



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 12.03.1973 (P. 161230)

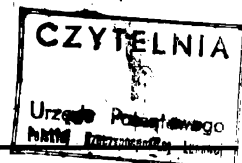
Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 01.04.1974

Opis patentowy opublikowano: 25.02.1977

MKP C21d 1/30

Int. Cl.² C21D 1/30



Twórca wynalazku: _____

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

Sposób wytwarzania blachy żelazokrzemowej o zorientowanych ziarnach

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania blachy żelazokrzemowej o zorientowanych ziarnach przez wyżarzanie w zamkniętej skrzynce w atmosferze wodoru, w temperaturze powyżej 1095°C, walcowanego na zimno arkusza blachy stalowej zawierającej 2,5—3,5% krzemu.

Sposoby wytwarzania żelazokrzemowej blachy o zorientowanych ziarnach są znane i choć niektóre parametry procesów stosowanych na skalę techniczną różnią się w pewnym stopniu, to jednak wszystkie te procesy polegają na tym, że najpierw stal walcuje się na gorąco do grubości około 2 mm, po czym chłodzi, czyści powierzchnię blachy i walcuje na zimno do grubości 0,35 mm lub mniejszej, przy czym stosuje się dwukrotną redukcję grubości na zimno, z pośrednim wyżarzeniem. Po ostatecznym walcowaniu na zimno i wyżarzaniu odwęglającym blachę wyżarza się w zamkniętej skrzyni, w bardzo wysokiej temperaturze, w celu usunięcia siarki i nadania blasze tekstury o ziarnach zorientowanych, to jest tekstury Goss'a (110) (001), zwanej często orientacją sześcienną na krawędzi. Wprawdzie stosowanie temperatury powyżej 1095°C ma zasadnicze znaczenie dla spowodowania żądanej orientacji, ale tak wysoka temperatura jest o tyle niedogodna, że obniża znacznie wytrzymałość materiału, powodując wyboczenie się brzegów arkusza, jego odkształcanie itp. W związku z tym, w praktyce usuwa się i złomuje zniekształcone brzegi arkusza, co oczywiście stanowi stratę. Jednakże, nawet po usu-

2

nięciu zniekształconych części arkusza, blacha taka nie nadaje się bezpośrednio do stosowania do wielu celów, a to z uwagi na nieodpowiednie własności magnetyczne. Z tego też względu utarło się w praktyce, że przed dalszym użyciem arkusza takiej blachy ponownie wyżarza się w celu polepszenia płaskości blachy i jej magnetycznych właściwości.

Wynalazek umożliwia wytwarzanie płaskiej, wolnej od naprężeń blachy żelazokrzemowej o ziarnach zorientowanych, z uniknięciem szkód powodowanych przez wyżarzanie w zamkniętych skrzyniach w wysokiej temperaturze, przy czym arkusze blachy wytwarzanej sposobem według wynalazku są płaskie i mają korzystne własności magnetyczne, toteż 15 20 25 30

zbędne jest ponowne wyżarzanie takiej blachy przed dalszym użyciem. Produktem wyjściowym w procesie prowadzonym sposobem według wynalazku jest walcowany na zimno arkusz stalowy blachy zawierającej 2,5—3,5% krzemu, poddawany wyżarzaniu w atmosferze wodoru w temperaturze powyżej 1095°C, w celu spowodowania orientacji ziaren.

Cechą sposobu według wynalazku jest to, że tak wstępnie przygotowany arkusz poddaje się wyżarzaniu odprężającemu w temperaturze 700—1095°C, korzystnie 700—980°C, a zwłaszcza w temperaturze 815—980°C, w atmosferze nie powodującej utleniania ani nawęglania, po czym za pomocą walcarki wydłuża się go o mniej niż 1%, korzystnie o 0,25—0,75% i kontynuuje wyżarzanie odprężające w tem-

peraturze 700—1095°C, korzystnie w temperaturze 700—815°C, w atmosferze nie powodującej utleniania ani nawęglania w ciągu takiego okresu czasu, który jest wystarczający do spowodowania praktycznie całkowitego odprężenia stali. Przed wystawieniem stali na działanie powietrza chłodzi ją do temperatury poniżej 540°C.

