

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

119 096

Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 13.04.77 (P. 197370)

Pierwszeństwo: 15.04.76 Stany Zjednoczone
Ameryki

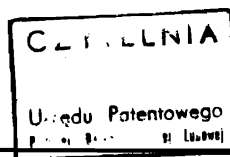
Zgłoszenie ogłoszono: 19.12.77

Opis patentowy opublikowano: 31.03.1984

MKP

Int. CP.

C21D 1/78
H01F 1/04



Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: USS Engineers and Consultants, Inc.,
Pittsburgh (Stany Zjednoczone Ameryki)

Sposób wytwarzania cienkiej, stalowej blachy krzemowej o teksturze niezorientowanej

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania cienkiej stalowej blachy krzemowej o teksturze niezorientowanej.

Ze względu na ich bardzo korzystne własności magnetyczne blachy krzemowe są szeroko stosowane do wytwarzania elementów rdzeni magnetycznych do maszyn elektrycznych takich jak silniki, generatory, transformatory i tym podobne. Te korzystne własności magnetyczne, a mianowicie wysoka przenikalność magnetyczna, wysoki opór elektryczny i niskie straty na histerezę oznaczają zmniejszenie strat wynikających z niepożądanego przetworzenia energii elektrycznej na ciepłą i dzięki temu pozwalają na wykonanie urządzeń elektrycznych o większej mocy i sprawności.

Blachy krzemowe dzielą się na blachy nieorientowane i orientowane. Blachy krzemowe orientowane wytwarzane są przy starannym zachowaniu składu i parametrów procesu, tak że ponad 90% ziaren wtórnej rekryształizacji ma ukierunowanie (HIO) i [001] jak podano w opisie patentowym Stanów Zjedn. Am. nr 2867558.

Dzięki tak korzystnemu orientowaniu ziaren, własności magnetyczne tych blach stalowych są znacznie wyższe w kierunku równoległym do kierunku walcowania w porównaniu z pozostałymi kierunkami. Dzięki tej anizotropii własności magnetycznych, stale te są szczególnie przydatne jako materiał na rdzenie do stacjonarnych urządzeń magnetycznych, takich jak transformatory rozdzielcze, ponieważ rdzeń może być tak wykonany, że wykorzystane w nim będą wszystkie zalety jakie daje kierunkowy rozkład własności magnetycznych.

W przypadku wirujących maszyn elektrycznych takich jak silniki i generatory rozkład własności magnetycznych musi być zasadniczo jednakowy we wszystkich kierunkach i dlatego blachy stalowe orientowane nie są stosowane.

Dla tych zastosowań wytwarza się blachy stalowe nieorientowane, optymalizując przypadkowy kierunek ziaren przez dokładną kontrolę parametrów procesu wytwarzania i tym samym optymalizuje się izotropię własności magnetycznych. Stal krzemowa nieorientowana ma mikrostrukturę rekryształizacji pierwotnej, mniejszy wymiar ziarna i słabą teksturę w porównaniu ze stalą krzemową orientowaną. Ze względu na przypadkową orientację ziaren własności magnetyczne blachy stalowej nieorientowanej nie są tak dobre w kierunku walcowania, jak w przypadku stali o teksturze orientowanej, zwłaszcza przy dużych gęstościach strumienia.

W urządzeniach elektrycznych takich jak transformatory obciążeniowe lub transformatory o rdzeniach w kształcie I, E lub U istotne jest aby własności magnetyczne były dobre zarówno w kierunku walcowania jak i w kierunku do niego prostopadłym.

Dlatego w transformatorach tych stosuje się nieorientowane blachy krzemowe. Nie mniej wielu producentów takich transformatorów unika stali o własnościach magnetycznych całkowicie izotropowych. Żądają oni blach mających nieco lepsze własności magnetyczne w kierunku walcowania lub w kierunku głównego strumienia magnetycznego. Ponieważ walcowanie stali na zimno sprzyja ukierunkowaniu ziaren wzdłuż linii walcowania, to zgodnie z opisem patentowym Stanów Zjedn. Am. nr 3203839 całkowicie równomierny rozkład własności magnetycznych nie jest osiągalny w wyrobach walcowanych na zimno.

Zgodnie z tym nawet blachy krzemowe klasyfikowane jako blachy nieorientowane charakteryzują się pewnym stopniem ukierunkowania struktury i mają nieco podwyższone własności magnetyczne w kierunku walcowania.

