



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 18.09.74 (P. 174171)

Pierwszeństwo: 19.09.73 dla zastrz. 1, 3
Włochy

Zgłoszenie ogłoszono: 01.10.75

Opis patentowy opublikowano: 28.02.1983

Int. Cl.³ C21D 1/78

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórcy wynalazku: Mario Barisoni, Massimo Barteri, Roberto Ricci
Bitti, Pietro Brozo, Edmondo Marianeschi

Uprawniony z patentu: Centro Sperimentale Metallurgico S.p.A., Rzym;
Terni Societa' per l' Industria e l' Elettricità
S.p.A., Rzym (Włochy)

**Sposób wytwarzania blachy o jednokierunkowo zorientowanych
ziarnach ze stali krzemowej**

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania blachy o jednokierunkowo zorientowanych ziarnach ze stali krzemowej o wysokiej indukcji magnetycznej.

Znane są sposoby poprawienia własności magnetycznych blachy poprzez zmniejszenie strat mocy, jak również przez zmniejszenie natężenia pola magnetycznego potrzebnego do wytwarzania żądanej indukcji.

Z opisów patentowych Stanów Zjednoczonych Ameryki nr 3 636 579, 3 764 406 i belgijskiego opisu patentowego nr 797 781 wiadomo, że poprawienie własności magnetycznych blachy uzyskuje się w procesie wtórnej reakrytalizacji, polegającym na perforowanym kierunkowym rozroście ziaren o krystalicznej orientacji definiowanej wskaźnikami Millera (110) (001). W czasie gdy stal jest jednokrotnie albo wielokrotnie walcowana na zimno, obróbka cieplna obejmuje wyżarzanie pośrednie, oraz końcowe wysokotemperaturowe wyżarzanie.

Występowanie zjawiska zwiększenia indukcji magnetycznej zależne jest od obecności domieszek takich jak MnS, AlN i VN zdolnych do wytwarzania fazy rozproszonych ziaren o odpowiednich rozmiarach, wewnątrz metalowej osnowy. Substancje te swoją obecnością oddziałują podczas końcowego wyżarzania stali uprzednio walcowanej, mają wpływ na końcową grubość oraz powodują selektywny wzrost ziarna w procesie krysta-

2

lizacji o orientacji definiowanej wskaźnikami Millera (110) (001).

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu wytwarzania blachy o jednokierunkowo zorientowanych ziarnach, ze stali krzemowej o wysokiej indukcji magnetycznej zawierającej aluminium.

Sposób według wynalazku polega na tym, że stal krzemową o składzie wagowo 2,6 do 3,5% Si, 0,01 do 0,045% Al, do 0,06% C i do 0,15% Mn oraz korzystnie rozpuszczalnego w kwasie aluminium w ilości 0,02% do 0,05%, walcuje się na gorąco w zakresie temperatur od 1370°C do 1430°C, wyżarza się w zakresie temperatur od 1120°C do 1170°C w czasie od 10 do 60 sekund, wolno chłodzi się w zakresie temperatur od 750°C do 850°C, a następnie szybko chłodzi w wodzie z zakresu temperatur od 750°C do 850°C, walcuje się na zimno ze zgniotem 80% do 90%, wyżarza się odwęglając w temperaturze od 780°C do 870°C przez 2 minuty, oraz poddaje się końcowemu wyżarzaniu w temperaturze 1200°C w atmosferze zawierającej mieszaninę azotu i wodoru i wodoru z parą wodną.

Wariant sposobu według wynalazku polega na tym, że stal krzemową o składzie wagowym 2,6% do 3,5% Si, 0,01% do 0,045% Al, do 0,6% C i do 0,15% Mn oraz korzystnie rozpuszczalnego w kwasie aluminium w ilości 0,02% do 0,05%, walcuje się na gorąco w zakresie temperatur od 1370°C do 1430°C, wyżarza się w zakresie temperatur od 1120°C do 1170°C w czasie od 10 do 60 sekund,

wolno chłodzi się do zakresu temperatur od 750°C do 850°C, szybko chłodzi się w wodzie z zakresu temperatur od 750°C do 850°C, walcuje się na zimno ze zgniotem 30%, wyżarza się w zakresie temperatur od 850°C do 900°C przez 2 do 8 minut, szybko chłodzi się w wodzie z temperatury od 850°C do 900°C, poddaje się końcowemu walcowaniu na zimno ze zgniotem od 80% do 90%, wyżarza się odweglając w temperaturze od 780°C do 870°C w atmosferze zawierającej wilgotny wodór oraz poddaje się żarzeniu końcowemu w temperaturze 1200°C w atmosferze zawierającej mieszaninę azotu i wodoru.

