

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

115 305

Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 22.06.77 (P.199049)

Pierwszeństwo: 22.06.76 Japonia

Zgłoszenie ogłoszono: 22.05.78

Opis patentowy opublikowano: 30.04.1983

Int. Cl.³ C21D 1/78
H01F 1/04

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: —

Uprawniony z patentu: Kawasaki Steel Corporation, Kobe (Japonia)

Sposób wytwarzania arkuszy ze stali krzemowej, nie orientowanej, o niskich stratach w ferromagnetyku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania arkuszy ze stali krzemowej, nie orientowanej, o niskich stratach w ferromagnetyku.

Według znanego stanu techniki wlewki lub kęsiska stalowe o odpowiednim składzie chemicznym walcuje się na gorąco do otrzymania arkuszy stalowych, walcowanych na gorąco, o pośredniej grubości, następnie wyżarza się je i wreszcie walcuje na zimno do otrzymania arkuszy stalowych, walcowanych na zimno, mających ostateczną grubość od 0,35 mm do 0,70 mm. Arkusze stalowe, walcowane na zimno, tak otrzymane wyżarza się w sposób ciągły w temperaturze około 900°C w ciągu kilku minut w celu spowodowania rekrytalizacji i następnego wzrostu cząstek krystalicznych.

Arkusze stalowe, walcowane na gorąco, o pośredniej grubości wyżarza się, jeśli to pożądane, w celu ich ujednoludnienia, po czym walcuje się je na zimno, jednokrotnie w celu uzyskania arkuszy stalowych, walcowanych na zimno, mających ostateczną grubość lub też walcuje się je na zimno dwukrotnie w celu uzyskania arkuszy stalowych, walcowanych na zimno, mających ostateczną grubość.

Arkusze ze stali krzemowej, nie orientowanej, tak wytworzone zarówno sposobem jednokrotnego walcowania na zimno, jak i sposobem dwukrotnego walcowania na zimno ocenia się zwykle na podstawie strat w ferromagnetyku.

Straty w ferromagnetyku zależą w przypadku stali krzemowej, nie orientowanej, od wielu czynników, np. tekstury, wielkości ziaren i oporu właściwego stali. Wiadomo, że jeśli ziarna są duże i opór właściwy duży, to straty w ferromagnetyku są małe. Aby otrzymać arkusze ze stali krzemowej, nie orientowanej, mającej duże ziarna, trzeba zmniejszyć liczbę wtrąceń lub strąceń szkodliwych dla wzrostu ziaren w operacji końcowej wyżarzania. Natomiast, w celu uzyskania dużego oporu właściwego do stali dodaje się zwykle odpowiednie ilości krzemu i aluminium w granicach umożliwiających dalsze walcowanie jej na zimno.

Stwierdzono za pomocą analizy rentgenowskiej, że drobne strącenia lub wtrącenia, 100 — 500 Å, szkodliwe dla wzrostu ziaren w arkuszach ze stali nie orientowanej, zawierającej więcej niż 0,2% glinu, stanowią siarczki lub tlenosiarczki. Trzeba więc zmniejszyć zawartość tlenu i siarki do bardzo małej zawartości oraz

zmniejszyć temperaturę, do której nagrzewa się wlewki przed przeprowadzeniem walcowania na gorąco, do mniej niż 1150°C . Kiedy wlewki podgrzewa się do temperatury wyższej niż 1150°C , siarczki lub tlenosiarczki rozpuszczają się w osnowie stali krzemowej i strącają się podczas operacji chłodzenia, po czym strącenia te w osnowie przeszkadzają wzrostowi ziaren, pogarszając zarazem własności magnetyczne.

Tak więc, w znanych sposobach trzeba stosować niską temperaturę nagrzewania wlewków, niższą od 1150°C , w celu uzyskania niskich strat w ferromagnetyku. Jest jednak korzystnym stosowanie wyższej temperatury nagrzewania wlewka niż 1150°C ze względu na łatwość walcowania na gorąco.

Ponieważ, jeśli opór odkształcania stali krzemowej, nagrzanej do temperatury niższej od 1150°C znacznie wzrośnie, walcowanie na gorąco staje się bardzo utrudnione.

Stwierdzono, że przez dodanie niewielkich ilości metali ziem rzadkich do stali krzemowej, mającej bardzo małą zawartość tlenu i siarki, można zaglomerować siarczki i tlenosiarczki w dość duże skupiska o wymiarze np. $0,1\ \mu\text{m}$, które nie rozpuszczają się ani nie strącają następnie mimo podgrzania do temperatury $1150 - 1250^{\circ}\text{C}$. Na skutek tego drobne strącenia szkodliwe dla wzrostu ziaren nie pojawiają się w operacji końcowego wyżarzania w osnowie ze stali krzemowej, nawet jeśli wlewek podgrzeje się do temperatury $1150 - 1250^{\circ}\text{C}$.

