

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

304 486

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

C22C 21/00 (2006.01)
C22F 1/04 (2006.01)
F28F 21/08 (2006.01)
B22D 11/06 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2002-3082**
 (22) Přihlášeno: **30.11.2001**
 (30) Právo přednosti:
13.12.2000 JP 2000379185
13.09.2001 JP 2001278658
 (40) Zveřejněno: **16.07.2003**
(Věstník č. 7/2003)
 (47) Uděleno: **16.04.2014**
 (24) Oznámení o udělení ve věstníku: **28.05.2014**
(Věstník č. 22/2014)
 (86) PCT číslo: **PCT/JP2001/010517**
 (87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2002/048413**

(56) Relevantní dokumenty:

CZ 2002-2446 A3; 64319; 64320.

(73) Majitel patentu:

Furukawa-Sky Aluminum Corp., Tokyo 101-8970,
JP

(72) Původce:

Akira Kawahara, Tokyo, JP
 Takeyoshi Doko, Tokyo, JP

(74) Zástupce:

ROTT, RŮŽIČKA & GUTTMANN
 Patentová, známková a advokátní kancelář, JUDr.
 Ing. Michal Guttmann, Nad Štolou 12, 170 00
 Praha 7

(54) Název vynálezu:

**Způsob výroby žebrovaného materiálu z
 hliníkové slitiny pro tvrdé pájení**

(57) Anotace:

Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, který má tyto kroky:
 tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci;
 a
 válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,
 přičemž hliníková slitina obsahuje jednotlivá předem daná množství Mn, Fe a Si, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,
 kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se používá za jednotlivých předem daných podmínek teploty taveniny, tlakového zatížení při válcování, rychlosti lití a tloušťky plechu z ingotu, a kde uprostřed při uvedeném procesu válcování za studena se používá dvakrát nebo vícekrát mezižihání, přičemž uvedené mezižihání zahrnuje konečné mezižihání v ohřívací peci vsázkového typu za předem daného teplotního rozmezí, a tím se adjustuje, po konečném mezižihání, při válcování zastudena stanovený válcovací úběr.

CZ 304486 B6

Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení

Oblast techniky

Předložený vynález se týká způsobu výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, při použití způsobu kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci (nebo jednoduše způsobu kontinuálního lití a válcování) a válcování zastudena.

Dosavadní stav techniky

Výměník tepla vyrobený z hliníkové slitiny, například radiátor, spojený pomocí tvrdého pájení, má zvlněné žebro 2 začleněné mezi plochými trubkami 1, jak je zobrazeno na obr. 1, a oba konce této ploché trubky jsou otevřené do prostoru vytvořeného sběrnou trubkou 3 a nádrží 4. Ohřáté chladicí médium je odesláno do ploché trubky 1 z jedné z těchto nádrží, a ochlazené chladicí médium prostřednictvím sdílení tepla v této části ploché trubky 1 a žebra 2, je soustředováno do jiné nádrže, k recirkulaci.

Pro popsanou trubku 1 se používá plochá trubka mající množství pórů vzniklých vytlačováním, deska vyrobená tlakovým lisováním plechu pájeným natvrdo, ve které materiál jádra je povlečen materiálem pláště (například materiál pro tvrdé pájení ze skupiny Al-Si slitin), nebo plochá trubka se svarem z elektrického svařování. Pro popsané žebro se používá žebro zahrnující plech pájený natvrdo vyrobený povlečením materiálu pláště na obou plochách povrchu materiálu jádra, nebo žebro zahrnující slitinu ze skupiny Al-Mn (například slitinu 3003 nebo slitinu 3203) s vynikající odolností proti deformaci.

Pokud se nyní požaduje, aby výměník tepla měl malou velikost a nízkou hmotnost, žebrovaný materiál tvořící výměník tepla má být tenký. V důsledku toho je kladen důraz na to, aby žebrovaný materiál měl zvýšenou mechanickou pevnost, protože žebro se může hroutit během montáže výměníku tepla, nebo radiátor se může porušit během používání, když mechanická pevnost žebrovaného materiálu je nedostatečná. Kromě toho, je požadováno zlepšení tepelné vodivosti samotného žebrovaného materiálu, poněvadž množství tepla dopravovaného žebrovaným materiálem je považováno za důležité pro výsledné ztenčování žebrovaného materiálu v reakci na malou velikost a nízkou hmotnost výměníku tepla, například radiátoru.

Avšak žebrovaný materiál z běžných slitin skupiny Al-Mn má problém se zvýšeným obsahem Mn, který zvyšuje mechanickou pevnost žebrovaného materiálu, což vede k velkému snížení tepelné vodivosti. Na druhé straně, zvýšený obsah Fe má za následek krystalizaci velkého množství intermetalických sloučenin, které působí jako rekrystalizační zárodky, když žebrovaný materiál rekrystaluje při tvrdém pájení, aby vytvořil jemnou rekrystalizační texturu. Poněvadž tato jemná rekrystalizační textura obsahuje mnoho rozhraní krystalových zrn, problém je zapříčiněn tím, že materiál pro pájení natvrdo difunduje podél rozhraní krystalových zrn během kroku pájení, tím se snižuje odolnost proti prohnutí žebrovaného materiálu.

Žebrovaný materiál ze slitiny skupiny Al-Fe-Ni (JP-A-7-216485, „JP-A“ znamená publikovanou japonskou přihlášku, která nebyla podrobena průzkumu, JP-A-8-104934 apod.), který je předložen, je jiný než výše popsaný žebrovaný materiál ze slitiny skupiny Al-Mn, je vynikající pro svou mechanickou pevnost a tepelnou vodivost. Avšak tato slitina není vhodná pro ztenčování, protože odolnost proti samovolné korozi samotného žebrovaného materiálu je snížena.

Byly navrženy různé žebrované materiály podle výrobního způsobu kontinuálního lití a válcování, a válcování zastudena, poněvadž tyto metody požadují nízké investice na strojní zařízení. Například žebrovaný materiál ze slitin skupiny Al-Mn-Si předkládá JP-A-8-143998 k prevenci snižování meze únavy, kde primární krystal Si může být lokalizován ve středu ve směru zesílení

vrstev materiálu, při způsobu kontinuálního lití a válcování, a válcování zastudena, a rekrystalizovaná zrna jsou hrubá jako prevence primárního krystalu Si proti působení jako rekrystalizační zárodky, se takto potlačuje proniknutí materiálu pro pájení natvrdo do rozhraní krystalových zrn.

- 5 Další příklady zahrnují žebrovaný materiál ze slitiny skupin Al-Mn-Fe-Si (WO 00/05 426), ve kterém mechanická pevnost a elektrická vodivost jsou zvýšeny pomocí řízené rychlosti chlazení v kontinuálním lití a válcování; a žebrovaný materiál ze slitiny skupin Al-Mn-Fe (JP-A-3-31454), ve kterém vlastnosti pájení natvrdo jsou zvýšeny odstranitelným oxidačním povlakem, vytvořeným při kontinuálním lití a válcování, pomocí alkalického čištění před nebo během kroku
10 válcování zastudena.

Avšak většinou je Si krystalizován jako primární krystal během kroku lití ve vynálezu zveřejněném ve výše popsaném JP-A-8-143998. V důsledku toho, tento materiál může být porušen během kroku válcování, při vytvoření primárního krystalu Si, který působí jako iniciační body,
15 nebo žebrovaný materiál může být porušen během procesu zvlňování. Tenčí žebrovaný materiál je během procesu zvlňování mnohem snadněji porušitelný, a někdy žebrovaný materiál nemůže být vůbec vyroben strojně. V těchto případech, poněvadž množství Si začleněného do krystalizovaných materiálů je malé, to způsobuje vyprázdnění krystalizačních zárodků (intermetalická sloučenina skupin Al-Fe-Mn-Si) v prostředním žihacím kroku, nebo poněvadž srážení intermetalické sloučeniny je dále potlačováno bez válcování zatepla nebo bez prostřednictvím žihacího
20 kroku vsázkového typu, množství Mn v tuhém roztoku se zvyšuje, což má za následek snížení tepelné vodivosti. Dále, poněvadž Si je odloučen ve středu žebrovaného materiálu, žebrovaný materiál se stává špatně odolným proti tavení žeber.

25 Zatímco předmětem vynálezu ve výše popsaném WO 00/05 426 je zvýšení srážení za tváření skupiny Mn jemných intermetalických sloučenin, a zvýšení tepelné vodivosti srážením Mn, odpovídající efekt zvýšení srážení nebyl dosažen, což je způsobené nižším obsahem Mn ve srovnání s předloženým vynálezem. Když se zvýší obsah Mn, zvýší se srážlivost, hrubé sloučeniny skupiny Mn (sloučeniny Al-Fe-Mn-Si) se vysrážejí, což sníží zvlnění tvářením. Poněvadž tento žebrovaný materiál má průměr krystalových zrn malý 30 až 80 μm po tvrdém pájení, odolnost žeber
30 proti tavení žebrovaného materiálu se snižuje difuzí materiálu pájení natvrdo. Mimoto sloučeniny skupiny Al-Fe-Si, jako katodové místo, se srážejí, což způsobuje malé množství Mn, snižuje se odolnost proti samovolné korozi samotného žebrovaného materiálu.

35 Složení slitiny podle vynálezu výše popsaného v JP-A-3-31454 se částečně kryje se složením podle předloženého vynálezu, buď když podle tohoto vynálezu obsahuje Si, nebo když podle tohoto vynálezu obsahuje Si, nebo když podle tohoto vynálezu obsahuje Si právě tak jako jeden z Cu, Cr, Ti, Zr nebo Mg. Ale podle tohoto způsobu uveřejněného ve výše popsaném spisu, žebrovaná sloučenina skupin Al-Fe-Mn-Si se nemůže vysrážet, třebaže schopnost žebrovaného
40 materiálu k tvrdému pájení může být zlepšena. Z toho vyplývající jednotlivé vlastnosti požadované pro zhotovení výměníku tepla malého co do velikosti a lehkého co do hmotnosti nejsou uspokojivé.

Jiné a další význačné rysy a výhody tohoto vynálezu vyjdou zcela najevo z následujícího popisu,
45 v souvislosti s doprovodnými výkresy.

Přehled obrázků na výkresech

50 Obr. 1 je perspektivní pohled ukazující jeden příklad radiátoru.

Obr. 2(a), 2(b), 2(c) a 2(d) jsou ilustrační pohledy na tavení žeber, zahrnující hlavní pohled a jeho zvětšený parciální pohled.

Obr. 3 je částečný schematický blokový pohled na praskliny jádra vyskytující se mezi trubkou a žebrem po tavení natvrdo.

Obr. 4(a), 4(b) a 4(c) jsou ilustrační pohledy na stav poškozeného hrubého krystalového materiálu při kontinuálním lití a válcování mezi dvěma válci, přičemž obr. 4(a) a 4(b) jsou pohledy sledující plech z ingotu ze strany, a obr. 4(c) je pohled ze shora.

Obr. 5 je pohled na průřez strukturou plechu z ingotu připraveného kontinuálním litím a válcováním za běžných podmínek.

Podstata vynálezu

Tvůrci předloženého vynálezu studovali intenzivně běžné techniky a zjistili, že při výrobě žebrovaného materiálu ze slitiny skupin Al–Mn–Fe–Si mající předepsané složení při definované teplotě taveniny, tlakovém zatížení při válcování, a při podmínkách žíhání v mezioperačním kroku v kontinuálním lití a válcování, výsledný žebrovaný materiál obsahuje texturu, ve které je vysráženo velké množství jemných sloučenin skupiny Mn (neobsahující sloučeninu o velikosti 0,8 μm nebo více), aby se umožnilo zlepšit různé vlastnosti požadované pro žebrovaný materiál. Předložený vynález byl dokončen během dalšího intenzivního studia založeném na výše popsaném zjištění.

Při aplikaci žebrovaného materiálu pro tepelné výměníky s malou velikostí a s nízkou hmotností je požadováno, aby žebrovaný materiál splňoval různé vlastnosti, jako například mechanickou pevnost, tepelnou vodivost, ochranný účinek pomocí obětované koroze, odolnost proti samovolné korozi, odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost proti tavení žebra, odolnost proti prohnutí, odolnost proti prasknutí jádra, zpracovatelnost při válcování, odolnost proti prasknutí žebra, a zvlnění tvářením. Tyto vlastnosti, (a) odolnost proti samovolné korozi, (b) odolnost proti opakovanému namáhání, (c) odolnost proti tavení žebra, (d) odolnost proti prasknutí jádra, a (e) odolnost proti prasknutí žebra a zvlnění tvářením, budou dále popsány.

(a) Odolnost proti samovolné korozi: Koroze žebra je klasifikována jako koroze obětovaného anodového materiálu pro ochranu trubek při potenciální diferenci vznikající mezi žebrem a trubkou, a samovolná koroze se objevuje v samotném žebře.

Když slitina pro žebrovaný materiál obsahuje velké množství Ni, Fe apod., obsah sloučenin skupiny Fe a sloučenin skupiny Ni, které působí jako katodická místa, vzrůstá a snadno postupuje samovolná koroze. Žebro se bude při počátečním období rozpouštět, když odolnost proti samovolné korozi je nízká, a bude selhávat účinek obětovaného anodového materiálu. Zlepšení odolnosti proti samovolné korozi žebra je důležité pro ztenčování žebra.

(b) Odolnost proti opakovanému namáhání: Chladicí médium pro chlazení se tlakuje a cirkuluje pomocí čerpadla ve výměníku tepla (radiátoru) složeného z trubky 1 a žebra 2, jak je zřejmé z obr. 1. Do radiátoru přichází pod vysokým tlakem přes chladič a šíří se průřezovým uspořádáním trubky 1, čímž předává namáhání tahem na žebro 2. Když namáhání tahem opakovaně působí při spouštění a zastavování čerpadla, žebro 2 se nakonec únavou zlomí. Opakující se počet cyklů užitých před zlomením únavou je ohodnoceno jako „odolnost proti opakovanému namáhání“.

Zlomení žebra 2 únavou nesouvisí vždy s mechanickou pevností žebrovaného materiálu. Například, když částice jsou dispergovány v žebrovaném materiálu, vyskytnou se kolem těchto částic trhliny, což sníží odolnost proti opakovanému namáhání.

(c) Odolnost proti tavení žebra: Tavení žebra se vztahuje k efektu, kdy vlnité žebro 2, jak je zřejmé na obr. 2(a), je postupně taveno během způsobu tvrdého pájení (obr. 2(b) až obr. 2(c)).

Složená žebra jsou integrována spolu absorpcí materiálu 5 pro tvrdé pájení do mezer mezi žebry, když tento efekt probíhá (obr. 2(d)).