Walcowanie na zimno może być wykonane jedno albo dwustopniowo. W obu przypadkach uzyskuje się pewien stopień niejednorodności. W obu wariantach, każdy stopień walcowania na zimno jest poprzedzony wyżarzaniem i szybkim chłodzeniem materiału. Temperatura i czas obróbki dla powyżej przedstawionych etapów, dla stali o składzie wagowym 2,6% do 3,5% Si, 0,01% do 0,05% Al są następujące: Ponowne nagrzewanie płyty do temperatury pomiędzy 1370°C i 1430°C, przed walcowaniem na gorąco. Wyżarzanie w zakresie temperatur od 1050°C do 1170°C, korzystnie od temperatury 1120°C do 1170°C z wygrzewaniem w czasie 10 do 60 sekund i powolne chłodzenie do zakresu temperatur od 700°C do 900°C, korzystnie 750°C do 850°C. Szybkie chłodzenie z temperatury 700°C do 900°C, korzystnie 750°C do 850°C. Walcowanie na zimno ze zgniotem od 80% do 90%. Rekrytalizacja i wyżarzanie odweglające w temperaturze 780°C do 870°C przez dwie do ośmiu minut. Podgrzewanie do temperatury 1200°C i wyżarzanie, obie operacje zasadniczo w atmosferze składającej się objętościowo z 10% do 50% wodoru i 50% do 90% azotu.

Wzrost magnetycznych własności blachy o jednokierunkowo zorientowanych ziarnach ze stali krzemowej, tak potraktowanej i poddanej obróbce, tłumaczy się powstawaniem wewnątrz stali, w wyniku obróbki co najmniej jednej fazy innej niż azotek aluminium, która zwiększa działanie azotku aluminium.

Potwierdzeniem tego faktu jest przeprowadzone doświadczenie, w którym próbkę ze stali krzemowej walcuje się na gorąco i wyżarza w temperaturze 1150°C i chłodzi w powietrzu od temperatury 800°C. Próbkę tę dzieli się na dwie części, z których jedną po walcowaniu na zimno ze zgniotem 85% poddaje się końcowej obróbce odweglania oraz wyżarzania, zaś średnia wartość indukcji magnetycznej wynosi $B_{10}=1,72$ T. Drugą część próbki wyżarza się przez sześć minut w temperaturze 900°C, w której nie zmienia się wartości ani rozkład uprzednio wydzielonego azotku aluminium, następnie próbkę szybko chłodzi się w wodzie od temperatury 900°C. Późniejsze walcowanie na zimno, odweglanie, wytwarzanie i obróbka odbywała się tak, jak z pierwszą częścią próbki. Średnia wartość magnetyczna indukcji dla drugiej próbki wynosi $B_{10}=1,95$ T.

Dokładne zbadanie zastosowanej obróbki stali wyjaśnia, że zjawisko odpowiedniego wzrostu magnetycznej indukcji zależne jest od budowy mar-

tenzytu w ferrytycznej osnowie. Obecność martenzytu może być łatwo stwierdzona za pomocą mikroskopu metalograficznego, oraz zmniejszona mikrotwardość i makrotwardość w różnych miejscach stali.

Zgodnie z wynalazkiem uzyskuje się blachę ze stali krzemowej, której właściwa obróbka pozwoli na otrzymanie określonej ilości martenzytu.

Sposób obejmuje dwa etapy walcowania na zimno i polega na tym, że walcuje się na zimno półprodukt ze zgniotem 20% do 50%, korzystnie do 30%, wyżarza się pośrednio w zakresie temperatur od 700°C do 900°C, korzystnie w temperaturze 850°C do 900°C z wygrzewaniem w ciągu 1 do 10 minut, korzystnie przez 2 do 8 minut, jak również szybko chłodzi się z zakresu temperatur od 700°C do 900°C, korzystnie od temperatury 850°C do 900°C, przy czym końcowe walcowanie na zimno prowadzi się zgniotem od 80% do 90%.

