



URAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

220760
(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
C 22 C 38/02

(22) Přihlášeno 25 05 79

(21) [PV 3629-79]

(32) (31) (33) Právo přednosti od 30 05 78
(910720) Spojené státy americké

(40) Zveřejněno 30 06 81

(45) Vydáno 15 12 85

(72)

Autor vynálezu

MILLER CLARENCE LAKE, PITTSBURGH (Sp. st. a.)

(73)

Majitel patentu

ALLEGHENY LUDLUM STEEL CORPORATION, PITTSBURGH (Sp. st. a.)

(54) Způsob výroby elektromagnetické křemíkové oceli s vysokou permeabilitou

1

2

Připraví se tavenina křemíkové oceli, obsahující křemík, uhlík, mangan, síru, event. selen, hliník, popřípadě dusík a měď, odlévá se, válcuje za tepla, pak za studena, oduhlíčí se, nanese se žárovzdorný kysličníkový povlak a žihá na konečnou strukturu. Žárovzdorný kysličníkový povlak se nanese elektrolýzou vodného roztoku obsahujícího jako hlavní složku ve vodě rozpustnou sůl hořčíku a jako další složku bor a majícího teplotu 48,9 až 90,3 °C. Ocel je upravena v roztoku jako katoda. Povlečená ocel se vyjme z roztoku a zahřívá na teplotu 815 až 1370 °C.

Vynález se týká způsobu výroby elektromagnetické oceli s vysokou permeabilitou.

V patentu USA č. 3 054 732 je popsán způsob elektrolytického nanášení žárovzdorného základního povlaku na magnetickou křemíkovou ocel. Podle tohoto patentu se vodní roztok sestávající v podstatě alespoň z jedné složky ze skupiny obsahující ve vodě rozpustné soli vápníku, křemíku, manganu a hliníku, podrobí elektrolýze s křemíkovou ocelí umístěnou jako katoda v roztoku. Povlak je charakterizován přilnavostí a dobrými izolačními vlastnostmi, které převyšují odpovídající vlastnosti suspenzního nanášení.

Úkolem vynálezu je zdokonalit elektrolytický způsob podle patentu č. 3 054 732 tak, aby se zlepšila magnetická kvalita výsledné křemíkové oceli s orientovanými zrny. Přidáním boru do elektrolytu se podle vynálezu vytvoří způsob, který zvyšuje výhody elektrolytických základních povlaků a dále vytváří vysoce permeabilní ocel s orientovanými zrny. Obvyklé zpracování po nanesení žárovzdorného kysličníkového povlaku je popsáno například v US patentu číslo 3 855 020.

Rada publikací včetně patentů USA číslo 3 676 227, č. 3 700 506 a č. 3 945 862 popisuje suspenzní povlaky obsahující bor. Suspenzní povlaky jsou však zcela odlišné od elektrolytických. Tvar částic nanášených elektrolyticky je rozdílný od tvaru částic nanášených suspenzí. Reakce mezi substrátem a povlakem je rozdílná. Povlaky nanášené jako suspenze jsou před žíháním velice drobné, zatímco elektrolytické nikoliv. Na druhé straně elektrolytické povlaky vyvíjejí podstatně víc vody během strukturálního žíhání.

Je proto úkolem vynálezu vytvořit zlepšený způsob výroby křemíkové oceli s orientovanými zrny.

Vynález se vztahuje na způsob výroby elektromagnetické křemíkové oceli s vysokou permeabilitou, mající orientaci krychle na hranu, sestávající z přípravy taveniny křemíkové oceli, obsahující v hmotnostní koncentraci 2,5 až 4,0 % křemíku, 0,02 až 0,07 % uhlíku, 0,01 až 0,24 % manganu, 0,005 až 0,09 % látky ze skupiny obsahující síru a selen, 0,015 až 0,05 % hliníku, 0,0 až 0,02 % dusíku, 0,0 až 1,0 % mědi, a zbytek železo, kterážto ocel se odlévá, válcuje za tepla, válcuje za studena, oduhličí se, nanesení na ni žárovzdorný kysličníkový povlak a žíhá se na konečnou strukturu.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že se žárovzdorný kysličníkový povlak nanese elektrolýzou vodního roztoku po dobu od zlomku sekundy do několika minut, kterýžto vodní roztok má jako hlavní složku ve vodě rozpustnou sůl hořčíku a jako další složku bor v hmotnostní koncentraci 0,001 až 10 %

