



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 04.09.75 (P. 183122)

Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 28.03.77

Opis patentowy opublikowano: 15.09.1983

Int. Cl.³ C21D 1/78
H01F 1/04

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: Howard Charles Fiedler

Uprawniony z patentu: General Electric Company, Schenectady (Stany
Zjednoczone Ameryki)

Sposób wytwarzania orientowanej blachy ze stali krzemowej z dodatkiem boru

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania orientowanej blachy ze stali krzemowej z dodatkiem boru, przy czym niniejszy wynalazek dotyczy ogólnie otrzymania pokrystalicznych, magnetycznie miękkich, walcowanych wyrobów ze stali krzemowej, a w szczególności nowej metody wytwarzania blachy ze stali krzemowej, zorientowanej w jednym kierunku i wykazującej dużą przenikliwość magentyczną.

W sposobie według wynalazku stosuje się niewielkie, lecz krytyczne ilości boru, którego stosunek do zawartego w metalu azotu jest również wartością krytyczną, a wartość stosunku zawartych w stopie manganu do siarki utrzymana jest na poziomie poniżej 1,8. Blachy wytwarzane sposobem według wynalazku, zwane są zazwyczaj „elektrotechnicznymi” stalami krzemowymi lub, bardziej poprawnie, stalami krzemowymi. Składają się najczęściej głównie z żelaza stopionego z krzemem w ilości 2,2%—4,5%, z uwzględnieniem małych ilości różnych zanieczyszczeń i z bardzo małych ilości węgla. Produkty te ponad 75% swej struktury krystalicznej mają zorientowane w teksturę „regularną przestrzennie centrowaną”, „opisaną za pomocą wskaźników Millera jako (110) [001].

Sposób wytwarzania orientowanej blachy o teksturze (110) [001] według oznaczeń Millera, ze stali krzemowej z dodatkiem boru, zawierającej 2,2—4,5% krzemu, obejmujący przygotowanie wytopu, odlanie stali, walcowanie stali na gorąco na taśmę, walcowanie taśmy na zimno i wyżarzanie rekrytalizacyjne polega według wynalazku na tym, że walcowaną na gorąco do pośredniej grubości taśmę stalową zawierającą 3—35 ppm boru, 30—70 ppm

2

azotu, z zachowaniem stosunku 1—15 części azotu na 1 część boru, i siarkę albo selen, albo mieszaninę siarki i selenu w takich ilościach, że stosunek manganu do siarki albo selenu, albo do mieszaniny siarki i selenu jest mniejszy niż 1,8, poddaje się obróbce cieplnej w temperaturze 900—950°C, następnie walcuje się na zimno do ostatecznej pożądanej grubości stanowiącej poniżej 50%, korzystnie 10—14% grubości taśmy walcowanej na gorąco, i poddaje się końcowemu wyżarzaniu rekrytalizacyjnemu.

Korzystnie stosuje się walcowaną na gorąco — taśmę stalową przygotowaną z wytopu zawierającego mniej niż 0,01% siarki, mniej niż 0,01% manganu, do którego wprowadza się dodatek 5—25 ppm boru albo z wytopu zawierającego około 0,03% siarki i około 0,03% manganu, do którego wprowadza się dodatek 5—15 ppm boru albo z wytopu zawierającego około 0,04% siarki i około 0,04% manganu do którego wprowadza się dodatek 5—15 ppm boru, albo z wytopu zawierającego około 0,04% siarki i około 0,04% manganu do którego wprowadza się dodatek 5—15 ppm boru, albo z wytopu zawierającego około 0,05% siarki i około 0,05% manganu, do którego wprowadza się dodatek 5—10 ppm boru.

Alternatywnie stosuje się stal walcowaną na gorąco przygotowaną z wytopu zawierającego 0,002—0,10% manganu i mniej niż 0,06% siarki i zawartość siarki doprowadza się do poziomu gwarantującego utrzymanie stosunku manganu do siarki o wartość mniejszej niż 1,8 w trakcie finalnej obróbki cieplnej.

Alternatywnie stosuje się również walcowaną na gorąco taśmę stalową, przygotowaną z wytopu zawierającego

0,033% manganu 0,019% selenu i 0,005% siarki, do którego wprowadza się dodatek 5 ppm boru.

