



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

252182

(11) (B1)

[51] Int. Cl.<sup>4</sup>  
C 21 D 8/12

[22] Přihlášeno 10 10 84  
[21] (PV 7673-84)

[40] Zveřejněno 15 01 87

[45] Vydáno 15 11 88

[75]  
Autor vynálezu

PÁČL PETR ing., KŘIVON OTTO, ČECH DRAHOMÍR ing.,  
FRÝDEK-MÍSTEK

## (54) Způsob výroby orientovaných transformátorových plechů

### 1

Vynález se týká způsobu výroby orientovaných transformátorových plechů z křemíkové oceli s tzv. Gossovou texturou, vyjádřenou Milerovými indexy [110]/001/.

Je známo, že výchozí ocel obsahuje zpravidla 2,0 až 4,0 hmotnostních % křemíku, 0,02 až 0,08 hmotnostního % uhlíku, 0,02 až 0,20 hmotnostního % manganu, 0,002 až 0,100 hmotnostního % síry, selenu nebo telluru a další nečistoty, jako hliník, dusík, kyslík a jiné nečistoty, a zbytek železo.

Ocel se odlévá do kokil nebo kontinuálně, válcuje za tepla na pás, žihá a moří a válcuje za studena na tloušťku 0,1 až 0,5 milimetru v jednom stupni nebo ve více stupních s mezižiháním, oduhličuje a konečně žihá vysokoteplotně nad 1 000 °C pro dosažení požadované textury. U konečného výrobku se požadují co nejnižší ztráty při přemagnetování při co nejvyšší magnetické indukci, což se využívá v jádrech transformátorů, skládaných nebo vinutých z těchto pásů.

Je známo několik modifikovaných výrobních postupů, které vyvinuli různí světoví výrobci. Tyto postupy se liší nejen složením výchozí oceli, zejména obsahem manganu, uhlíku, hliníku, síry, dusíku a nezbytných nečistot, ale v návaznosti také parametry jednotlivých technologických o-

### 2

perací celého zpracování, jako např. redukcemi při válcování za studena, teplotami, výdržemi a atmosférami při žihání apod. Jedině při určité optimální kombinaci všech technologických parametrů celého postupu se dosahuje nejlepších konečných magnetických vlastností orientovaného transformátorového pásu.

Tento vynález se týká způsobu výroby, kdy výchozí ocel obsahuje v hmotnostních proc. 2,5 až 3,5 % křemíku, 0,05 až 0,20 % manganu, 0,02 až 0,05 % uhlíku, 0,002 až 0,020 % síry, méně než 0,015 % v kyselinách rozpustného hliníku a další nezbytné nečistoty, zbytek železo, přičemž poměr obsahu manganu a síry je 5 až 40; tato ocel se odlévá do kokil nebo kontinuálně, válcuje za tepla z teplot 1 240 až 1 360 °C na pás tloušťky 1,8 až 3,0 mm, žihá, moří, válcuje za studena ve dvou stupních s mezižiháním na konečnou tloušťku 0,2 až 0,4 milimetru s celkovou redukcí ve druhém stupni 50 až 60 %, oduhličuje a konečně žihá vysokoteplotně v ochranné atmosféře vodíku nad 1 000 °C pro dosažení požadované textury, přičemž ohřev v teplotní oblasti 800 až 1 000 °C se provádí rychlostí okolo 30 °C za hod.

Nevýhodou tohoto postupu je skutečnost, že jím lze dosáhnout pouze průměrné mag-

netické vlastnosti hotového výrobku, nebo maximální dosažené hodnoty magnetické indukce při intenzitě magnetického pole  $1000 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$  činí 1,80 až 1,82 Tesla.

Tuto nevýhodu odstraňuje způsob výroby orientovaných transformátorových plechů, z výchozího pásu s hmotnostním obsahem 2,7 až 3,4 % křemíku, 0,05 až 0,20 % manganu, 0,02 až 0,05 % uhlíku, 0,002 až 0,020 proc. síry, 0,02 až 0,30 % mědi, 0,005 až 0,015 % v kyselinách rozpustného hliníku, 0,005 až 0,012 % dusíku, maximálně 0,005 proc. kyslíku a další nezbytné nečistoty, zbytek železo, kterýžto pás se válcuje za tepla z bram ohřátých na teplotu 1 240 až 1 340 stupňů Celsia přičemž v průběhu válcování při dosažení tloušťky 15 až 40 mm poklesne teplota předvalku maximálně na 1 060 °C a při dosažení konečné tloušťky 1,8 až 3,0 mm poklesne teplota pásu maximálně na 800 °C, načež se pás svine za teploty 500 až 700 °C a dále se pás žihá, moří, válcuje za studena ve dvou stupních s mezižiháním na konečnou tloušťku 0,2 až 0,4 milimetru, oduhličuje, pokrývá vodní suspenzí kysličníku hořčíku a vysokoteplotně žihá na teplotu 1 100 až 1 200 °C v suchém vodíku, podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že mezižihání po prvním stupni válcování za studena se provede v atmosféře vlhkého vodíku nebo směsi vodíku a dusíku s rosným bodem +10 až +60 °C až do oduhličení pásu nejméně na 0,02 hmotnostních % uhlíku, načež se pás ve druhém stupni válcování za studena válcuje s celkovou redukcí 60 až 80 % a při konečném vysokoteplotním žihání se ohřev z teploty 800 na teplotu 850 °C provede za 10 až 100 hod., po kteroužto dobu se do žihacího prostoru pece vhání ochranná atmosféra ze směsi vodíku a dusíku obsahující 20 až 99 proc. objemových dusíku, s rosným bodem -20 až -80 °C.