a teplotu 48,9 až 93,3 °C, přičemž ocel je upravena jako katoda v tomto roztoku k vytvoření a uložení bor obsahujícího přilnavého povlaku hydroxidu kationtů této ve vodě rozpustné soli na ocel, přičemž tento přilnavý povlak obsahuje 3 až 100 ppm boru, vztaženo na hmotnost oceli, načež se takto povlečená ocel vyjme z roztoku a zahřívá na teplotu 815 až 1370 °C. Elektrolyt je výhodně tvořen z borátu hořčíku.

Žárovzdorný kysličníkový povlak se tvoří, když se ocel zahřeje na zvýšenou teplotu, což nastává obvykle při žíhání na konečnou strukturu. Pokud jde o běžné úkony při zpracování oceli, lze použít jakéhokoli postupu, například popsaného ve shora uvedených patentech. Výraz odlévání zahrnuje i plynulé odlévání. Tepelné zpracování vznikající při válcování za tepla je rovněž zahrnuto v rámci vynálezu. Ocel vyrobená podle vynálezu má obecně permeabilitu nejméně $2,357 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ při 795 A $\cdot \text{m}^{-1}$. I když lze předpokládat, že každá křemíková ocel může být zpracována podle vynálezu, taveniny obsahující v podstatě v hmotnostní koncentraci 0,02 až 0,07 % uhlíku, 0,01 až 0,24 procenta manganu, 0,005 až 0,09 % látky ze skupiny obsahující síru a selen, 0,015 až 0,05 % hliníku, do 0,02 % dusíku, do 1,0 % mědi, 2,5 až 4,0 % křemíku, zbytek do 100 procent železo, se jeví jako nejvhodnější.

Elektrolyt je s výhodou tvořen sloučeninou vápníku a/nebo hořčíku obsahující bor. Bor lze chemicky vázat a nebo fyzikálně přidávat. Výhodnou sloučeninou je boritan hořčíku. V elektrolytu mohou být obsaženy i jiné látky, například inhibitory růstu zrn, jako je například síra. Kyseliny jako například kyselina octová se přidávají k reakci se složkami, které tvoří ve vodě rozpustné soli. V případě, že se nanáší alkalické povlaky, by pH elektrolytu mělo být nejméně 7. Elektrolyt se obvykle udržuje při teplotě alespoň 50 °C.

Hlavní výhoda způsobu podle vynálezu spočívá v tom, že se vytvoří elektrolytický žárovzdorný kysličníkový povlak, který má větší přilnavost a izolační vlastnosti než dosud známé suspenzní povlaky. Povlak podle vynálezu se vyznačuje lepší reakcí mezi podkladovou ocelí a povlakovým roztokem během žíhání na konečnou strukturu. Nejdůležitější však je, že způsob podle vynálezu zlepšuje magnetické vlastnosti výsledné křemíkové oceli s orientovanými zrny, na níž je nanesen. Vynález představuje tedy podstatný pokrok ve srovnání se známým stavem techniky.

Následující příklady provedení vysvětlují několik aspektů vynálezu.

Tavba křemíkové oceli byla odlita a zpracována na křemíkovou ocel mající orientaci krychle na hranu. Složení oceli je uvedeno v tabulce I.

TABULKA I

Složení
(v hmotnostní koncentraci)

C	Mn	S	Al	N	Cu	B	Si	Fe
0,055	0,13	0,043	0,029	0,0055	0,19	0,0004	2,92	zbytek do 100 %

Zpracování oceli zahrnovalo vyrovnání teploty při zvýšené teplotě po několik hodin, válcování za tepla na jmenovitou tloušťku cca 2 mm, normalizaci za tepla válcovaného pásu, válcování za studena na konečnou tloušťku, oduhličení, nanesení ohnivzdorného kysličníkového základního povlaku, jak je popsáno v dalším odstavci, a žíhání na konečnou strukturu.