Orientowane blachy ze stali krzemowej wytwarza się przeprowadzając kolejno walcowanie na gorąco, obróbkę cieplną, walcowanie na zimno, obróbkę cieplną, ponowne walcowanie na zimno i wreszcie końcową obróbkę cieplną. Wlewki poddawane są zwykłym procesom obróbki plastycznej na gorąco w celu otrzymania taśmy lub wyrobu zbliżonego kształtem do blachy o grubości mniejszej niż 3,81 mm, zwanej tu dalej „taśmą wywalcowaną na gorąco”. Taśma wywalcowana na gorąco jest następnie walcowana na zimno z zastosowaniem odpowiedniego wyżarzania międzyoperacyjnego, co prowadzi z kolei do utrzymania taśmy lub blachy cieńszej co najmniej o 50%, która poddawana jest wyżarzaniu końcowemu lub wyżarzaniu prowadzącemu do powstania właściwej tekstury.

Według korzystnego przykładu realizacji wynalazku wywalcowana na gorąco taśma o grubości od 2,03 mm do 2,54 mm po obróbce cieplnej, poddawana jest walcowaniu na zimno do grubości około 0,76 mm, obróbce cieplnej typu wyżarzania międzyoperacyjnego, ponownie walcowaniu na zimno do grubości ostatecznej, która w przemyśle wynosić może od około 0,254 mm do około 0,355 mm i wreszcie wyżarzaniu końcowemu w celu odweglenia i spowodowania wtórnej rekrytalizacji. Tak więc w omawianym procesie walcowanie na zimno odbywa się w dwóch etapach, z zastosowaniem wyżarzania międzyoperacyjnego w temperaturze około 900—950°C. Ta międzyoperacyjna obróbka cieplna pozwala na powstanie w czasie wyżarzania końcowego silnej tekstury regularnej przestrzennie centrowanej w wyniku wtórnej rekrytalizacji.

Zostało stwierdzone według opisu patentowego Stanów Zjednoczonych Am. nr 2,867,558, że tworzeniu się silnej tekstury w zwykłych stopach żelaza z krzemem, sprzyja obecność pewnych krytycznych ilości zanieczyszczeń. Dzięki tym zanieczyszczeniom otrzymać można ziarna pośrednie o żądanych wymiarach (a także kontrolować ich powstawanie) oraz uzyskać żądany stopień steksturowania. Nie było natomiast dotychczas wiadome, że przez dodanie do metalu niewielkich ilości boru wyeliminować można wyżarzanie międzyoperacyjne, stosowane dotąd pomiędzy kolejnymi etapami walcowania na zimno, nie naruszające przy tym tekstury powstałej w wyniku wtórnej rekrytalizacji i nie pogarszając własności magnetycznych otrzymanego produktu.

Na tym właśnie podstawowym odkryciu opiera się sposób według wynalazku, a także na odkryciu dodatkowym, że stosunek boru do zawartego w metalu azotu jest wartością mającą krytyczne znaczenie dla otrzymania żądanych rezultatów. Oprócz tego metoda ta oparta jest na dalszym odkryciu, a mianowicie że w czasie wyżarzania końcowego lub wyżarzania prowadzącego do powstawania tekstury, konieczna jest obecność siarki, w nadmiarze do ilości siarki występującej w postaci siarczku manganu, mangan jest nieuniknionym zanieczyszczeniem w stali przemysłowej.

Dla celów według wynalazku ilość siarki niezwiązanej w siarczku manganu jest wtedy dostateczna, gdy stosunek manganu do siarki jest mniejszy niż 1,8. Dla osiągnięcia korzyści, jakie daje ten wynalazek, graniczna zawartość manganu powinna wynosić od około 0,002% do około 0,10%.

Aby uzyskać możliwie najkorzystniejsze, zgodne z wynalazkiem warunki, zawartość siarki w metalu należy ograniczyć do wysokości od około 0,002% do około 0,06%.

przy czym dla fachowców jest rzeczą zrozumiałą, że wymagania co do zawartości siarki mają znaczenie jedynie na etapie wyżarzania końcowego, a więc moment i sposób wprowadzania siarki do metalu można wybrać dowolnie.