5 Odolnost proti tlaku výměníku tepla se snižuje tavením žebra. Tavení žebra je přímo způsobené materiálem pro tvrdé pájení v jádru desky tekoucím na stranu žebra přivádějícím nadbytek materiálu pro pájení natvrdo. Tento jev se snadno vyskytuje, když velikost krystalových zrn v žeburu je v době pájení natvrdo malá, nebo když obsah Si ve slitině je velký.

10 (d) Odolnost proti prasknutí jádra: Lokální nespojené části (odkaz na vztahovou značku 6 na obrázku 3) se mohou objevit mezi trubkou a žebrem po tvrdém pájení, když silná vrstva pro tvrdé pájení povléká trubku a žebrovaný materiál. Jinými slovy, materiál trubky ubývá ve vertikálním směru, vzhledem k tloušťce vrstvy materiálu pro tvrdé pájení, během zahřívání při tvrdém pájení. Protože jádro 9 je tvořeno z vrstvených trubek, součet délky úbytku je několik milimetrů, když 15 úbytek délky je nahromaděný několika desítkami kroků ve vertikálním směru, tímto dochází k lokální nespojené části 6. Tato lokální nespojená část 6 souvisí s trhlinami jádra. Mechanická pevnost neporušeného jádra 9 je význačně zmenšována stávajícími trhlinami jádra. Kromě toho preventivní účinek obětované koroze žebra 2 vůči trubce 1 při porušení jádra části 6 zaniká.

20 (e) Odolnost proti zlomení žebra a zvlnění tvářením: Přelomení žebra, jak je zmiňováno na tomto místě, je jevem lámání žebrovaného materiálu, když je vytvářen zvlněný tvar pohybem žebrovaného materiálu mezi dvěma spojenými válcovacími soukolími. Žebro je náchylné k tomuto přelomení, když slitinový prvek je přidán v množství přesahujícím úroveň pro tvářením tuhého roztočtu, a když je ve slitině spousta dispergovaných částic. Kromě toho přelomení žebra snadno nastává u tenčího žebra. Dále, zvlnění tvářením je vyhodnocována pomocí nerovnoměrné hmotnosti 25 žebra. To znamená, že velikost odpružení se nadměrně zvyšuje při nadměrné mechanické pevnosti (trvalá odolnost) žebrovaného materiálu pro tvářením zvlněného tvaru, což způsobuje nerovnoměrnou hmotnost výsledného žebra.

30 Jak je zmiňováno výše, tyto vlastnosti od (a) do (e) jsou základní charakteristiky pro docílení ztenčeného žebra, tj. malá velikost a nízká hmotnost výsledného výměníku tepla.

Podle předloženého vynálezu jsou umožněny následující způsoby:

(1) Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, zahrnující kroky:

35 tvářením plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo 40 méně Si, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se aplikuje za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

45 kde při uvedeném procesu válcování zastudena je uprostřed použito dvakrát nebo vícekrát mezižihání, přičemž uvedené žihání zahrnuje konečné mezižihání v ohřívací peci vsázkového typu, při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrytalizaci, čímž adjustovaný válcovací úběr při válcování zastudena, je po konečném mezižihání 10 až 60 %;

(2) Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení zahrnující kroky:

50 tvářením plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

válcování plechu z ingotu zastudena pro výrobu žebrovaného materiálu,

příčemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, právě tak jako alespoň jeden ze Zn s 3,0 % hmotn. nebo méně, In s 0,3 % hmotn. nebo méně, a Sn s 0,3 % hmotn. nebo méně, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

- 5 kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se aplikuje za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15000 N na 1 mm šíře lechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

- kde při uvedeném procesu válcování zastudena je uprostřed použito dvakrát nebo vícekrát mezižihání, přičemž uvedené mezižihání zahrnuje konečné mezižihání v ohřívací peci vsázkového typu, při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrytalizaci, čímž adjustovaný válcovací úběr při válcování zastudena, je po konečném mezižihání 10 až 60 %;

(3) Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, zahrnující kroky:

- 15 tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

- příčemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, právě tak jako alespoň jeden z Cu s 0,3 % hmotn. nebo méně, Cr s 0,15 % hmotn. nebo méně, Ti s 0,15 % hmotn. nebo méně, Zr s 0,15 % hmotn. nebo méně, a Mg s 0,5 % hmotn. nebo méně, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

- 25 kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se aplikuje za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

- kde při uvedeném procesu válcování zastudena je uprostřed použito dvakrát nebo vícekrát mezižihání, přičemž uvedené mezižihání zahrnuje konečné mezižihání v ohřívací peci vsázkového typu, při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrytalizaci, čímž adjustovaný válcovací úběr při válcování zastudena, je po konečném mezižihání 10 až 60 %;

(4) Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, zahrnující kroky:

tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

- 35 válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

- příčemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, alespoň jeden ze Zn s 3,0 % hmotn. nebo méně, In s 0,3 % hmotn. nebo méně, a Sn s 0,3 % hmotn. nebo méně, právě tak alespoň jeden z Cu s 0,3 % hmotn. nebo méně, Cr s 0,15 % hmotn. nebo méně, Ti s 0,15 % hmotn. nebo méně, Zr s 0,15 % hmotn. nebo méně, a Mg s 0,5 % hmotn. nebo méně, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

- kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se aplikuje za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

- 45 kde při uvedeném procesu válcování zastudena je uprostřed použito dvakrát nebo vícekrát mezižihání, přičemž uvedené mezižihání zahrnuje konečné mezižihání v ohřívací peci vsázkového typu, při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrytalizaci, čímž adjustovaný válcovací úběr při válcování zastudena, je po konečném mezižihání 10 až 60 %;

(5) Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, zahrnující kroky: tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

- 5 přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

- 10 kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se aplikuje za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

kde při uvedeném procesu válcování zastudena je uprostřed použito jedenkrát nebo vícekrát mezižihání tak, aby výsledný úběr pro válcování zastudena byl 10 až 95 %, a

- 15 kde další žihání v ohřívací peci se aplikuje po uvedeném konečném válcování zastudena, za konečné tloušťky plechu při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrytalizaci;

(6) Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, zahrnující kroky:

tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

- 20 válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, právě tak jako alespoň jeden ze Zn s 3,0 % hmotn. nebo méně, In s 0,3 % hmotn. nebo méně, a Sn s 0,3 % hmotn. nebo méně, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

- 25 kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci je používáno za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

kde při uvedeném procesu válcování zastudena je uprostřed použito jedenkrát nebo vícekrát mezižihání tak, aby výsledný úběr pro válcování zastudena byl 10 až 95 %, a

- 30 kde další žihání v ohřívací peci se aplikuje po uvedeném konečném válcování zastudena, za konečné tloušťky plechu při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrytalizaci;

(7) Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, zahrnující kroky:

- 35 tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

- 40 přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, právě tak jako alespoň jeden z Cu s 0,3 % hmotn. nebo méně, Cr s 0,15 % hmotn. nebo méně, Ti s 0,15 % hmotn. nebo méně, Zr s 0,15 % hmotn. nebo méně, a Mg s 0,5 % hmotn. nebo méně, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

- 45 kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci je používáno za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

kde při uvedeném procesu válcování zastudena je uprostřed použito jedenkrát nebo vícekrát mezižihání tak, aby výsledný úběr pro válcování zastudena byl 10 až 95 %, a

kde další žihání v ohřívací peci se aplikuje po uvedeném konečném válcování zastudena, za konečné tloušťky plechu při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrystalizaci;

- 5 (8) Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, zahrnující kroky: tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

- 10 přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, alespoň jeden z Zn s 0,3 % hmotn. nebo méně, In s 0,3 % hmotn. nebo méně, a Sn s 0,3 % hmotn. nebo méně, právě tak alespoň jeden z Cu s 0,3 % hmotn. nebo méně, Cr s 0,15 % hmotn. nebo méně, Ti s 0,15 % hmotn. nebo méně, Zr s 0,15 % hmotn. nebo méně, a Mg s 0,5 % hmotn. nebo méně, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

- 15 kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se aplikuje za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

kde při uvedeném procesu válcování zastudena je uprostřed použito jedenkrát nebo vícekrát mezižihání tak, aby výsledný úběr pro válcování zastudena byl 10 až 95 %, a

- 20 kde další žihání v ohřívací peci se aplikuje po uvedeném konečném válcování zastudena, za konečné tloušťky plechu při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrystalizaci;

- 25 (9) Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení podle některého z bodů (1) až (8), kde uvedené mezižihání, kromě konečného žihání, se aplikuje pomocí ohřívací pece a vsázkového typu nebo kontinuální ohřívací pece; a

- 30 (10) Žebrovaný materiál z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, kde krystalická textura žebrovaného materiálu, která se získá výrobním způsobem podle některého z bodů (1) až (9), zahrnuje vláknitou texturu.

Nejlepší provedení vynálezu

- 35 Hliníková slitina představující žebrovaný materiál podle předloženého vynálezu může obsahovat Mn ve vysoké koncentraci pro zlepšení mechanické pevnosti. Avšak, protože tepelná vodivost se zmenšuje, když je obsažen Mn jako tuhý roztok, může Mn krystalizovat a vyloučit se jako druhá fáze disperzních částic přidáním Si a Fe podle předloženého vynálezu. Mimoto výskyt primární krystalizace Si je potlačen podle předloženého vynálezu předepsanými podmínkami kontinuálního lití a válcování, aby mohl být Si jemně dispergován jako intermetalická sloučenina při současném přidání Fe a Mn. Plech z ingotu ze slitiny skupiny Al–Mn–Fe–Si je tedy získán regulací Mn a Si, aby vytvořily tuhý roztok a vyloučily se. V plechu z ingotu ze slitiny je vyloučení prvků v tuhém roztoku dále zrychlení působením krystalovaného materiálu Al–Fe–Mn–Si, vytvořeného v kroku kontinuálního lití a válcování, v krocích válcování zastudena a žihání, jako zárodku.

- 45 V důsledku toho, různé vlastnosti jako mechanická pevnost, efekt obětované anody a odolnost proti samovolné korozi, tak jako odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost proti tavení žebra, odolnost proti prohnutí, odolnost proti prasknutí jádra, zpracovatelnost při válcování, odolnost proti zlomení žebra, a zvlnění tvářením, vyžadované pro žebrovaný materiál jsou odpovídající, takže vyráběný žebrovaný materiál může být tenčí.

- 50 Žebrovaný materiál podle předloženého vynálezu je možné vyrobit pouze za dodržení všech složení slitin a výrobních podmínek, které jsou definovány v předloženém vynálezu. Předložený

vynález je charakteristický provedením ztenčeného žebrovaného materiálu udržujícího vysokou tepelnou vodivost, navzdory svému vysokému obsahu Mn; žebrovaný materiál má vynikající odolnost proti samovolné korozi, odolnost proti trhlinám jádra, zpracovatelnost válcováním a odolnost proti tavení žebra, navzdory svému vysokému obsahu Fe; a žebrovaný materiál má vynikající odolnost proti tavení žebra a odolnost proti zlomení žebra zatímco si udržuje vysokou tepelnou vodivost, navzdory svému vysokému obsahu Si. Když výrobní podmínky nejsou vyhovující nelze získat žebrovaný materiál poskytující účinek podle předloženého vynálezu, dokonce i když je složení slitiny vyhovující, mezi podmínkami definovanými v tomto předloženém vynálezu. Naopak, žebrovaný materiál mající účinky podle předloženého vynálezu nelze získat, když složení slitiny není odpovídající, i když výrobní podmínky jsou vyhovující.

Nejprve budou popsány prvky použité v hliníkové slitině podle předloženého vynálezu. Avšak funkce jednotlivých prvků je založena na vlivu výrobních podmínek definovaných v předloženém vynálezu. Jak je zde zmiňováno, tuto funkci nelze získat při výrobních podmínkách bez výkladu podle předloženého vynálezu.

Mn se přidává za následujícím účelem podle předloženého vynálezu, navíc ke zlepšení mechanické pevnosti.

Mn reaguje se současně přidaným Fe ve velkém množství za vytvoření sloučeniny skupiny Al-Mn-Fe(-Si), která potlačuje sloučeninu Al-Fe působící jako katodické místo, aby se vyloučila ke zlepšení odolnosti proti samovolné korozi.

To znamená, podle předloženého vynálezu, poněvadž tavenina při vysoké teplotě je podrobena kontinuálnímu lití a válcování za vysokého tlaku s ochlazováním vysokou rychlostí, Fe jako slitinový prvek se většinou vylučuje jako jemné krystaly řádově 1 μm velké, sloučeniny skupiny Al-Fe-Mn-Si nebo sloučeniny skupiny Al-Fe-Si. Výše popsané krystalické materiály jsou dále jemně rozděleny v následujícím kroku válcování zastudena, aby se přispělo ke zlepšení mechanické pevnosti žebrovaného materiálu. Zatímco sloučeniny skupiny Al-Fe-Si působí jako katodická místa jako korozní iniciační bod, Fe je vylučováno jako sloučenina skupiny Al-Fe-Mn-Si v předloženém vynálezu jako výsledek přídavku Mn. Následně, je během kroku žíhání za použití výše popsaného rozdělení krystalických materiálů jako jader vylučována sloučenina skupiny Al-Fe-Mn-Si. Poněvadž tyto intermetalické sloučeniny těžko působí jako katodická místa, proto nesnižují odolnost proti samovolné korozi.

Poněvadž Mn krystalizuje společně s Si během kroku lití podle předloženého vynálezu, Mn působí pro potlačení krystalizace primárního krystalu Si. Potlačení krystalizace primárního krystalu Si tak dovoluje zlepšit odolnost proti opakovanému namáhání, tepelnou vodivost a odolnost žebra proti tavení.

Je předepsáno, aby obsah Mn, byl 0,6 % hmotn. nebo více a 1,8 % hmotn. nebo méně, pro poskytnutí předchozích účinků, aby se projeví. Účinek přídavku Mn není úplně patrný, když obsah Mn je 0,6 % hmotn. nebo méně, zatímco tepelná vodivost a elektrická vodivost jsou sníženy při obsahu Mn vyšším než 1,8 % hmotn. Výhodněji obsah Mn je 0,7 % hmotn. nebo větší pro zvýšení odolnosti proti samovolné korozi žebrovaného materiálu. Nejvýhodněji hranice obsahu Mn je 1,4 % hmotn. nebo méně pro snížení absolutního množství intermetalické sloučeniny ke zvýšení odolnosti proti samovolné korozi.

Fe je znám jako prvek k tváření intermetalické sloučeniny během kroku lití, takto se zlepšuje mechanická pevnost zvýšenou disperzí bez snížení tepelné vodivosti. Fe také pomáhá při potlačování snižování tepelné vodivosti způsobené přidáním Mn podle předloženého vynálezu, kombinací přídavku Si za výrobních podmínek.