Znane jest wytwarzanie całkowicie walcowanej blachy krzemowej nieorientowanej, jednym z trzech sposobów. Najszerzej stosowany sposób wytwarzania zakłada walcowanie na gorąco wlewka stalowego zawierającego około 3% krzemu do grubości pośredniej, wytrawianie taśmy walcowanej na gorąco, walcowanie na zimno do grubości końcowej, wyżarzanie, w celu odwęglania i rekrystalizacji oraz końcowe wyżarzanie w wysokiej temperaturze, w celu wytworzenia korzystnych własności magnetycznych. Pozostałe dwa sposoby są zasadniczo takie same, z wyjątkiem tego, że w jednym z nich taśmę walcowaną na zimno poddaje się walcowaniu gładzącemu ze zgniotem od 2 do 5% między dwiema końcowymi operacjami wyżarzania, a w drugim z nich walcowaną na gorąco taśmę normalizuje się i wytrawia przed walcowaniem na zimno w jednej operacji, do grubości końcowej.

Dotychczas można było bez trudu spełnić życzenia producentów żądających nieorientowanych blach krzemowych, mających nieco wyższe własności magnetyczne w kierunku walcowania. Obecnie jednak żąda się minimalnej przenikalności magnetycznej w kierunku walcowania. Obecnie jednak żąda się minimalnej przenikalności magnetycznej w kierunku walcowania przy zachowaniu normalnych strat rdzenia, jest to szczególnie trudne do osiągnięcia zwłaszcza przy mniejszych grubościach blachy takich jak 0,35 mm. Oczywiście blachy orientowane spełniają warunek przenikalności w kierunku walcowania, lecz koszt ich wytwarzania jest zbyt wysoki dla takich zastosowań.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu wytwarzania całkowicie przewalcowanej blachy ze stali krzemowej mającej szczególnie dobre własności magnetyczne w kierunku walcowania, zwłaszcza blachy stalowej o grubości 0,35 mm i własnościach elektrycznych M-19 mającej dobrą przenikalność przy wysokiej gęstości strumienia.

Cel ten osiągnięto przez opracowanie sposobu wytwarzania cienkiej, stalowej blachy krzemowej o teksturze nieorientowanej polegającego na tym, że odlewa się wlewki o składzie 2–3,5% krzemu, 0,3–0,45% aluminium, 0–0,007 siarki, reszta żelazo i przypadkowe zanieczyszczenia, walcuje się wlewki na gorąco, do grubości odpowiadającej grubości taśmy, wytrawia się przewalcowaną na gorąco taśmę, walcuje się na zimno do grubości końcowej, w dwóch operacjach między którymi stosuje się pośrednie wyżarzanie w temperaturze 1153–1253 K oraz przeprowadza się wyżarzanie końcowe w wysokiej temperaturze.

Istota wynalazku polega na tym, że w drugiej operacji walcowania na zimno stosuje się zgniot równy 50 do 60%.

Jakkolwiek sposób ten jest szczególnie przydatny do wytwarzania blachy o grubości 0,35 mm i własnościach elektrycznych M-19 według AISI lub lepszych, to sposób ten może być również stosowany do innych stali według AISI jak M-22, M-27 i M-36 dla których wymagania pod względem własności magnetycznych są mniejsze w porównaniu z M-19. Sposób nie jest ograniczony również do grubości 0,35 mm lecz może być stosowany do blach grubszych lub cieńszych.

Wyniki osiągnięte za pomocą sposobu według wynalazku są uwidocznione na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia wykres ilustrujący średnie straty w kierunku walcowania przy indukcji 1,5 T dla stali wytwarzanej sposobem według wynalazku, będące funkcją wielkości zgniotu w drugim walcowaniu na zimno, fig. 2 – wykres ilustrujący średnią, w kierunku walcowania, przenikalność w zmiennym polu przy indukcji 1,5 T dla stali wytworzonej sposobem według wynalazku, będącej funkcją wartości zgniotu w drugim walcowaniu na zimno, fig. 3 – wykres wpływu temperatury pierwszej obróbki cieplnej po przewalcowaniu na zimno do grubości pośredniej oraz wpływ temperatury obróbki cieplnej na straty na całej długości rdzenia przy indukcji 1,5 T dla stali całkowicie przewalcowanej, fig. 4 – wykres wpływu temperatury pierwszej obróbki cieplnej po przewalcowaniu na zimno do grubości pośredniej, na końcową przenikalność w kierunku walcowania przy indukcji 1,5 T.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w korzystnych przykładach wykonania opisanych poniżej.

