



**NORGE**

(19) [NO]

[B] (12) **UTLEGNINGSSKRIFT** (11) **NR. 154272**

STYRET FOR DET  
INDUSTRIELLE RETTSVERN

(51) Int. Cl.<sup>4</sup> **C 21 D 8/12, 9/46, 9/52**

(21) Patentsøknad nr. **800802**  
(22) Inngivelsesdag 20.03.80  
(24) Lopedag 20.03.80  
(62) Avdelt/utskilt fra søknad nr.

(83)

(86) Internasjonal søknad nr. -  
(86) Internasjonal inngivelsesdag -  
(85) Videreforingsdag -  
(41) Alment tilgjengelig fra 22.09.80  
(44) Utlegningsdag 12.05.86

(71)(73) Soker/Patenthaver **BRITISH STEEL CORPORATION,**  
33 Grosvenor Place,  
London SW1X 7JG,  
England.

(72) Oppfinner **JAMES HERBERT RICHARD PAGE,**  
Craig-y-Rhacca, Gwent, Wales,  
**ALAN COOMBS,**  
Newport, Gwent,  
England.

(74) Fullmektig Siv.ing. Sigrun E. Græsbøll,  
Bryn & Aarflot A/S, oslo.

(30) Prioritet begjært 21.03.79, Storbritannia,  
nr. 7909969.

(54) Oppfinnelsens benevnelse **FREMGANGSMÅTE FOR FREMSTILLING AV ET  
IKKE-SILISIUM-STÅL FOR ELEKTROMAGNETISKE  
FORMÅL.**

(57) Sammendrag

Det beskrives en fremgangsmåte til fremstilling av et ikke-silisium-stål for elektromagnetiske anvendelser, hvor en vakuumavgasset stålsmelte inneholdende mindre enn 0,025 vekt% karbon, mellom 0,1 og 1,0% mangan, mellom 0,01 og 0,15% fosfor, høyst 0,02% svovel, høyst 0,007% nitrogen, med et titaninnhold i området 0,05-0,25%, resten jern bortsett fra tilfeldige forurensninger, utstøpes og omdannes til valseblokker som varmvalses under anvendelse av en avsluttende temperatur i området 900-950°C, hvorefter det resulterende varmvalsedede bånd opprulles ved en temperatur på minst 700°C.

(56) Anførte publikasjoner Norsk (NO) utl.skrift nr. 144221 (C21D 1/78),  
Britisk (GB) patent nr. 1333280 (C22C 39/00), 1299707 (C22C 39/00).

Denne oppfinnelse angår en fremgangsmåte til fremstilling av ikke-silisium-stål for elektromagnetiske formål, spesielt isotrope ikke-silisiumstål som oppviser en relativt liten variasjon i energitap med tiden, og slike stål betegnes i det følgende som stål som er resistente mot magnetisk eldning.

Fremstillingen av stål i form av tynne plater eller bånd for elektromagnetiske formål omfatter flere prosess-trinn som bestemmer de endelige, ønskede magnetiske og mekaniske egenskaper. En av de viktigere magnetiske parametere som må reguleres innenfor spesifiserte grenser, er det samlede energitap som finner sted i båndet når dette eksisteres av et vekslende magnetisk felt. Da energitap er et akseptert kvalitetskriterium, blir verdien etter fremstillingen av stålbandet så vel som variasjonen med tiden av vesentlig betydning.

Et viktig mekanisk kriterium er enn videre den hårdhetsgrad som oppnås i det endelige produkt. Dette må reguleres ved egnet valg av materialkjemi og prosessbehandling med sikte på å oppnå et nivå og en konsistens som sikrer gode stanse- eller lokkeegenskaper.

Det ikke-silisium-stål som den foreliggende oppfinnelse angår, kan leveres som ferdig glødet materiale eller som semi-prosessert materiale, og sistnevnte betegnes vanligvis som halvhårdt eller ikke fullstendig glødet (N.F.A.) materiale. Med uttrykket fullstendig glødet materiale menes at stål-fabrikanten produserer materiale i hvilket de magnetiske egenskaper er fullt utviklet ved en prosess som omfatter en eller flere koldvalsninger og hvor den siste prosess er en glødning.

Med uttrykket semi-prosessert materiale menes at den siste glødning utføres i kundens anlegg etter forutgående stansning av båndet til lamineringer (laminations). Ved hver prosess dannes materiale som når det til slutt glødes enten av leverandøren eller kunden, har et totalt energitap som typisk ligger i området 7-10 watt pr. kg, ved en induksjon på 1,5 Tesla ved en frekvens på 50 Hz, avhengig av sammen-setningen, prosessbetingelsene og den endelige tykkelse.