Dokładne przestrzeganie w sposobie obróbki kolejności temperatur i czasu w zakresach opisanych w obu powyższych wariantach ma wpływ na otrzymanie bardziej korzystnej budowy (wielkość i dyspersja) martenzytu, a otrzymana blacha ma dużą wartość indukcji magnetycznej.

Dla porównania w znanym sposobie obróbki stali krzemowej, uzyskano średnią wartość indukcji magnetycznej $B_{10}=1,85$ T, natomiast stal o składzie wagowym C — 0,5%, Si — 2,8%, Mn — 0,1%, Al — 0,05%, N₂ — 0,058%, pozostałość do 100% Fe, walcuje się na gorąco na pasma o grubości 3,1 mm i wyżarza się w temperaturze 1160°C w ciągu 40 sekund, wolno chłodzi się do temperatury 950°C i szybko chłodzi się w wodzie od temperatury 950°C, następnie walcuje się na zimno ze zgniotem 30% i wyżarza się w temperaturze 950°C w ciągu trzech minut, szybko chłodzi się w wodzie od temperatury 950°C, a na koniec walcuje się na zimno ze stopniową redukcją grubości do 85%, wyżarza się w temperaturze 600°C przez 2 minuty w redukującej atmosferze zawierającej wilgotny H₂, oraz dostatecznie wyżarza się przez 35 godzin w atmosferze zawierającej 80% N₂ i 20% H₂.

Przedmiot wynalazku wyjaśniają poniższe przykłady.

Przykład I. Stal o następującym procentowym składzie wagowym: C — 0,05, Si — 2,7, Mn — 0,1, Al — 0,05, N₂ — 0,008, V, Ti — 0,005 max, a Fe stanowi pozostałość, walcuje się na gorąco na pasmo o grubości 2,3 mm, wyżarza się w temperaturze 1160°C w ciągu 30 sekund, szybko chłodzi się w wodzie od temperatury 800°C i przetrzymuje się w tej temperaturze w ciągu 10 sekund, następnie walcuje się na zimno ze zgniotem 87%, wyżarza się i odwegla w H₂ w temperaturze 800°C w ciągu 2 minut, a końcowe wyżarzanie odbywa się w atmosferze zawierającej objętościowo 80% N₂ i 20% H₂ z szybkością nagrzewania 33°C/h.

Blacha w taki sposób otrzymana odznacza się indukcją magnetyczną o wartości równej $B_{10}=1,92$ T, z rozproszeniem $\pm 0,03$ T.

Przykład II. Stal o procentowym składzie wagowym: C — 0,05, Si — 2,6, Mn — 0,1, Al — 0,05, N₂ — 0,003 a Fe stanowi pozostałość, walcuje się na gorąco na pasma o grubości 3,1 mm, wyżarza

się w temperaturze 1150°C w ciągu 15 sekund, wolno chłodzi się do temperatury 800°C, szybko chłodzi się w wodzie do temperatury 800°C, walcuje się na zimno ze zgniotem 30%, wyżarza się w temperaturze 850°C w ciągu 6 minut, szybko chłodzi się w wodzie od temperatury 850°C, i dokonuje się końcowego walcowania na zimno ze zgniotem 87%, następnie wyżarza się w temperaturze 800°C w redukującej atmosferze zawierającej wilgotny H₂ w ciągu 2 minut i ostatecznie wyżarza się w atmosferze składającej się objętościowo z 80% N₂ i 20% H₂ z szybkością nagrzewania 33°C/h.

Uzyskana w taki sposób blacha charakteryzuje się indukcją magnetyczną o wartości równej $B_{10} = 0,953$ T, z rozproszeniem $\pm 0,03$ T.

Przykład III. Stal o składzie takim samym jak w przykładzie II walcuje się na gorąco na pasma o grubości 3,15 mm, wyżarza się w temperaturze 1150°C w ciągu 30 sekund, chłodzi się w wodzie od temperatury 850°C i przetrzymuje w tej temperaturze w ciągu 10 sekund, walcuje się na zimno ze średnim zgniotem 30%, wyżarza się w temperaturze 900°C w ciągu 6 minut, szybko chłodzi w wodzie od temperatury 900°C, dokonuje końcowego walcowania na zimno ze zgniotem 87% i wyżarza się oraz odwęglą w H₂ w temperaturze 800°C w ciągu 3 minut, zaś na końcu wyżarza się w temperaturze 1200°C w atmosferze składającej się objętościowo z 80% N₂ i 20% H₂ z szybkością nagrzewania 33°C/h.