Poněvadž maximální množství Fe jako tuhého roztoku je malé, je krystalizován jako intermetalická sloučenina během kroku lití. Fe reaguje s Mn a Si za vytvoření sloučeniny skupiny Al-Fe-

Mn-Si podle předloženého vynálezu, tím se sníží množství Mn a Si rozpuštěné jako tuhý roztok v matici. Podíly Mn a Si v této intermetalické sloučenině jsou větší než podíly ve slitině vyrobené běžným způsobem, kombinací množství Fe podle výrobního způsobu pomocí předloženého vynálezu, kromě toho to vede k jemnému a hustému rozložení Fe ve slitině. Tato intermetalická sloučenina, která se krystalizuje během procesu lití s jemným a hustým rozložením, také přispívá ke zlepšení mechanické pevnosti pomocí zrychleného vylučování Mn a Si během kroku žíhání.

Jak je zmiňováno výše, předchází se snižování tepelné vodivosti, a odolnost proti samovolné korozi žebrovaného materiálu je zlepšena v předloženém vynálezu pomocí zvýšení podílů Mn a Si v intermetalické sloučenině.

Z důvodů popsaných výše se definuje vyšší obsah Fe než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo menší. Efekt preventivního snížení tepelné vodivosti při přidání Mn se dostatečně neprojevuje, když je obsah Fe 1,2 % hmotn. nebo menší, zatímco sloučenina skupiny Al-Fe krystalizuje v počáteční fázi, když obsah Fe převyšuje 2,0 % hmotn., takže se snižuje odolnost proti samovolné korozi. Tyto krystalované materiály vedou k lámání žebrovaného materiálu během kroku válcování zastudena a zlomení žebra ve smontovaném jádru, vedle snižování odolnosti proti prohnutí a odolnosti proti tavení žebra jemnými vytvořenými krystalizovanými materiály. Obsah Fe 1,3 % hmotn. nebo vyšší je výhodný pro zvýšení mechanické pevnosti, zatímco obsah Fe 1,8 % hmotn. nebo menší je výhodný pro snižování obsahu Fe v intermetalické sloučenině, takže se zvýší odolnost proti samovolné korozi.

V předloženém vynálezu Si urychluje krystalizaci sloučeniny obsahující Fe a Mn vytvořené během kroku lití. V důsledku toho může velké množství přísadky Si společně s Mn a Fe snižovat množství Mn v tuhém roztoku, takže se zlepší tepelná vodivost a elektrická vodivost. Také lze pomocí Si zabraňovat snižování odolnosti proti samovolné korozi žebrovaného materiálu, pomocí krystalizace Si a vylučování jako intermetalické sloučeniny mající velký podíl Mn. Kromě toho, Si také slouží ke zlepšování mechanické pevnosti a odolnosti proti lomu žebra urychlením vylučování Fe.

Tedy, lze přidat velké množství Si, aniž by se snižovala tepelná vodivost podle předloženého vynálezu, při snižování množství Si v tuhém roztoku.

Si může zlepšit odolnost žebra proti lomu, mechanickou pevnost, tepelnou vodivost a odolnost proti samovolné korozi, jak je popsáno výše. Obsah Si je stanoven vyšší než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo menší, protože účinek přidání Si není plně zřejmý, když obsah Si je menší než 0,6 % hmotn. Dále, když obsah Si převyšuje 1,2 % hmotn., na druhé straně, teplota tání žebrovaného materiálu se snižuje, což způsobí, že žebro se snadněji taví. Kromě toho, velké množství Si připouští, že Si krystalizuje v počáteční fázi, což způsobuje, že se materiál během kontinuálního lití a válcování nebo kroku válcování zastudena snadněji zlomí, společně s žebrem snadněji zlomitelným během kompletace jádra. Odolnost proti opakovanému namáhání a tepelná vodivost se za těchto podmínek také snižují. Výhodně, je obsah Si 0,65 % hmotn. nebo větší, pro zvýšení tepelné vodivosti, a obsah 0,75 % hmotn. nebo větší je výhodnější. Horní hranice obsahu Si je výhodně 1,0 % hmotn., pro ochranu žebra vůči tavení během kroku pájení natvrdo.

Jak je výše popsáno, jsou Mn, Fe a Si podstatné prvky pro předložení vynález. Žebrovaný materiál mající následující vlastnosti může být získán při dodržení všech kombinací množství přísadky těchto prvků a výrobních podmínek popsaných zde dále. Tento žebrovaný materiál si udržuje vysokou tepelnou vodivost, navzdory svému vysokému obsahu Mn; má vynikající odolnost proti samovolné korozi, odolnost proti trhlinám jádra, tvářitelnost při válcování a odolnost proti tavení žebra, vzdor svému vysokému obsahu Fe; a má vynikající odolnost proti tavení žebra a odolnost proti zlomení žebra a udržuje si vysokou tepelnou vodivost, vzdor svému vysokému obsahu Si.

Al slitina představující žebrovaný materiál podle předloženého vynálezu zahrnuje Al slitinu obsahující, kromě výše popsaných základních prvků jako Mn, Fe a Si, alespoň jeden z prvků Zn, In

a Sn, které jsou účinné pro efekt obětované anody a/nebo alespoň jeden z prvků Cu, Cr, Ti, Zr a Mg, které jsou účinné pro zlepšení mechanické pevnosti.

5 Zatímco prvky In a Sn mezi výše popsaným Zn, In a Sn projevují dostačující obětující efekt při malém množství jejich přídavku, je to nákladné a recyklování jejich zbytků je těžké. Zn je prvek nezahrnující žádné problémy, a pro regulování elektrického potenciálu žebrovaného materiálu se přídavek Zn doporučuje nejvíce. Horní hranice obsahů výše popsaných prvků Zn, In a Sn jsou stanoveny do 3,0 % hmotn., 0,3 % hmotn. a 0,3 % hmotn., pro každý zvlášť, protože odolnost proti korozi samotného žebra se snižuje, když jednotlivý obsah prvku převyšuje výše popsanou
10 horní hranici.

Výše popsané prvky Cu, Cr, Ti, Zr a Mg jsou každý schopný přispět ke zlepšení mechanické pevnosti.

15 Horní hranice Cu je stanovena do 0,3 % hmotn., horní hranice Cr je stanovena do 0,15 % hmotn., horní hranice Ti je stanovena do 0,15 % hmotn., horní hranice Zr je stanovena do 0,15 % hmotn. a horní hranice Mg je stanovena do 0,5 % hmotn. Je to tak proto, protože když obsah Cu převyšuje výše popsanou horní hranici, korozní potenciál této slitiny odpovídá potenciálu pro ušlechtilé kovy, takže účinek žebrovaného materiálu jako obětované anodového materiálu se snižuje a
20 tepelná vodivost se také snižuje. Když obsahy Cr, Ti a Zr převyšují horní hranice, pro každý zvlášť, může být výlevka s taveninou zanešená během kroku kontinuálního lití a válcování. Zvláště výhodný obsah každého z prvků Cr, Ti a Zr je 0,08 % hmotn. nebo menší. Když obsah Mg převyšuje horní hranici, Mg snižuje schopnost žebra pájet se natvrdo reakcí s tavidlem při tomto kroku tvrdého pájení.

25 Zr má také schopnost zlepšit odolnost proti prohnutí a odolnost proti tavení žebra žebrovaného materiálu pomocí překrystalovaných hrubých zrn v tomto žebrovaném materiálu.

30 V předloženém vynálezu, poněvadž tyto prvky projevují nepříznivé účinky pro zlepšení mechanické pevnosti, jejich obsahy je lepší omezit na 0,03 % hmotn. nebo méně, to znamená, že v tomto žebrovaném materiálu nejsou v podstatě obsaženy.

Bór (B) se může přidat pro získání jemné struktury ingotu, nebo podle předloženého vynálezu mohou být obsaženy jiné příměsi prvků v celkovém množství 0,03 % hmotn. nebo méně.

35 Složení slitiny, kterou lze použít podle předloženého vynálezu, je popsáno výše, výrobní způsob bude popsán níže.

40 V předloženém vynálezu výše popsaná Al slitina mající předepsané složení je zhotovena jako plech z ingotu při kontinuálním způsobu lití a válcování mezi dvěma válci, následovaný válcováním zastudena a žiháním, aby se vyrobil žebrovaný materiál.

45 Výše popsaný způsob kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci je známý, že zahrnuje Hunterovu metodu, 3C metodu a podobně, kde tavenina hliníkové slitiny je přiváděna z výlevky s taveninou vyrobené z ohnivzdorného materiálu, mezi pár válců chlazených vodou, následovaných kontinuálním litím a válcováním výsledného tenkého plechu. Rychlost chlazení je rychlejší o 1 až 3 jednotky při způsobu kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci, ve srovnání s běžnými DC metodami lití.

50 Teplota taveniny, tlakové zatížení při válcování, rychlost lití a tloušťka plechu z ingotu jsou stanoveny ve výše popsaném způsobu kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci podle předloženého vynálezu. Metalická textura dosažená v předloženém vynálezu se získá pouze při splnění všech čtyřech výše uvedených podmínek, přičemž takto se dosáhne vlastností žebrovaného materiálu podle předloženého vynálezu. Teplota taveniny a tlakové zatížení při válcování jsou zvláště
55 důležité mezi těmito podmínkami.

Výše uvedená teplota taveniny znamená teplotu taveniny v hlavě v zařízení pro kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci. Výše uvedená hlava poskytuje možnost, že právě před přiváděním taveniny do výlevky po taveninu, je část pro jímání taveniny k přívodu ustálená, aby přívod do
5 zařízení pro kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci byl ustálený.

V předloženém vynálezu se používá způsob kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci, protože zařízení pro kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se rozvinulo v nedávné době, a výroba za podmínek podle předloženého vynálezu, která by byla obtížná při použití běžného typu
10 stroje pro kontinuální lití a válcování jako je kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci, umožnilo, aby se dosáhlo metalické struktury v předloženém vynálezu.

V předloženém vynálezu, prvním důvodem, že výše uvedená teplota taveniny je stanovena v rozmezí 700 až 900 °C je ten, aby se umožnila jemná krystalizace intermetalické sloučeniny skupiny Al-Fe-Mn-Si, jak je popsáno výše v popisu u jednotlivých složek. Podíl Fe v intermetalické sloučenině se zvyšuje při teplotě vyšší než je výše uvedená horní hranice teploty, čímž se takto snižuje odolnost proti samovolné korozi a tepelná vodivost žebrovaného materiálu. Jinými slovy, poněvadž maximální koncentrace Mn a Si v tuhém roztoku je větší než koncentrace Fe, krystalické materiály obsahující Fe se těžko vylučují, když teplota taveniny je příliš vysoká.
20 Kromě toho, když je teplota taveniny vysoká, tavenina nemůže být podchlazena, což způsobuje nedostatečnou chladicí schopnost zařízení pro kontinuální lití a válcování. V důsledku toho hrubé krystalické materiály obsahující Fe a Mn se vylučují blízko středu ve směru vrstvy plechu z ingotu, tím se sníží mechanická odolnost, odolnost proti lomu žebra a odolnost proti trhlinám jádra. Na druhou stranu, když je teplota taveniny nižší než spodní hranice teploty, Si se krystalizuje blízko středu ve směru vrstvy plechu z ingotu, což snižuje odolnost žebra proti tavení.
25

Druhý důvod, proč výše uvedená teplota taveniny je omezena na rozmezí 700 až 900 °C je ten, že když je teplota taveniny nízká, tvoří se na stěně výlevky s taveninou zárodky krystalických materiálů, ve slitině podle předloženého vynálezu obsahující velké množství Fe a Mn. Krystalované materiály, které dále rostou na hrubé krystalované materiály, se separují od výlevky s taveninou, aby se přidružily k ploštině, což způsobuje lom žeber v kroku kompletace jádra. Tyto krystalované materiály umožňují snižování odolnosti proti prohnutí, odolnosti proti opakovanému namáhání, odolnosti žebra proti tavení a odolnosti proti trhlinám jádra. Lití může být znemožněno zanešením výlevky s taveninou krystalizovaným materiálem, když se teplota taveniny dále snižuje.
35

Jak je výše popsáno, dolní hranice teploty taveniny je seřízena na 700 °C, která je daleko nad teplotou liquidu, a horní hranice je stanovena na 900 °C. Pro umožnění spolehlivého rozdělení intermetalické sloučeniny, mající účinek podle předloženého vynálezu, je rozmezí výše uvedené teploty taveniny zvláště výhodně 750 až 850 °C.
40

Zlomení žebra nastává při kroku kompletace jádra, je to zapříčiněno hrubostí intermetalické sloučeniny, když tlakové zatížení při válcování je nízké, dokonce při stanovené teplotě taveniny, jak je výše uvedena, tím se snižuje odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost žebra proti tavení a odolnost proti trhlinám jádra. Zatímco schopnost lisování u starého typu stroje na kontinuální lití a válcování byla nízká, poněvadž lisování ztuhlé vrstvy nepředpokládalo, zařízení na kontinuální lití a válcování novějšího data je schopné aplikovat velkou lisovací sílu.
45

Proto hrubě krystalované materiály mohou být jemně rozděleny lisováním okamžitě po ztuhnutí, dokonce když krystalované materiály jsou spojené a vázané jako dendrity po kompletním ztuhnutí za vytvoření obrovských krystalizovaných produktů.
50

Obrázky 4(a), 4(b) a 4(c) schematicky znázorňují stav rozdělování výše popsaných krystalizovaných materiálů.

Výše popsané hrubě krystalované materiály jsou podrobeny formování konečných ztuhlých částí ve středu ve směru vrstvy plechu z ingotu. Hrubé krystalované materiály mohou být jemně rozdě-
55

leny aplikováním tlaku bezprostředně po krystalizaci, když konečná ztuhlá část je umístěna v poloze A před centrální linií zdvojených válců 7 (přímka spojující rotační osy každého z válců, představovaná tečkovanou čarou), jak je zřejmé na obr. 4(a). Na druhé straně, když konečná ztuhlá část je umístěna v poloze B protínající centrální linii, jak je zřejmé na obr. 4(b), hrubě krystalované materiály vytvářejí zbytky z ingotu, třebaže nejsou stlačeny.

Obr. 4(c) je pohled, pozorovaný ze shora, konečných ztuhlých poloh A a B. Konečná ztuhlá místa procházejí přes centrální linii (tento stav je zřejmý na obr. 4(c)), hrubě krystalované materiály a Si krystalizovaný v počáteční fázi se objevuje v poloze B.

Problémy znázorněné na výše popsaném obr. 4(b) jsou rozřešeny aplikováním daného tlakového zatížení při válcování, což umožňuje tavenině kontaktovat válec ve směru šířky válce před centrální linií ve stejném načasování. Vztahová značka 8 na obrázcích 4 znázorňuje výlevku s taveninou.