Výše uvedeným postupem podle vynálezu se získají hodnoty magnetické indukce

$B_{1000}$  minimálně 1,85 Tesla a velmi nízké hodnoty měrných ztrát při střídavé magnetizaci. Přitom nezáleží na tom, zda zvyšování teploty v uvedené teplotní oblasti 800 až 850 °C je prováděno rovnoměrným ohřevem nebo zařazením výdrží na teplotě, nebo kombinací obou způsobů.

V příkladném provedení byl zpracován za tepla válcovaný pás tloušťky 2,5 mm o složení v hmotnostních % 3,1 % křemíku, 0,12 proc. manganu, 0,03 % uhlíku, 0,012 % síry, 0,04 % mědi, 0,008 % v kyselinách rozpustného hliníku, 0,008 % dusíku a 0,003 proc. kyslíku, zbytek železo a nečistoty, přičemž tento pás byl vyroben válcováním za tepla z teploty 1 320 °C postupným ztenčováním na tloušťku 25 mm za poklesu teploty do 1 080 °C a dále na konečnou tloušťku 2,5 mm za poklesu teploty do 860 °C, načež byl pás svinut za teploty 590 °C.

Takto vyrobený pás se dále žihá, moří, válcuje za studena na tloušťku 0,85 mm, žihá v atmosféře obsahující objemově 25 % dusíku a 75 % vodíku s rosným bodem +30 stupňů Celsia při teplotě 850 °C po dobu 2,5 min, přičemž dojde k oduhličení na hodnotu 0,014 % hmotnostních uhlíku, válcuje za studena na tloušťku 0,30 mm s celkovou redukcí 65 %, oduhličuje ve vlhké směsi vodíku a dusíku při teplotě 820 °C po dobu 3 min na obsah uhlíku 0,003 % hmotnostních, pokryje vodní suspenzí kysličníku hořčíku a žihá vysokoteplotně v suchém vodíku na teplotu 1 180 °C, přičemž při ohřevu rychlostí 30 °C za hod. se zařadí výdrž na teplotě 820 °C po dobu 30 hod. v atmosféře obsahující objemově 25 % dusíku a 75 % vodíku s rosným bodem -60 stupňů Celsia. Dosáhnou se tyto magnetické vlastnosti — magnetická indukce při intenzitě magnetického pole  $1000 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$ ,  $B_{1000} = 1,87$  Tesla, měrná ztráta při indukci 1,5 Tesla,  $P_{1,5} = 0,84 \text{ W/kg}$  a měrné ztráty při indukci 1,7 Tesla,  $P_{1,7} = 1,21 \text{ W/kg}$ .

#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob výroby orientovaných transformátorových plechů, z výchozího pásu o hmotnostním obsahu 2,7 až 3,4 % křemíku, 0,05 až 0,20 % manganu, 0,02 až 0,05 proc. uhlíku, 0,002 až 0,020 % síry, 0,02 až 0,30 % mědi, 0,005 až 0,015 % v kyselinách rozpustného hliníku, 0,005 až 0,012 % dusíku, maximálně 0,005 % kyslíku a další nezbytné nečistoty, zbytek železo, kterýžto pás se válcuje za tepla z bram ohřátých na teplotu 1 240 až 1 340 °C, přičemž v průběhu válcování při dosažení tloušťky 15 až 40 mm poklesne teplota předvalku maximálně na 1 060 °C a při dosažení konečné tloušťky 1,8 až 3,0 mm poklesne teplota pásu maximálně na 800 °C, načež se pás svine za teploty 500 až 700 °C a dále se pás žihá, moří, válcuje za studena ve dvou stupních s mezižiháním na konečnou tloušť-

ku 0,2 až 0,4 mm, oduhličuje, pokrývá vodní suspenzí kysličníku hořčíku a vysokoteplotně žihá na teplotu 1 100 až 1 200 °C v suchém vodíku, vyznačující se tím, že mezižihání po prvním stupni válcování za studena se provede v atmosféře vlhkého vodíku nebo směsi vodíku a dusíku s rosným bodem +10 až +60 °C až do oduhličení pásu nejméně na 0,02 % hmotnostní uhlíku, načež se pás ve druhém stupni válcování za studena válcuje s celkovou redukcí 60 až 80 % a při konečném vysokoteplotním žihání se ohřev z teploty 800 na teplotu 850 °C provede za 10 až 100 hod., po kteroužto dobu se do žihacího prostoru pece vhání ochranná atmosféra ze směsi vodíku a dusíku obsahujícího 20 až 99 % objemových dusíku, s rosným bodem -20 až -80 °C.