



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY

A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU

## K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

253 952

(11)

(B1)

(61)

(23) Výstavní priorita  
(22) Přihlášeno 30 12 82  
(21) PV 10021-82

(51) Int. Cl.<sup>4</sup>

H 01 F 1/14

(40) Zveřejněno 14 05 87  
(45) Vydáno 01 07 89

(75)  
Autor vynálezu

PÁČL PETR ing.,  
ČECH DRAHOMÍR ing.,  
HORKÝ PAVEL RNDr., FRÝDEK MÍSTEK

(54)

Způsob výroby magneticky měkkých ocelových  
plechů nebo pásů

Výchozí ocel obsahuje maximálně 4,5 hmotnostních % součtu obsahu křemíku a hliníku, maximálně 0,5 hmotnostních % manganu a nezbytné nečistoty, ocel se odlévá, válcuje za studena a za tepla a konečně rekrytalizačně žihá, přičemž v postupu výroby je zařazeno rafinační žihání (RŽ) plechu nebo pásu na teplotu 900 až 1300 °C. Zlepšení postupu spočívá ve zpomalení ohřevu na teplotu (RŽ), který se provede z teploty 750 °C na 900 °C minimálně za 3 hodiny ve vakuu nebo ochranné atmosféře, s výhodou ve vodíkové nebo vodíkodusíkové atmosféře s teplotou rosného bodu vyšší než 0 °C, což umožní zkrátit dobu výdrže na teplotě (RŽ) na minimálně 20 hodin. Současně dojde k odstranění křehkosti pásu po (RŽ).

Vynález se týká způsobu výroby ocelových magnetických měkkých plechů nebo pásů s vysokou magnetickou indukcí.

Magneticky měkké ocelové plechy nebo pásy se vyrábějí různými způsoby, v závislosti na složení výchozí oceli a požadovaných magnetických vlastnostech hotového výrobku. V jednom z mnoha známých postupů výchozí ocel obsahuje v podstatě kromě železa maximálně 4,5 hmotnostních % součtu obsahu křemíku a hliníku, maximálně 0,5 hmotnostních % manganu a nezbytné nečistoty. Tato ocel se odlévá do kokil nebo kontinuálně, válcuje za tepla, moří, válcuje za studena v jedné nebo více etapách s mezižiháním a nakonec žihá rekrytalizačně. V postupu výroby magneticky měkkých ocelových plechů a pásů může být zařazeno rafinační žihání pásu, zpravidla na teploty nad 900 °C po dobu až 50 hodin v ochranné atmosféře. Cílem tohoto žihání je snížit obsah uhlíku a dusíku, případně síry a kyslíku v materiálu a omezit vyloučení jemných precipitátů, zejména velikosti do 0,1  $\mu\text{m}$ .

Nevýhodou výše uvedeného postupu je skutečnost, že při relativně vysoké teplotě rafinačního žihání a poměrně dlouhých výdržích na teplotě dochází k enormnímu zvětšení velikosti zrna, a tím snížení plasticity materiálu, což vede k praskání plechů nebo pásů při dalším zpracování. Vznikají tak značné vícenáklady a mnohdy se pro tuto mezioperační křehkost nedají pásy nebo plechy úspěšně válcovat za studena.

Tyto nevýhody odstraňuje způsob výroby ocelových magneticky měkkých plechů nebo pásů podle vynálezu, kdy výchozí ocel obsahuje maximálně 4,5 hmotnostních % součtu obsahu křemíku a hliníku, z toho maximálně 4,0 hmotnostních % křemíku a maximálně 1,5 hmotnostních % hliníku a dále maximálně 0,5 hmotnostních % manganu, maximálně 0,020 hmotnostních % dusíku, maximálně 0,050 hmotnostních % kyslíku, maximálně 0,10 hmotnostních % uhlíku, maximálně 0,050 hmotnostních % síry a nezbytné nečistoty. Ocel se odlévá do kokil nebo kontinuálně, válcuje za tepla, moří, válcuje za studena v jedné nebo více

etapách s mezižiháním a nakonec žihá rekrytalizačně na teplotu 800 až 1000 °C po dobu 1 minuta až 10 minut v ochranné atmosféře, při čemž v postupu je zařazeno rafinační žihání za tepla válcovaného pásu nebo pásu před poslední etapou válcování za studena, kdy plech nebo pás má tloušťku 1 mm až 5 mm. Ohřev na teplotu rafinačního žihání se provede ve vakuu nebo v ochranné atmosféře z teploty 750 °C na teplotu 900 °C za dobu 3 hodiny až 30 hodin buď zvyšováním teploty, nebo zařazením nejméně jedné výdrže na teplotě, načež následuje ohřev na konečnou teplotu a výdrž na této teplotě v rozmezí 900 °C až 1300 °C po dobu maximálně 20 hodin. Poté se pás ochlazuje na teplotu okolí rychlostí maximálně 200 °C za hodinu z teploty žihání do teploty 400 °C. Ochrannou atmosférou po dobu zvyšování teploty ze 750 °C na teplotu 900 °C je s výhodou atmosféra vodíku nebo směs vodíku a dusíku s teplotou rosného bodu vyšší než 0 °C.

