



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

223215
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
H 01 F 15/00

(22) Přihlášeno 28 11 80
(21) (PV 8256-80)

(40) Zveřejněno 31 12 82

(45) Vydáno 15 03 86

(75)

Autor vynálezu

BOLEK PAVEL, ŠAFL PAVEL ing., PÁČL PETR ing., FRÝDEK-MÍSTEK,
MYŠINSKÝ ARNOŠT, FRÝDLANT nad Ostravicí

(54) Způsob výroby orientovaných transformátorových pásů

1

2

Vynález se týká způsobu konečného tepelného zpracování za studena válcovaných ocelových pásů z křemíkové oceli v poklopo-
vých pecích s ochrannou atmosférou. Výchozí ocel obsahuje kromě železa a nečistot 2,0 až 4,0 % křemíku, 0,02 až 0,20 % manganu, 0,02 až 0,08 % uhlíku, 0,002 až 0,015 % síry, selenu nebo telluru a méně než 0,010 v kyselinách rozpustného hliníku. Výhodou postupu podle vynálezu je zkrácení doby ohřevu svitků a současně dosažení rovnoměrných magnetických vlastností po délce svitku. Podstata vynálezu spočívá v tom, že ohřev na teplotu konečného žíhání se provádí z teplot 500 až 650 °C na teploty 900 až 1050 °C rychlostí 50 až 100 °C za hodinu a pak se pokračuje v ohřevu rychlostí 10 až 30 °C za hodinu na konečnou teplotu 1150 až 1200 °C.

Vynález se týká způsobu výroby orientovaných transformátorových válcovaných pásů z křemíkové oceli s tzv. Gossovou texturou, vyjádřenou Millerovými indexy $\{110\}/001/$.

Je známo, že výchozí ocel obsahuje zpravidla 2,0 až 4,0 hmotnostních % křemíku, 0,02 až 0,08 hmotnostních % uhlíku, 0,02 až 0,20 hmotnostních % manganu, 0,002 až 0,100 hmotnostních % síry, selenu nebo teluru 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 mm v jednom stupni nebo více stupních s mezižiháním, oduhličuje a konečně žihá vysokoteplotně nad 1000 °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 již několik výrobních postupů, které vyvinuli různí světoví výrobci. Tyto postupy se liší nejen složením výchozí oceli, ale zejména obsahem manganu, uhlíku, hliníku, síry a dalších nečistot, ale v návaznosti také parametry jednotlivých technologických operací celého zpracování, jako například redukcemi při válcování, teplotami, výdržemi a atmosférami při žihání a pod.

Tento vynález se týká způsobu výroby, kdy výchozí ocel obsahuje v hmotnostních procentech: 2,0 až 4,0 % křemíku, 0,02 až 0,20 % manganu, 0,02 až 0,08 % uhlíku, 0,002 až 0,015 % síry, selenu nebo teluru, méně než 0,10 % v kyselinách rozpustného hliníku a další nečistoty, zbytek je železo. Ocel se odlévá do kokil nebo kontinuálně, válcuje za tepla na pás, žihá a moří, válcuje za studena na tloušťku 0,1 až 0,5 mm v jednom nebo více stupních s mezižiháním, oduhličuje a konečně žihá vysokoteplotně nad 1000 °C pro dosažení požadované textury, při čemž tento vynález upřesňuje teplotní režim ohřevu svitků při tomto konečném vysokoteplotním žihání.

Známý režim vysokoteplotního žihání při výrobním postupu z oceli o výše uvedeném složení spočívá v ohřevu svitků v poklopo- vých pecích ve vodíkové nebo jiné ochranné atmosféře na teplotu výdrže v rozmezí teplot pece 500 až 650 °C, výdrži na teplotě po dobu nezbytnou k odstraňování vlhkosti a kyslíku z pecního prostoru, ohřevu rychlostí 40 až 60 °C za hodinu na teplotu výdrže v rozmezí teplot pece 750 až 850 °C, výdrži na teplotě po dobu nutnou k zrovnoměrnění teplot v různých místech vsázky, zpravidla nejméně 5 hod. ohřevu rychlostí 20 až 40 °C za hodinu na teplotu konečné výdrže v rozmezí teplot pece 1150 až 1200 °C, výdrži na teplotě po dobu nezbytnou k rafinaci materiálu a konečně pozvolného chlazení vsázky, čímž je celý žihací režim ukončen. Je třeba zdůraznit, že uvedené teploty jsou teploty pece

a teplota materiálu v průběhu ohřevu je různá v různých místech vsázky; teprve po dlouhé výdrži se vyrovnává s teplotou pece. Během ohřevu vsázky dochází k sekundární rekrytalizaci materiálu za vzniku hrubozrnné textury $\{110\}/001/$ v oblasti teplot 750 až 1050 °C. Během rafinační výdrže při teplotě 1150 až 1200 °C dochází ke snížení obsahu škodlivých nečistot v materiálu, zejména dusíku, síry, hliníku, respektive kyslíku. Nevýhodou výše uvedeného režimu ohřevu spatřujeme především ve značné časové náročnosti, která se promítá do nákladů výroby. Další nevýhodou spatřujeme v tom, že magnetické vlastnosti dosahované výše uvedeným režimem jsou často nerovnoměrné po délce svitku a některé svitky jsou z tohoto důvodu deklasifikovány na nižší jakost.