Tlakové zatížení při válcování je v předloženém vynálezu omezeno na rozmezí 5000 až 15000 N/mm, protože účinek pro jemné rozdělení hrubých krystalizovaných materiálů nelze získat při tlakovém zatížení menším než 5000 N/mm, způsobujícím zlomení žebrovaného materiálu, a snížení odolnosti žebra proti tavení, mechanické odolnosti, tepelné vodivosti, korozní odolnosti a odolnosti proti trhlinám jádra.

Na druhou stranu, předchozí účinek se také naplní, když tlakové zatížení při válcování je použito v úrovni převyšující 15000 N/mm, která nemůže být dosažena při použití současného stroje pro kontinuálního lití a válcování, jestliže není omezena šířka litého plechu. Avšak omezení šířky plechu z ingotu není výhodnější, poněvadž se snižuje produktivita. Tudíž horní hranice tlakového zatížení při válcování je stanovena na 15000 N/mm v předloženém vynálezu, a zvláště výhodné její rozmezí je 7000 až 12000 N/mm.

Žebrovaný materiál mající dobré charakteristiky se může získat kontinuálním litím a tvarováním slitiny mající předepsané složení, jak je definováno v předloženém vynálezu, za podmínek přiměřeně vymezujících teplotu taveniny a tlakové zatížení při válcování. Obr. 5 ukazuje příčný řez strukturou ingotu vyrobeného použitím běžného typu stroje pro kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci mající malé tlakové zatížení při válcování. Hrubě krystalované materiály jsou segregovány ve střední části.

Rychlost lití je stanovena v předloženém vynálezu na 500 až 3000 mm/min. Hrubě krystalované materiály se projevují tak, že žebro se zlomí při kroku kompletace jádra, snižuje se odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost žebra proti tavení a odolnost proti trhlinám jádra, když rychlost lití je menší než 500 mm/min. Vyšší rychlost lití je výhodnější z hlediska produktivity.

Silná ztuhlá vrstva nemůže být formována pro nedostatečné chlazení válce, když rychlost lití převyšuje 3000 mm/min, a hrubě krystalované materiály se objevují ve stavu, jak ukazuje obr. 4(b), protože při válcování nelze splnit předepsané tlakové zatížení.

Zvláště výhodná rychlost lití je v rozmezí 700 až 1600 mm/min.

Tloušťka plechu z ingotu v předloženém vynálezu je vymezena tloušťkou 2 až 9 mm. Je to proto, že plech z ingotu nelze navinout jako svitek, což je způsobeno kolísáním tloušťky ingotu nebo výskytem vlnitosti plechu z ingotu, když tloušťka je menší než 2 mm. Na druhé straně se mohou tvořit blízko středu plechu krystalované materiály se střední velikostí, kde rychlost ochlazování je pomalá, když tloušťka převyšuje 9 mm, tím vzniká možnost lomu žebra během kompletace jádra, a snižuje se odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost žebra proti tavení a odolnost proti trhlinám jádra. Poněvadž je v předloženém vynálezu vymezeno tlakové zatížení při válcování a tloušťka plechu z ingotu, je tato tloušťka zřídka různá, než aby byla tlustší než požadovaná tloušťka, k tomu, aby se podstatně snížila možnost tváření hrubých krystalizovaných materiálů.

Zatímco tloušťka plechu z ingotu je v předloženém vynálezu zpravidla vymezena na 2 až 9 mm, zvláště výhodná tloušťka plechu z ingotu je 2,5 až 7 mm, nejvýhodnější její rozmezí je 3 až 6 mm.

- 5 V předloženém vynálezu podle bodu (1) až (4) jak je výše popsáno, konečné mezioperační žíhání je aplikováno při teplotním rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě neumožňující dovršit rekrystalizaci, za použití ohřívací pece vsázkového typu. Ohřívací pec vsázkového typu se používá pro konečné mezioperační žíhání za účelem zabezpečit delší ohřívací a retenční dobu. Doba ohřívání je přednostně 30 minut nebo více. Horní hranice může být vhodně vymezen, ale přednostně je 4
10 hodiny nebo menší.

- Mezioperační žíhání uprostřed kroku válcování zastudena se provádí pro vyloučení přesyceného Fe a Mn v tuhém roztoku během kontinuálního lití a válcování, nebo jako prevence výskytu ostrých trhlin během válcování zastudena. Zejména konečné mezioperační žíhání se aplikuje pomocí ohřívací pece vsázkového typu, protože Fe a Mn se nemohou dostatečně vyloučit při kontinuálním žíhání v důsledku krátké doby žíhání. Materiál se může lámat při kroku konečného válcování zastudena v důsledku nedostatečné teploty, když teplota žíhání je nižší než 300 °C, kromě toho se snižuje mechanická pevnost a tepelná vodivost vlivem nedostatečného vylučování Fe a Mn. Usazeniny jsou zdrsňené při snížení mechanické pevnosti za teploty žíhání přesahující
15 450 °C, zatímco je snížena odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost žebra proti tavení a odolnost proti trhlinám jádra. Zvláště výhodné teplotní rozmezí je 320 °C nebo více a 420 °C nebo méně.

- Teplota, při které rekrystalizace nemůže být dokončena, se vztahuje k teplotě žíhání, kdy rekrystalizovaná zrna s nejdelší částicí průměru 50 μm nebo více zabírají 30 % nebo méně obsahu plochy na povrchu plechu po žíhání. Rekrystalizace se považuje za dokončenou, když obsah plochy je větší než 30 %. Konečné mezioperační žíhání se aplikuje v předloženém vynálezu při teplotě, kdy není dokončena rekrystalizace. Důvody jsou následující. Zbývající dislokace vytvořené během kroku lití jsou situovány u jemných částic, při teplotě, kdy není dokončena rekrystalizace.
25 Zatímco Fe, Mn a Si přesycené v tuhém roztoku difundují během kroku lití podél výše popsaných dislokací a vylučují se tam, Mn a Si se vylučují při absorbování ve výše popsaných jemných částicích. I když intermetalická sloučenina vytvořená během kroku lití obsahuje větší podíl Fe, tato sloučenina se převede do fáze obsahující větší podíl Mn a Si při stejné difuzi během kroku žíhání. Poněvadž Mn a Si nesnadno tvoří tuhý roztok, naopak během kroku pájení natvrdo ve fázi bohaté
30 na Mn a Si, lze získat žebrovaný materiál mající vynikající tepelnou vodivost, kromě toho zlepšenou odolnost proti samovolné korozi žebrovaného materiálu. Mn a Si nedostatečně difundují, aby snížily tepelnou vodivost a odolnost proti samovolné korozi, při žíhání za teploty vhodné pro dokončení rekrystalizace, protože výše popsané dislokace zanikají.

- 40 Poněvadž specifická rekrystalizační teplota se mění v závislosti na složení slitiny a tepelné hysterezi před mezioperačním žíháním, rekrystalizace je někdy dokončena během teplotního výše uvedeného rozmezí. Tudíž podmínky pro mezioperační žíhání jsou prakticky stanoveny předchozím potvrzením teploty, při které není možné dokončit rekrystalizaci.

- 45 Ačkoliv doba mezioperačního žíhání není mimořádně omezena, upřednostňuje se časové období od asi 20 minut do asi 6 hodin, poněvadž příliš krátký časový interval způsobí, že celková teplota svitku bude nesnadno stabilizovaná a příliš dlouhý časový interval umožní, aby vylučovaný materiál byl hrubý.

- 50 Dvakrát nebo vícekrát může být aplikováno mezioperační žíhání, v předloženém vynálezu podle bodů (1) až (4), jejichž cílem je zlepšit schopnost válcování zastudena, a vytvořit vyloučenou fázi, která se nemá měnit. Proto, když se skutečně dvakrát nebo vícekrát mezioperační žíhání a aplikuje se jiná mezioperační žíhání než konečné mezioperační žíhání za použití ohřívací pece
55 kontinuálního typu, je přednostně doba zdržení nastavena do 20 sekund nebo méně při teplotě

žihání v rozmezí 400 až 600 °C. Teplotní rozmezí 270 až 340 °C pro žihání je výhodnější, když je použita ohřívací pec vsázkového typu.

5 Podíl válcování zastudena v předloženém vynálezu podle bodů (1) až (4) po konečném mezioperačním žihání se nastavuje na 10 až 60 %. Podíl válcování menší než 10 % je nesnadné kontrolovat, když se snižuje odolnost proti ohýbání a zvlnění tvářením. Když, na druhou stranu, podíl válcování převyšuje 60 %, rekrytalizační textura žebra po pájení natvrdo se stává tak jemnou, že se snižuje odolnost proti ohýbání a odolnost žebra proti tavení.

10 V předloženém vynálezu podle bodů (5) až (8), se aplikuje žihání po konečném válcování zastudena při teplotním rozmezí 300 až 450 °C a při teplotě neumožňující dokončit rekrytalizaci, za konečné tloušťky plechu, použitím ohřívací pece vsázkového typu.

15 Konečné žihání se aplikuje při výše popsaném teplotním rozsahu, za účelem, aby se přesycený Fe a Mn v tuhém roztoku mohl vyloučit, jak je až dosud popsáno. Aplikování žihání po konečném válcování zastudena dovoluje, aby se zlepšila mezi kluzu a prodloužení, dokonce když pevnost v tahu ve stejném uspořádání umožňuje žebrovanému materiálu být vynikající při tváření, zvláště při zvlnění tvářením. Žihání při teplotě nižší než 300 °C je pro zlepšení zvlnění tvářením nedostatečné nebo umožňuje Fe a Mn, aby se dostatečně vyloučily, čímž se snižuje mechanická pevnost a tepelná vodivost po tvrdém pájení. Teplota převyšující 450 °C způsobuje vysrážení hrubých částic, čímž se sníží mechanická pevnost po tvrdém pájení, odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost žebra proti tavení a odolnost proti trhlinám jádra.

25 Žihání v kontinuálním ohřívací peci není vhodné pro dostatečně se vylučující Fe a Mn, poněvadž doba zahřívání je příliš krátká.

30 Konečný úběr válcování zastudena v předloženém vynálezu je nastaven na 10 až 95 % podle bodů (5) až (8). Buď kontinuální ohřívací pec, nebo ohřívací pec vsázkového typu mohou být použity pro způsob mezioperačního žihání jiného než je způsob konečného žihání. Je výhodné, když se pomocí kontinuální ohřívací pece nastaví teplota v rozmezí 400 až 600 °C tak, že průměr rekrytalovaného krystalového zrna pozorovaného na povrchu plechu je asi 8krát nebo méně zesílen než válcovaný materiál během žihání. Zrna vyloučená při konečném kroku žihání jsou jemně dispergována s menší sedimentací a hrubostí intermetalické sloučeniny doprovázené žiháním, když se mezioperační žihání aplikuje pomocí kontinuální ohřívací pece, čímž se zlepšuje odolnost proti korozi, odolnost proti lámání a mechanická pevnost žebrovaného materiálu. Žihací teplota menší než 400 °C zamezuje rekrytalizaci od postačujícího provedení, čímž by se potom zhoršila schopnost válcování zastudena. Teplota žihání převyšující 600 °C také snižuje korozní odolnost, protože hrubá zrna se vytvářejí dokonce při kontinuálním žihání. Zvláště doporučený konečný úběr válcování zastudena je 60 až 95 %, když se aplikuje kontinuální žihání, protože 35 rekrytalizační teplota je nižší než teplota iniciující tavení materiálu pro tvrdé pájení díky dostatečné akumulaci napětí pro zlepšení odolnosti žebra proti tavení a podobně. Zatímco doba žihání není zvláště stanovena, v žihání není prodleva, jinak doba žihání je výhodně 20 sekund nebo méně.

45 Na druhou stranu, je výhodné nastavit teplotní rozsah na 250 až 450 °C a při teplotě neumožňující dokončit rekrytalizaci, když se aplikuje mezioperační žihání jiné než konečné žihání pomocí ohřívací pece vsázkového typu. Je to tak proto, že hliníková slitina vyrobená kontinuálním litím a válcováním obsahuje extrémně malé množství druhé fáze disperzních částic s průměrem částice 3 až 4 μm nebo vyšším jako rekrytalizačních zárodků. Jestliže se tento materiál žihá v ohřívací 50 peci vsázkového typu, zvětší se tak průměr krystalových zrn až na několik mm nebo více, proto je obtížné následné provedení válcování zastudena. Při teplotě žihání menší než 250 °C je rafinace takto nepostačující, že žebrovaný materiál má nedostatečnou schopnost být válcován zastudena pro výskyt prasklin na hraně nebo podobně. Při teplotě žihání převyšující 450 °C je schopnost válcování zastudena také nedostatečná, což je zapříčiněné hrubostí rekrytalizovaných zrn a vyloučenou fází. Ačkoliv doba žihání není zvláště definována, je výhodně 30 minut až 4 hodiny. 55

Doba žihání menší než 30 minut může způsobit, že teplota kompletního svitku bude těžko stabilizovatelná, zatímco doba žihání větší než 4 hodiny spotřebuje příliš mnoho nadbytečné energie. Doporučený konečný podíl válcování zastudena je v rozmezí 10 až 40 % z hlediska možnosti válcování a odolnosti proti difúzi při tvrdém pájení, když se žihání aplikuje pomocí ohřívací pece vsázkového typu.

V předloženém vynálezu podle bodů (5) až (8) se žihání aplikuje při konečné tloušťce plechu použitím ohřívací pece vsázkového typu za účelem zaručit delší dobu ohřívání a prodlevu. Doba žihání je výhodně 30 minut nebo více, s vhodně určenou horní hranicí, která je výhodně 4 hodiny nebo méně.

Krystalová textura zahrnující vláknitou texturu v bodě (10) se vztahuje k textuře, která se z nich skládá, ve které se hranice krystalového zrna zdá být prodloužená ve směru válcování během kontinuálního lití a válcování veškerého povrchu (nebo zobrazeno v příčném řezu).

Žebrovaný materiál vyrobený podle předloženého vynálezu je podroben tvrdému pájení, jak je zmiňováno výše. Termín „pájení natvrdo“ se vztahuje k běžným způsobům pájení natvrdo, jako např. „nocolock“ pájení (CAB metoda) a vakuové pájení natvrdo, a není zvláště vymezeno. Z hlediska produktivity je zvláště doporučován způsob pájení natvrdo „nocolock“.

Podle předloženého vynálezu, lze vyrobit žebrovaný materiál z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, která dostatečně vyhovuje požadovaným charakteristikám pro žebrovaný materiál (například mechanická pevnost, tepelná vodivost, elektrická vodivost, účinek ochranné obětované koroze, odolnost proti samovolné korozi, odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost žebra proti tavení, odolnost proti prohnutí, odolnost proti trhlinám jádra, schopnost válcování, odolnost proti zlomení žebra a zvlnění tvářením), a která je schopná ztenčení.

