ČESKOSLOVENSKÁ SOCIALISTICKÁ REPUBLIKA
(19)

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

215115
(11) (B2)

(51) Int. Cl.[3]
C 21 D 1/28

(22) Přihlášeno 11 04 79
(21) (PV 2484-79)

(32) (31) (33) Právo přednosti od 12 04 78
(895678) Spojené státy americké

(40) Zveřejněno 30 10 81

(45) Vydáno 15 10 84

(72)
Autor vynálezu MALACARI FRANK ANGELO, FREEPORT, MILLER ROBERT FREDERICK, NEW KENSINGTON, SHILLING JACK WALTHER, MONROEVILLE, WELLS JAMES HOWARD, NATRONA HEIGHTS (Sp. st. a.)

(73)
Majitel patentu ALLEGHENY LUDLUM STEEL CORPORATION, PITTSBURGH, PENNSYLVANIA (Sp. st. a.)

(54) Způsob výroby elektromagnetické křemíkové oceli

1

Vynález se týká způsobu výroby elektromagnetické křemíkové oceli s orientovanými zrny.

Vývin orientace zrn krychle na hranu v borem inhibitované elektromagnetické křemíkové oceli je závislý na druhotné rekrystalizaci. Sekundární zrna orientovaná krychle na hranu rostou na úkor primárních zrn, je-li zabrzděn normální růst primárních zrn. Inhibitory jako je bor, síra a dusík zpomalují normální růst primárních zrn až do teplot při nichž rostou zrna orientovaná krychle na hranu a stravují primární zrna. Toto nastává při operaci známé jako žíhání na konečnou strukturu.

Obvyklé žíhání na konečnou strukturu zahrnuje plynulé zahřívání rychlostí asi 20 stupňů Celsia za hodinu na teplotu, při níž nastává zkujňování a poměrně dlouhý čas na vyrovnání zkujňovací teploty k odstranění nečistot. Počátek sekundární rekrystalizace nastává během ohřívacího cyklu v rozmezí 900 až 1040 °C. Při teplotách okolo 1040 °C lze rychlost ohřívání, závisející na zařízení, snížit asi na 19 °C za hodinu. Zkujňování nastává při teplotách 1090 až 1260 °C.

Podle vynálezu se vytvoří ohřívací cyklus, kterým se zdokonalí magnetické vlastnosti elektromagnetické křemíkové oceli.

2

Ocel se zahřívá z teploty 930° až 1040 °C průměrnou rychlostí menší, než 16 °C za hodinu a potom se udržuje na teplotě vyšší, než 1095 °C po dobu nejméně 4 hod. Nižší rychlost ohřívání představuje přídavný čas pro proces selektivního růstu zrn a rovněž se může výhodně upravovat mezní složení zrn poskytnutím více času boru, který může být obsažen v žáruvzdorném kysličníkovém povlaku, který byl na ocel nanesen před žíháním na konečnou strukturu, aby difundoval z tohoto povlaku do oceli. Jak bylo shora uvedeno, bor je inhibitor, který zamezuje normální primární růst zrn.

Různé cykly ohřívání pro žíhání na konečnou strukturu jsou popsány v USA patentech č. 2 534 141, 3 930 906, 3 932 234 a 3 933 537 a v pojednání I. Goto, I. Matoba, T. Imanaka, T. Gotoh a T. Kan: „Development of a New Grain Oriented Silicon Steel RG—H with High Permeability."

Pojednání bylo předloženo na konferenci EPS „Měkké magnetické materiály 2", Cardiff, o. k. 9. až 11. dubna 1975. Ani pojednání, ani uvedené patenty neobsahují řešení podle vynálezu. Nehledě na rozdíly ve způsobu strukurálního žíhání, žádný z nich se netýká borem inhibitované křemíkové oceli.

Patenty č. 3 930 906, 3 932 234 a 3 933 537

a uvedené pojednání se týkají antimonem inhibitované křemíkové oceli, přičemž antimon se nepřidává do taveniny, která tvoří ocel podle tohoto vynálezu. Dále, patent č. 3 933 537 se týká hliníkem a antimonem inhibitované křemíkové oceli a jako antimon ani hliník se nepřidává do taveniny, která tvoří ocel podle vynálezu.

Řada dalších publikací uvádí borem inhibitovanou křemíkovou ocel. Tyto publikace jsou např. patenty USA č. 3 873 381, 3 905 842, 3 905 843, 3 957 546 a 4 030 950 a USA přihláška vynálezu č. 696 964 přihlášená 17. června 1976. Přihláška č. 696 964 ještě popisuje žáruvzdorný kysličníkový základní povlak obsahující bor. Žádný z uvedených materiálů však neobsahuje žíhání na konečnou strukturu způsobem podle vynálezu.