Istota sposobu według wynalazku polega na tym, że po znanym wyżarzaniu w zamkniętej skrzyni, w wysokiej temperaturze, blachę poddaje się nie stosowanemu dotychczas rozciąganiu i kontynuuje wyżarzanie odprężające. Wszelkie inne zabiegi są w procesie według wynalazku zasadniczo takie same jak w znanych sposobach, a mianowicie produktem wyjściowym jest półprodukt w postaci stali krzemowej walcowanej na gorąco do grubości około 1,8—2,3 mm, zawierającej w stosunku wagowym 2,5—3,5%, a przeważnie około 3,15% krzemu, przy czym korzystnie stosuje się stal wytapianą i rafinowaną tak, aby utrzymać wysoki stopień czystości. Stal taka zawiera poza tym zwykle 0,015—0,030% węgla, 0,012—0,28% siarki, mniej niż 0,015% fosforu i 0,06—0,15% manganu.

Przy stosowaniu znanych sposobów, ze stali takiej odlewa się i walcuje kęsiska płaskie, które następnie walcuje się na gorąco na grubość około 2 mm i zwiija w działającej sposobem ciągłym walcierce do walcowania blach na gorąco. Blachę walcowaną na gorąco należy przed walcowaniem na zimno wytrawić, przeważnie w roztworze kwasu siarkowego, w celu usunięcia zgorzeliny walcowniczej. Oczyszczoną i przewalcowaną na gorąco blachę walcuje się następnie na zimno tak, aby uzyskać ostateczną grubość wynoszącą zwykle około 0,35 mm, przy czym aby otrzymać tę grubość przeważnie walcuje się dwukrotnie na zimno, wyrażając pomiędzy tymi zabiegami walcowania. Po końcowym zabiegu walcowania i po odwęgleniu blachy wyżarza się w temperaturze powyżej 1095°C w atmosferze wodoru lub gazu zawierającego wodór, w celu usunięcia siarki i spowodowania, wtórnej rekrytalizacji, powodującej w wysokim stopniu żadaną orientację ziaren. Przed usunięciem z atmosfery zawierającej wodór zwoje chłodzi się. Ponieważ zaś wyżarzanie w skrzyniach w wysokiej temperaturze trwa zwykle około 1 tygodnia, przeto, jak wyżej wspomniano, blacha mięknie w dość znacznym stopniu i arkusz ulega odkształceniom przede wszystkim na brzegach. Wad tych unika się sposobem według wynalazku dzięki temu, że po trwającym dłuższy okres czasu wyżarzaniu w komorze, arkusz poddaje się walcowaniu wydłużającemu i wyżarzaniu w wysokiej temperaturze. Umożliwia to otrzymanie arkuszy blachy płaskiej nie mających odkształceń, przy czym dobre własności magnetyczne stali zostają zachowane i stal ta nie wykazuje naprężeń.

Sposobem według wynalazku, zwoje wyżarzone w komorze w znany sposób poddaje się następnie ciągłemu wyżarzaniu odprężającemu w temperaturze dostatecznie wysokiej do spowodowania praktycznie całkowitego zaniku naprężeń, bez rekrytalizacji lub wyraźnego wzrostu ziaren, przy czym w początkowej fazie ciągłego wyżarzania zwoje blachy są poddawane wydłużaniu przez walcowanie na-

ciągające, powodujące wydłużenie nie przekraczające 1%. Jest rzeczą zasadniczą, aby proces wydłużania prowadzić tylko po ogrzaniu stali do temperatury wyżarzania i aby po wydłużeniu zabieg wyżarzania odprężającego był kontynuowany w ciągu okresu czasu dostatecznego do spowodowania zaniku naprężeń pozostających po procesie wydłużania. Rozciąganie arkusza stali ogrzanej do temperatury wyżarzania odprężającego powoduje usuwanie odkształceń płaskości bez równoczesnego ujemnego wpływu na żądane zorientowanie ziaren, pod warunkiem, że wydłużenie nie jest większe niż 1%. Natomiast kontynuowanie wyżarzania po wydłużeniu eliminuje naprężenie powstałe podczas wydłużania.