Ścisłej mówiąc stwierdzono, że dla osiągnięcia korzyści płynących z wynalazku, do stopu żelaza z krzemem, zawierającego mangan i siarkę w ilościach podanych powyżej, należy dodawać od około 3 do około 35 części na milion boru, przy czym, zawartość azotu w metalu powinna wynosić od 30 do 70 części na milion, a stosunek azotu do boru wynosi od 1 do 15 części na część boru.

W praktyce górny limit zawartości azotu można do pewnego stopnia zmieniać, by uniknąć powstawania pęcherzy. Konsekwentnie nie rozpatruje się tu przypadków, gdy zawartości azotu wynoszą powyżej 70 części na milion, gdyż zależność azot—bor została według wynalazku określona.

Dla osiągnięcia korzystnych rezultatów procesu krytyczne znaczenie ma skład metalu w stadium gorącej taśmy (i na etapie walcowania na zimno).

W procesach konwencjonalnych utrata boru ze stopionego metalu lub z wlewką podczas jego wygrzewania, a następnie walcowania na gorąco i na zimno oraz wyżarzania, jest nieznaczna (co potwierdza chemiczna analiza masowa), natomiast przedłużające się działanie wysokiej temperatury usuwa bor z metalu w znacznym stopniu — w procesie według wynalazku ten znaczny ubytek zachodzi podczas etapu wyżarzania końcowego lub prowadzącego do powstania tekstury. Z tej przyczyny materiał będący źródłem boru korzystnie jest dodawać do kadzi, a walcowanie na gorąco rozpoczynać natychmiast po ogrzaniu odlanego wlewka do temperatury walcowania na gorąco. Jest zasadniczo korzystne, by zawartość siarki, manganu i azotu w metalu były jednakowe i w stopie i na etapie walcowania na zimno, z tym, że jeśli jest to pożądane, siarka może być zgodnie z wynalazkiem dodawana w późniejszym etapie procesu.

Wiadomo z opisów patentowych Stanów Zjedn. Am. Nr 3,337,991; 3,333,992 i 3,333,993, że siarkę dodawać można tuż przed etapem pierwotnego rozrostu ziarn w czasie wyżarzania końcowego, lub też w czasie trwania tego etapu. Siarkę wprowadza się w stanie czystym lub w postaci odpowiedniego związku do separatora wyżarzania, w ilości wystarczającej na to, by jej zawartość w stali krzemowej wzrosła do żądanego poziomu, pozwalającego na osiągnięcie efektu powstawania tekstury w wyniku wtórnej rekrytalizacji.

Można też siarkę wprowadzić w postaci siarkowodoru lub innego gazu zawierającego siarkę, do atmosfery, w której odbywa się wyżarzanie. Gaz taki wprowadzić można również do atmosfery, w której odbywa się wyżarzanie odweglające, czyli przed wyżarzaniem końcowym.

Inne odkrycie, które przyczyniło się do opracowania sposobu według wynalazku, to spostrzeżenie, że blachy wytwarzane nowym sposobem za pomocą walcowania na zimno bez zastosowania wyżarzania międzyoperacyjnego, posiadają o wiele lepsze własności magnetyczne niż blachy otrzymane w typowym procesie, to jest z użyciem wyżarzania międzyoperacyjnego. Tak więc niniejszy wynalazek nie tylko umożliwia uproszczenie metody otrzymywania blach ze stali krzemowej (przez wyeliminowanie jednego etapu procesu), lecz również daje produkty o lepszych właściwościach i obniża koszty ich wytwarzania.

Badano dodatkowo zastosowanie selenu zamiast części tej ilości siarki, jakiej wymaga wynalazek. Tak jak w przy-

padku siarki, selen może być w tej nowej metodzie wprowadzany różnymi sposobami oraz we wcześniejszym lub w późniejszym etapie procesu, korzystnie jest wprowadzać konieczną ilość selenu do kadzi, stosując go w stanie czystym lub w postaci żelazoselenu.