Množství Si a Mn obsažené v krystalizovaných materiálech je malé při běžně používané DC metodě lití, zapříčiněné nízkou rychlostí ochlazování během kroku lití; kromě toho jsou krystalované materiály při jejich malém počtu hrubší. Proto většina prvků v tuhém roztoku, například Fe, Si a Mn, je během kroku žihání vyloučena v matici, ne v krystalické fázi. Vyloučená fáze v matici je sloučenina, která převážně zahrnuje Si a Mn, a Fe je obsaženo z velké části v krystalické fázi. Intermetalická sloučenina skládající se z Si a Mn zase snadno tvoří tuhé roztoky během kroku pájení natvrdo, proto se snižuje tepelná vodivost po pájení natvrdo. Kromě toho, při běžné DC metodě lití je zlepšování účinnosti mechanické pevnosti, zapříčiněné zvýšenou disperzí krystalovaných materiálů, malé, protože krystalované materiály jsou hrubší. Odolnost žebrovaného materiálu proti samovolné korozi se také snižuje, kvůli velkému podílu Fe v krystalické fázi.

Při výrobě slitiny skupiny Al-Mn-Fe-Si mající přepsané složení pomocí předepsaného způsobu výroby předložený vynález umožňuje, aby jemně krystalizovalo nebo se vylučovalo velké množství Mn, Fe a Si, zatímco se dohlíží na jakost vylučované krystalické fáze. Proto intermetalická sloučenina nesnadno tvoří tuhé roztoky opět během kroku pájení natvrdo. Dále, charakteristiky požadované pro ztenčený žebrovaný materiál, například pevnost v tahu po tvrdém pájení, tepelná vodivost, odolnost proti samovolné korozi, odolnost žebra proti tavení, odolnost proti prasknutí jádra, odolnost proti prasknutí žebra a zvlnění tvářením, selepší v žebrovaném materiálu pro tvrdé pájení získaném podle předloženého vynálezu. Proto je možno, podle předloženého vynálezu, ztenčovat žebrovaný materiál, aby se projevil pozoruhodné komerční účinky.

50 Příklady provedení vynálezu

Předložený vynález bude dále vysvětlen detailně s odkazem na následující příklady, které ale tento vynález neomezuje.

Příklad 1

Al slitina mající složení uvedené v tabulce 1, popsané v předloženém vynálezu, byla roztavena, a získaná tavenina byla lita do plechu z ingotu se šířkou 1000 mm pomocí způsobu kontinuálního lití a válcování použitím dvou válců s průměrem válce 880 mm. Plech z ingotu byl navinut do role a pro výrobu žebrovaného materiálu byl potom podroben válcování zastudena.

Při způsobu kontinuálního lití a válcování, za podmínek daných podle předloženého vynálezu se různě mění výrobní podmínky jako např. teplota taveniny, tlakové zatížení při válcování, rychlost lití, tloušťka plechu z ingotu; počet, teplota a časové období mezioperačního žihání při kroku válcování zastudena; konečný úběr válcování zastudena a tloušťka žebrovaného materiálu, jak uvádějí tabulky 2 a 3.

Srovnávací příklad 1

Žebrovaný materiál byl vyroben tím samým způsobem jako v příkladu 1, kromě toho, že byla použita Al slitina, jejíž složení bylo mimo rozsah předloženého vynálezu, jak je uvedeno v tabulce 1. Výrobní podmínky jsou uvedeny v tabulce 4.

Srovnávací příklad 2

Žebrovaný materiál byl vyroben tím samým způsobem jako v příkladu 1, kromě toho, že výrobní podmínky při krocích kontinuálního lití a válcování, a válcování zastudena byla mimo rozsah předloženého vynálezu, jak je uvedeno v tabulce 5.

Srovnávací příklad 3

Al slitina se složením definovaným v předloženém vynálezu, jak je zřejmé z tabulky 1, byla roztavena, získaná tavenina byla lita do bramy s tloušťkou 400 nm pomocí lití metodou DC, s následným navinutím do role po válcování zatepla a pláty získané z válcování zatepla byly nakonec válcovány zastudena na žebrovaný materiál (viz pokus č. 29 v tabulce 5).

Konečné žihání po vsázkách bylo aplikováno při teplotě neumožňující dokončit rekrystalizaci, kromě pokusu č. 37 a 39.

Byly prozkoumávány krystalické struktury a odolnost proti prohnutí byla vyhodnocena v žebrovaných materiálech vyrobených v příkladu 1 a srovnávacích příkladech 1 až 3.

Krystalická textura byla pozorována a prověřována pod optickým mikroskopem.

Vyhodnocovala se odolnost proti prohnutí, pomocí měření délky prohnutí (mm) po zahřívání, při vodorovném protahování žebrovaného materiálu tak, aby předpokládaná délka byla 50 mm, s následným žiháním na 600 °C po dobu 10 minut.

Kromě toho pevnost v tahu a elektrická vodivost byly změřeny po zahřátí žebrovaného materiálu při podmínkách odpovídajícím podmínce pro tvrdé pájení (600 °C x 4 minuty), s následným vyhodnocením odolnosti proti opakovanému namáhání a odolnosti proti samovolné korozi.

Pevnost v tahu byla změřena podle JIS Z 2241, a elektrická vodivost byla změřena podle JIS H 0505.

Odolnost proti opakovanému namáhání byla vyhodnocena pomocí měření sčítáním opakovaného počtu namáhání před zlomením testované součásti, přičemž po výše uvedeném zahřívání byl nařezán ze žebrovaného materiálu vzorek se šířkou 16 mm a délkou 50 mm, a při frekvenci 10 Hz byl aplikován tažný tlak 4,9 kPa.

5

Pro vyhodnocení odolnosti proti samovolné korozi, byl testován úbytek hmotnosti vzorku koroze po dobu 7 dní testem CASS.

10

Kromě toho žebrovaný materiál byl po válcování zastudena rozřezán na podélné výřezy se šířkou 16 mm. Vzorek výřezu byl vytvarován do zvlněného tvaru, s následným spojením s trubkovým materiálem s délkou 100 mm, a tvrdým pájením byla vyrobena mini-jádra s 5 nebo 10 výstupky. Odolnost žebra proti tavení mini-jádra s 5 výstupky byla vyhodnocena mikroskopickým pozorováním, zatímco odolnost proti trhlinám jádra mini-jádra s 10 výstupky byla vyhodnocena pozorováním pouhým okem.

15

Výsledky zkoumání a vyhodnocení jsou uvedeny v tabulce 6. Zlomení žebra, jestliže existuje, během kompletace do podoby mini-jader, bylo také zaznamenáno v tabulce 6. Zbytek slitiny porušené během kroku válcování zastudena byl stočen zastudena v laboratoři do tvaru žebrovaného materiálu, a výsledný žebrovaný materiál byl zkoumán a vyhodnocen.

20

Tabulka 1

	Slitina číslo	Mn	Fe	Si	Zn	In	Sn	Cu	Cr	V	Ti	Zr	Mn	Al
příklad podle výsledku	A	0,8	1,6	0,9	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	zbytek
	B	1,4	1,5	0,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	zbytek
	C	1,2	1,8	1,0	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	zbytek
	D	1,0	1,3	0,8	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	zbytek
	E	0,9	1,7	0,75	0,5	0,01	0,01	—	—	—	—	—	—	zbytek
	F	0,8	1,6	0,95	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	zbytek
	G	1,3	1,4	0,75	1,0	0,01	—	0,05	—	—	—	—	—	zbytek
	H	0,7	1,6	0,9	—	—	—	—	0,10	0,08	0,02	—	0,04	zbytek
	I	1,0	1,7	1,0	2,0	—	—	0,18	—	—	—	—	—	zbytek
	J	0,9	1,5	0,8	0,6	—	—	—	—	—	—	0,05	—	zbytek
	K	1,9	1,5	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	zbytek
	L	0,5	1,5	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	zbytek
Srovnávací příklad	M	0,9	2,2	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	zbytek
	N	1,1	1,2	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	zbytek
	O	1,0	1,6	1,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	zbytek
	P	1,2	1,5	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	zbytek
	Q	1,0	1,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	zbytek

Poznámka : Podtržená data jsou mimo rozsah vymezený předloženým výsledkem.
Jednotka, hmotnostní %

Tabulka 2

	Pokus číslo	Slitina číslo	Teplota taveniny (°C)	Zatížení při válcování (N/mm)	Rychlost liti (mm/min)	Tloušťka plechu z ingotu (mm)	Krok válcování zastudena
Příklad	1	A	780	10000	1200	4	Válcování zastudena na 0,8 mm → Žihání po dávkách při 300 °C x 2 h → Válcování zastudena na 0,07 mm → Žihání po dávkách při 420 °C x 2 h → Válcování zastudena na 0,06 mm
	2	A	810	12000	1600	3	Válcování zastudena na 0,9 mm → Kontinuální žihání při 500 °C x 10 s → Válcování zastudena na 0,08 mm → Žihání po dávkách při 380 °C x 3 h → Válcování zastudena na 0,06 mm
podle	3	B	760	9000	840	5,5	Válcování zastudena na 0,8 mm → Žihání po dávkách při 300 °C x 3 h → Válcování zastudena na 0,075 mm → Žihání po dávkách při 400 °C x 2 h → Válcování zastudena na 0,06 mm
výsledku	4	B	830	8000	800	6	Válcování zastudena na 2 mm → Žihání po dávkách při 280 °C x 3 h → Válcování zastudena na 0,7 mm → Žihání po dávkách při 300 °C x 2 h → Válcování zastudena na 0,08 mm → Žihání po dávkách při 420 °C x 2 h → Válcování zastudena na 0,06 mm
	5	C	790	12000	770	5,5	Válcování zastudena na 0,5 mm → Kontinuální žihání při 520 °C x 0 s → Válcování za studena na 0,07 mm → Žihání po dávkách při 360 °C x 5 h → Válcování zastudena na 0,06 mm

Tabulka 2 (pokračování)

	Pokus číslo	Slitina číslo	Teplota taveniny (°C)	Zatížení při válcování (N/mm)	Rychlost liti (mm/min)	Tloušťka plechu z ingotu (mm)	Krok válcování zastudena
příklad	6	C	790	12000	770	5,5	Válcování zastudena na 2,4 mm→Kontinuální žíhání při 330 °C x 1,5h→Válcování zastudena na 0,1 mm →Žíhání po dávkách při 420 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,06 mm
	7	D	820	10000	1200	4	Válcování zastudena na 0,6 mm→Kontinuální žíhání při 570 °C x 0 s→Válcování zastudena na 0,07 mm → Žíhání po dávkách při 400 °C x 3 h →Válcování zastudena na 0,06 mm
	8	D	780	12000	1600	3	Žíhání po dávkách při 300 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,6 mm→Kontinuální žíhání při 550 °C x 10 s→Válcování zastudena na 0,1 mm →Žíhání po dávkách při 330 °C x 5 h →Válcování zastudena na 0,06 mm
výsledku	9	E	850	9000	840	5,5	Žíhání po dávkách při 300 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,6 mm→Žíhání po dávkách při 330 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,08 mm→Žíhání po dávkách při 370 °C x 2 h →Válcování zastudena na 0,06 mm
	10	E	840	7200	900	3,6	Žíhání po dávkách při 270 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,9 mm→Kontinuální žíhání při 500 °C x 0 s→Válcování zastudena na 0,09 mm→Žíhání po dávkách při 350 °C x 3,5 h→Válcování zastudena na 0,06 mm

Poznámka : Zpracováním při žíhání po dobu 0 sekund se míní, že plech z ingotu nebyl udržován při této teplotě po jejím dosažení.

Tabulka 3

	Pokus číslo	Slitina číslo	Teplota taveniny (°C)	Zatížení při válcování (N/mm)	Rychlost liti (mm/min)	Tloušťka plechu z ingotu (mm)	Krok válcování zastudena
Příklad	11	F	770	10000	1200	5,5	Žíhání po dávkách při 270 °C x 3 h→ válcování zastudena na 0,85 mm→Žíhání po dávkách při 290 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,07 mm →Žíhání po dávkách při 360 °C x 5 h→Válcování zastudena na 0,06 mm
	12	F	750	8000	1500	4,4	Válcování zastudena na 0,7 mm→Kontinuální žíhání při 530 °C x 10 s→Válcování zastudena na 0,06 mm →Žíhání po dávkách při 390 °C x 2 h
podle	13	G	840	7000	1600	6	Válcování zastudena na 0,4 mm→Kontinuální žíhání při 480 °C x 0 s→Válcování zastudena na 0,06 mm→Žíhání po dávkách při 360 °C x 3 h
	14	G	800	12000	1000	3	Válcování zastudena na 0,1 mm→Žíhání po dávkách při 340 °C x 1,5 h→Válcování zastudena na 0,06 mm→Žíhání po dávkách při 390 °C x 2 h
vynálezu	15	H	770	11000	1100	3,8	Válcování zastudena na 0,8 mm→ Žíhání po dávkách při 270 °C x 5 h→Válcování zastudena na 0,06 mm→Žíhání po dávkách při 420 °C x 1 h
	16	H	820	9600	1300	4,4	Válcování zastudena na 0,5 mm→Kontinuální žíhání při 570 °C x 0 s→Válcování zastudena na 0,06 mm→Žíhání po dávkách při 400 °C x 2 h

Tabulka 3 (pokračování)

	Pokus číslo	Slitina číslo	Teplota taveniny (°C)	Zatížení při válcování (N/mm)	Rychlost lití (mm/min)	Tloušťka plechu z ingotu (mm)	Krok válcování zastudena
Příklad	17	I	760	10000	840	6	Válcování zastudena na 0,9 mm→Žíhání po dávkách při 330 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,075 mm→Žíhání po dávkách při 330 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,06 mm→Žíhání po dávkách při 330 °C x 3 h
	18	I	790	11500	960	5,5	Válcování zastudena na 0,8 mm→Žíhání po dávkách při 290 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,3 mm → Kontinuální žíhání při 500 °C x 0 s→Válcování zastudena na 0,06 mm→ Žíhání po dávkách při 380°C x 3h
podle	19	J	830	7200	1200	3,2	Válcování zastudena na 0,9 mm→Kontinuální žíhání při 500 °C x 10 s→Válcování zastudena na 0,08 mm→Žíhání po dávkách při 380 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,06 mm→ Žíhání po dávkách při 340°C x 2h
	20	J	810	9600	1500	4,4	Válcování zastudena na 0,7 mm→Žíhání po dávkách při 320 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,1 mm→Žíhání po dávkách při 280 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,06 mm→ Žíhání po dávkách při 360°C x 2h
vynálezu							