Celem wynalazku jest podanie sposobu wytwarzania arkuszy ze stali krzemowej, nie orientowanej, o małych stratach w ferromagnetyku nadającego się do stosowania na skalę przemysłową.

Innym celem wynalazku jest podniesienie temperatury nagrzewania wlewków, a zatem i ułatwienie walcowania na gorąco.

Znane jest z opisu patentowego Stanów Zjednoczonych Ameryki nr 3960616 stosowanie metali ziem rzadkich, jako środka odsiarczającego, do stali krzemowych nie orientowanych, natomiast nie jest znany fakt, że dodanie metali ziem rzadkich do stopionej stali krzemowej, nie orientowanej, o niskiej zawartości tlenu i siarki może zapobiec pojawianiu się drobnych wtrąceń w postaci siarczków lub tlenosiarczków, oraz znacznie polepszyć własności magnetyczne gotowego wyrobu, nawet w przypadku, jeśli temperaturę nagrzewania wlewka podniesie się do wymienionego, preferowanego zakresu $1150 - 1250^{\circ}\text{C}$, w którym łatwo walcuje się wlewki na gorąco.

Według wynalazku, sposób wytwarzania arkuszy ze stali krzemowej nie orientowanej, o niskich stratach ferromagnetycznych polega na przygotowaniu stopionej stali zasadniczo zawierającej nie więcej niż 0,02% wagowych węgla, 0,2 do 3,5% krzemu, 0,1 do 1,0% wagowych manganu i pozostałość zasadniczo żelaza. Ciągłym odlewaniu stopionej stali aż do otrzymania kęsiska albo wlewka i walcowaniu wlewka do otrzymania kęsiska, ogrzewaniu i walcowaniu na gorąco kęsiska aż do uzyskania arkusza stalowego walcowanego na gorąco, mającego pośrednią grubość. Następnie poddaje się walcowaniu na zimno arkusz stalowy poprzednio walcowany na gorąco aż do otrzymania arkusza stalowego walcowanego na zimno mającego grubość końcową od 0,35 mm do 0,70 mm i poddaje się wyżarzaniu końcowemu. Sposób według wynalazku charakteryzuje się tym, że do stopionej stali o zawartości siarki poniżej 0,007 % wagowych i tlenu poniżej 0,003% wagowych dodaje się 0,001 do 0,03% wagowych pierwiastków ziem rzadkich, przy czym kęsisko ogrzewa się w temperaturze od 1150° do 1250°C .

Przedmiot wynalazku został omówiony w oparciu o rysunki, na których fig. 1 przedstawia wykres wpływu temperatury nagrzewania wlewka na średnią wielkość ziaren w przypadku stosowania kombinowanego sposobu jednokrotnego walcowania na zimno z ciągłym wyżarzaniem do temperatury 900°C , fig. 2/A/ i 2/B/ – mikrografie wykonane w strumieniu elektronów przechodzących, w powiększeniu 10 000 razy, ukazujące wtrącenia w arkusze ze stali krzemowej, nie orientowanej, zawierającej i nie zawierającej metale ziem rzadkich, fig. 3 – wykres wpływu zawartości metali ziem rzadkich na straty w ferromagnetyku $W_{15/15}$ w W/kg przy 1,5 tesli i 50 Hz w przypadku jednokrotnego walcowania na zimno, a fig. 4 – wykres wpływu zawartości metali ziem rzadkich na straty w ferromagnetyku $W_{15/50}$ w W/kg w przypadku dwukrotnego walcowania na zimno. W produkcji przemysłowej stosuje się metale ziem rzadkich, zwane dalej w skrócie REM, w postaci miszmetalów zawierających zasadniczo cer (Ce), lantan (La), neodym (Nd), praeodym (Pr) i samar (Sm) oraz ich mieszaninę lub siarczki.

Wiadomo, że REM mają duże powinowactwo chemiczne do siarki czy tlenu, a związki takie jak /REM/S oraz /REM/ $\frac{1}{2}\text{O}_2\text{S}$ tworzą się w reakcji w kąpeli stalowej. Dlatego też REM stosuje się do odsiarczania oraz odtleniania ze względu na małą rozpuszczalność.

Współtwórcy wynalazku badali wpływ temperatury nagrzewania wlewków zawierających i nie zawierających REM na wielkość ziaren gotowego wyrobu. W tabeli 1 są przedstawione składy chemiczne stali krzemowych o postaci arkuszy.

Wlewki nagrzewane do różnych temperatur walcowano do grubości 2 mm na gorąco, po czym arkusze tak otrzymane przez walcowanie na gorąco walcowano jednokrotnie na zimno do grubości 0,35 mm. Średnią wielkość ziaren mierzono po obróbce cieplnej, trwającej 5 min. w temperaturze 900°C . Wyniki są zestawione w tabeli 1.

