

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLového
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2002-2517**
(22) Přihlášeno: **25.01.2001**
(30) Právo přednosti: **03.02.2000 US 09/497,167**
(40) Zveřejněno: **14.05.2003**
(Věstník č. 5/2003)
(47) Uděleno: **20.07.2010**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **25.08.2010**
(Věstník č. 34/2010)
(86) PCT číslo: **PCT/IB2001/000280**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2001/056782**

(11) Číslo dokumentu:

301 990

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

B32B 15/01 (2006.01)
C23C 28/02 (2006.01)
C23C 30/00 (2006.01)
C23C 2/12 (2006.01)
C23C 4/08 (2006.01)
B23K 1/19 (2006.01)
F28D 1/00 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:

JP 5148572; JP 5179380; JP 4198449; JP 4193927.

(73) Majitel patentu:

CORUS L. P., Cap-de-la-Madeleine, CA

(72) Původce:

Nener Ralph M., Baie, CA
Haller Scott W., Richmond, VA, US

(74) Zástupce:

PATENTSERVIS PRAHA a.s., Jivenská 1, Praha 4,
14000

(54) Název vynálezu:

**Použití kompozitního materiálu ze slitiny
hliníku jako výchozí suroviny pro holá žebra
výměníku tepla**

(57) Anotace:

Použití kompozitního materiálu ze slitiny hliníku jako výchozí suroviny pro holá žebra výměníku tepla, přičemž kompozit slitiny hliníku obsahuje vrstvu jádra s protilehlými povrchy jádra, kdy je vrstva jádra vytvořená z materiálu první hliníkové slitiny s množstvím hliníku menším než 99 % hmotn. a s více než 1 % hmotn. kovových prvků, zvolených ze skupiny, která obsahuje Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Si, Li, Ti, V, Zr, Zn, přičemž jeden nebo více kovových prvků se nachází v roztoku nebo mimo roztok ke zvýšení pevnosti materiálu první hliníkové slitiny k dosažení hodnoty pevnosti v tahu materiálu první hliníkové slitiny větší než 103,4 MPa a hodnoty elektrické vodivosti menší než 50 % IACS, a dále kompozit obsahuje alespoň jednu plátovací vrstvu o dvou površích, přičemž jeden povrch se nachází u jednoho z protilehlých povrchů jádra a je vystavený fúzi s jinou složkou hliníku, kdy alespoň jedna plátovací vrstva je vytvořená z materiálu druhé hliníkové slitiny s obsahem kovových prvků, zvolených ze skupiny Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Si, Li, Ti, V a Zr, v množství menším než 1 % hmotn. k dosažení hodnoty pevnosti v tahu menší než 103,4 MPa u materiálu druhé hliníkové slitiny, která obsahuje kovové přídavky dalších kovových prvků ze skupiny obsahující Ga, In a Zn do 2,5 % hmotn., které se nachází v roztoku k zajištění zvýšení negativitu korozního potenciálu a k dosažení rozdílu korozních potenciálů materiálů první a druhé hliníkové slitiny alespoň o 20 mV, přičemž korozní potenciál materiálu druhé hliníkové slitiny je alespoň o 20 mV zápornější než korozní potenciál materiálu první hliníkové slitiny vrstvy jádra, mající elektrickou vodivost větší než 50 % IACS.

CZ 301990 B6

Použití kompozitního materiálu ze slitiny hliníku jako výchozí suroviny pro holá žebra výměníku tepla

5 Oblast techniky

Nové použití kompozitního materiálu ze slitiny hliníku se zlepšenou elektrickou vodivostí, rezistencí vůči korozi a vysokou pevností a zejména nové použití kompozitního materiálu, který kombinuje materiál jádra s vysokou pevností s jednou nebo více plátovacími vrstvami s větší elektrickou vodivostí než má materiál jádra, ke zlepšení provozu v zařízeních tepelného výměníku.

15 Dosavadní stav techniky

U dosavadního stavu techniky jsou slitiny hliníku vybírány z hlediska aplikací u výměníků tepla. Slitiny se vybírají na základě jejich potřebné kombinace pevnosti, nízké hmotnosti, dobré tepelné a elektrické vodivosti, schopnosti pájení, odolnosti vůči korozi a tvárnosti.

20 Typické aplikace použití se týkají zařízení pro vytápění automobilů, radiátorů, odpařovačů, kondenzorů, vzduchových a olejových chladičů. Jedna konkrétní aplikace, která vyžaduje dobrou kombinaci všech zmíněných vlastností se týká žebířů radiátorů. U této aplikace se chladicí žebra nachází mezi trubkami umístěnými nad sebou, ve kterých proudí chladicí médium radiátoru. Sestava trubek je situována mezi sběrnými trubkami chladiče, které obrací tok chladicího média mezi vrstvami sestavy trubek a může zahrnovat vstup do radiátoru a výstup z radiátoru. Trubky jsou obvykle pokryty pájecím materiálem a celá sestava je spájena použitím tzv. procesu pájení v řízené atmosféře (CBA), který používá tavidlo k pájení natvrdo.