W ten sposób uzyskana blacha charakteryzuje się indukcją magnetyczną o wartości równej $B_{10} = 1,93$ T.

Przykład IV. Stal o procentowym składzie wagowym: C — 0,04, Si — 2,9, Mn — 0,08, Al — 0,04, N₂ — 0,0075 i Fe stanowiącym pozostałość walcuje się na gorąco na pasma o grubości 3,1 mm, wyżarza się w temperaturze 1140°C w ciągu 10 sekund, wolno chłodzi się do temperatury 850°C, następnie szybko chłodzi się w wodzie od temperatury 850°C i walcuje się na zimno ze zgniotem 87%, wyżarza się i odwęglą w wilgotnym H₂ przez 2 minuty, zaś końcowe wyżarzanie odbywa się w temperaturze 1200°C w atmosferze składającej się objętościowo z 80% N₂ i 20% H₂ z szybkością nagrzewania 33°C/h.

W ten sposób otrzymana blacha charakteryzuje się indukcją magnetyczną o wartości równej $B_{10} = 1,927$ T, z rozproszeniem $\pm 0,03$ T.

Przedstawione w sposobie według wynalazku procesy mają wpływ na budowę blachy, a szczególnie na zawartość martenzytu o mikrotwardości co najmniej 600 HV, który stanowi około 5% do 20% objętości blachy, natomiast przeciętna makrotwardość blachy wynosi co najmniej 230 HV, pod-

czas gdy porównywalne blachy stalowe uzyskiwały po znanych obróbkach przeciętną makrotwardość zbliżoną do 200 HV. Spowodowane to było niewielką zawartością martenzytu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania blachy o jednokierunkowo zorientowanych ziarnach ze stali krzemowej o wysokiej indukcji magnetycznej polegający na tym, że taśmę ze stali krzemowej o składzie wagowym 2,6% do 3,5% Si, 0,01% do 0,045% Al, do 0,6% C i do 0,15% Mn oraz korzystnie rozpuszczalnego w kwasie aluminium w ilości 0,02% do 0,05% wyżarza się w wysokiej temperaturze, hartuje się i następnie walcuje się na zimno, **znamienny tym**, że stal krzemową walcuje się na gorąco w zakresie temperatur od 1370°C do 1430°C, wyżarza się w zakresie temperatur od 1120°C do 1170°C w czasie od 10 do 60 sekund, wolno chłodzi się do zakresu temperatur od 750°C do 850°C, szybko chłodzi się w wodzie z zakresu temperatur od 750°C do 850°C, walcuje się na zimno ze zgniotem 80% do 90%, wyżarza się odwęglając przez 2 minuty oraz poddaje się końcowemu wyżarzaniu w temperaturze 1200°C w atmosferze zawierającej mieszaninę azotu i wodoru.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyżarza się odwęglając w temperaturze od 780°C do 870°C.

3. Sposób wytwarzania blachy o jednokierunkowo zorientowanych ziarnach ze stali krzemowej o wysokiej indukcji magnetycznej polegający na tym, że taśmę ze stali krzemowej o składzie wagowym 2,6% do 3,5% Si, 0,01% do 0,045% Al, do 0,6% C i do 0,15% Mn oraz korzystnie rozpuszczalnego w kwasie aluminium w ilości 0,02% do 0,05% wyżarza się w wysokiej temperaturze, hartuje się i następnie walcuje się na zimno, **znamienny tym**, że stal krzemową walcuje się na gorąco w zakresie temperatur od 1370°C do 1430°C, wyżarza się w zakresie temperatur od 1120°C do 1170°C w czasie od 10 do 60 sekund, wolno chłodzi się do zakresu temperatur od 750°C do 850°C, szybko chłodzi się w wodzie z zakresu temperatur od 750°C do 850°C, walcuje się na zimno ze zgniotem 30%, wyżarza się w zakresie temperatur od 850°C do 900°C przez 2 do 8 minut, szybko chłodzi się w wodzie z temperatury od 850°C do 900°C, poddaje się końcowemu walcowaniu na zimno ze zgniotem od 80% do 90%, wyżarza się odwęglając w atmosferze zawierającej wilgotny wodór oraz poddaje się wyżarzaniu końcowemu w temperaturze 1200°C w atmosferze zawierającej mieszaninę azotu i wodoru.

4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyżarza się odwęglając w temperaturze od 780°C do 870°C.