Tabulka 4

	Pokus číslo	Slitina číslo	Teplota taveniny (°C)	Zatížení při válcování (N/mm)	Rychlost liti (mm/min)	Tloušťka plechu z ingotu (mm)	Krok válcování zastudena
Srovná- vací příklad	21	K	780	10000	1400	4	Válcování zastudena na 0,8 mm→Žihání po dávkách při 320 °C x 3 h→ Válcování zastudena na 0,07 mm→Žihání po dávkách při 400 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,06 mm
	22	L	780	10000	1200	4	Válcování zastudena na 0,8 mm→ Žihání po dávkách při 320 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,07 mm → Žihání po dávkách při 400 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,06 mm
	23	L	780	4500	1200	4	Válcování zastudena na 0,9 mm→ Žihání po dávkách při 320 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,12 mm→Žihání po dávkách při 400 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,06 mm
	24	M	780	10000	1200	4	Válcování zastudena na 0,1 mm→Žihání po dávkách při 340 °C x 1,5 h→Válcování zastudena na 0,06 mm→Žihání po dávkách při 390 °C x 2 h
	25	N	780	10000	1200	4	Válcování zastudena na 0,1 mm→Žihání po dávkách při 340 °C x 1,5 h→Válcování zastudena na 0,06 mm→Žihání po dávkách při 390 °C x 2 h
	26	O	780	10000	1200	4	Válcování zastudena na 0,9 mm→Kontinuální žihání při 500 °C x 10 s→Válcování zastudena na 0,08 mm→Žihání po dávkách při 380 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,06 mm

Tabulka 4 (pokračování)

	Pokus číslo	Slitina číslo	Teplota taveniny (°C)	Zatížení při válnování (N/mm)	Rychlost lití (mm/min)	Tloušťka plechu z ingotu (mm)	Krok válcování zastudena
Srovná- vací příklad	27	P	780	10000	1200	4	Válnování zastudena na 0,9 mm→Kontinuální žhání při 500 °C x 10 s→ Válnování zastudena na 0,08 mm→Žhání po dávkách při 380 °C x 3 h→Válnování zastudena na 0,06 mm
	28	Q	780	10000	1200	4	Válnování zastudena na 0,4 mm→Kontinuální žhání při 480 °C x 0 s→Válnování zastudena na 0,06 mm → Žhání po dávkách při 360 °C x 3 h

Číslo 21 až 28 : Srovnávací příklad 1

Tabulka 5

	Pokus číslo	Slitina číslo	Teplota taveniny (°C)	Zatížení při válcování (N/mm)	Rychlost lití (mm/min)	Tloušťka plechu z ingotu (mm)	Krok válcování zastudena
Srovná- vací	29	A	780	Výroba ingotu o tloušťce 400 mm pomocí DC lití→Odřiznutí→ Výroba role mající tloušťku 5 mm válcováním zatepla			Válcování zastudena na 0,8 mm→Žíhání po dávkách při 320 °C x 3 h→ válcování zastudena na 0,07 mm→Žíhání po dávkách při 400 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,06 mm
	30	A	680	13000	1500	5	Válcování zastudena na 0,8 mm→ Žíhání po dávkách při 320 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,07 mm → Žíhání po dávkách při 400 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,06 mm
	31	A	920	9000	1000	4	Válcování zastudena na 0,8 mm→ Žíhání po dávkách při 320 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,07 mm→Žíhání po dávkách při 400 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,06 mm
	32	B	780	4000	1200	5,5	Válcování zastudena na 0,8 mm→Žíhání po dávkách při 320 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,07 mm→Žíhání po dávkách při 400 °C x 2 h →Válcování zastudena na 0,06 mm
	33	B	780	12000	450	4	Válcování zastudena na 0,8 mm→Žíhání po dávkách při 320 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,07 mm→Žíhání po dávkách při 400 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,06 mm
	34	C	780	4500	3100	—	Poznámka : Role nemohla být vyrobena, protože tavenina neztuhla

Tabulka 5 (pokračování)

	Pokus číslo	Slitina číslo	Teplota taveniny (°C)	Zatížení při válcování (N/mm)	Rychlost lití (mm/min)	Flouška plechu z ingotu (mm)	Krok válcování zastudena
Srovná- vací příklad	35	C	780	8000	1200	10	Válcování zastudena na 0,8 mm→Žíhání po dávkách při 320 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,07 mm→Žíhání po dávkách při 400 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,06 mm
	36	D	790	13000	1000	4	Válcování zastudena na 0,8 mm→Žíhání po dávkách při 320 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,07 mm→Žíhání po dávkách při 280 °C x 5 h→Válcování zastudena na 0,06 mm
	37	D	820	10000	770	3	Válcování zastudena na 0,8 mm→Žíhání po dávkách při 320 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,07 mm→Žíhání po dávkách při 470 °C x 2 h →Válcování zastudena na 0,06 mm
	38	E	800	14000	1200	3	Válcování zastudena na 0,8 mm→Žíhání po dávkách při 320 °C x 4 h→Válcování zastudena na 0,17 mm→Žíhání po dávkách při 420 °C x 2 h→Válcování zastudena na 0,06 mm
	39	F	790	8000	900	4	Válcování zastudena na 0,1 mm→Žíhání po dávkách při 360 °C x 3 h→Válcování zastudena na 0,06 mm→Žíhání po dávkách při 470 °C x 2 h

Číslo 29 : Srovnávací příklad 3, Čísla 30 až 39 : Srovnávací příklad 2

Tabulka 6

Pokus číslo	Výsledky lité a válcování	Textura žebra	Zlomení žebra	Po tvrdém pájení a žhání				Tavení žebra	Trhliny jádra
				Délka prohnutí (mm)	Pevnost v tahu (kgf/mm ²)	Počet cyklů před zlomením	Elektrická vodivost (% IACS)		
1	O ³⁾	vlákno ²⁾	není	7	13,2	3x10 ⁷	51	není	není
2	O	vlákno	není	5	13,9	2x10 ⁷	49	není	není
3	O	vlákno	není	6	13,7	3x10 ⁷	51	není	není
4	O	vlákno	není	8	13,5	2x10 ⁷	50	není	není
5	O	vlákno	není	5	13,0	3x10 ⁷	52	není	není
6	O	vlákno	není	7	13,1	3x10 ⁷	53	není	není
7	O	vlákno	není	6	13,3	2x10 ⁷	51	není	není
8	O	vlákno	není	4	13,7	3x10 ⁷	49	není	není
9	O	vlákno	není	5	13,8	2x10 ⁷	51	není	není
10	O	vlákno	není	6	13,6	2x10 ⁷	50	není	není
11	O	vlákno	není	8	13,2	3x10 ⁷	52	není	není
12	O	vlákno	není	6	13,1	2x10 ⁷	53	není	není
13	O	vlákno	není	7	13,2	3x10 ⁷	51	není	není
14	O	vlákno	není	7	13,5	2x10 ⁷	49	není	není
15	O	vlákno	není	6	13,9	2x10 ⁷	50	není	není
16	O	vlákno	není	4	13,7	3x10 ⁷	50	není	není
17	O	vlákno	není	5	13,4	2x10 ⁷	52	není	není
18	O	vlákno	není	4	13,1	2x10 ⁷	50	není	není
19	O	vlákno	není	6	13,6	2x10 ⁷	53	není	není
20	O	vlákno	není	5	13,5	3x10 ⁷	51	není	není

Poznámka: 1) podtržené představují nedostatečné charakteristiky

2) "vlákno" znamená krystalickou texturu zahrnující vláknitou texturu

3) značí, že nejsou žádné praskliny ani lom v podélném směru

Tabulka 6 (pokračování 1)

Pokus číslo	Výsledky lití a válcování	Textura žebra	Zlomení žebra	Po tvrdém pájení a žíhání					Tavení žebra	Trhliny jádra
				Délka prohnutí (mm)	Pevnost v tahu (kgf/mm ²)	Počet cyklů před zlomením	Elektrická vodivost (% IACS)	Podíl snížení koroze podle CASS testu (%)		
21	O	vlákno	není	7	13,8	2x10 ⁷	41	15	není	není
22	O	vlákno	není	6	12,1	7x10 ⁶	50	14	není	není
23	O	vlákno	existuje	14	11,4	8x10 ⁶	49	10	exist.	existuje
24	Zlomení během kroku ¹⁾ válcování	vlákno	existuje	15	13,4	2x10 ⁷	48	18	exist.	není
25	O	vlákno	není	6	12,0	7x10 ⁶	42	7	není	není
26	Zlomení během kroku válcování	Vlákno	existuje	5	13,1	6x10 ⁶	44	6	exist.	není
27	O	Rekrysta-lizace	existuje	9	11,9	9x10 ⁶	40	10	exist.	existuje
28	O	Rekrysta-lizace	existuje	18	11,2	6x10 ⁶	38	17	exist.	existuje
29	O	vlákno	existuje	15	11,0	7x10 ⁶	39	18	exist.	existuje
30	Zlomení během kroku válcování	vlákno	existuje	17	14,0	8x10 ⁶	48	8	exist.	existuje
31	Zlomení během kroku válcování	vlákno	existuje	13	12,0	7x10 ⁶	42	16	exist.	existuje

Tabulka 6 (pokračování 2)
Po tvrdém pájení a zahřívání

Pokus číslo	Výsledky lití a válcování	Textura žebra	Zlomení žebra	Po tvrdém pájení a zahřívání					Tavení žebra	Trhliny jádra
				Délka prohnutí (mm)	Pevnost v tahu (kgf/mm ²)	Počet cyklů před zlomením	Elektrická vodivost (% IACS)	Podíl snížení koroze podle CASS testu (%)		
32	O	vlákno	existuje	7	13,4	7x10 ⁶	47	6	exist.	existuje
33	O	vlákno	existuje	8	13,7	8x10 ⁶	48	8	exist.	existuje
34	Neztuhlo	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	O	vlákno	existuje	6	13,3	8x10 ⁶	50	7	exist.	existuje
36	Zlomení během kroku válcování	vlákno	není	7	11,8	7x10 ⁶	48	13	exist.	existuje
37	O	Rekrysta- lizace	existuje	8	11,4	6x10 ⁶	42	18	exist.	existuje
38	Zlomení během kroku válcování	vlákno	existuje	16	13,9	3x10 ⁷	48	5	exist.	není
39	O	Rekrysta- lizace	existuje	9	11,4	6x10 ⁶	42	18	exist.	existuje

Jak je zřejmé z tabulky 6, žádný ze vzorků v pokusu č. 1 až 20 podle předloženého vynálezu se během kroku válcování zastudena nezlomil, a podařilo se vyrobit žebrované materiály s tloušťkou 0,1 mm nebo menší. Kromě toho, jemně krystalované materiály nebo vyloučené materiály byly dispergovány do podoby vláknité struktury, čímž žebrované materiály měly vynikající odolnost proti prohnutí, pevnost v tahu, elektrickou vodivost (tepelnou vodivost), odolnost proti opakovanému namáhání (počet opakovaných cyklů užitých před zlomením únavou) a odolnost proti samovolné korozi (snížený podíl koroze), bez z toho vyplývajících tavení žebra a trhlin jádra, tak jako bez zlomení žebra při tváření zvlnění při výrobě mini-jádra.

Na druhé straně, mezi srovnávacími příklady, vzorek v pokusu č. 21 měl nedostatečnou elektrickou vodivost a odolnost proti samovolné korozi způsobenou příliš velkým obsahem Mn.

Vzorek v pokusu č. 22 měl nedostatečnou pevnost v tahu a odolnost proti opakovanému namáhání způsobeným příliš malým obsahem Mn. Kromě toho se vytvořilo velké množství sloučeniny Al-Fe, a z toho vyplývající nedostatečná odolnost proti korozi. Dále, Si nemůže být dostatečně zachycen, což je zapříčiněno příliš malým obsahem Mn, a tak malým snížením odolnosti žebra proti tavení.

Byly vytvořeny částice o střední velikosti ve vzorku v pokusu č. 23, přičemž během procesu kompletace jádra se zlomilo žebro, poněvadž obsah Mn byl příliš malý, kromě toho při válcování je příliš malé tlakové zatížení, tímto se ukazuje nedostatečná odolnost proti opakovanému namáhání a odolnost proti vzniku trhlin jádra s nižší odolností proti samovolné korozi. Kromě toho, odolnost proti prohnutí a odolnost žebra proti tavení byly také nedostatečné, zapříčiněné přítomností jemných překrystalovaných struktur.

Ve vzorku v pokusu č. 24, poněvadž obsah Fe byl také příliš velký, což způsobilo krystalizaci Fe sloučeniny jako primární krystalizaci, se proto během kroků lití a válcování zastudena žebrovaný materiál zlomil, a výsledné došlo ke zlomení žebra během kroku kompletace jádra. Dále, poněvadž krystaliny byly také jemné, je odolnost proti prohnutí nedostatečná, a také nedostatečné jsou odolnost proti samovolné korozi a odolnost proti tavení žebra.

Pevnost v tahu, odolnost proti opakovanému namáhání, elektrická vodivost jsou nedostatečné ve vzorku v pokusu č. 25, poněvadž se snížilo vyloučené množství usazenin skupiny Fe kvůli příliš malému obsahu Fe.

Teplota tání se snížila a Si vykrytalizoval v počátečním stádiu, což má za následek nedostatečnou odolnost proti tavení žebra ve vzorku v pokusu č. 26 kvůli příliš vysokému obsahu Si. Mimo to primární krystalizace Si způsobuje během kroků lití a válcování a kroků válcování zastudena zlomení žebrovaného materiálu, přičemž došlo ke zlomení žebra při procesu kompletace jádra vlivem nedostatečné pevnosti v tahu, elektrické vodivosti a odolnosti žebra proti tavení.

Díky malému obsahu Si ve vzorku v pokusu číslo 27, zrna zhrubla. V důsledku toho se překrystalovaná textura objevuje po tvrdém pájení při snížené rekrystalizační teplotě. Z toho vyplynulo, že došlo ke zlomení žebra během kroku kompletace jádra, kromě toho pevnost v tahu a elektrická vodivost, stejně jako odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost žebra proti tavení a odolnost proti trhlinám jádra byly nedostatečné.

Charakteristiky žebrovaného materiálu v pokusu č. 28 se dále zhoršily, oproti těm uvedeným v pokusu č. 27, poněvadž žebrovaný materiál v č. 28 neobsahoval Si; přičemž odolnost proti prohnutí a odolnost proti samovolné korozi jsou také nedostatečné.

Ve vzorku v pokusu č. 29 bylo vyloučeno s hrubým krystalizovaným materiálem malé množství zrn jako výsledek lití pomocí DC metody. Mimoto, během procesu kompletace jádra došlo ke zlomení žebra, přičemž odolnost proti prohnutí, pevnost v tahu, odolnost proti opakovanému

namáhání, elektrická vodivost, odolnost proti samovolné korozi, odolnost žebra proti tavení a odolnost proti trhlinám jádra byly nedostatečné.