Stwierdzono też, że dla otrzymania dobrych rezultatów, taśma walcowana na gorąco powinna być poddana obróbce cieplnej przed rozpoczęciem walcowania na zimno. Obróbkę tę stanowi wyżarzanie rekrytalizujące, powodujące co najmniej częściową rekrytalizację wydłużonej struktury, charakterystycznej dla taśmy wywalcowanej na gorąco. Żądane wyniki uzyskać można przez poddanie taśmy działaniu temperatury od 800° do 1000°C, przez 1 do 3 minut, w atmosferze wodoru.

Mówiąc ogólnie, sposób według wynalazku obejmuje etapy otrzymywania stopu żelaza i krzemu, zawierającego od 2,2% do 4,5% krzemu, mangan i siarkę w takich ilościach, że stosunek manganu do siarki jest mniejszy niż 1,8, bor w ilości od około 3 do około 35 części na milion i azot w ilości od około 30—70 części na milion, przy czym stosunek azotu do boru wynosi 1—15 części na 1 część boru, odlewania wlewka ze stopu, walcowania wlewka na gorąco, walcowania na zimno uzyskanego wydłużonego materiału o kształcie zbliżonym do blachy do ostatecznej grubości (bez wygrzewania wtórnego materiału poddawane obróbce plastycznej na zimno) i wreszcie końcowej obróbki cieplnej odweglającej produkt, mający postać blachy i spowodowanie wtórnej rekrytalizacji tekstury.

Jak stwierdzono powyżej, ilość siarki zgodną z wymaganiami według wynalazku, wprowadzać można do metalu w późniejszych etapach procesu zamiast wprowadzać ją do stopu. W takim przypadku proces przebiega tak, jak to opisano powyżej, z tym, że stop zawiera 0,002%—0,10% manganu i mniej niż około 0,06% siarki, korzystnie nieco mniej siarki, niż ilość przy której stosunek manganu do siarki wynosi 1,8. Następnie, podczas końcowej obróbki cieplnej, albo w czasie wyżarzania odweglającego albo na etapie pierwotnego rozrostu ziarn podczas wyżarzania końcowego, zawartość siarki w blasze lub taśmie ze stali krzemowej, uzyskanej w wyniku obróbki plastycznej na zimno, zwiększa się tak, by stosunek manganu do siarki wyniósł poniżej 1,8.

Korzystnie jest gdy dodatek boru wynosi 5—25 części na milion, a stal krzemowa, będąca produktem przemysłowego procesu oczyszczania, zawiera około 0,03% manganu i około 0,03% siarki, około 0,03% węgla i zwykle ilości przypadkowych zanieczyszczeń. Ponadto metal zawierający powinien około 45 części na milion azotu, który wprowadzony być może każdą dogodną do tego metodą, korzystnie przez prowadzenie operacji otrzymania stopu w atmosferze powietrza.

Żądana ilość boru może być wprowadzona do stopu każdym dogodnym do tego sposobem np. przez dodanie odpowiedniej ilości żelazoboru tuż przed odlaniem. Stosować można także inne materiały będące źródłem boru, pod warunkiem, że nie będą one zawierać zbędnych zanieczyszczeń, a także iż nie spowodują zbyt znacznego ubytku boru z metalu przed wyżarzaniem końcowym, zaleca się jednak dodawanie żelazoboru do kadzi zawierającej stop żelaza z krzemem.

Jak stwierdzono powyżej, główną korzyścią stosowania niniejszego wynalazku jest otrzymywanie cienkich blach lub taśm ze stali krzemowej, wykazujących znaczną orientację i wysoką przenikliwość magnetyczną w kierunku wal-

cowania, przy czym wyroby te otrzymane są metodą składającą się z mniejszych liczby etapów i wymagającą mniejszych nakładów kosztów niż stosowane obecnie metody przemysłowe.

Wartości przenikalności w kierunku walcowania wynoszą dla typowych produktów, otrzymanych według wynalazku, od 2,32—2,38 mT×m/A przy natężeniu pola magnetycznego równym 795,775 A/m. Produkty te wykazują w dodatku straty energii mniejsze niż 2,21 wata/kg przy 1,5 T i grubości blachy 0,508 mm i mniejsze niż 1,32 wata/kg przy grubości 0,279 mm.