Med mindre spesiell oppmerksomhet utvises ved prosesseringen av materialet kan en forringelse i de magnetiske egenskaper av dette materiale finne sted etter avsluttet prosessering. Denne forringelse av magnetiske egenskaper med tiden kalles magnetisk eldning og uttrykkes vanligvis som prosent økning i totalt energitap (watt/kg) ved en spesifisert induksjon (eksempelvis 1,5 Tesla 50 Hz). Minimering av denne forringelse forutsetter at kunden av semi-prosesserte produkter investerer i kostbare temperatur- og atmosfære-reguleringssystemer for tilveiebringelse av en effektiv avkullende atmosfære i glødeovnene for oppnåelse av lavest mulig energitap og magnetisk stabilitet ved reduksjon av karboninnholdet til  $<0,005\%$ . I sin tur medfører dette at man ved fabrikkasjonsanleggene må produsere et materiale som vil oppføre seg ensartet under de glødebetingelser som kunden anvender. Ved fullstendig glødede kvaliteter må lignende oppmerksomhet utvises av fabrikanten når det gjelder den endelige glødning, spesielt i tilfellet av at endelig glødning utføres i en kontinuerlig ovn med den tilhørende hurtige kjøling. Det er følgelig formålet med den foreliggende oppfinnelse å produsere et stål for elektromagnetiske anvendelser med forbedrede eldningsegenskaper, slik at de ovennevnte begrensninger ved fabrikkasjonsprosessene kan elimineres.

Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen med foretrukne utførelsesformer er angitt i kravene, og det vises til disse. Som angitt i krav 1 fremstilles en vakuum-avgasset stålsmelte som bl.a. inneholder 0,05-0,25 vekt% titan, hvilket i kombinasjon med valsing og opprulling innenfor de angitte temperaturområder resulterer i at titankarbid og titannitrid dannes, slik at ingen ytterligere utfelling av disse forbindelser (som forårsaker magnetisk elding) kan finne sted; de er fordelt gjennom hele grunnmassen i en slik form at de ikke medfører en forringelse av de magnetiske egenskaper.

Ifølge en foretrukken utførelsesform av oppfinnelsen innstilles fosforkonsentrasjonen i smelten til å ligge i området 0,05-0,15 %. I tillegg kan også aluminium tilsettes til smelten, hensiktsmessig i en konsentrasjon på høyst 0,05 %, med sikte på reaksjon med gjenværende fritt oksygen

som måtte være tilstede etter vakuum-avkullingstrinnet i vakuum-avgassingsbehandlingen, og før tilsetningen av titan.

I tilfellet av fullstendig glødet bånd blir det varmvalsede bånd etter konvensjonell kjøling etter opprulling og fulgt av beising koldvalset til hovedsakelig endelig tykkelse ved ett-trinns reduksjon, eller ved to-trinns reduksjon med en intermediær glødning som tidligere beskrevet. Ved ett-trinns-metoden blir det varme bånd direkte koldreduisert til hovedsakelig endelig tykkelse på konvensjonell måte og blir deretter streng-glødet (strand-annealed) ved en temperatur som hensiktsmessig ligger i området  $950-1000^{\circ}\text{C}$ . Det er et trekk ved oppfinnelsen at avkullingsprosessen er unødvendig, og denne glødning kan således utføres i en ikke-avkullende atmosfære, ulikt konvensjonell prosessering i hvilken glødning i en avkullende atmosfære er påkrevet.

En alternativ metode til fremstilling av fullstendig glødet materiale er å anvende en to-trinns koldreduksjon. Her blir varmvalset bånd etter konvensjonell kjøling etter opprulling og fulgt av beising koldvalset til 10-15% over endelig tykkelse og blir deretter streng-glødet ved en temperatur som fortrinnsvis ligger i området  $900-950^{\circ}\text{C}$ . Den intermediære glødning mellom de to koldreduksjonstrinn kan utføres i en ikke-avkullende atmosfære som i tilfellet av det fullstendig glødede materiale som fremstilles ved en enkelt koldreduksjon. Etter den intermediære glødning koldvalses båndet til hovedsakelig endelig tykkelse i et andre reduksjonstrinn. Denne andre reduksjon blir så fulgt av en glødning i en kontinuerlig ovn, vanligvis i temperaturområdet  $900-950^{\circ}\text{C}$  i en atmosfære som kan være ikke-avkullende.