T a b e l a 1

Zawartość w %	Si	Mn	Al	S	O	REM
Z dodatkiem REM	3,18	0,23	0,63	0,007	0,0028	0,002
Bez dodatku REM	3,23	0,20	0,61	0,006	0,0024	—

Wzrost ziaren warkuszach ze stali krzemowej, nie zawierającej REM gwałtownie malał po podgrzaniu wlewków do temperatury przekraczającej 1150°C, podczas gdy w przypadku stali krzemowej, zawierającej REM obserwowano dalszy wzrost ziaren nawet po nagraniu jej do temperatury przekraczającej 1250°C.

Mikrografia według fig. 2 wykonana w strumieniu elektronów przechodzących, ukazuje arkusz ze stali krzemowej wytworzony po nagraniu wlewka do temperatury 1200°C.

Według fig. 2, liczne, drobne wtrącenia były widoczne w próbce (A) nie zawierającej REM, natomiast nie zaobserwowano drobnych wtrąceń w próbce (B) zawierającej 0,002% REM, przy czym wielkość wtrąceń była znacznie większa niż 0,1 μm .

Z wyników badań jasno wynika, że siarczki i tlenosiarczki szkodliwe dla wzrostu ziaren w stali krzemowej były zglomerowane w cząstki o rozmiarach większych niż 1,1 μm na skutek obecności REM, i że siarczki i tlenosiarczki te nie były rozpuszczone w osnowie podczas nagrzewania wlewka ze względu na wysoką temperaturę rozpuszczania tychże.

Figury 3 i 4 przedstawiają wpływ różnych zawartości REM oraz tlenu i siarki w stali krzemowej zawierającej 3,2% krzemu na własności magnetyczne.

W przypadku jednokrotnego walcowania na zimno, to jest według fig. 3, wlewki zawierające 3,1 — 3,3% krzemu, 0,004 — 0,008% węgla nagrzane do temperatury 1200°C były walcowane na gorąco do grubości 2,0 mm, następnie poddane wyżarzaniu ujednorodniającemu w ciągu 10 min. w temperaturze 900°C, po czym jednokrotnie walcowane na zimno do grubości 0,5 mm, i wreszcie poddane ciągnięciu wyżarzaniu ostatecznemu w ciągu 5 min. w temperaturze 900°C, po czym zostały zmierzone straty w ferromagnetyku o postaci tak wytworzonego wyrobu.

Na figurze 4 są przedstawione straty w ferromagnetyku uzyskanego sposobem dwukrotnego walcowania na zimno. Wlewki mające ten sam skład, co podane powyżej wlewki, i nagrzewane do temperatury 1200°C, były walcowane na gorąco do grubości 2 mm, następnie walcowane na zimno po raz pierwszy do grubości 0,55 mm, poddane pośredniemu wyżarzaniu w ciągu 3 minut w temperaturze 850°C, walcowane po raz drugi na zimno do grubości 0,5 mm i poddane następnie ciągnięciu wyżarzaniu ostatecznemu w ciągu 5 minut w temperaturze 900°C, po czym zostały zmierzone straty w ferromagnetyku w postaci tak wytworzonego wyrobu.

Z porównania fig. 3 i 4 wynika, że materiały zawierające nie więcej niż 0,007% siarki i nie więcej niż 0,003% tlenu mają małe straty w ferromagnetyku, jeśli zawartość REM wynosi 0,001 — 0,03%, a dokładniej, jeśli obrabiane sposobem jednokrotnego walcowania na zimno, jak to przedstawia fig. 3, to straty w ferromagnetyku w postaci stali krzemowej ulegają polepszeniu dla zawartości 0,001 — 0,03%, korzystnie 0,002 — 0,02% REM, natomiast jeśli obrabiane sposobem dwukrotnego walcowania na zimno, według fig. 4, to straty w ferromagnetyku w postaci stali krzemowej wynoszą minimum dla zawartości 0,001 — 0,02% REM. Jak to wynika z powyższego, w przypadku obróbki sposobem dwukrotnego walcowania na zimno, wystarcza bardzo mała zawartość REM do obniżenia strat w ferromagnetyku, jakim jest stal krzemowa, przy czym efekt obniżenia strat w ferromagnetyku obserwowano również przy zawartości REM mniejszej niż 0,001%, to jest przy zawartości znajdującej się poniżej zakresu wykrywalności, lecz nie był on stabilny.

Nawet kiedy zawartość siarki lub tlenu albo ich obu była większa od podanego zakresu, straty w ferromagnetyku zmniejszały się ze wzrostem zawartości REM, przy czym straty te były wyższe niż te, jakie notowano dla przypadku niskiej zawartości tlenu i siarki.

Przyczyną zwiększania się strat w ferromagnetyku ze wzrostem REM ponad 0,03% jest, jak się uważa to, że zmniejszenie strat w ferromagnetyku spowodowane rozrostem ziaren zostaje zniesione przez wzrost wtrąceń zawierających REM, a działających jako tama dla strumienia magnetyzującego.