5 Ve vzorku v pokusu č. 30 vlivem příliš nízké teploty taveniny krystalové zrna zhrublo. V důsledku toho během kroků lití a válcování a válcování zastudena došlo ke zlomení žebrovaného materiálu během kroku kompletace jádra; a dále nedostatečná byla odolnost proti prohnutí, odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost žebra proti tavení a odolnost proti trhlinám jádra.

10 Krystalované materiály hrubší kvůli příliš vysoké teplotě taveniny ve vzorku v pokusu č. 31. Mimoto, množství usazeniny se snížilo, díky primární krystalizaci Si. Následkem toho vznikají takové problémy, že ke zlomení materiálu dochází během kroků lití a válcování a válcování zastudena a zlomení žebra během kroku kompletace jádra, například odolnost proti prohnutí, odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost žebra proti tavení a odolnost proti trhlinám jádra byly nedostatečné.

15 Částice o střední velikosti se objevily ve vzorcích v pokusu č. 32, 33 a 35, protože v pokusu č. 32 bylo tlakové zatížení při válcování příliš malé, v pokusu č. 33 byla rychlost lití příliš pomalá a v pokusu č. 35 ingot příliš tlustý. Následkem toho došlo při procesu kompletace jádra ke zlomení žebra a odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost žebra proti tavení a odolnost proti trhlinám jádra byly nedostatečné.

Ve vzorku v pokusu č. 34 nemohl být získán plech z ingotu, poněvadž tavenina neztuhla kvůli příliš vysoké rychlosti lití (tlakové zatížení při válcování bylo nízké).

25 Ve vzorku v pokusu č. 36 nepostačovalo žíhání pro vzniklý lom materiálu během kroku válcování zastudena, poněvadž teplota druhého mezioperačního žíhání (konečné mezioperační žíhání) uprostřed v kroku válcování zastudena byla příliš nízká. Dále, pevnost v tahu, elektrická vodivost, odolnost proti opakovanému namáhání byly nedostatečné kvůli snížení množství při usazování. Kromě toho, usazeniny se objevily při rekrystalizaci rozhraní zrn během ohřevu pro pájení natvrdo, čehož výsledkem je nedostatečná výsledná odolnost proti samovolné korozi.

30 Překrystalované struktury se objevují při zhrubnutí usazeniny ve vzorcích při pokusu č. 37 a 39, protože teploty při druhém mezioperačním žíhání (konečné mezioperační žíhání) nebo konečném žíhání byly příliš vysoké. V důsledku toho při procesu kompletace jádra došlo ke zlomení žebra, a pevnost v tahu, odolnost proti opakovanému namáhání, odolnost proti samovolné korozi, odolnost žebra proti tavení a odolnost proti trhlinám jádra byly nedostatečné.

40 Při pokusu č. 38 se během kroku válcování zastudena materiál zlomil, protože v kroku válcování zastudena byl konečný úběr při válcování příliš vysoký. Kromě toho získaný žebrovaný materiál byl tvrdým materiálem pro vznik lomu žebra během procesu kompletace jádra, zatímco nízká výsledná odolnost proti prohnutí, způsobená nízkou teplotou rekrystalizace, pocházející od deformační energie, která, jako řídící síla rekrystalizace, byla velká. Mimoto, odolnost žebra proti tavení byla také nedostatečná díky jemným překrystalovaným zrnům.

45 Průmyslová využitelnost

Žebrovaný materiál pro tvrdé pájení, který má zlepšené charakteristiky nevyhnutelné pro ztenčování žebrovaného materiálu, například pevnost v tahu po tvrdém pájení, tepelnou vodivost, odolnost proti samovolné korozi, odolnost žebra proti tavení, odolnost proti trhlinám jádra, odolnost proti zlomení žebra, a pro zvlnění tvářením se může získat způsobem výroby podle předloženého vynálezu.

55 Podle předloženého vynálezu je tento způsob vhodný pro ztenčování žebrovaného materiálu jako odezva na požadavky na zhotovení výměníku tepla o malé velikosti a nízké hmotnosti.

Předložený vynález, popsáný pomocí příkladů provedení, není omezen žádným z detailů z popisu, jestliže není uvedeno jinak, ale spíše je interpretován širěji ve smyslu a rozsahu předloženém v doprovodných nárocích.

5

PATENTOVÉ NÁROKY

10

1. Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, **v y z n a ě u j í - c í s e t í m**, že zahrnuje kroky:

tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

15

válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

20

kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se používá za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15 000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

25

kde uprostřed uvedeného způsobu válcování zastudena se používá dvakrát nebo vícekrát mezižihání, přičemž uvedené mezižihání zahrnuje konečné mezižihání v ohřívací peci vsázkového typu, při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrytalizaci, čímž adjustovaný válcovací úběr při válcování zastudena, je po konečném mezižihání 10 až 60 %.

30

2. Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že uvedené mezižihání, s výjimkou konečného žihání, se aplikuje použitím ohřívací pece vsázkového typu nebo kontinuální ohřívací pece.

35

3. Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, **v y z n a ě u j í - c í s e t í m**, že zahrnuje kroky:

tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

40

válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, právě tak jako alespoň jeden z prvků Zn se 3,0 % hmotn. nebo méně, In s 0,3 % hmotn. nebo méně a Sn s 0,3 % hmotn. nebo méně, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

45

kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se používá za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15 000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

kde se uprostřed uvedeného procesu válcování zastudena používá dvakrát nebo vícekrát mezižihání, přičemž uvedené mezižihání zahrnuje konečné mezižihání v ohřívací peci vsázkového typu, při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrytalizaci, čímž adjustovaný válcovací úběr při válcování zastudena, je po konečném mezižihání 10 až 60 %.

50

4. Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení podle nároku 3, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že uvedené mezižihání, s výjimkou konečného žihání, se aplikuje použitím ohřívací pece vsázkového typu nebo kontinuální ohřívací pece.

5. Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, **v y z n a č u j í - c í s e t í m**, že zahrnuje kroky:

tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

5 válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, právě tak jako alespoň jeden z prvků Cu s 0,3 % hmotn. nebo méně, Cr s 0,15 % hmotn. nebo méně, Ti s 0,15 % hmotn. nebo méně, Zr s 0,15 % hmotn. nebo méně a Mg s 0,5 % hmotn. nebo méně, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se používá za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15 000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

15 kde uprostřed při uvedeném procesu válcování zastudena se používá dvakrát nebo vícekrát mezižihání, přičemž uvedené mezižihání zahrnuje konečné mezižihání v ohřívací peci vsázkového typu, při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrytalizaci, čímž adjustovaný válcovací úběr při válcování zastudena, je po konečném mezižihání 10 až 60 %.

20 6. Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení podle nároku 5, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že uvedené mezižihání, s výjimkou konečného žihání, se aplikuje použitím ohřívací pece vsázkového typu nebo kontinuální ohřívací pece.

25 7. Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, **v y z n a č u j í - c í s e t í m**, že zahrnuje kroky:

tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

30 přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, alespoň jeden z prvků Zn s 3,0 % hmotn. nebo méně, In s 0,3 % hmotn. nebo méně a Sn s 0,3 % hmotn. nebo méně, právě tak jako alespoň jeden z prvků Cu s 0,3 % hmotn. nebo méně, Cr s 0,15 % hmotn. nebo méně, Ti s 0,15 % hmotn. nebo méně, Zr s 0,15 % hmotn. nebo méně a Mg s 0,5 % hmotn. nebo méně, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

35 kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se používá za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15 000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

40 kde uprostřed při uvedeném procesu válcování zastudena se používá dvakrát nebo vícekrát mezižihání, přičemž uvedené mezižihání zahrnuje konečné mezižihání v ohřívací peci vsázkového typu, při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrytalizaci, čímž adjustovaný válcovací úběr při válcování zastudena, je po konečném mezižihání 10 až 60 %.

45 8. Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení podle nároku 7, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že uvedené mezižihání, s výjimkou konečného žihání, se aplikuje použitím ohřívací pece vsázkového typu nebo kontinuální ohřívací pece.

9. Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, **v y z n a č u j í - c í s e t í m**, že zahrnuje kroky:

tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

- 5 přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se používá za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15 000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití je 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

- 10 kde uprostřed při uvedeném procesu válcování zastudena se používá jedenkrát nebo vícekrát mezižihání tak, aby výsledný úběr pro válcování zastudena byl 10 až 95 %, a

kde další žihání v ohřívací peci se aplikuje po uvedeném konečném válcování zastudena, za konečné tloušťky plechu při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrystalizaci.

- 15 **10.** Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení podle nároku 9, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že uvedené mezižihání, s výjimkou konečného žihání, se aplikuje použitím ohřívací pece vsázkového typu nebo kontinuální ohřívací pece.

- 20 **11.** Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že zahrnuje kroky:

tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

- 25 přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, právě tak jako alespoň jeden z prvků Zn se 3,0 % hmotn. nebo méně, In s 0,3 % hmotn. nebo méně, a Sn s 0,3 % hmotn. nebo méně, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

- 30 kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se používá za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15 000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití je 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

kde uprostřed při uvedeném procesu válcování zastudena se používá jedenkrát nebo vícekrát mezižihání tak, aby výsledný úběr pro válcování zastudena byl 10 až 95 %, a

- 35 kde další žihání v ohřívací peci se aplikuje po uvedeném konečném válcování zastudena, za konečné tloušťky plechu při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrystalizaci.

- 40 **12.** Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení podle nároku 11, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že uvedené mezižihání, s výjimkou konečného žihání, se aplikuje použitím ohřívací pece vsázkového typu nebo kontinuální ohřívací pece.

- 13.** Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že zahrnuje kroky:

- 45 tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo

méně Si, právě tak jako alespoň jeden z prvků Cu s 0,3 % hmotn. nebo méně, Cr s 0,15 % hmotn. nebo méně, Ti s 0,15 % hmotn. nebo méně, Zr s 0,15 % hmotn. nebo méně a Mg s 0,5 % hmotn. nebo méně, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

5 kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se používá za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15 000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

kde uprostřed při uvedeném procesu válcování zastudena se používá jedenkrát nebo vícekrát mezižhání tak, aby výsledný úběr pro válcování zastudena byl 10 až 95 %, a

10 kde další žhání v ohřívací peci se aplikuje po uvedeném konečném válcování zastudena, za konečné tloušťky plechu při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrytalizaci.

14. Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení podle nároku 13, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že uvedené mezižhání, s výjimkou konečného žhání, se aplikuje použitím ohřívací pece vsázkového typu nebo kontinuální ohřívací pece.

15 15. Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zahrnuje kroky:

20 tváření plechu z ingotu litím taveniny hliníkové slitiny metodou kontinuálního lití a válcování mezi dvěma válci; a

válcování zastudena plechu z ingotu pro výrobu žebrovaného materiálu,

přičemž hliníková slitina obsahuje více než 0,6 % hmotn. a 1,8 % hmotn. nebo méně Mn, více než 1,2 % hmotn. a 2,0 % hmotn. nebo méně Fe, a více než 0,6 % hmotn. a 1,2 % hmotn. nebo méně Si, alespoň jeden ze Zn s 3,0 % hmotn. nebo méně, In s 0,3 % hmotn. nebo méně, a Sn s 0,3 % hmotn. nebo méně, právě tak jako alespoň jeden z prvků Cu s 0,3 % hmotn. nebo méně, Cr s 0,15 % hmotn. nebo méně, Ti s 0,15 % hmotn. nebo méně, Zr s 0,15 % hmotn. nebo méně a Mg s 0,5 % hmotn. nebo méně, a zbytek tvoří Al a nevyhnutelné nečistoty,

30 kde uvedené kontinuální lití a válcování mezi dvěma válci se používá za podmínek, kdy tavenina má teplotu 700 až 900 °C, tlakové zatížení při válcování je 5000 až 15 000 N na 1 mm šíře plechu z ingotu, rychlost lití 500 až 3000 mm/min, a tloušťka plechu z ingotu 2 až 9 mm, a

kde uprostřed při uvedeném procesu válcování zastudena se používá jedenkrát nebo vícekrát mezižhání tak, aby výsledný úběr pro válcování zastudena byl 10 až 95 %, a

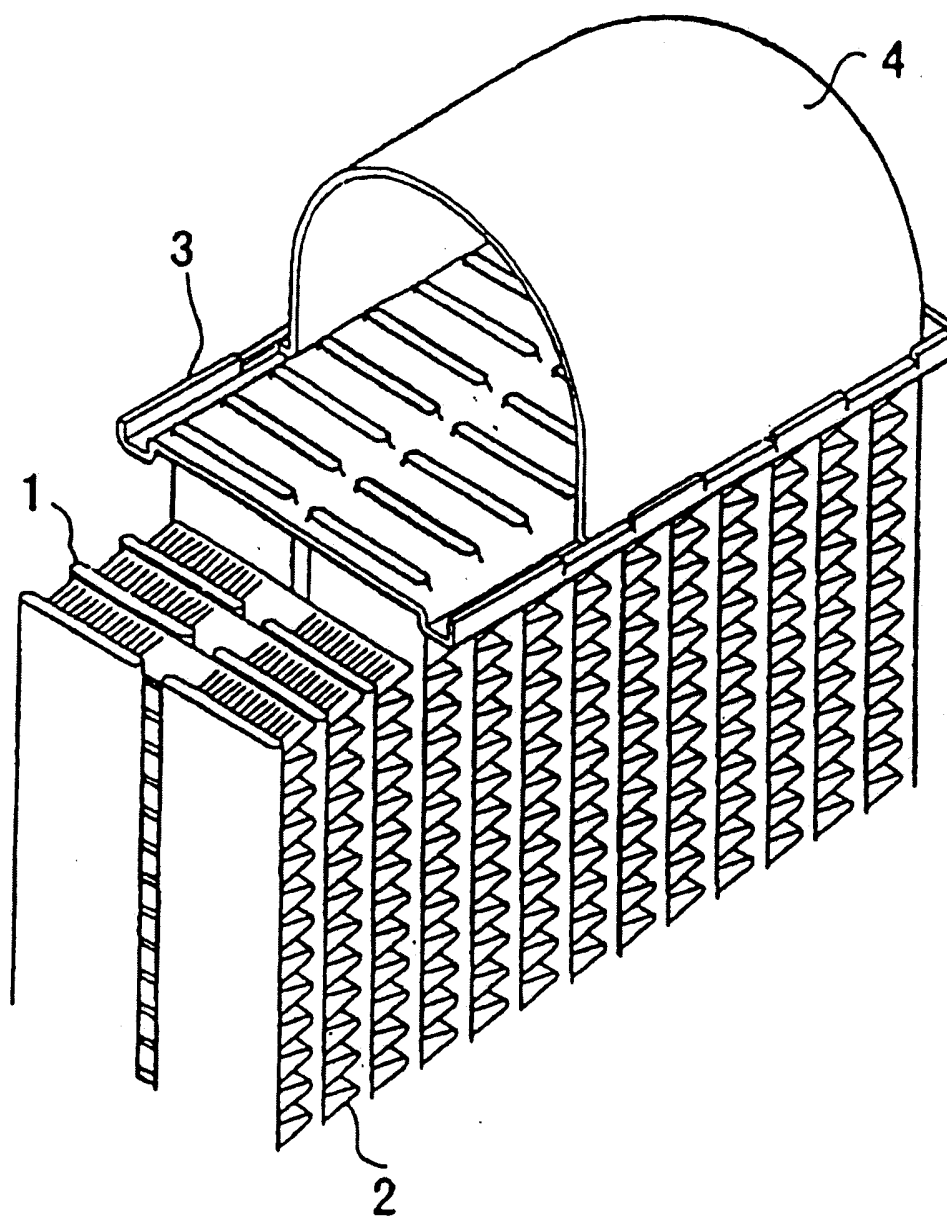
35 kde další žhání v ohřívací peci se aplikuje po uvedeném konečném válcování zastudena, za konečné tloušťky plechu při teplotě v rozmezí 300 až 450 °C, a při teplotě, která nedovolí dokončit rekrytalizaci.