W celu uzyskania praktycznie biorąc całkowitego usunięcia naprężeń konieczne jest prowadzenie ciągłego wyżarzania odprężającego w temperaturze powyżej około 700°C, a ponieważ należy również nie dopuścić do rekrytalizacji i wzrostu ziaren nie zorientowanych, a także nie naruszyć żądanych własności magnetycznych stali, przeto temperatura wyżarzania nie powinna być wyższa od 1095°C. Oczywiście, proces wyżarzania odprężającego należy prowadzić w atmosferze nie powodującej utleniania ani nawęglania.

Zabieg wydłużania powinien być kontrolowany bardzo dokładnie, aby wydłużenie nie było większe niż 1%, gdyż wówczas mikrostruktura stali uległaby takim zniekształceniom, że przy dalszym wyżarzaniu powstałyby kryształy bliźniacze, powodując zmniejszenie stopnia zorientowania i utratę żądanych własności magnetycznych. Dolna granica stopnia wydłużenia nie ma decydującego znaczenia, ale aby wydłużenie odniosło w praktyce skutek powinno wynosić co najmniej około 0,25%. Stopień wydłużenia powinien być dostosowany do stopnia odkształcenia arkusza blachy i jeżeli odkształcenia te są znaczne, wówczas w celu uzyskania płaskości blachy trzeba stosować wydłużenie 0,75% lub nawet do 1%. Z drugiej zaś strony, jeżeli odkształcenia są niewielkie, wówczas dostateczne może być wydłużenie o 0,25% lub nawet mniejsze. Przeważnie stosuje się wydłużenie 0,25—0,75%.

Proces według wynalazku można prowadzić za pomocą różnego typu urządzeń. Można np. stosować znany piec do ciągłego wyżarzania, jeżeli po stronie wejściowej jest on wyposażony w urządzenie umożliwiające uzyskanie żadanego wydłużenia po ogrzaniu blachy, np. w urządzenie w postaci naciągającej przostownicy walcowej, albo w postaci 2 par walców naciągających. Przy prowadzeniu prób sposobem według wynalazku do ogrzewania blachy i powodowania wydłużenia przy regulowanym naprężeniu stosowano znany poziomy piec rolkowy. W pierwszej strefie ogrzewano stal do temperatury 815—980°C i kontrolowano naprężenie na walcach nawijających, aby w tej strefie uzyskać żądane wydłużenie. Następnie prowadzono blachę do drugiej strefy, w której proces wyżarzania prowadzono w temperaturze 700—815°C.

Stwierdzono, że konieczne jest stosowanie dwóch stref ogrzewania, gdyż w ten sposób można lepiej regulować wydłużanie i ograniczać je tylko do pierwszej strefy. Ponieważ zaś naprężenie wydłu-

zające uzyskuje się tylko za pomocą walców nawijających, przeto blacha jest po przejściu przez strefę wydłużania nadal w stanie naprężenia i dlatego, aby nie powodować dalszego wydłużania, w drugiej strefie stosuje się niższą temperaturę niż w pierwszej, a mianowicie 700—815°C zamiast 815—980°C. Temperatura 700—815°C jest dostateczna do całkowitego usunięcia naprężeń, a równocześnie jest zbyt niska, aby mogło w niej następować wydłużenie. Oczywiście konieczne jest stosowanie trzeciej strefy, w której przed wyjściem z pieca i zetknięciem się z otaczającą atmosferą blacha ulega ochłodzeniu do temperatury poniżej 540°C.