Zgodnie z powyższym opisem odpowiednia ilość REM może polepszyć straty w ferromagnetyku. Można przyjąć, że polepszenie to nie jest spowodowane odsiarczaniem za pomocą REM lecz wynika z faktu, że REM powoduje odkładanie się siarczków lub tlenosiarczków w stosunkowo dużych skupiskach. Jest to dowiedzione przez fakt, że kiedy doda się REM, to straty w ferromagnetyku ulegają polepszeniu, nawet jeśli zawartość siarki nie obniży się.

Szczegółowe przyczyny dokładnego określenia każdego z pierwiastków w stali według wynalazku są podane poniżej.

Węgiel mniej niż 0,02%:

Węgiel jest pierwiastkiem pogarszającym własności magnetyczne. Jeśli zawartość węgla w zestalonej stali przekracza 0,02%, to trudno odwęglić ją potem do mniej niż 0,003%, przy której nie wpływa już negatywnie na własności magnetyczne. Zawartość węgla musi być niższa od 0,01%.

0,5 – 3,5% Si:

Krzem wpływa na zmniejszenie strat wiroprądowych przez zwiększenie oporu właściwego, lecz jest odpowiedzialny za pękanie podczas walcowania na zimno, jeśli jego zawartość przekracza 3,5%. Ponieważ nie można uzyskać własności niezbędnych dla osiągnięcia celu według wynalazku, jeśli zawartość krzemu jest mniejsza niż 0,5%, z zakresu przyjętego dla tego wynalazku, wyklucza się inną zawartość krzemu jak 0,5 do 3,5%. Wynalazek stosuje się do stali krzemowych o zakresie zawartości krzemu wynoszącym 0,5 do 3,5%.

0,2 – 1% Al:

Zawartość glinu mniejsza od 0,2% ujemnie wpływa na własności magnetyczne, natomiast urabianie np. przez walcowanie na zimno staje się utrudnione, jeśli zawartość glinu jest większa niż 1%. Zawartość glinu trzeba więc ograniczyć do zakresu 0,2 – 1%.

0,1 – 1% Mn:

Urabialność maleje wraz ze zmniejszeniem zawartości Mn poniżej 0,1%, natomiast własności magnetyczne pogarszają się, jeśli zawartość manganu rośnie ponad 1%. Zawartość manganu trzeba więc ograniczyć do zakresu 0,1 – 1%, a najkorzystniej do 0 – 0,4% dla uzyskania lepszych wyników.

Tlen i siarka:

Jeśli zawartość tlenu jest większa od 0,003% a siarki większa niż 0,007%, to wtrącenia pozostają w gotowym wyrobie, a jego własności magnetyczne są gorsze. Zawartość tlenu i siarki musi więc być odpowiednio mniejsza od 0,003% i 0,007%, a najkorzystniej mniejsza od 0,0025% i 0,006%.

Do otrzymania stali krzemowej sposobem według wynalazku można przystosować znane sposoby wytwarzania stali krzemowej.

Zaleca się stosowanie w tym celu sposobu odgazowywania (DH), czyli Dortmund Hoerder lub sposobu odgazowywania (RH), czyli Ruhrstahl-Hereus po rafinowaniu w konwertorze, piecu martenowskim, piecu elektrycznym itp., ponieważ sposoby DH i RH umożliwiają skuteczne zmniejszenie zawartości tlenu i siarki oraz węgla przez odgazowanie pod zmniejszonym ciśnieniem.

Korzystnym jest również wytapianie stali niskowęglowej i niskotlenowej w piecu rafinacyjnym kadziowym ASEA-SKF.

Szczególnie ważnym jest zupełne odtlenienie i odsiarczenie podczas wytapiania stali krzemowej w sposobie według wynalazku. W tym celu korzystnie stosuje się stop wapnia lub stop magnezu, mające silne powinowactwo do tlenu i siarki. Stosuje się również znane topniki w celu przyspieszenia odsiarczania kąpieli stalowej.

W każdym razie konieczne jest rafinowanie kąpieli stalowej do zawartości tlenu nie większej od 0,003% i siarki nie większej od 0,007%, a następnie ustalanieżądanego składu stali przez dodanie krzemu, aluminium i manganu.

Ponieważ REM są skłonne do tworzenia tlenków, dodanie REM do kąpieli stalowej po dodaniu krzemu i aluminium jest skutecznym i nie tak kosztownym środkiem silnie odtleniającym. REM można dodawać do formy odlewniczej lub do kadzi pośredniej przy odlewaniu ciągłym.