P r z y k ł a d I. Uformowano wlewki zawierający 2,0 do 3,5% krzemu, 0,30 do 0,45% aluminium i nie więcej niż 0,007% siarki. Zawartość aluminium była znacznie wyższa a zawartość siarki znacznie niższa

w porównaniu z ogólnie stosowanymi dla uzyskania wysokiego stopnia zorientowania tekstury i dobrych właściwości magnetycznych orientowanych stali krzemowych. Resztę stanowiło żelazo i zwykłe zanieczyszczenia to jest:

miedź	0,20% maksimum
nikiel	0,10% maks.
chrom	0,10% maks.
molibden	0,30% maks.
cyna	0,025% maks.
azot	zwykle od 0,004 do 0,008%

Zgodnie z przykładem według wynalazku wlewk o wyżej określonym składzie nagrzano do temperatury w zakresie 1453–1493 K i walcowano na gorąco w znany sposób do grubości blachy walcowanej, to jest 1,8 do 2,3 mm. Zwykle temperatura końcowa walcowania wynosi około 1143 K lub mieści się w zakresie 1083–1218 K a temperatura zwijania około 878 K lub w zakresie 783–943 K. Zgodnie ze stosowaną praktyką stal walcowaną na gorąco należy wytrawić przed walcowaniem na zimno, w celu usunięcia zendry z jej powierzchni.

Po walcowaniu na gorąco i wytrawieniu stal można walcować na zimno bez potrzeby stosowania obróbki normalizującej. Jednakże w miejsce walcowania stali na zimno do grubości końcowej w jednej operacji zgodnie ze znanym dotychczas sposobem, sposób według niniejszego wynalazku wymaga dwukrotnego walcowania z pośrednim normalizowaniem. Dwukrotne walcowanie na zimno musi być tak rozłożone aby w drugim walcowaniu, po wykonaniu pośredniego wyżarzania, osiągnąć końcową grubość z krytycznym gniotem 50 do 60%. Odpowiednio do tego wartość zgniotu w pierwszym walcowaniu na zimno będzie zależna od grubości taśmy przewalcowanej na gorąco i żądanej grubości końcowej i powinna być taka aby w drugim walcowaniu na zimno wartość zgniotu wynosiła 50 do 60%. Wyżarzanie pośrednie między operacjami walcowania na zimno jest korzystnie ciągłym wyżarzaniem w atmosferze ochronnej. Jednakże można stosować również pośrednią obróbkę normalizującą. Ponieważ normalizowanie wiąże się z ochłodzeniem powietrzem, to oczywiście konieczne jest wytrawianie stali po operacji normalizowania. W obu przypadkach obróbka pośrednia, zarówno wyżarzanie jak i normalizowanie muszą być prowadzone w zakresie temperatur 1153–1253 K.

Po przewalcowaniu na zimno, jak opisano powyżej, do końcowej grubości, stal poddano wyżarzaniu odwęglającemu a następnie końcowemu wyżarzaniu w wysokiej temperaturze zgodnie z ogólnie przyjętą praktyką.

Zwykle wyżarzanie odwęglające prowadzi się w zakresie temperatur 1063–1089 K w wilgotnej atmosferze, to jest w punkcie rosy przy 294 K lub wyższej i w atmosferze gazowej azotowo-wodorowej zawierającej do około 60% wodoru. Końcowe wyżarzanie prowadzi się w najwyższych możliwych temperaturach, zwykle 1228–1313 K w atmosferze ochronnej. Końcowe wyżarzanie jest również korzystnie wyżarzaniem ciągłym w atmosferze ochronnej zawierającej azot i wodór, lecz przy punkcie rosy zwykle mniejszym od 266 K.

Blachy krzemowe wykonane zgodnie ze sposobem według wynalazku, zwłaszcza cienkie blachy, takie jak blacha o grubości 0,35 mm mają znacznie lepsze właściwości w kierunku walcowania w porównaniu ze znanymi dotychczas nieorientowanymi blachami krzemowymi. Na przykład wytwarzane dotychczas blachy krzemowe klasy M-19 o grubości 0,35 mm mają zwykle po całkowitym przewalcowaniu stratność przy indukcji 1,5 T, na całej długości, to jest w kierunku walcowania od 2,98–3,20 W/kg i przenikalność w kierunku walcowania, przy indukcji 1,5 T, około 0,0025 H/m lub mniej.