Zgodnie z niniejszym wynalazkiem, cienkie blachy lub taśmy ze stali krzemowej, stosowane w transformatorach, silnikach itp., otrzymuje się sporządzając stop żelaza i krzemu o żądanej zawartości krzemu, siarki, manganu, boru i azotu, odlewając stop, walcując na gorąco otrzymany wlewek do dogodnej grubości, trawiąc powstałą w ten sposób cienką blachę w celu usunięcia zgorzeliny, wyżarzając, a następnie walcując ją na zimno, by uzyskać grubość mniejszą o co najmniej 50%, korzystnie 10—14%. Później wywalcowana na zimno blacha poddawana jest obróbce cieplnej w celu odweglenia i osiągnięcia w wyniku wtórnej rekrytalizacji żądanej tekstury regularnej przestrzennie centrowanej. Podczas etapu końcowego wyżarzania bor jest w znacznym stopniu usuwany z metalu, rola boru jest według wynalazku niezwykle ważna we wczesnej fazie wyżarzania końcowego lub prowadzącego do powstania tekstury, a mianowicie wspólnie z zawartymi w metalu azotem i siarką ułatwia on proces wtórnej rekrytalizacji.

Podane przykłady ilustrują sposób według wynalazku mimo, że nie czynią tego w sposób wyczerpujący, przedstawiają w sposób zrozumiały dla fachowca dokładną naturę wynalazku, a także korzyści z niego płynące.

Przykład I. W piecu z atmosferą ochronną stapano w atmosferze argonu żelazo elektrolityczne i 98%-owy żelazokrzem, w celu wytworzenia stopu o następującym składzie:

krzem	3,1%
węgiel	0,025%
miedź	0,1%
chrom	0,03%
mangan	0,003%
siarka	0,007%
azot	0,0045%
bor	mniej niż 1 część na
bor	milion
żelazo	reszta

W przygotowanym wsadzie, jak również we wsadach opisanych w następnych przykładach, zawartość azotu wyniosła 30—60 części na milion, powyżej podana wartość odpowiada zawartości przeciętnej. Ze stopu odlano wlewki o wadze 22,62 kg. Z wlewki tego odkrojono plasty o grubości 44,45 mm i wywalcowano je na gorąco do grubości 2,28 mm, prowadząc walcowanie od temperatury 1225°C, w sześciu przepustach i bez wtórnego nagrzewania. Uzyskane w ten sposób wywalcowane na gorąco taśmy poddano trawieniu w celu usunięcia zgorzeliny, wygrzewano przez trzy minuty w temperaturze 900°C w atmosferze wodoru (punkt rosy 0°C), a następnie wywalcowano na zimno bez wyżarzania międzyoperacyjnego, do grubości końcowej wynoszącej 0,52 mm. Z otrzymanej w wyniku walcowania na zimno cienkiej blachy wykrojono taśmy o wymiarach Epstein'a (3 cm×30,5 cm), które poddano odweglaniu w temperaturze 800°C, w

atmosferze wodoru (punkt rosy równy temperaturze pokojowej), w ciągu trzech minut, a następnie opudrowano cienko sproszkowanym tlenkiem glinu i poskładano w pakiety. Pakiety odwęglanych taśm ogrzewano przez godzinę w atmosferze argonu, w temperaturze 1000°C, a następnie przez trzy godziny ogrzewano w atmosferze wodoru, w temperaturze 1020°C. Przenikliwość magnetyczną otrzymanego produktu wynosiła 1,91 mT×m/A w polu magnetycznym o natężeniu 695,775 A/m. Straty wynosiły 2861 miliwata na kilogram przy 1,5 T.

Przykład II. W innym doświadczeniu, przeprowadzonym przy użyciu stopu jak w przykładzie I i przy zastosowaniu identycznego toku postępowania, do stopu dodano tuż przed jego odlaniem 5 części na milion boru, w postaci żelazoboru. Otrzymany produkt o grubości 0,52 mm wykazywał przenikalność równą 2,32 mT×m/A (natężenie pola 795,775 A/m) i straty równe 2090 miliwata/kg przy 1,5 T.