Korzystne jest stosowanie osłony argonowej podczas odlewania w celu uniknięcia zanieczyszczenia lub utlenienia przez powietrze podczas odlewania. Kiedy nagrzewa się kęsiska płaskie otrzymane przez odlewanie ciągłe, kęsiska płaskie otrzymane z wlewków przez walcowanie kęsisk kwadratowych lub wlewki, aby następnie walcować je na gorąco, to powinno się dobrać temperaturę z zakresu 1150 – 1250°C, i nie należy obniżać niepotrzebnie temperatury, ponieważ temperatura rozpuszczania się siarczków lub tlenosiarczków jest podwyższona przez dodanie metali ziem rzadkich. Jednakże, kiedy temperatura nagrzewania takich kęsisk płaskich lub wlewków przekracza 1250°C, to siarczki rozpuszczają się i strącają w rozdrobnieniu. Kiedy natomiast temperatura nagrzewania opada poniżej 1150°C, to walcowanie na gorąco staje się utrudnione, a przy tym trudno oczekiwać dalszego wzrostu ziaren. Z tej przyczyny temperaturę nagrzewania wlewków lub kęsisk płaskich przed ich walcowaniem na gorąco określa się na 1150 – 1250°C.

Grubość arkuszy ze stali walcowanej na gorąco może wynosić zasadniczo 1,5 – 3,5 mm, lecz według wynalazku grubość ta nie jest ograniczona do tego zakresu.

Arkusze ze stali krzemowej, walcowanej na gorąco korzystnie poddaje się obróbce ujednorodniającej przez podgrzanie do temperatury 800 – 950°C i przetrzymania w niej w ciągu 1 – 10 minut, lub też wyżarzeniu odwęglającemu w temperaturze 600 – 850°C w ciągu kilku godzin, o ile to pożądane. Zgorzelinę usuwa się z nich przez wytrawianie kwasem, po czym poddaje się je walcowaniu na zimno do grubości gotowego wyrobu.

Wreszcie przeprowadza się wyżarzanie ostateczne. Poza tym, w przypadku żądania małych strat w ferromagnetyku można stosować dwukrotne walcowanie na zimno z pośrednim wyżarzaniem.

W przypadku obrabiania gorącego kręgu o zawartości większej od 0,01% węgla sposobem dwukrotnego walcowania na zimno, pośrednie wyżarzanie przeprowadza się w atmosferze odwęglającej. Ponieważ własności magnetyczne w polach magnetycznych o silnym natężeniu pogarszają się na skutek tworzenia się grubej warstwy tlenkowej na gotowym wyrobie, to wyżarzanie ostateczne przeprowadza się korzystnie w atmosferze nie utleniającej.

Następne przykłady są podane w celu uwypuklenia wynalazku, a nie ograniczenia go.

Przykład 1. Stopioną stal rafinowaną w konwertorze poddano odgazowywaniu sposobem RH w obniżonym ciśnieniu, a następnie dodano do niej aluminium, krzemu i manganu, po czym dodano jeszcze metali ziem rzadkich w postaci miszmetal zawierającego 47% ceru, 25% lantanu, 15% neodymu i 4% praeodymu, i tak otrzymany stop stalowy odlano do formy znajdującej się w osłonie argonowej. Wlewek poddany został zginiataniu do postaci kęsiska płaskiego o grubości 190 mm i 1000 mm szerokości, a następnie walcowaniu na gorąco po nagrzewaniu do temperatury 1200°C w ciągu 5 godzin, na skutek czego otrzymano arkusz stalowy, walcowany na gorąco, o grubości 2 mm. Ten arkusz stalowy, walcowany na gorąco, poddany został obróbce ujednorodniającej przez podgrzanie do temperatury 900°C i wytrzymaniu w niej w ciągu 5 minut, po czym powierzchniowa warstwa zgorzeliny na tej płycie stalowej została zdjęta przez wytrawianie kwasem. Grubość arkusza została zmniejszona do ostatecznej, wynoszącej 0,50 mm w gotowym wyrobie przez walcowanie jednokrotne na zimno, po czym arkusz został poddany ciągłemu wyżarzaniu ostatecznemu w temperaturze 900°C w ciągu 5 minut w atmosferze amonowego gazu krakowego. Skład chemiczny kęsiska płaskiego oraz własności magnetyczne tak otrzymanego wyrobu gotowego są przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2

	C	Si	Mn	Al	S	O	REM	Straty w ferromagnetyku		Indukcja magnetyczna (T)	
								W/kg**			
								W _{10/50}	W _{15/50}	B ₅₀	
A	0,005	3,19	0,21	0,53	0,006	0,0018	0,007	1,14	2,84	1,69	niniejszy wynalazek próbka porównawcza próbka porównawcza niniejszy wynalazek próbka porównawcza niniejszy wynalazek próbka porównawcza
B	0,006	3,21	0,19	0,54	0,005	0,0021	—*	1,32	3,39	1,68	
C	0,004	3,16	0,18	0,51	0,008*	0,0037*	0,002	1,27	3,35	1,68	
D	0,005	2,83	0,17	0,31	0,005	0,0027	0,004	1,35	3,44	1,67	
E	0,006	2,85	0,18	0,33	0,006	0,0019	—*	1,50	3,75	1,69	
F	0,006	1,83	0,19	0,29	0,007	0,0022	0,014	1,59	3,79	1,71	
G	0,006	1,85	0,20	0,31	0,006	0,0019	—*	1,78	4,12	1,70	