I tilfellet av semi-prosessert bånd hvor to-trinns koldreduksjon anvendes, blir det varmvalsede bånd etter konvensjonell kjøling etter opprulling og fulgt av beising koldvalset til 10-15% over endelig tykkelse og blir deretter streng-glødet ved en temperatur i området  $900-950^{\circ}\text{C}$ .

Den intermediære glødning mellom de to koldreduksjonstrinn kan utføres i en ikke-avkullende atmosfære, som i tilfellet av det fullstendig glødede materiale. Etter den

intermediære glødning koldvalses båndet til hovedsakelig endelig tykkelse i det andre reduksjonstrinn.

Mens glødning ovenfor er omtalt som utført i en kontinuerlig ovn, så er dette ikke på noen måte ment å være begrensende, idet slike glødninger også kan utføres i ikke-kontinuerlige eller chargevis arbeidende ovner.

Utførelsesformer av oppfinnelsen skal nå beskrives i de følgende eksempler vedrørende fremstilling av bånd av isotrope ikke-silisium-stål for elektromagnetiske anvendelser.

#### Eksempel 1

Stål fremstilt ved hvilken som helst konvensjonell raffineringssprosess såsom basisk oksygen- eller Siemens-martin-raffinering vakuum-avgasses for nedsettelse av karbon- og oksygeninnholdet og inokuleres, hvorved det oppnås en endelig sammensetning på 0,019% karbon, 0,095% titan, 0,085% fosfor, 0,64% mangan og 0,005% nitrogen, resten jern bortsett fra tilfeldige forurensninger. Manganet, fosfor og titan tilsettes etter vakuum-avkulling og fjerning av restoksygen ved tilsetning av aluminium. Etter vakuum-avgassing støpes metallet, igjen på konvensjonell måte, til støpeblokker som formes til valseblokker for senere varmvalsing.

Blokker som produseres av smelten og som har sammensetningen ifølge foreliggende oppfinnelse, varmvalses med en avsluttende temperatur på ca. 925°C til en tilsiktet tykkelse på 2,0 mm og blir deretter opprullet slik at temperaturen etter opprulling ligger over 700°C. Etter relativt langsom kjøling, slik tilfellet er når det gjelder bånd i tettkveilet opprullet form etter konvensjonell opprulling, blir det varme bånd beiset og koldvalset til en intermediær tykkelse på 0,71 mm. Dette koldreduserte materiale mellomglødes i en konvensjonell streng-glødeovn (strand annealing furnace) anordnet til å opprettholde en båndtemperatur på 900°C. Etter glødningen, som fortrinnsvis utføres i en ikke-avkullende atmosfære, men som kan foretas i en avkullende atmosfære, blir båndet gitt en andre, 10% koldreduksjon til en endelig tykkelse på 0,65 mm. Nivået for denne endelige koldreduksjon er kritisk eller avgjørende når det gjelder å sikre at en stor kornstørrelse, som er nødvendig for oppnåelse av

akseptable magnetiske egenskaper (eksempelvis som definert ved det totale energitap uttrykt i watt pr. kg ved en induksjon på 1,5 Tesla og ved en testfrekvens på 50 Hz), oppnås etter den endelige glødning som utføres av kunden.

Det halv-hårde materiale som produseres på denne måte, må (av kunden) gis en glødning enten i en ikke-avkullende eller en avkullende atmosfære i 1 time ved en temperatur på ca. 800°C eller høyere. Enn videre, mens det er konvensjonell praksis å utføre denne glødning i en avkullende atmosfære, så avhenger lengden av glødningen hovedsakelig av det nøyaktige nivå for inngående karbon i lamineringene, og det nøyaktige slutt punkt for avkullingen er vanskelig å bestemme. Siden det forlanges av hvilken som helst økonomisk fabrikkasjonsprosess, såsom glødning, at den utføres under konstante betingelser, foreligger den mulighet at avkullingen kan være ufullstendig. Det er derfor nødvendig at hastigheten for kjølingen reguleres for å sikre at karbon og nitrogen ikke holdes i fast oppløsning og utfelles over lengre tid når materialet er i bruk i en elektromagnetisk maskin. Denne kjølehastighet mellom 800°C og 500°C bør vanligvis ikke overstige 150°C pr. time. Det er et trekk ved oppfinnelsen at ingen slike begrensende hensyn behøver å tas når det gjelder kjølehastigheten fra 800°C, og at kjølehastigheter opp til det punkt hvor båndet deformeres/forvrides på grunn av kjølehastigheten, kan tolereres.