Przykład III. Powtórzono tok postępowania z przykładu II, używając stopu o takim samym składzie z tym wyjątkiem, że taśma poddana została walcowaniu na zimno do grubości 0,46 mm i po odwęglaniu została gwałtownie ogrzana do temperatury 700°C, po czym temperaturę jej podniesiono do 1020°C ogrzewając taśmę z prędkością 50°C na godzinę w atmosferze argonu, a następnie pozostawiono na trzy godziny w atmosferze wodoru. Przenikalność przy natężeniu pola równym 795,775 A/m wyniosła 2,36 mT×m/A, a straty przy 1,5 T wyniosły 1810 miliwatów na kg.

Przykład IV. Powtórzono tok postępowania z przykładu I, z tym że stop zawierał 0,011% siarki i resztę składników jak w przykładzie I. Tuż przed odlaniem stopu dodano do niego 3,1 części na milion boru, tak jak to opisano w przykładzie II. Po walcowaniu na gorąco, otrzymano w wyniku operacji opisanych w przykładzie I, blachę o grubości 0,29 mm. Blachę tę pocięto na taśmy do badania strat watomowych i po odwęglaniu poskładano w pakiety, jak to opisano w przykładzie I. Pakiet taśm ogrzano gwałtownie do temperatury 800°C a następnie z prędkością 50°C na godzinę ogrzano do temperatury 1050°C w atmosferze azotu i wreszcie wygrzewano przez dwie godziny w temperaturze 1150°C w atmosferze wodoru. Przenikliwość otrzymanego w ten sposób produktu wynosiła w polu o natężeniu 795,775 A/m — 2,37 mT×m/A a straty przy 1,5 T i przy 1,7 T wynosiły odpowiednio 1211 miliwatów/kg i 1550 miliwatów/kg.

Mangan jest nieuniknionym zanieczyszczeniem w stali otrzymanej obecnie stosownymi metodami przemysłowymi, dolny limit jego zawartości w stali oczyszczonej wynosi w praktyce 0,03%. Poniżej podane przykłady ukazują efekt wpływu manganu i siarki na omawiany proces.

Przykład V. Powtórzono tok postępowania z przykładu III, z tym wyjątkiem, że stop zawierał 0,034% manganu. Produkt otrzymany po końcowym wyżarzaniu wykazywał przenikalność równą 1,95 mT×m/A (w polu o natężeniu 795,775 A/m), a straty wynosiły 2663 miliwaty/kg przy 1,5 T.

Przykład VI. Powtórzono tok postępowania z przykładu V z tym wyjątkiem, że przez dodanie do stopu siarczku żelaza, podniesiono zawartość siarki w tym stopie do 0,023%. Otrzymany produkt wykazywał po wyżarzaniu końcowym przenikalność równą 2,32 mT×m/A (w polu o natężeniu 795,775 A/m) i straty równe odpowiednio 1850 miliwatów na kg przy 1,5 T i 2535 mili-

watów/kg przy 1,7 T. Po powtórным wygrzaniu w atmosferze argonu, w ciągu trzech godzin, w temperaturze 1150°C, przenikalność wzrosła do 2,35 mT×m/A, a straty zmalały do odpowiednio 1705 miliwatów/kg przy 1,5 T i do 2220 miliwatów/kg przy 1,7 T. O ile wsad z przykładu VI uległ całkowitej rekryształizacji wtórnej, o tyle wsady o mniejszej zawartości siarki (przy zachowanym identycznym składzie pozostałych komponentów) nie były zdolne do całkowitej rekryształizacji wtórnej, a co za tym idzie, osiągnięcia dobrych własności magnetycznych.

Efekt oddziaływania dodatku boru na wsady zawierające około 0,034% manganu i 0,03% siarki ukazują następujące przykłady.