Sposób według wynalazku ilustruje poniższy przykład. Do prób stosowano trzy arkusze blachy o ziarnach zorientowanych, otrzymane w piecu elektrycznym z dwóch różnych wytopów. Zwoje A i B otrzymano ze stali zawierającej wagowo 0,029% węgla, 3,24% krzemu, 0,010% fosforu i 0,024% siarki, zaś zwoj C ze stali zawierającej wagowo 0,029% węgla, 3,37% krzemu, 0,005% fosforu i 0,027% siarki. Blachę walcowano w znany sposób do grubości 0,35 mm i wyżarzano w znany sposób w zamkniętej komorze w temperaturze 1135°C w ciągu 30 godzin, otrzymując arkusze wykazujące znane uszkodzenia brzegów i wygięcia. Arkusze te poddawano obróbce sposobem według wynalazku, mianowicie wydłużano i wyżarzano w piecu rolkowym o długości 288,6 m, z prędkością 67,5 m/minutę. Piec był podzielony na 4 główne strefy. W pierwszej strefie, o długości 21,6 m, utrzymywano temperaturę powyżej 870°C, w celu ogrzania wprowadzanej zimnej blachy. W drugiej strefie, o długości 90 m, utrzymywano

temperaturę 870°C, w trzeciej strefie, o długości 90 m, utrzymywano temperaturę 790°C. Czwarta strefa, o długości 87 m, stanowiła strefę chłodzenia. Piec był wypełniony gazem zawierającym 5% objętościowych wodoru i mającym najwyższą temperaturę rosy — 3,9°C. Naprężenie na walcach wejściowych wynosiło 91,2 kG, a na walcach wyjściowych 228 kG. Blacha w otrzymanych arkuszach była bardzo płaska i nie wykazywała naprężeń. Magnetyczne własności blach podano w tablicy I.

Zastrzeżenie patentowe

Sposób wytwarzania blachy żelazokrzemowej o zorientowanych ziarnach przez wyżarzanie w zamkniętej skrzynce, w atmosferze zawierającej wodór, w temperaturze powyżej 1095°C, walcowanego na zimno arkusza stalowej blachy zawierającej 2,5—3,5% wagowych krzemu, **znamienny tym**, że wyżarzony w zamkniętej skrzynce arkusz poddaje się wyżarzaniu odprężającemu w temperaturze 700—1095°C, korzystnie 700—980°C, a zwłaszcza w temperaturze 815—980°C, w atmosferze nie powodującej utleniania ani nawęglania, następnie wydłuża się go za pomocą walcarki o mniej niż 1%, korzystnie o 0,25—0,75% i kontynuuje wyżarzanie odprężające w temperaturze 700—1095°C, korzystnie w temperaturze 700—815°C, w atmosferze nie powodującej utleniania ani nawęglania, aż do praktycznie biorąc całkowitego odprężenia stali, po czym przed wystawieniem blachy na działanie powietrza chłodzi się ją do temperatury niższej od 540°C.

Tablica I

Badany arkusz blachy	Grubość blachy mm	15 kg bezrdzeniowo		Magnetoskrycja przy 15,5 kG $2 \cdot 10^{-6}$ cm/cm	
		przed ciągłym wyżarzaniem	po ciągłym wyżarzaniu	przed ciągłym wyżarzaniem	po ciągłym wyżarzaniu
A — wierzchołek	0,338	0,589	0,579	—0,33	—0,35
A — środek	0,337	0,603	0,606	—0,35	—0,17
B — część dolna	0,335	0,584	0,581	—0,33	—0,23
C — wierzchołek	0,337	0,571	0,576	—0,28	—0,50
C — środek	0,358	0,598	0,601	—0,42	—0,61
Średnio		0,589	0,589	—0,34	—0,37

Wyniki podane w tablicy I świadczą o tym, że obróbka prowadzona sposobem według wynalazku

nie wpływa niekorzystnie na własności magnetyczne blachy.