Blachy krzemowe przewalcowane sposobem według wynalazku na grubość 0,35 mm charakteryzują się przy indukcji 1,5 T stratnością 2,65–2,87 W/kg i przenikalnością przy indukcji 1,5 T, 0,00276–0,00440 H/m w kierunku walcowania. Dlatego też, dzięki tym korzystnym właściwościom magnetycznym w kierunku walcowania blachy krzemowe wykonane według opisanego wyżej sposobu są stosowane do budowy transformatorów przy pełnym wykorzystaniu doskonałych właściwości magnetycznych blachy w kierunkach maksymalnego natężenia strumienia.

Dla zilustrowania unikalnych cech niniejszego wynalazku przeprowadzono szereg prób wskazujących na krytyczny charakter drugiej operacji walcowania na zimno i temperaturę pierwszego ciągłego wyżarzania.

Przykład II. Testowane próbki wytwarzano laboratoryjnie wychodząc z odcinków taśmy o grubości 2,15 mm pobranych ze zwoju stali walcowanej na gorąco i wytrawianej klasy 775. Stal zawierała następujące domieszki w procentach wagowych: 0,039 C, 0,29 Mn, 0,013 P, 0,006 S, 3,08 Si, 0,38 Al, 0,02 Cu, 0,02 Ni, 0,02 Cr, 0,01 Mo, 0,007 N. Odcinki te przewalcowano na próbki o grubości 0,35 mm stosując dwukrotnie walcowanie na zimno zgodnie z wynalazkiem. Przewalcowane na gorąco próbki wytrawiono, w celu usunięcia tlenków z powierzchni a następnie przewalcowano na zimno do kilku pośrednich grubości podanych w tablicy 1 przy wartościach zgniotu na zimno w zakresie od 73,8 do 44,7%. Następnie przewalcowaną stal podano ciągłemu wyżarzaniu w temperaturze 1183–1258 K przy całkowitym czasie wyżarzania 180 s. Wyżarzanie prowadzone

w suchej atmosferze HNX zawierającej około 15% wodoru. Następnie wszystkie próbki przewalcowano na grubość końcową 0,35 mm. Wielkości zgniotu przy drugim walcowaniu zawarte były w granicach 40–70%, zgodnie z tablicą 1. Następnie stale odwęglono do około 0,004% maksymalnej zawartości węgla podczas ciągłego wyżarzania przez 300 s w temperaturze 1073 K i w atmosferze o punkcie rosy 294 K, typu HNX zawierającej 15% wodoru. Po tej obróbce wyżarzającej próbki podano końcowej ciągłej obróbce wyżarzającej przez 240 s w temperaturze 1283 K w suchej atmosferze HNX zawierającej 15% wodoru. Próbki pocięto w paski o wymiarach 3 na 28 cm według Epsteina i badano straty w rdzeniu i przenikalność przy indukcji 1,5 T. Wyniki przedstawiono w tablicy 1. Dla celów porównawczych wykonano próbki w klasie M–19 stosując znany sposób, to jest próbki te były normalizowane w temperaturze 1183 K, wytrawiane, walcowane na zimno z taśmy, do grubości końcowej 0,35 mm, a następnie odwęglane i wyżarzane w wysokiej temperaturze w taki sam sposób, jak przy dwukrotnym walcowaniu na zimno próbki stali.

Tablica 1

Własności magnetyczne * w kierunku
walcowania stali całkowicie przewalcowanej

Grubość po pierwszym walcowaniu na zimno (mm)	Zgniot w % na zimno		Pierwsze walc. w temp. 1183 K przy 1,5 T		Pierwsze walc. w temp. 1253 K przy 1,5 T	
	pierwsze	drugie	stratność [W/kg]	przenikalność w polu przemien. (H/m)	strat. (W/kg)	przenikalność w polu przemien. (H/m)
Dwukrotne walcowanie na zimno						
0,560	73,8	40	3,09	0,00223	3,00	0,00245
0,610	71,5	45	2,94	0,00264	2,82	0,00314
0,675	68,6	50	2,74	0,00337	2,76	0,00305
0,750	65,1	55	2,74	0,00335	2,74	0,00323
0,845	60,7	60	2,76	0,00338	2,74	0,00333
0,965	55,1	65	3,11	0,00222	2,89	0,00283
1,130	47,1	70	3,26	0,00192	3,02	0,00250
Porównawcze jednokrotne walcowanie na zimno						
0,0135	84,3	—	3,47	0,00163	—	—

* Każda z wartości jest przeciętną z dwu testów z wyjątkiem zgniotów 50,55 i 60%, a wyniki testów porównawczych są przeciętną z czterech pomiarów.