Žárovzdorný základní kysličníkový povlak byl nanášen elektrolýzou ve vodním roztoku, přičemž ocel byla umístěna jako katoda v

roztoku, potom se povlečená ocel vyjmula z roztoku a zahřívala při zvýšené teplotě. Zahřívání se provádělo během žíhání na konečnou strukturu. Elektrolyt byl připraven smícháním 24,1 ml kyseliny octové s 8,5 g borátu hořčíku a 976 ml vody. Povlékání se provádělo při proudu o hustotě 0,044 A/cm² při teplotě asi 65 °C. Povlak měl cca 6 ppm boru vztaženo k hmotnosti oceli.

Osm vzorků oceli (vzorek A až H) bylo zkoušeno na permeabilitu a ztrátu v jádru. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tabulce II.

TABULKA II

Vzorek	Tloušťka mm	Permeabilita ($\mu \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$)	Ztráta v jádru ($\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$ při 1,7 T)
A	0,2971	2,440	1,550
B	0,2921	2,439	1,523
C	0,2895	2,433	1,526
D	0,2870	2,383	1,704
E	0,2946	2,433	1,484
F	0,2895	2,433	1,477
G	0,2895	2,433	1,479
H	0,2870	2,415	1,543

Výhody obsahu boru v elektrolytu jsou jasně zřejmé z tabulky II. Všechny vzorky měly permeabilitu vyšší než $2,375 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ při 795 A $\cdot \text{m}^{-1}$ a většina ztrátu v jádru menší než $1,543 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ při 1,7 T. Přínavost povlaku byla výborná.

Tři další vzorky (vzorek I až K) ze stejné tavby byly zpracovány podobným způsobem, ale s elektrolytem, do něhož bor přidán nebyl. Magnetické vlastnosti těchto vzorků jsou uvedeny v tabulce III.

TABULKA III

Vzorek	Tloušťka	Permeabilita ($\mu \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$)	Ztráta v jádru ($\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$ při 1,7 T)
I	0,2921	2,357	1,799
J	0,2921	2,375	1,770
K	0,2946	2,369	1,797

Žádný ze vzorků neměl permeabilitu vyšší než $2,375 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$. Rovněž se vyskytují vysoké ztráty v jádru u těchto vzorků. Magnetické vlastnosti vzorků A až H jsou

významně lepší než vzorků I až K. Vzorky A až H jsou vyrobeny podle vynálezu, zatímco vzorky I až K nikoliv.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob výroby elektromagnetické křemíkové oceli s vysokou permeabilitou, mající orientaci krychle na hranu, sestávající z přípravy taveniny křemíkové oceli, obsahující v hmotnostní koncentraci 2,5 až 4,0 % křemíku, 0,02 až 0,07 % uhlíku, 0,01 až 0,24 procenta manganu, 0,005 až 0,09 % látky ze skupiny obsahující síru a selen, 0,015 až 0,05 % hliníku, 0,0 až 0,02 % dusíku, 0,0 až 1,0 % mědi, a zbytek železo, kterážto ocel se odlévá, válcuje za tepla, válcuje za studena, oduhličí se, nanese se na ni žárovzdorný kysličníkový povlak a žihá se na konečnou strukturu, vyznačený tím, že se žárovzdorný kysličníkový povlak nanese elektrolýzou vodného roztoku po dobu od

zlomku sekundy do několika minut, kterýžto vodný roztok má jako hlavní složku ve vodě rozpustnou sůl hořčíku a jako další složku bor v hmotnostní koncentraci 0,001 až 10 % a teplotu 48,9 až 93,3 °C, přičemž ocel je upravena jako katoda v tomto roztoku k vytvoření a uložení bor obsahujícího přilnavého povlaku hydroxidu kationtů této ve vodě rozpustné soli na ocel, kde tento přilnavý povlak obsahuje 3 až 100 ppm boru, vztaženo na hmotnost oceli, načež se takto povlečená ocel vyjme z roztoku a zahřívá na teplotu 815 až 1370 °C.

2. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že elektrolyt je tvořen z borátu hořčíku.