Przykład VII. Powtórzono tok postępowania z przykładu I, używając takiego samego jak w tym przykładzie stopu, z wyjątkiem, że zawierał on 0,032% manganu, i 0,033% siarki oraz, że walcowanie na zimno prowadzono do uzyskania cienkiej blachy ze stali krzemowej o grubości 0,28 mm. Z blachy tej wycięto taśmy o wymiarach Epstein'a i poddano je odwęglaniu, jak to opisano w przykładzie I. Przed poddaniem końcowemu wyżarzaniu odwęglającemu taśm do badań strat watomowych (3 cm × 30,5 cm) opudrowano je cienko sproszkowanym tlenkiem glinu i poskładano je w pakiety. Pakiety tych 0,28 milimetrovych blach zostały wyżarzone w 800°C i z prędkością 50°C na godzinę podgrzane do temperatury 1050°C (w atmosferze azotu), a następnie do 1150°C w atmosferze azotu i tak pozostawione przez dwie godziny. Przenikalność końcowego produktu wynosiła 1,73 mT×m/A (w polu o natężeniu 795,775 A/m), a straty przy 1,5 T równe były 2740 miliwatów/kg. Zostało w ten sposób stwierdzone, że w czasie końcowego wyżarzania zaszedł jedynie normalny rozrost ziarn, fakt ten został potwierdzony obserwacjami wizualnymi.

Przykład VIII. Powtórzono tok postępowania z przykładu VII, z tym wyjątkiem, że do stopu dodano 5 części na milion boru w postaci żelazoboru. W rezultacie otrzymano końcowy produkt w którym zaszła całkowita wtórna rekryształizacja fakt ten potwierdziły obserwacje wizualne. Przenikalność, tego produktu, wynosiła 2,34 mT×m/A (w polu o natężeniu 795,775 A/m), a straty odpowiednio 1206 miliwatów na kg przy 1,5 T i 1575 miliwatów/kg przy 1,7 T.

Przykład IX. Powtórzono tok postępowania z przykładu VII, z tym wyjątkiem, że do stopu dodano 10 części na milion boru w postaci żelazoboru. Produkt końcowy, tak jak w przykładzie VIII wykazywał stwierdzoną wizualnie dobrą rekryształizację wtórna. Przenikalność tego produktu wynosiła 2,36 mT×m/A (w polu o natężeniu 795,775 A/m), a straty wynosiły odpowiednio 1208 miliwatów/kg przy 1,5 T i 1555 miliwatów/kg przy 1,7 T.

Przykład X. Powtórzono tok postępowania z przykładu VIII, z tym wyjątkiem, że do stopu żelaza z krzemem dodano 15 części na milion boru, co spowodowało, że przenikalność produktu końcowego wynosiła 2,37 mT×m/A (w polu o natężeniu 795,775 A/m), a straty równe były odpowiednio 1195 miliwatów/kg przy 1,5 T i 5140 miliwatów na kg przy 1,7 T.

Przykład XI. Powtórzono tok postępowania z poprzednich przykładów, przy czym do stopu żelaza i krzemu, zawierającego 0,035% siarki i resztę składników jak w przykładach powyżej, dodano 20 części na milion boru. Otrzymany produkt końcowy wykazywał przeni-

i soli gorzkiej, tak że po usunięciu wody hydratacyjnej powłoka składała się w 25% z siarki i w 75% tlenku magnezu. Po przeprowadzeniu opisanego wyżej wyżarzania prowadzącego do powstania tekstury, przenikalność otrzymanego produktu wynosiła 2,38 mT×m/A (w polu o natężeniu 795,775 A/m), a straty równe były 1670 miliwata/kg przy 1,7 T.

Przykład XXII. Powtórzono tok postępowania z przykładu XXI, z tym wyjątkiem, że stop zawierał 0,036% manganu i 0,013% siarki, w celu zbadania wpływu obecności siarki sublimowanej w powłoce magnezowej. Przenikalność taśm z pakietu Epstein'a nie zabezpieczonych powłoką magnezową zawierającą siarkę, wynosiła 1,87 mT×m/A (w polu o natężeniu 795,775 A/m), a straty w tych taśmach równe były 2948 miliwata/kg przy 1,7 T.

W przypadku taśm pokrytych mlekiem magnezowym, zmieszonym z siarką sublimowaną tak, że po usunięciu wody hydratacyjnej utworzona powłoka zawierała 45% siarki i 55% tlenku magnezu, przenikalność po przeprowadzeniu wyżej opisanego obróbki cieplnej wynosiła 2,35 mT×m/A (w polu o natężeniu 795,775 A/m), a straty równe były 1623 miliwata/kg przy 1,7 T.

