgende trinn:
- 10 tilveiebringelse av en første smelte av en basis FeX legering hvor X er et eller flere elementer valgt fra gruppen bestående av Cr, Mn, Si, Ni og Mo i en mengde mellom 1 og 80 vekt % basert på vekten av FeX legeringen og hvor resten, bortsett fra forurensninger, er Fe;
- tilveiebringelse av en andre smelte av en FeXY legering hvor X er ett eller
15 flere elementer valgt fra gruppen bestående av Cr, Mn, Si, Ni og Mo i en mengde mellom 1 og 80 vekt % basert på vekten av FeXY legeringen og hvor Y er ett eller flere elementer valgt fra gruppen bestående av Ce, La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba, Sr og Mg i en mengde av Y mellom 0,002 og 30 vekt % basert på vekten av FeXY legeringen;
- 20 tilsetning av en oksid og/eller svovelinnholdende forbindelse til den første smelten for å oppnå mellom 0,002 og 2,0 vekt % O og/eller mellom 0,002 og 2,0 vekt % svovel oppløst i den første smelten;
- blanding av den første og den andre smelten i slike mengder at det oppnås en smeltet legering inneholdende 1 til 80 vekt % av ett eller flere av
25 elementene valgt fra gruppen bestående av Cr, Mn, Si, Ni og Mo, 0,001 til 15 vekt % av Ce, La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba, Sr og Mg, 0,001 til 1 vekt % O og/eller 0,001 til 1 vekt % S, hvor resten unntatt normale forurensninger er Fe, og;
- umiddelbar størkning av den resulterende smeltede legering ved hurtigkjøling
30 for å danne en legering som har minst 10^3 inneslutningspartikler pr. mm^3 bestående av oksider og/eller sulfider av ett eller flere av Y elementene og/eller ett eller flere av X elementene Cr, Mn og Si, hvilke inneslutningspartikler har en midlere diameter på mindre enn $5\mu\text{m}$.

13. Fremgangsmåte ifølge krav 12, k a r a k t e r i s e r t v e d at den første og den andre smelte oppvarmes til en temperatur av minst 50°C over deres smeltepunkter før den første og den andre smelte blandes.

5

14. Fremgangsmåte ifølge krav 12, k a r a k t e r i s e r t v e d at blandingen av den første og den andre smelten foretas ved å tømme den første og andre smelte samtidig slik at den første og andre smelten blir brakt i intim kontakt med hverandre.

10

15. Fremgangsmåte ifølge krav 12, k a r a k t e r i s e r t v e d at legeringen støpes i en vannkjølt kobberform eller ved støping på støpebelte, ved vanngranulering, ved vannatomisering, ved gassatomisering.

15 16. Fremgangsmåte for fremstilling av en kornforfiningslegering, k a r a k t e r i s e r t v e d de følgende trinn:

tilveiebringelse av en Fe smelte inneholdende mellom 0,0001 og 1 vekt % O og/eller mellom 0,0001 og 1 % S oppløst i Fe smelten;

20 tilsetning av mellom 0,001 og 15 vekt % av ett eller flere elementer valgt fra gruppen bestående av Ce, La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba og Mg, og;

umiddelbart størkne den smeltede legering ved hurtigkjøling for å danne en fast legering inneholdende minst 10^3 inneslutningspartikler pr. mm³ bestående av oksider og/eller sulfider av ett eller flere elementer valgt fra gruppen bestående av Ce, La, Nd, Pr, Ti, Al, Zr, Ca, Ba og Mg, hvilke

25 inneslutningspartikler har en midlere diameter av mindre enn 5µm.

17. Fremgangsmåte ifølge krav 16, k a r a k t e r i s e r t v e d at den smeltede legering oppvarmes til en temperatur av minst 50°C over smeltepunktet før den størknes.

30