Uvedené nevýhody odstraňuje způsob výroby orientovaných transformátorových pásů podle vynálezu. Podstata vynálezu spočívá v tom, že výchozí ocel obsahující 2,0 až 4,0 hmotnostních % křemíku, 0,02 až 0,20 hmotnostních % manganu, 0,02 až 0,08 hmotnostních % uhlíku, 0,002 až 0,015 hmotnostních % síry, selenu nebo teluru, méně než 0,010 % v kyselinách rozpustného hliníku a další nečistoty, zbytek železo, se odlévá do kokil nebo kontinuálně, válcuje za tepla na pás, žihá a moří, válcuje za studena na tloušťku 0,1 až 0,5 mm v jednom nebo více stupních s mezižiháním, oduhličuje a konečně žihá vysokoteplotně nad 1000 °C, přičemž ohřev z teploty první výdrže při teplotě pece v rozmezí 500 až 650 °C na teplotu rafinační výdrže v rozmezí teplot pece 1150 až 1200 stupňů Celsia se provádí ve dvou etapách: nejprve rychlostí 50 až 100 °C za hodinu do teploty pece v rozmezí 900 až 1050 °C a pak se pokračuje sníženou rychlostí 10 až 30 °C za hodinu až na konečnou teplotu. Řečeno jinými slovy, zcela se vynechává výdrž na teplotě 750 až 850 °C, která byla původně určena pro vyrovnání teplot ve svitku a mění se rychlostí ohřevu, v první části ohřevu zvětšuje a ve druhé části zmenšuje.

Vynález byl vytvořen na základě výzkumu kinetiky sekundární rekrytalizace oceli o výše uvedeném výchozím složení. Bylo zjištěno, že při tomto způsobu výroby je teplota počátku sekundární rekrytalizace výrazně závislá na rychlosti ohřevu a v závislosti na ní se pohybuje obecně v rozmezí teplot materiálu 750 až 1000 °C a dále, že dokonalost textury $\{110\}/001/$ roste se snižováním rychlosti ohřevu v oblasti teplot počátku sekundární rekrytalizace. Jinými slovy, dokonalost textury není podmíněna zrovnoměrněním teploty v různých místech vsázky, kterého se docílovalo několika hodinovou výdrží, ale je plně postačující, aby v každém místě ve svitku byla rychlost ohřevu těsně před počátkem sekundární rekrytalizace co nejnižší. Je tedy nutné, aby změna rychlosti ohřevu z 50 až 100 °C za hodinu na 10 až 30 °C za hodinu nastala dříve, než nejteplej-

ší místo ve svitku dosáhne teploty počátku sekundární rekrytalizace, která v závislosti na rychlosti ohřevu v oblasti 50 až 100 °C za hodinu leží v oblasti teploty materiálu 880 až 950 °C, což odpovídá teplotám pece v rozmezí 900 až 1050 °C.

Je zřejmé, že postup podle vynálezu představuje zkrácení doby ohřevu svitků v elektrických poklopových pecích a to jednak vypuštěním vyrovnávací výdrže, která představuje úsporu 5 až 10 hodin, jednak zvýšením rychlosti ohřevu v první fázi ohřevu. Celkové zkrácení doby ohřevu z teplot výdrže při 500 až 650 °C na konečnou teplotu 1150 až 1200 °C může činit podle typu peci 15 až 40 %. Kromě toho dojde ke zlepšení rovnoměrnosti magnetických vlastností po délce svitku. Například při známém způsobu dosahují rozdíly v různých místech svitku vyjádřeno měrnými ztrátami při indukci 1,5 T až 0,2 W/kg, zatímco při způsobu podle vynálezu nepřesáhnou 0,1 W/kg.

Příklad

V elektrické obloukové peci se vyrobí tav-

ba o složení v hmotnostních %: 3 % křemíku, 0,12 % manganu, 0,032 % uhlíku, 0,012 % síry, 0,007 % v kyselinách rozpustného hliníku, 0,008 % dusíku, 0,0025 % kyslíku. Ocel se odlévá do ingotů, válcuje za tepla na bramy a po opětovném ohřevu se válcuje na pás tl. 2,4 mm. Za tepla válcovaný pás se žihá při 950 °C po dobu 1 min., pás se moří a válcuje za studena na tloušťku 0,8 mm. Pak se pás žihá ve štěpeném amoniaku při teplotě 900 °C po dobu 2 min. a opět se válcuje za studena na tloušťku 0,34 mm. Po oduhličovacím žihání ve vlhčeném vodíku při 800 °C po dobu 2 min. se pás pokrývá břečkou MgO a vysokoteplotně žihá na teplotu 1150 °C v suchém vodíku, přičemž ohřev z teploty výdrže při 600 °C se provádí rychlostí 60 °C za hodinu do teploty pece 1000 °C a pak se pokračuje rychlostí 10 °C za hodinu na teplotu 1180 °C. Po rafinační výdrži 30 hodin a běžném dokončení výroby se naměří v různých místech svitků hodnoty měrných ztrát při indukci 1,5 Tesla v rozmezí 0,98 až 1,06 W/kg.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob výroby orientovaných transformátorových pásů z oceli, obsahující v hmotnostních % 2,0 až 4,0 % křemíku, 0,02 až 0,20 % manganu, 0,02 až 0,08 % uhlíku, 0,002 až 0,015 % síry, selenu nebo teluru, méně než 0,010 % v kyselinách rozpustného hliníku a další nečistoty, zbytek železo, tato 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 mm v jednom stupni nebo více stupních s mezižiháním, oduhli-

čuje, pokrývá se MgO a konečně vysokoteplotně žihá nad 1000 °C v suchém vodíku, vyznačený tím, že ohřev na teplotu konečného vysokoteplotního žihání z teplot výdrže v rozmezí teplot pece 500 až 650 °C se provádí rychlostí 50 až 100 °C za hodinu na teplotu pece v rozmezí teplot 900 až 1050 °C a pak se pokračuje v ohřevu rychlostí 10 až 30 °C za hodinu na konečnou teplotu pece v rozmezí teplot 1150 až 1200 °C.