Uvedené nedostatky odstraňuje způsob výroby elektromagnetické křemíkové oceli, jejíž zrna mají orientaci krychle na hranu. Výchozí tavenina oceli obsahuje v % hmotnostních 0,02 až 0,06 uhlíku, 0,015 až 0,15 manganu, 0,005 až 0,05 látky ze skupiny obsahující síru a selen, 0,0006 až 0,0080 boru, do 0,0100 dusíku, do 1,0 mědi, méně než 0,005 antimonu, méně než 0,009 hliníku a 2,5 až 4,0 křemíku, ocel se odlévá, válcuje za horka, válcuje za studena, oduhličí se, nanese se na ni žáruvzdorný kysličníkový povlak a žíhá se na konečnou strukturu při maximální teplotě 1260 °C. Podstata vynálezu spočívá v tom, že žíhání na konečnou strukturu oceli se provádí zahříváním oceli na teplotu od 1093 °C do 1260 stupňů Celsia a na této teplotě se ocel udržuje po dobu 4 až 20 hodin, např. po dobu 12 až 20 hodin za účelem čištění oceli, přičemž v teplotním intervalu od 927 °C do 1038 °C se toto zahřívání provádí průměrnou rychlostí od 10 °C za hodinu do 17 °C za hodinu, např. v rozmezí od 10 °C za hodinu do 13 °C za hodinu.

Ve výhodném provedení vynálezu se ocel žíhá isotermně v tepelném rozmezí 927 °C až 1038 °C po dobu 6 až 10 hodin.

Jak bylo uvedeno, udržuje se ocel na teplotě vyšší než 1093 °C po dobu, která postačuje k vyčištění (zkujnění) oceli, tj. výhodně po dobu alespoň 12 hodin, ale tato doba může i převýšit uvedených 20 hodin. Zbytky jako síra, uhlík a dusík se odstraní během čištění, jež se provádí v atmosféře, obsahující vodík.

Použití nějakého zvláštního způsobu zpracování oproti známým způsobům není nutné a lze postupovat podle kteréhokoli z uvedených USA patentů č. 3 873 381, 3 905 842, 3 905 843, 3 957 546 a 4 030 950 jakož i podle zmíněné přihlášky č. 696,964.

Nutno poznamenat, že výraz odlévání zahrnuje rovněž plynulé odlévání. Tepelné zpracování při válcování za tepla je rovněž zahrnuto v rozsahu vynálezu. Jak bylo shora uvedeno, je tavenina podle vynálezu prosta úmyslných přísad antimonu a hliníku. Bor je však obvykle obsažen v tavenině v množství nejméně 0,0008 % hmot. Další bor může být obsažen v žáruvzdorném kysličníkovém povlaku. Ocel vyrobená podle vynálezu má permeabilitu nejméně $1870 . 1,27 . 10^{-6} H.m^{-1}$ při 795 $A.m^{-1}$ a ztrátu v jádru menší než 0,700 W na 0,453 kg při 1,7 T.

Hlavní výhodou a novým technickým pokrokem vynálezu je zlepšení magnetických vlastností oceli, tj. vyšší permeabilita a nižší ztráty v jádru. Tato skutečnost bude prokázána na podkladě dále uvedených příkladů provedení.

Příklad 1

Tavba křemíkové oceli se odlila a zpracovala na křemíkovou ocel mající orientaci krychle na hranu. Složení taveniny je uvedeno níže v tab. I. Ani antimon, ani hliník se do taveniny nepřidávají.

Tabulka I

Složení v % hmot.

C	Mn	S	B	N	Si	Cu	Fe
0,030	0,035	0,023	0,0012	0,0053	3,08	0,35	zbytek do 100 %

Způsob výroby oceli zahrnoval udržování na zvýšené teplotě po několik hodin, válcování za tepla na jmenovitou tloušťku 2,03 mm normalizaci, válcování za studena na konečnou tloušťku 0,275 mm, oduhličení, nanesení základního žáruvzdorného kysličníkového povlaku obsahujícího bor a žíhání na konečnou strukturu popsané v následujícím odstavci.

Čtyři vzorky oceli byly ponechány při teplotě vyšší než 1095 °C po dobu delší než 20 hod. Dva ze vzorků (A a B) byly ohřáty z teploty 930° na 1040° rychlostí 28 °C za hod. Druhé dva vzorky (vzorek A' a B') byly ohřáty v tomto teplotním rozsahu rychlostí 14 °C za hod. Vzorky A' a B' byly žíhány podle vynálezu. Vzorky A a A' ze stejného svitku jako vzorky B, B'.