** Próbki te były normalizowane w temperaturze 1183 K przed walcowaniem na zimno.

Powyższe dane zostały naniesione na wykres przedstawiający stratność i przenikalność przy indukcji 1,5 T w funkcji zgniotu w drugim walcowaniu (fig. 1 i 2). Wykresy sporządzono dla operacji pośredniego wyżarzania, przy 1183 K i 1253 K. Punkty wykresu reprezentują średnią z dwu prób, za wyjątkiem zgniotów 50, 55 i 60%, które są średnią z czterech prób. Z porównania obu wykresów można łatwo stwierdzić że zakres od 50 do 60% zgniotu przy drugim walcowaniu na zimno jest zakresem krytycznym dla osiągnięcia optymalnych własności magnetycznych.

Dla zilustrowania pozostałych istotnych cech wynalazku przedstawiono tablicę 2 oraz fig. 3 i 4, które ilustrują wpływ temperatury pierwszego ciągłego wyżarzania na końcowe własności magnetyczne stali dwukrotnie walcowanej na zimno. Użyto tej samej stali co w poprzednim przykładzie. Przy każdej z podanych temperatur próbki stali były wygrzewane w ciągu 180 s. Po końcowym walcowaniu na zimno i wyżarzaniu odwęglającym próbki poddano wyżarzaniu ciągłemu przez 240 s w temperaturze 1228 K lub 1283 K w suchej atmosferze HNX dla uzyskania końcowych własności magnetycznych.

Jak widać na fig. 3 i 4 najlepsze własności magnetyczne uzyskano dla temperatury pierwszego wyżarzania bliskiej 1203 K, jakkolwiek niską stratność i dobrą przenikalność uzyskuje się przy 1,5 T w zakresie temperatur 1183–1253 K. Wykresy wskazują na to, że własności polepszają się jeszcze bardziej, gdy końcowa temperatura wyżarzania wzrośnie od 1228 do 1283 K.

Tablica 2

Własności magnetyczne w kierunku walcowania stali
całkowicie przewalcowanej
(każda wartość jest średnią z czterech testów)

Pierwsze ciągłe wyżarzanie		1,0 T		1,5 T	
		Stratność [W/kg]	Przenikal. w polu przebiegiem [H/m]	Stratność [W/kg]	Przenikal. w polu przebiegiem [H/m]
Temp. [K]	Czas [s]				
Końcowe wyżarzanie ciągłe w temp. 1283 K					
1073	180	1,342	0,01047	3,333	0,00210
1128	180	1,305	0,01039	3,113	0,00169
1183	180	1,128	0,01497	2,517	0,00425
1253	180	1,147	0,01467	2,605	0,00400
Końcowe wyżarzanie ciągłe w temp. 1228 K					
1073	180	1,402	0,01154	3,355	0,00198
1138	180	1,382	0,01068	3,267	0,00171
1183	180	1,247	0,01359	2,759	0,00374
1253	180	1,282	0,01242	2,848	0,00350

Dla zilustrowania wyników osiąganych za pomocą urządzeń przemysłowych, przedstawiono w poniższej tablicy 3 wyniki uzyskane z badań blachy klasy M-19 według AISI o grubości 0,35 mm przewalcowanej sposobem według wynalazku ze stali gatunku 775.

Tablica 3

Własności magnetyczne według Epsteina
blachy M-19 przewalcowanej
na grubość 0,35 mm

Nr zwoju	Stratność przy 1,5 T (W/kg)			Przenikalność przy 1,5 T (H/m)		
	L	T	1/2T i 1/2L	L	T	1/2T i 1/2L
Dwukrotne walcowanie na zimno (grubość pośrednia 0,75 mm)						
126021	2,781	4,172	3,333	0,00279	0,000788	0,00145
126022	2,848	4,106	3,355	0,00273	0,000791	0,00146
288709	2,605	4,150	3,289	0,00339	0,000688	0,00144
Jednokrotne walcowanie na zimno						
126023	3,091	3,929	3,488	0,00126	0,000888	0,00125
126024	3,091	3,907	3,466	0,00191	0,000928	0,00134
126025	3,046	3,885	3,466	0,00180	0,000919	0,00125
126026	3,046	3,907	3,444	0,00211	0,000956	0,00144
126027	3,024	3,819	3,400	0,00187	0,000898	0,00126