Uwagi: * oznacza zawartość pierwiastka wykraczającą poza zastrzegany zakres

** W_{10/50} oznacza straty w ferromagnetyku przy 50Hz i 1,0 T

W_{15/50} oznacza straty w ferromagnetyku przy 50Hz i 1,5 T

Przykład II. Arkusz walcowany na gorąco został wytworzony w ten sam sposób co opisany w przykładzie I.

Skład chemiczny arkusza stalowego był następujący:

C	0,005%,
Si	3,22%,
Mn	0,22%,
Al	0,01%,
S	0,006%,
O	0,0019%,
REM	0,0050%.

Arkusz walcowany na gorąco został poddany walcowaniu na zimno do grubości 1 mm, następnie wyżarzaniu pośredniemu w temperaturze 950°C w ciągu 5 minut w atmosferze amonowego gazu krakowego. Tak otrzymany wyrób był walcowany na zimno do grubości 0,5 mm, a następnie został poddany ciągłemu wyżarzaniu ostatecznemu w temperaturze 950°C w ciągu 5 minut.

Próbka porównawcza, zawierająca 0,006% węgla, 3,19% krzemu, 0,19% manganu, 0,63% glinu, 0,005% siarki, 0,0017% tlenu i nie zawierająca REM oraz druga próbka porównawcza, zawierająca 0,005% węgla, 3,15% krzemu, 0,21% manganu, 0,39% glinu, 0,005% siarki, 0,0021% tlenu i 0,055% REM były obrabiane za pomocą tych samych operacji co zastosowane do materiału wyszczególnionego w niniejszym wynalazku.

Dane porównawcze co do własności magnetycznych są przedstawione w następującej tabeli 3.

Tabela 3

	Straty w ferromagnetyku (W/kg)		Indukcja magnetyczna (T)	
	$W_{10/50}$	$W_{15/50}$	B_{50}	
A REM 0,005%	1,04	2,57	1,72	Niniejszy wynalazek
B REM 0%	1,25	3,06	1,67	Próbka porównawcza
C REM 0,055%	1,17	2,84	1,68	Próbka porównawcza

Przykład III. Arkusz walcowany na gorąco został wytworzony w taki sam sposób co w przykładzie I.

Skład kęsiska płaskiego był następujący:

C	0,005%,
Si	3,20%,
Mn	0,19%,
Al	0,55%,
S	0,006%,
O	0,0025%
REM	0,003%.

W pierwszym walcowaniu na zimno ten arkusz walcowany na gorąco otrzymał grubość 0,55 mm, następnie został poddany wyżarzaniu pośredniemu w temperaturze 850°C w ciągu 3 minut, w drugim walcowaniu na zimno została nadana mu grubość 0,55 mm, po czym został poddany ciągłemu wyżarzaniu ostatecznemu w temperaturze 900°C w ciągu 5 minut.

Próbka porównawcza, zawierająca 0,005% węgla, 3,24% krzemu, 0,20% manganu, 0,6% glinu, 0,005% siarki, 0,0016% tlenu, a nie zawierająca REM, została obrobiona w ten sam sposób co w przykładzie II.

Dane porównawcze są przedstawione w tabeli 4.

Tabela 4

	Straty w ferromagnetyku (W/kg)		Indukcja magnetyczna (T) B ₅₀	
	W _{10/50}	W _{15/50}		
A REM 0,003%	1,03	2,68	1,64	Niniejszy wynalazek
B REM 0%	1,28	3,13	1,63	Próbka porównawcza

Przykład IV. Stopiona stal rafinowana w konwertorze została odgazowana sposobem RH w obniżonym ciśnieniu, a następnie dodano do niej stop aluminowy, stop krzemowy i stop magnezowy. Otrzymana ciekła stal została rozlana w sposób ciągły z uformowaniem kęsisk płaskich o grubości 190 mm i szerokości 1000 mm. W tym przypadku do form wprowadzany był w sposób ciągły, w trakcie odlewania stopionego metalu, drut wykonany z miszmetal i pokryty żelazem. Kęsiska tak otrzymane zostały nagrzane do temperatury 1200°C, a następnie walcowane na gorąco do otrzymania arkuszy stalowych, o grubości 2 mm. Te arkusze stalowe, walcowane na gorąco były następnie obrabiane w ten sam sposób co w przykładzie I aż do otrzymania gotowego wyrobu. W celach porównawczych przygotowano zostało kęsisko porównawcze, do którego nie był wprowadzany drut z miszmetal. Skład chemiczny i własności magnetyczne kęsiska według wynalazku i tego kęsiska porównawczego są przedstawione w następującej tabeli 5.