Všechny vzorky byly zkoušeny na permeabilitu a ztrátu v jádru. Výsledky jsou uvedeny v tabulce II.

Tabulka II

Vzorek	Permeabilita vyjádřená v $1,27 . 10^{-6}$ H.m^{-1} při 795 A.m^{-1}	Ztráta v jádru vyjádřená ve W/O . 453 kg
A	1886	0,716
A'	1915	0,689
B	1900	0,703
B'	1916	0,665

Výhoda ohřívacího cyklu podle vynálezu je jasně zřejmá z tabulky II. Zlepšení jak permeability, tak i ztráty v jádru jsou velice patrné. Permeability vzorků A' a B', které byly žíhány podle vynálezu jsou 1915 a 1916, zatímco tyto hodnoty jsou u vzorků A a B 1886 a 1900. Vzorky A a B nebyly žíhány na konečnou strukturu podle vynálezu. Podobně ztráty v jádru vzorků A' a B' byly 0,689 a 0,665, zatímco odpovídající hodnoty vzorků A a B byly 0,716 a 0,703.

Příklad II

Řada taveb křemíkové oceli byla odlita a zpracována na křemíkovou ocel mající orientaci krychle na hranu. Každá z taveb měla složení v rámci vynálezu. Zpracování až do žíhání na konečnou strukturu bylo stejné jako u příkladu I. Žíhání na konečnou strukturu je popsáno v následujícím odstavci.

Dva vzorky z každé tavby byly udržovány při teplotě 1175 °C po dobu 20 hod. Jeden vzorek z každé tavby (skupina A vzorků) byla zahřáta na 1175 °C rychlostí 28 stupňů Celsia za hod. Ostatní vzorky z každé tavby (skupina B vzorků) byly zahřáty na 980 °C rychlostí 28 °C za hod. a při této teplotě ponechány 10 hod. a zahřáty na 1175 stupňů Celsia rychlostí 28 °C za hodinu. Vzorky skupiny B byly žíhány na konečnou strukturu podle vynálezu.

Každý vzorek byl zkoušen na permeabilitu a ztrátu v jádru. Průměrné hodnoty pro skupinu A a B byly stanoveny a výsledky jsou uvedeny v tabulce III.

Tabulka III

Vzorek	Permeabilita vyjádřená v $1,27 . 10^{-6}$ H.m^{-1} při 795 A.m^{-1}	Ztráta v jádru vyjádřená ve W/O . 453 kg
A	1873	0,723
B	1912	0,674

Výhody ohřívacího cyklu podle předloženého vynálezu jsou jasně zřejmé z tab. III. Byla zlepšena jak permeabilita, tak ztráta v jádru. Průměrná permeabilita vzorků skupiny B, které byly žíhány podle vynálezu byla 1912; zatímco pro vzorky skupiny A byla 1873. Vzorky skupiny A nebyly žíhány způsobem podle vynálezu. Právě tak zráty v jádru vzorků skupiny B byly 0,674, zatímco vzorků skupiny A byly 0,723.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob výroby elektromagnetické křemíkové oceli, jejíž zrna mají orientaci krychle na hranu, při němž se připraví tavenina křemíkové oceli obsahující v hmotnostních procentech od 0,02 do 0,06 % uhlíku, od 0,015 do 0,15 % manganu, od 0,005 do 0,05 % látky ze skupiny obsahující síru a selen, od 0,0006 do 0,0080 % boru, do 0,0100 % dusíku, do 1,0 % mědi, méně než 0,005 % antimonu, méně než 0,009 % hliníku a od 2,5 do 4,0 % křemíku, ocel se odlévá, válcuje za horka, válcuje za studena, oduhličí se, nanese se na ni žáruvzdorný kysličníkový povlak a žíhá se na konečnou strukturu při maximální teplotě 1260 stupňů Celsia, vyznačující se tím, že žíhání na konečnou strukturu oceli se provádí zahříváním oceli na teplotu od 1093 °C do 1260 °C a na této teplotě se ocel udržuje po dobu 4 až 20 hodin, přičemž v teplotním intervalu od 927 °C do 1038 °C se toto zahřívání provádí průměrnou rychlostí od 10 stupňů Celsia za hodinu do 17 °C za hodinu.

2. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že ocel se žíhá isotermně, v tepelném rozmezí 927 °C až 1038 °C, po dobu 6 až 10 hodin.