L – próbka wycięta wzdłuż kierunku walcowania

T – próbka wycięta poprzecznie do kierunku walcowania

Przykład III. Dwa ze zwojów podanych w tablicy 3 (zwój nr 126021 i 126022) były zwojami handlowymi o składzie 0,03% C, 0,28% Mn, 0,01% P, 0,003% S, 2,99% Si, 0,36% Al i 0,005% N. Przewalcowane na gorąco i wytrawione zwoje zostały przewalcowane na zimno do grubości pośredniej około 0,75 mm a następnie zostały wyżarzone w temperaturze 1253 K w piecu przelotowym z trzonem rolkowym z prędkością przesuwu 1 m/s. Zastosowano atmosferę azotu i 40 do 47% wodoru o wilgotności odpowiadającej punktowi rosy 272–283 K. Następnie zwoje zostały przewalcowane na zimno do grubości 0,35 mm i szerokości 135 mm w trzech przejściach na walcach rewersyjnych. Po drugim walcowaniu na zimno taśmy wyżarzone w piecu przepustowym w temperaturze 1073–1119 K z prędkością przesuwu 0,75 m/s w atmosferze po 50% azotu i wodoru przy punkcie rosy 314–320 K. Końcowe wyżarzanie prowadzono w temperaturze 1313–1328 K z prędkością przesuwu 1,3 m/s i w atmosferze azotowo-wodorowej zawierającej 48 do 53% wodoru przy punkcie rosy 267–278 K. Ostatnie dwie operacje wyżarzania również prowadzone były w piecu z trzonem rolkowym. Zwój taśmy nr 288709 został wybrany z innej serii zwojów handlowych. Skład stopowy tej taśmy był następujący: 0,032% C, 0,29% Mn, 0,007% P, 0,004% S, 2,93% Si, 0,42% Al i 0,007% N. Zwój ten został przerobiony w ten

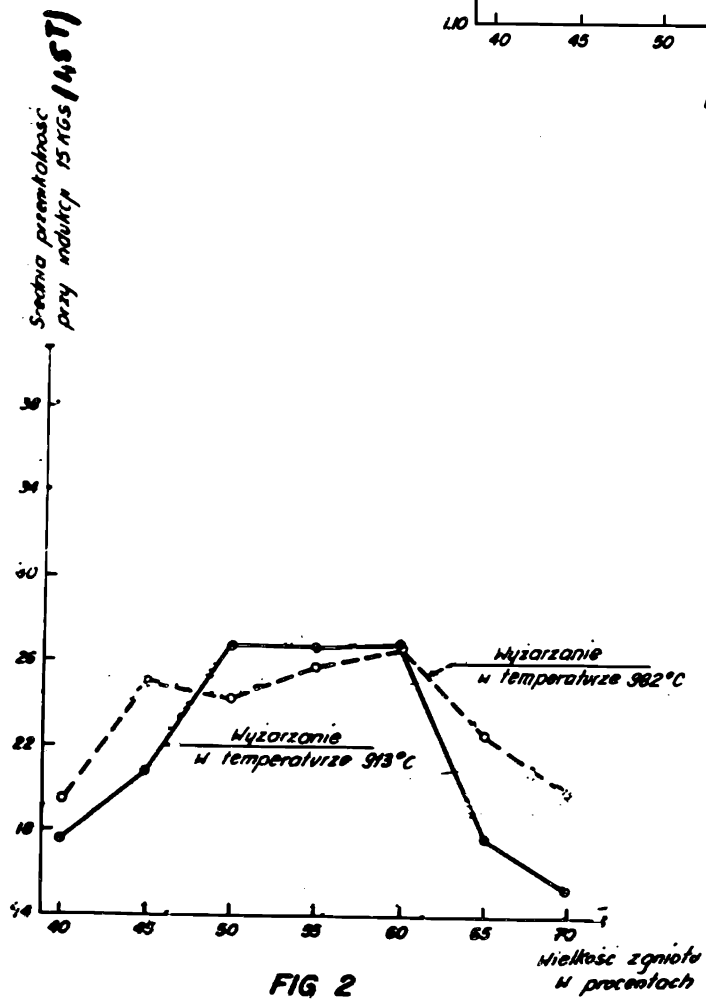
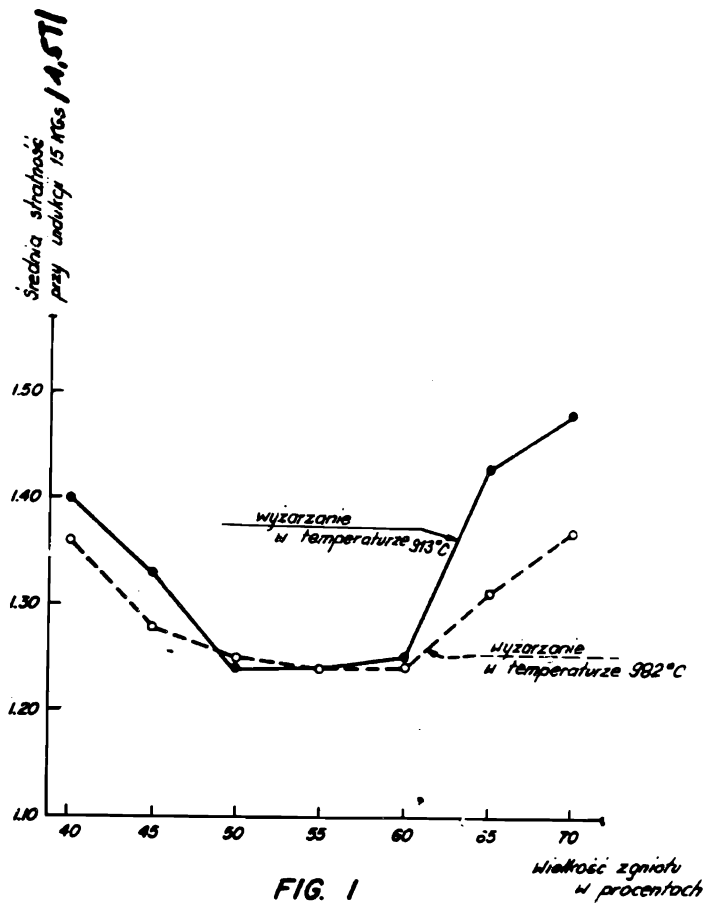
sam sposób jak poprzednie, z wyjątkiem tego, że temperatura pierwszego wyżarzenia ciągłego wynosiła 1228–1253 K. Ponadto przewalcowano zgodnie z powszechnie stosowaną praktyką w jednej operacji walcowania na zimno pięć zwojów taśm pochodzących z tej samej serii produkcyjnej co pierwsze dwie taśmy na wyrób M-19 o grubości 0,35 mm.