Tabela 5

C	Si	Mn	Al	S	O	REM	Straty w ferromagnetyku (W/kg)		Indukcja magnet. (T) B ₅₀	
							W _{10/50}	W _{15/50}		
0,006	1,82	0,17	0,27	0,006	0,0021	0,021	1,61	3,82	1,72	Niniejszy wynalazek
0,006	1,83	0,17	0,26	0,006	0,0021	—	1,80	4,14	1,71	Próbka porównawcza

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania arkuszy ze stali krzemowej, nie orientowanej, o niskich stratach w ferromagnetyku, polegający na przygotowaniu stopionej stali, zasadniczo zawierającej nie więcej niż 0,02% wagowych węgla, 0,2 do 3,5% krzemu, 0,1 do 1% wagowych manganu i pozostałość zasadniczo żelaza, ciągłym odlewaniu stopionej stali aż do otrzymania kęsiska albo wlewka i walcowaniu wlewka do otrzymania kęsiska, ogrzewaniu i walcowaniu na gorąco kęsiska aż do uzyskania arkusza stalowego walcowanego na gorąco, mającego pośrednią grubość, następnie walcowaniu na zimno arkusza stalowego aż do otrzymania arkusza stalowego walcowanego na zimno mającego grubość końcową od 0,35 mm do 0,70 mm i poddanie wyżarzaniu końcowemu arkusza stalowego, z n a m i e n n y t y m, że do stopionej stali o zawartości siarki poniżej 0,007% wagowych i tlenu poniżej 0,003% wagowych dodaje się 0,001 do 0,03% wagowych pierwiastka ziem rzadkich, przy czym kęsisko ogrzewa się w temperaturze od 1150°C do 1250°C.

2. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że do stopionej stali zawierającej zasadniczo nie więcej niż 0,01% węgla, 1,5 do 3,5% krzemu, 0,1 do 0,4% manganu, nie więcej niż 0,006% siarki i nie więcej niż 0,0025% tlenu w etapie ciągłego odlewania dodaje się pierwiastek ziem rzadkich.

3. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że arkusz stalowy, walcowany na gorąco, zawierający 0,005 do 0,03% wagowych pierwiastka ziem rzadkich walcuje się jednokrotnie na zimno.

4. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że arkusz stalowy, walcowany na gorąco, zawierający 0,001 do 0,015% wagowych pierwiastka ziem rzadkich walcuje się dwukrotnie na zimno.

5. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że arkusz stalowy walcowany na gorąco poddaje się odwęglaniu i wyżarzaniu w temperaturze od 600°C do 850°C.

6. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że arkusz stalowy walcowany na gorąco poddaje się normalizacji w temperaturze od 800°C do 1000°C w czasie od 1 do 10 minut.