Vynález byl učiněn na základě studia kinetiky rafinace uhlíku a dusíku za současného pozorování dosažené velikosti zrna. Bylo zjištěno, že zařazením určitého zpomalení ohřevu v oblasti teplot 750 °C až 900 °C, případně volbou oduhličovací atmosféry, se dosáhne i při vysokém obsahu uhlíku ve výchozí oceli účinného oduhličení, případně i částečného odusičení, což umožňuje zkrátit výdrž na konečné teplotě rafinace. Takto se dosáhne zmenšení průměrné velikosti zrna pod 3 mm, v důsledku čehož je tvařitelnost při následujícím válcování za studena vyhovující.

Jako příklad je možno uvést, že výchozí ocel, obsahující 2,7 hmotnostních % křemíku, 0,005 hmotnostních % hliníku, 0,2 hmotnostních % manganu, 0,005 hmotnostních % kyslíku, 0,008 hmotnostních % dusíku, 0,015 hmotnostních % síry, 0,05 hmotnostních % uhlíku a další nezbytné nečistoty, se odleje do ingotů a válcuje za tepla na bramy a tyto se dále válcují na pás tloušťky 2,5 mm. Pás se moří, válcuje za studena na tloušťku 1 mm a žihá rafinačně následujícím režimem: ohřev na teplotu 750 °C v ochranné atmosféře dusíku, poté ohřev rychlostí

30 °C za hodinu na teplotu 900 °C v ochranné atmosféře štěpného čpavku s teplotou rosného bodu +10 °C, načež následuje ohřev na konečnou rafinační teplotu 1100 °C. Na této teplotě se provede výdrž po dobu 8 hodin v atmosféře čistého vodíku a následuje chlazení rychlostí 150 °C za hodinu do teploty 400 °C a dále rychlostí 50 °C za hodinu na teplotu okolí opět v atmosféře vodíku. Po tomto žíhání má pás zrno velikostí 1 mm, není křehký a bez problémů se odválcuje za studena na konečnou tloušťku 0,5 mm, načež se žíhá rekrytalizačně na teplotu 950 °C po dobu 3 minuty. Takto vyrobený pás má vysokou magnetickou indukci a velmi nízké měrné ztráty při střídavé magnetizaci.

P Ř E D M Ě T   V Y N Á L E Z U

253 952

1.      Způsob výroby magneticky měkkých ocelových plěchů nebo pásů s vysokou magnetickou indukcí, z výchozí oceli, obsahující maximálně 4,5 hmotnostních % součtu křemíku a hliníku, z toho maximálně 4,0 hmotnostních % křemíku a maximálně 1,5 hmotnostních % hliníku, dále obsahující maximálně 0,5 hmotnostních % manganu, maximálně 0,020 hmotnostních % dusíku, maximálně 0,10 hmotnostních % uhlíku, maximálně 0,050 hmotnostních % kyslíku, maximálně 0,050 hmotnostních % síry a další nezbytné nečistoty, odléváním této oceli do kokil nebo kontinuálně, válcováním za tepla, mořením, válcováním za studena v jedné etapě nebo více etapách s mezižiháním a konečně rekrytalizačním žiháním na teplotu 800 až 1000 °C po dobu 0,1 až 10 minut v ochranné atmosféře, přičemž v postupu výroby je zařazeno rafinační žihání za tepla nebo za studena válcovaného plechu nebo pásu před poslední etapou válcování za studena, kdy plech nebo pás má tloušťku 1 až 5 mm, načež ochlazování z teploty rafinačního žihání se provede do teploty 400 °C rychlostí maximálně 200 °C za hodinu, vyznačený tím, že ohřev na teplotu rafinačního žihání se provede ve vakuu nebo v ochranné atmosféře z teploty 750 °C na teplotu 900 °C za dobu 3 až 30 hodin, načež se provede ohřev na konečnou teplotu rafinačního žihání v rozmezí 900 °C až 1300 °C s výdrží na této teplotě po dobu maximálně 20 hodin.

2.      Způsob výroby podle bodu 1, vyznačený tím, že po dobu zvyšování teploty rafinačního žihání ze 750 °C na 900 °C se v peci udržuje atmosféra vodíku nebo vodíku a dusíku s teplotou rosného bodu vyšší než 0 °C.