Bånd produsert ved den ovenfor beskrevne prosess ble funnet å oppvise liten eldning, mindre enn 0,1% i løpet av 14 dager ved 150°C.

Minimeringen av eldning hos stål som produseres i henhold til den foreliggende oppfinnelse, gjør det unødvendig for de brukere av stålet som produserer stansede komponenter, å avkullingsgløde på konvensjonell måte og resulterer i betydelige kostnadsbesparelser.

#### Eksempel 2

Et stål ble fremstilt i en B.O.S.-beholder, vakuum-avgasset til en sammensetning på 0,015% C, 0,28% Mn, 0,06% P, 0,020% S, 0,006% N<sub>2</sub> og 0,15% Ti, resten jern eller tilfeldige

forurensninger, støpt til en støpeblokk som ble formet til valseblokker og deretter varmvalset til bånd med 2,00 mm tykkelse, med en avsluttende temperatur på 900°C og en opprullingstemperatur på 700°C. Det varmvalsede bånd ble beiset og underkastet en koldvalsing på 67,5% reduksjon til en tykkelse på 0,65 mm. Det koldvalsede bånd ble deretter underkastet en kontinuerlig glødning ved 950°C i ca. 2,5 minutter. Magnetiske eldningsprøver utført ved 150°C i 14 dager i henhold til BS 601 indikerte at materialet ikke oppviste noen målbar magnetisk eldning (BS 601 = British Standard 601).

### Eksempel 3

Et stål ble fremstilt med den følgende sammensetning: 0,013% C, 0,26% Mn, 0,01% P, 0,02% S, 0,006% N<sub>2</sub> og 0,15% Ti, resten jern eller tilfeldige forurensninger, ble støpt til en støpeblokk, formet til valseblokker og deretter varmvalset til bånd med 2,00 mm tykkelse, med en avsluttende temperatur på 900°C og en opprullingstemperatur på 700°C. Det varmvalsede bånd ble beiset og underkastet en koldvalsing med 67,5% reduksjon til en tykkelse på 0,65 mm. Det koldvalsede bånd ble deretter underkastet en kontinuerlig glødning ved 1000°C i ca. 2,5 minutter. Magnetiske eldningsprøver utført ved 150°C i 14 dager i henhold til BS 601 indikerte at materialet ikke oppviste noen målbar magnetisk eldning.

P a t e n t k r a v :

1. Fremgangsmåte til fremstilling av et ikke-silisiumstål for elektromagnetiske anvendelser, karakterisert ved de følgende trinn: det produseres en vakuumavgasset stålsmelte inneholdende mindre enn 0,025 vekt% karbon, mellom 0,1 og 1,0 % mangan, mellom 0,01 og 0,15 % fosfor, høyst 0,02 % svovel, 0-0,05 % aluminium, høyst 0,007 % nitrogen, og et titaninnhold i området 0,05-0,25 %, resten jern bortsett fra tilfeldige forurensninger, valseblokker fremstilt av smelten varmvalses under anvendelse av en avsluttende temperatur i området 900-950°C, hvorefter det resulterende varmvalsede bånd opprulles ved en temperatur på minst 700°C, og det varm-valsede bånd koldvalses til hovedsakelig endelig tykkelse ved ett-trinns reduksjon, eventuelt ved to-trinns reduksjon med en intermediær glødning.
2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, karakterisert ved at fosforkonsentrasjonen i smelten innstilles til å ligge i området 0,05-0,15 %.
3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, karakterisert ved at det koldreduserte bånd glødes ved en temperatur i området 950-1000°C.
4. Fremgangsmåte ifølge krav 1, karakterisert ved at det varm-valsede bånd først koldvalses til mellom 10 og 15 % over endelig tykkelse.
5. Fremgangsmåte ifølge krav 1, karakterisert ved at den intermediære glødning utføres ved en temperatur i området 900-950°C.
6. Fremgangsmåte ifølge krav 5, karakterisert ved at den intermediære glødning utføres i en ikke-avkullende atmosfære.
7. Fremgangsmåte ifølge ett eller flere av de foregående krav, karakterisert ved at det koldreduserte bånd med endelig tykkelse glødes ved en temperatur i området 900-950°C.
8. Fremgangsmåte ifølge krav 7, karakterisert ved at glødningen utføres i en ikke-avkullende atmosfære.