Z powyższej tablicy wynika, że sposób według wynalazku zapewnia uzyskanie blachy o grubości 0,35 mm mającej stratność w kierunku walcowania przy indukcji 1,5 T poniżej 2,87 W/kg oraz przenikalność magnetyczną znacznie powyżej 0,00251 H/m.

Poprawę własności magnetycznych przy dwukrotnym walcowaniu na zimno w porównaniu z walcowaniem jednokrotnym przypisuje się bardziej korzystnej strukturze krystalograficznej, można to stwierdzić na podstawie różnicy w natężeniach promieniowania rentgenowskiego odchylonego w płaszczyznach krystalograficznych równoległych do płaszczyzny walcowania. Jakkolwiek stwierdzono, w tych stalach zasadniczo niewielkie ukięrkowanie struktury, to jedyną z głównych różnic między stalami walcowanymi na zimno dwukrotnie i jednokrotnie jest duża objętość frakcji (222) ziaren usytuowanych równoległe do płaszczyzny blachy walcowanej jednokrotnie. Podczas gdy względna gęstość płaszczyzn (222) stali dwukrotnie walcowanej na zimno była 1,1 do 1,5 razy wyższa od gęstości statystycznej, to jest pięć razy wyższa dla stali walcowanej jednokrotnie. Ogólnie orientacja (222) lub (111) nie jest orientacją korzystną dla blach elektrycznych. Zaobserwowano również niewielkie lecz wyraźne różnice w natężeniu promieniowania odbitego w płaszczyznach (110) i (200) między blachami walcowanymi zgodnie z opisanymi wyżej sposobami.

Zastrzeżenie patentowe

Sposób wytwarzania cienkiej, stalowej blachy krzemowej o teksturze niezorientowanej, polegający na tym, że odlewa się wlewek o składzie 2–3,5% krzemu, 0,3–0,45% aluminium, 0–0,007% siarki, reszta żelazo i przypadkowe zanieczyszczenia, walcuje się wlewek na gorąco, do grubości odpowiadającej grubości taśmy, wytrawia się przewalcowaną na gorąco taśmę, walcuje się taśmą na zimno do grubości końcowej w dwóch operacjach, między którymi stosuje się pośrednie wyżarzanie w temperaturze 1153–1253 K, oraz przeprowadza się wyżarzanie końcowe w wysokiej temperaturze, z n a m i e n n y t y m, że w drugiej operacji walcowania na zimno stosuje się zgniot równy 50–60%.