Wszystkie występujące w niniejszym opracowaniu oraz w zastrzeżeniach wartości stosunków, procentów, proporcji i ilości mają za podstawę jednostki wagowe, chyba że są one wyraźnie oznaczone inaczej.

Używany w niniejszym opracowaniu oraz w załączonych doń zastrzeżeniach termin „wlewek” oznacza materiał uzyskany przez zestalenie stopionej stali, odlanej za pomocą którejś z metod odlewania, przy czym stal tę otrzymać można każdą dogodną metodą wytwarzania stali. Przez termin „wlewek” rozumiany może być również wlewek płaski otrzymany metodą odlewania ciągłego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania orientowanej blachy o teksturze (110) [001] według oznaczeń Millera, ze stali krzemowej z dodatkiem boru, zawierającej 2,2—4,5% krzemu, polegający, na tym, że przygotowuje się wytop, odlewa się stal, stal walcuje się na gorąco na taśmę, poddaje się taśmę operacji walcowania na zimno a następnie taśmę poddaje się wyżarzaniu rekrytalizacyjnemu, znamieny tym, że walcowaną na gorąco do pośredniej grubości taśmę zawierającą 3—35 ppm boru, 30—70 ppm azotu, z zachowaniem stosunku 1—15 części azotu na 1 część boru, oraz mangan i siarkę albo selen albo mieszaninę siarki i selenu w takich ilościach, że stosunek manganu do siarki albo selenu albo do mieszaniny siarki i selenu jest mniej-

szy niż 1,8, poddaje się obróbce cieplnej w temperaturze 900—950°C, następnie walcuje się na zimno do ostatecznej, pożądanej grubości stanowiącej poniżej 50%, korzystnie 10—14% grubości taśmy walcowanej na gorąco i poddaje się końcowemu wyżarzaniu rekrytalizacyjnemu.

2. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że stosuje się walcowaną na gorąco taśmę stalową przygotowaną z wytopu zawierającego mniej niż 0,01% siarki i mniej niż 0,01% manganu, do którego wprowadza się 5—25 ppm boru.

3. Sposób według zastrz. 1 albo 2, znamieny tym, że stosuje się walcowaną na gorąco taśmę przygotowaną z wytopu zawierającego około 0,03% siarki i około 0,03% manganu, do którego wprowadza się 5—15 ppm boru.

4. Sposób według zastrz. 1 lub 2, znamieny tym, że stosuje się walcowaną na gorąco taśmę przygotowaną z wytopu zawierającego około 0,04% manganu i około 0,04% siarki, do którego wprowadza się 5—15 ppm boru.

5. Sposób według zastrz. 1 lub 2, znamieny tym, że stosuje się walcowaną na gorąco taśmę przygotowaną z wytopu zawierającego około 0,05% manganu i około 0,05% siarki, do którego wprowadza się 5—10 ppm boru.

6. Sposób według zastrz. 1 lub 2, znamieny tym, że stosuje się walcowaną na gorąco taśmę przygotowaną z wytopu zawierającego 0,002%—0,10% manganu i mniej niż 0,06% siarki.

7. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że stosuje się stal, w której stosunek zawartości manganu do zawartości siarki po walcowaniu na zimno jest większy niż 1,8, i w trakcie końcowej obróbki cieplnej zwiększa się zawartość siarki zmniejszając tym samym stosunek manganu do siarki do wartości mniejszej niż 1,8.

8. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że stosuje się walcowaną na gorąco taśmę przygotowaną z wytopu zawierającego siarkę w ilości 0,002%—0,05% lub selen w ilości 0,002%—0,05% lub jednocześnie siarkę i selen w ilości 0,002%—0,05% oraz dodatkowo zawierającego 0,002%—0,09% manganu, a także inne przypadkowe zanieczyszczenia, przy czym stosunek manganu do siarki lub do selenu lub do selenu i siarki jest mniejszy niż 1,8,

9. Sposób według zastrz. 8, znamieny tym, że stosuje się walcowaną na gorąco taśmę przygotowaną z wytopu zawierającego 0,033% manganu, 0,019% selenu i 0,005% siarki, do którego wprowadza się 5 części na milion boru.