40 16. Způsob výroby žebrovaného materiálu z hliníkové slitiny pro tvrdé pájení podle nároku 15, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že uvedené mezižhání, s výjimkou konečného žhání, se aplikuje použitím ohřívací pece vsázkového typu nebo kontinuální ohřívací pece.

5 výkresů

45

Fig. 1



Celkový pohled

Částečně zvětšený pohled 2

Fig. 2 (a)

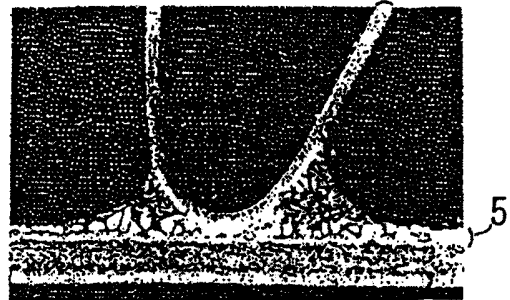
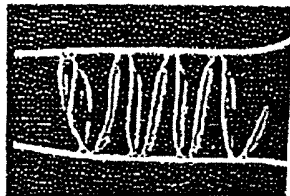


Fig. 2 (b)

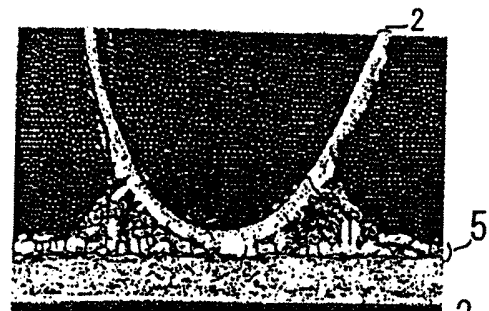
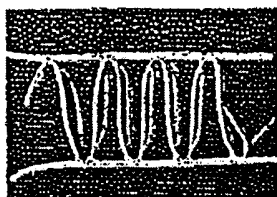


Fig. 2 (c)

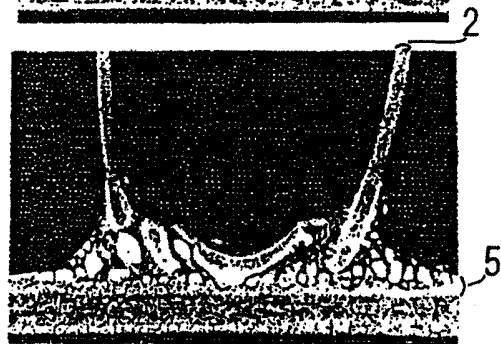
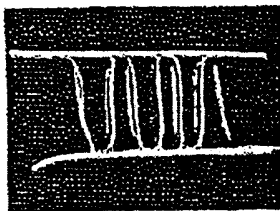
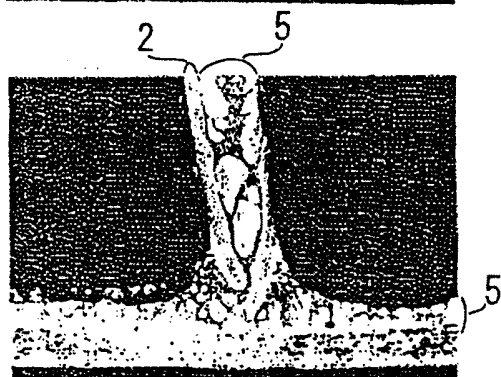
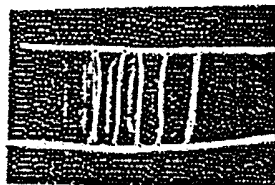
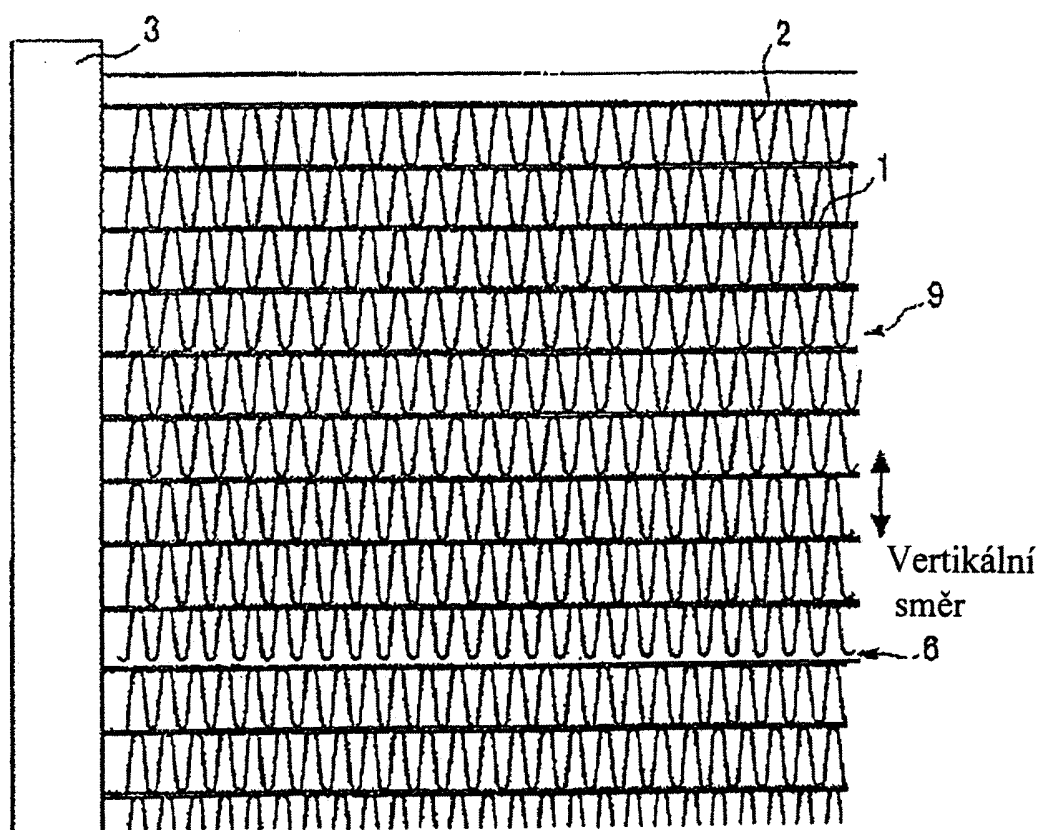
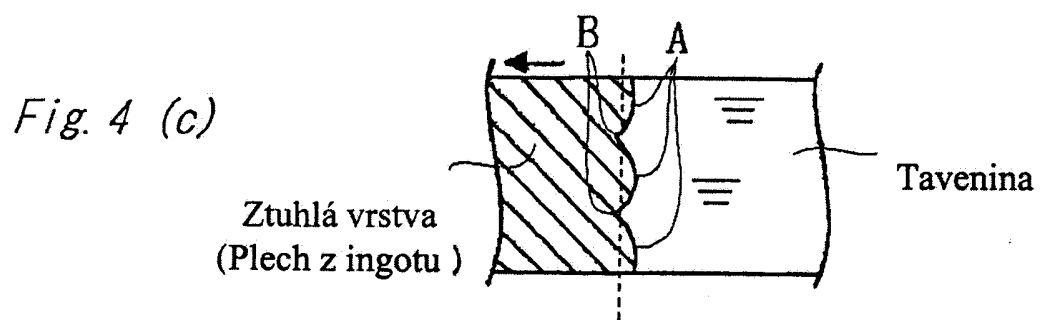
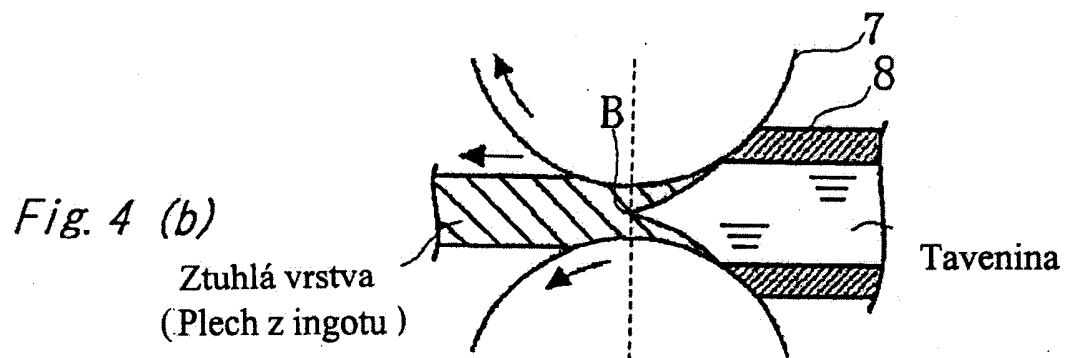
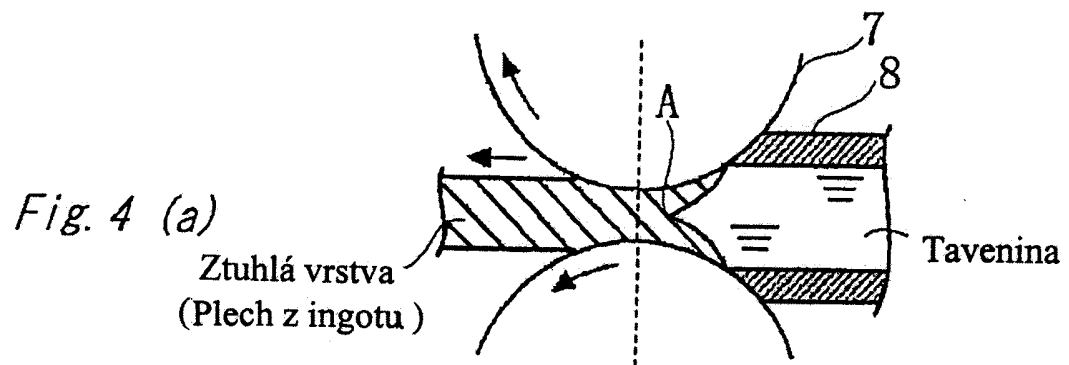


Fig. 2 (d)



F i g. 3

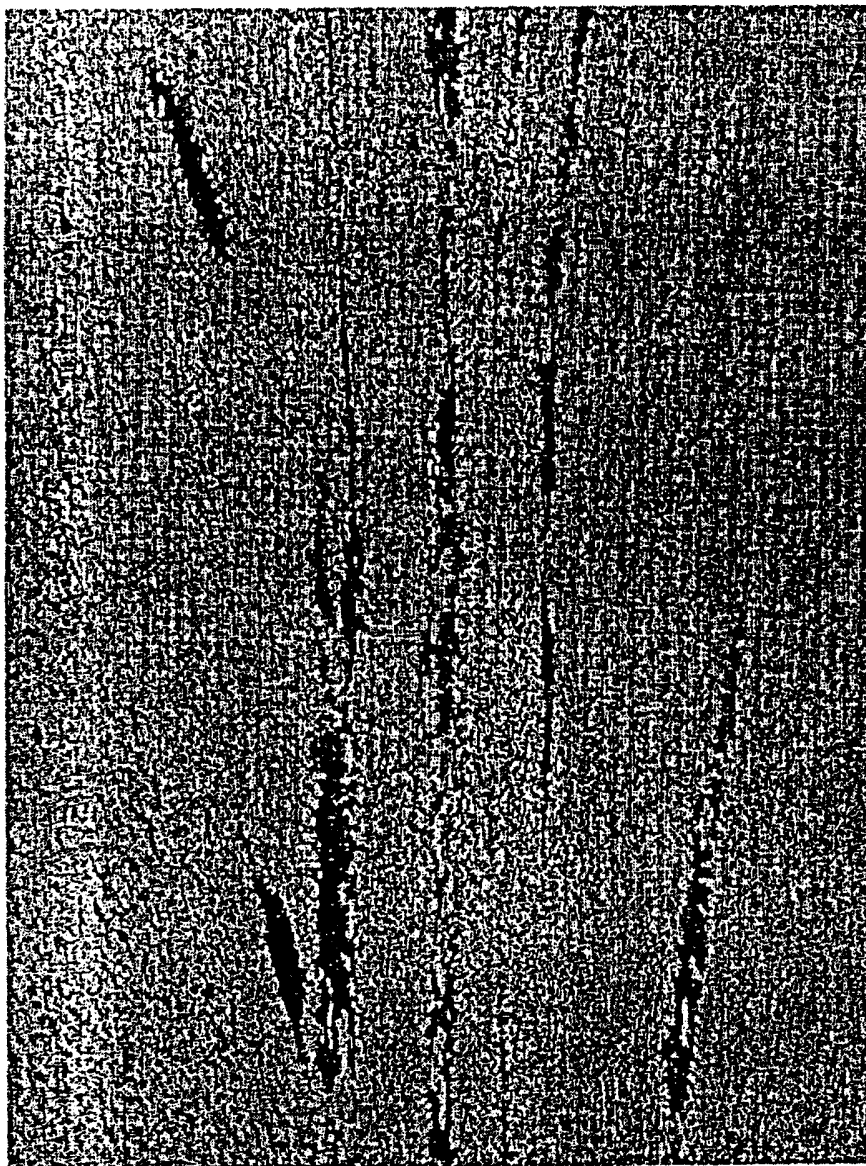




F i g. 5

×100

200 μ m



Konec dokumentu
