

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVEDČENIU

260188
(11) (B1)

(51) Int. Cl.⁴
C 21 D 8/12

(22) Prihlášené 23 03 87
(21) (PV 1940-87.K)

(40) Zverejnené 15 04 88

(45) Vydané 15 04 89

(75)
Autor vynálezu ŠVANTNER JÁN ing. CSc., KOŠICE

(54) Spôsob výroby izotropných elektrotechnických plechov
valcovaných za studena

1

2

Riešenie sa týka spôsobu výroby izotropných elektrotechnických plechov valcovaných za studena a rieši ich tepelné spracovanie. Ocel o hmotnostnom zložení 0,02 až 0,04 % uhlíka, 0,1 až 3,3 % kremíka, 0,20 až 0,40 % mangánu, 0,003 až 0,020 % dusíka, stopy až 0,10 fosforu, stopy až 0,03 % síry, ďalej obsahujúca hliník, ktorý je určený pomerom hliníka ku kremíku, pričom tento pomer je 1:6 až 9, kde ocel sa odlieva do kokíl alebo na zariadení plynulého odlievania do bram, valcuje za tepla a za studena, kontinuálne tepelne spracováva pri teplote 800 až 900 °C po dobu 3 až 5 minút. Podstata riešenia je v tom, že tepelné spracovanie pozostáva iba z oduhlíčovacieho žihania.

Vynález sa týka spôsobu výroby izotropných elektrotechnických plechov valcovaných za studena a rieši ich tepelné spracovanie.

V súčasnosti sa vyrábajú ocele pre dynamoplechy o hmotnostnom zložení: 0,01 až 3,3 % kremíka, 0,02 až 0,06 % uhlíka, 0,20 až 0,40 % mangánu, stopy až 0,15 % fosforu, stopy až 0,03 % síry, stopy až 0,6 % hliníka. Pre zabezpečenie požadovaných vlastností sa dynamové plechy valcované za studena v posledných štádiách výroby podrobujú tepelnému spracovaniu. Podľa odlišností tepelného spracovania sú známe dva rôzne spôsoby výroby. Pri jednom po oduhličovanom žíhaní nasleduje rekryštalizačné žíhanie pri teplote 850 až 950 °C, pri druhom sa medzi oduhličovacie a rekryštalizačné žíhanie zaraďuje ešte kritická deformácia pásu. Pri každom z nich sa po oduhličovanom žíhaní používa ešte aj rekryštalizačné žíhanie, čo je vzhľadom na teplotu žíhania 850 až 950 °C energeticky a ekonomicky veľmi náročné. Jedným z najdôležitejších činiteľov vyplývajúcich na magnetické a mechanické vlastnosti elektrotechnických plechov je veľkosť feritického zrna. Ak je stredná veľkosť zrna v hotovom dynamoplechu menšia ako 0,04 mm, podiel hraníc zŕn k objemu kovu je veľký a hranice zŕn sťažujúce magnetizačné procesy spôsobujú nežiaduce zvýšenie merných wattových strát. Ak je stredná veľkosť zrna väčšia ako 0,18 mm, znižujú sa pevnostné charakteristiky plechov a znižuje sa aj magnetická indukcia. Nadmerný rast zrna v izotropných plechoch je často spojený aj s tvorbou prednostnej kryštalografickej orientácie — textúry a s anizotropiou magnetických vlastností. Optimálnu veľkosť zrna je možné dosiahnuť vhodnou kombináciou chemického zloženia ocele a tepelného spracovania. V prípade, že sú precipitáty nitrídu hliníka vylúčené v disperznej forme o veľkosti častíc okolo 30 nanometrov, veľmi účinne bránia rastu zrna v priebehu oduhličovacieho žíhania a k tomu, aby bola dosiahnutá optimálna veľkosť zrna, je potrebné zaradiť ešte rekryštalizačné žíhanie s vyššou žihacou teplotou, prípadne kritickú deformáciu a rekryštalizačné žíhanie.

Výsledkom takého tepelného spracovania plechu s disperznými precipitátmi je nadmerná veľkosť zrna, pretože ďalší rast zrna v priebehu rekryštalizačného žíhania prebieha mechanizmom sekundárnej rekryštalizácie, keď k rastu zrna dochádza náhle, bez možnosti jeho kontroly. Keď sú ale precipitáty nitrídu hliníka vylúčené v hrubozrnnej forme, o veľkosti prevažne nad 100 nm, ich brzdiaci účinok na rast zrna je menší a k požadovanému rastu zrna dochádza už počas oduhličovacieho žíhania v kontinuálnej linke. Veľkosť a množstvo precipitátov nitrídu hliníka je možné regulovať zmenou chemického zloženia ocele a to hlavne dusíka a hliníka, ale na procesoch

brzdzenia rastu zrna sa môžu zúčastňovať aj precipitáty a vmestky ďalších prvkov. Nepriaznivý účinok má hlavne uhlík. Ak je v oceli obsiahnuté väčšie množstvo uhlíka ako sa v priebehu oduhličovacieho žíhania stací odstrániť, vtedy prítomné karbidy brzdia rast zrna a po oduhličovanom žíhaní je štruktúra dynamoplechu veľmi jemnozrná, nevhodná z hľadiska požiadaviek na nízke merné straty. Nedostatočné oduhličenie pásu má za následok aj ďalší nepriaznivý jav — magnetické starnutie. Po určitej dobe od ukončenia vyrobeného cyklu, závislej na teplote, sa zvyšujú merné wattové straty v dôsledku dodatočného vylučovania karbidov železa z tuhého roztoku. Starnutie dodatočne zhoršujúce magnetické vlastnosti dynamoplechov, zhoršuje a mení aj pôvodné charakteristiky elektrických strojov, s dlhodobým nepriaznivým dopadom na straty elektrickej energie v národnom hospodárstve. Veľmi účinným opatrením na zníženie obsahu uhlíka v oceli a tým aj magnetického starnutia je vákuovanie ocele. Je však spojené so zvýšením nákladov na výrobu.