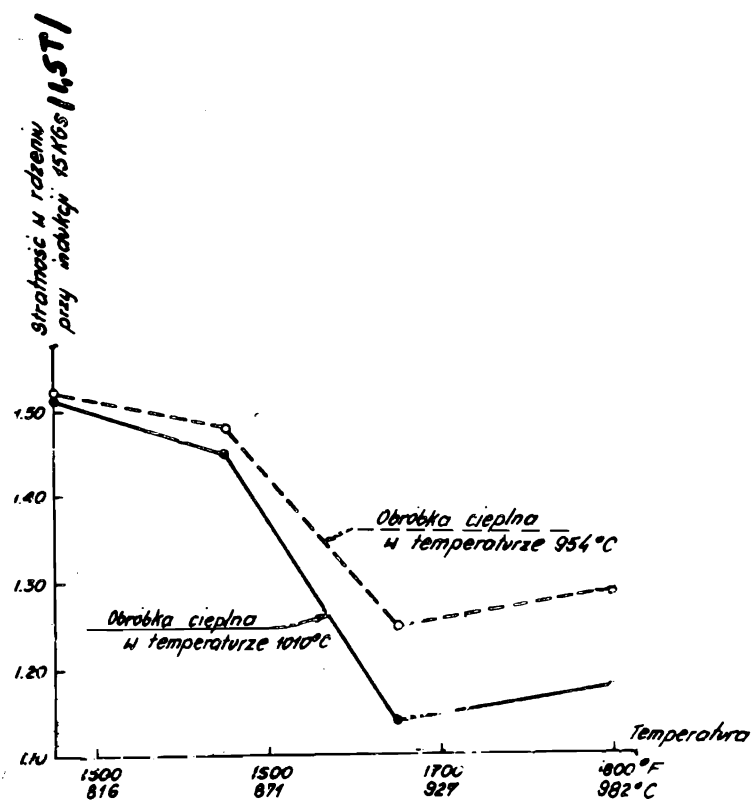


FIG. 3

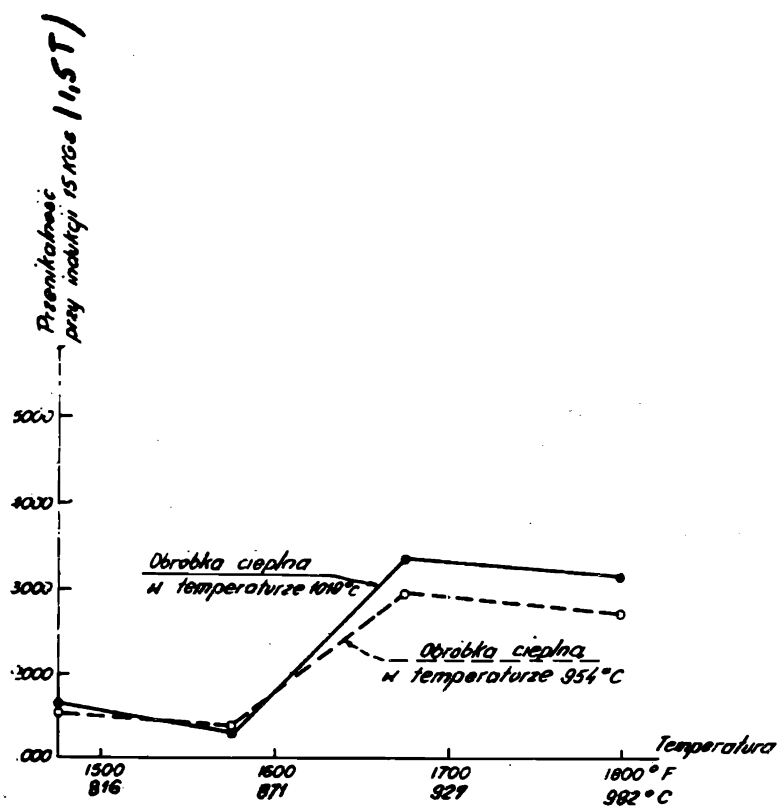


FIG. 4