FIG.1

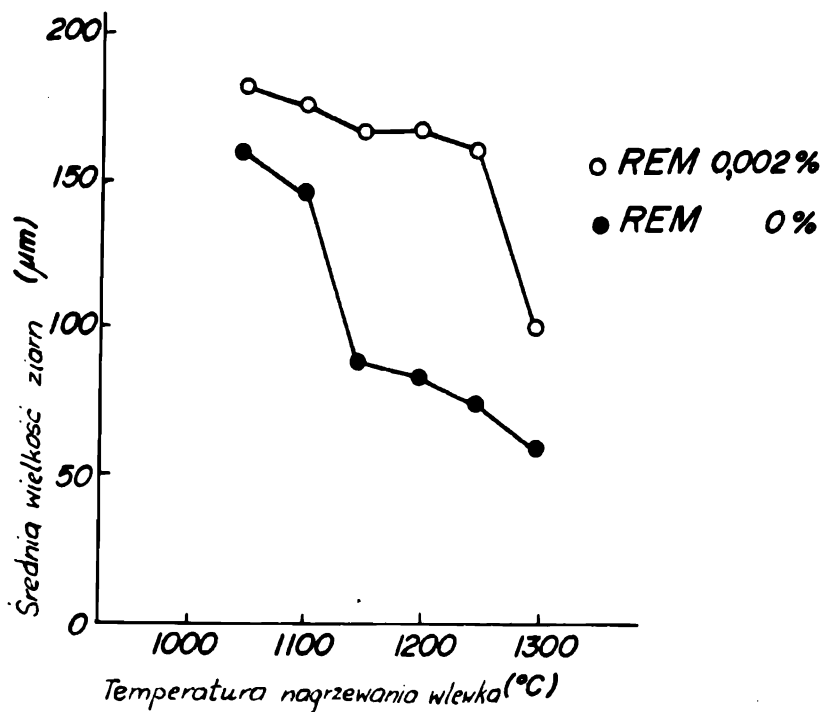


FIG.2

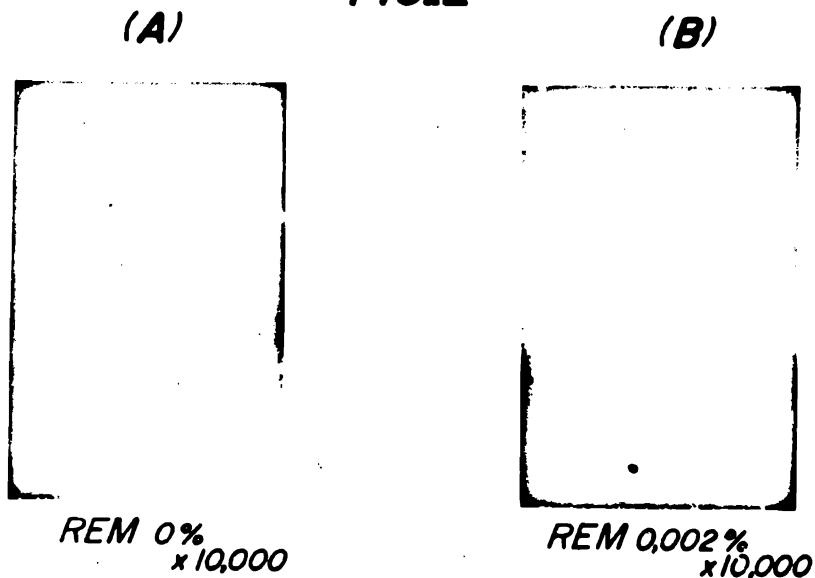


FIG.3

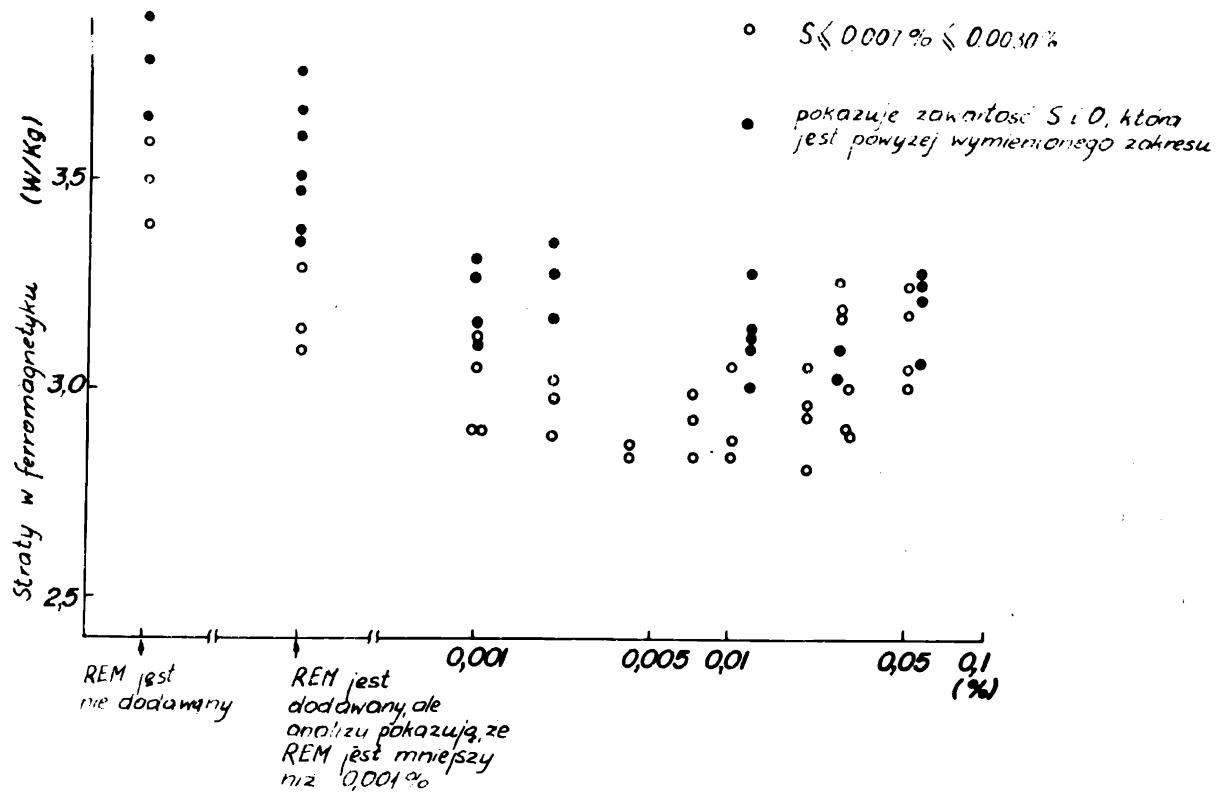


FIG.4