Uvedené nedostatky odstraňuje spôsob výroby izotropných plechov valcovaných za studena z ocele o hmotnostnom zložení 0,02 až 0,04 % uhlíka, 0,1 až 3,3 % kremíka, 0,20 až 0,40 % mangánu, 0,003 až 0,020 % dusíka, stopy až 0,10 % fosforu, stopy až 0,03 % síry, ďalej obsahujúca hliník, ktorý je určený pomerom hliníka ku kremíku, pričom tento pomer je 1 : 6 až 9, kde ocel sa spracováva bežným technologickým spôsobom, valcuje za tepla a za studena, kontinuálne tepelne spracováva pri teplote 800 až 900 °C po dobu 3 až 5 minút. Podstata vynálezu spočíva v tom, že tepelné spracovanie pozostáva iba z oduhličovacieho žíhania, kedy dochádza k požadovanému rastu zrna ocele.

Výhodou spôsobu výroby izotropných elektrotechnických plechov valcovaných za studena je, že nitrídy hliníka sú vylúčené v hrubozrnnej forme a k požadovanému rastu zrna na veľkosť od 0,04 do 0,18 mm dochádza už počas oduhličovacieho žíhania. Hrubozrnné nitrídy hliníka sú v oceli prítomné vtedy ak k ich vylučovaniu dochádza už pri vysokých teplotách. K tomu je však potrebné dostatočné množstvo hliníka. Ak je hliníka málo, k precipitácií dochádza pri nižších teplotách a precipitáty sú jemnejšie, nevýhodné z hľadiska tvorby požadovanej štruktúry dynamoplechov. Kremík ako feritotvorný prvok posúva teplotu alotropickej premeny k vyšším teplotám a ovplyvňuje precipitáciu nitrídu hliníka. Preto je potrebné udržiavať obsahy kremíka a hliníka v stanovenom pomere, vtedy jej štruktúra je optimálna, dostatočne oduhličovaná a veľkosť zrna je v požadovanom rozmedzí. To zaručuje minimálne rozdiely v merných stratách, magnetickej in-

dukci aj v mechanických vlastnostiach. Okrem toho je vylúčená nadmerná anizotropia magnetických vlastností dynamoplechov, pretože počas tepelného spracovania nedochádza k sekundárnej rekryštalizácii.

Izotropné elektrotechnické plechy vyrobené podľa vynálezu majú optimálnu veľkosť zrna, rovnomerné magnetické aj mechanické vlastnosti a vysoké hodnoty magnetickéj indukcie. Zjednodušením tepelného spracovania na oduhličovacie žíhanie vznikajú úspory energie aj nákladov spojenných s prevádzkou ďalšieho žihacieho zariadenia.

Príklady spôsobu výroby izotropných elektrotechnických plechov podľa vynálezu: V príkladoch je porovnaných 5 taviel dynamových ocelí vyrobených v kyslíkových konvertoch, odliatych do bramových kokíl a vyvalcovaných za tepla na pás hrúbky 1,8 mm a za studena na hrúbku 0,5 mm s následným kontinuálnym tepelným spracovaním pozostávajúcim z oduhličovacieho žíhania pri teplote 850 °C po dobu 4,0 minúty. Jednotlivé tavby mali nasledovné chemické zloženie v hmotnostných percentách:

Tavba	Uhlík	Mangán	Kremík	Hliník	Fosfor	Síra	Kremík hliník
1.	0,04	0,30	1,18	0,168	0,012	0,009	7,0
2.	0,03	0,28	1,20	0,166	0,015	0,010	7,2
3.	0,04	0,27	1,15	0,157	0,012	0,011	7,3
4.	0,04	0,25	1,05	0,152	0,022	0,015	6,9
5.	0,03	0,32	1,12	0,160	0,020	0,012	7,0

Po oduhličovacom žíhaní boli dosiahnuté nasledujúce magnetické vlastnosti a veľkosť zrna:

Tavba	Merné straty $P_{1,5}$ (W/kg)	Magnetická indukcia B_{2500} (T)	Stred. veľkosť zrna (mm)
1.	4,96	1,63	0,12
2.	5,04	1,63	0,10
3.	5,40	1,63	0,08
4.	5,35	1,64	0,09
5.	5,10	1,63	0,11

Využitie vynálezu je možné u všetkých výrobcov izotropných elektrotechnických plechov valcovaných za studena, kde sa

prevádza konečné tepelné spracovanie v kontinuálnych žihacích linkách.

PREDMET VYNÁLEZU

Spôsob výroby izotropných elektrotechnických plechov valcovaných za studena z ocele o hmotnostnom zložení 0,02 až 0,04 % uhlíka, 0,1 až 3,3 % kremíka, 0,20 až 0,40 % mangánu, 0,003 až 0,020 % dusíka, stopy až 0,10 fosforu, stopy až 0,03 síry, ďalej obsahujúce hliník, ktorý je určený pomerom hliníka ku kremíku, pričom tento pomer je

1 : 6 až 9, kde oceľ sa odlieva do kokíl alebo na zariadení plynulého odlievania do bram, valcuje za tepla a za studena, kontinuálne spracováva pri teplote 800 až 900 °C po dobu 3 až 5 minút, vyznačujúci sa tým, že tepelné spracovanie pozostáva iba z oduhličovacieho žíhania.