30 Trendem ve výrobě výměníků tepla je snaha po zmenšování rozměrů jednotlivých komponent. Tento trend klade nové požadavky na materiály používané ve výměnících tepla, a to ve smyslu jejich vlastností a výkonnosti. Tyto požadavky jsou zahrnuty v dokumentu US 5 217 547 (Ishikawa a spol.) Tento vynález se zabývá výrobou chladičů žebířů z tenkých trubek, která by vyhovovala požadavkům na vyšší výkonnost a zvýšenou kompaktnost výměníků tepla. Zatímco zmenšení tloušťky trubek má za následek zmenšení hmotnosti výměníku tepla, takové odlehčení může vést i k nižší pevnosti, konkrétně jako výsledek procesu pájení, u kterého musí výměník tepla snášet teploty nad 600 °C. Zvýšená teplota může během pájení způsobit prohnutí a ztrátu integrity chladičů žebířů, čehož výsledkem je nepřijatelný pájený výrobek.

40 Ishikawa a spol. se snaží překonat tento problém pomocí neobvyklých hliníkových slitin typicky používaných u chladičů žebířů, například slitiny série AA3003. Pro poskytnutí odolnosti vůči deformaci vlivem vysokých teplot a odolnosti vůči prohnutí, Ishikawa používá hliníkovou slitinu s jistým množstvím železa, křemíku, zirkonia, zinku, cínu a india. Nedostatkem této slitiny je její obtížná výroba, a tím zvýšené náklady na pořízení materiálu chladičů žebířů.

45 Jiným řešením problému snižování tloušťky chladičů žebířů je použití materiálu ze slitiny hliníku s vyšší hodnotou pevnosti. Použitím materiálu s vyšší pevností lze získat výhodu spočívající ve zvýšeném odporu proti prohnutí a deformaci, která je způsobena vysokými teplotami, přitom se při pájení materiálů s vysokou pevností mohou při výrobě výměníků tepla vyskytovat problémy.

50 Často používaným procesem výroby výměníků tepla je proces CBA, který používá tavidlo typu Nicolok®. Tímto tavidlem je nerezové tavidlo vyráběné ze směsi draslíku a fluoro-aluminátů. Tavidlo při tavicí teplotě funguje tak, že se taví a přitom rozrušuje a rozpouští film z oxidů. Některé prvky, které se často nachází ve slitinách s vysokou pevností, například hořčík, jsou pro proces pájení škodlivé tím, že kromě jiného, reagují s používanými tavidly. Následně platí, že

použitím hliníkové slitiny s vyšší pevností je možném řešit problém prohýbání během pájení, přitom ale mohou nastat jiné problémy, a to vlivem nekompatibility mezi samotnou slitinou a procesem pájení.

Jiným problémem dosavadního stavu techniky jsou materiály pro výrobu výměníků tepla, to znamená pro výrobu chladicích žebër, které musí mít po procesu pájení jistou hodnotu pevnosti v tahu a jistou úroveň elektrické vodivosti danou požadavky zákazníka. Je těžké vyhovět požadavkům, které kombinují vysokou pevnost a elektrickou vodivost se současnými materiály při rozumné ceně. Hliníkové slitiny s vysokou pevností mají menší hodnoty elektrické vodivosti a nemohou kladeným požadavkům vyhovět. Podobně platí, že hliníkové slitiny s vysokou hodnotou elektrické vodivosti mají nedostatečnou pevnost, čímž rovněž nesplňují dané požadavky. Speciální slitiny mohou nabídnout jisté řešení zmíněného dilema, ale jejich výrobní náklady jsou pro mnoho výrobců nepřijatelné.

V souladu s uvedeným se vyskytuje potřeba poskytnout materiál pro výrobu výměníku tepla, který by odstranil již popsané nedostatky dosavadního stavu techniky. Tento vynález problém tím, že poskytuje kompozitní materiál ze slitiny hliníku, který zahrnuje plátovací vrstvu s vysokou hodnotou elektrické vodivosti a jádro s nižší hodnotou elektrické vodivosti. Kompozitní materiál vykazuje po pájení vysokou pevnost, zlepšenou elektrickou/tepelnou vodivost, vysokou odolnost proti korozi a dobrou schopnost pájení během procesu pájení, například použitím procesu CAB. Zmíněný materiál je ideálním materiálem pro pájení chladicích žebër v holé podobě, které se dále spájí s plátovanými trubkami pro výrobu výměníku tepla.

Kompozitní materiály vyrobené z hliníku lze použít při výrobě stíněných kabelů. Spis US 4 010 315 (Mildner) uvádí použití stínícího pásu pro výrobu stíněných kabelů, který zahrnuje první vrstvu s čistého hliníku, která je nalepená na druhou vrstvu ze slitiny hliníku. Ve zmíněném patentu je sice uveden kompozitní materiál, ale patent se nezabývá problémy dosavadního stavu techniky při pájení, ani neuvádí žádné řešení. Jiné kompozitní materiály jsou navrženy ve spisech US 4 146 164 (Anderson) a U 5 011 547 (Fujimoto a spol.). Tyto spisy se zabývají pájením plátovaných materiálů, nikoliv holých materiálů pro výrobu chladicích žebër apod., tak, jak je tomu u tohoto vynálezu.

Dále spis US 4 560 625 (Kaifu et al.) zveřejňuje kompozitní materiál hliníkové slitiny pro pájené výměníky tepla, zejména pro radiátorové sběrné trubky, které obsahují jádro ze slitiny, obsahující 0,2 až 1,0 % hmotn. Si, 0,1 až 0,5 % hmotn. Mg, přičemž hmotnostní poměr Si k Mg je v rozsahu 1 až 2,5, dále 0,2 až 1,0 % hmotn. Cu, alespoň jeden prvek je zvolený ze skupiny sestávající z Mn, Cr a Zr, z nichž každý je obsažen v množství 0,05 až 0,5 % hmotn. a k vyrovnání obsahuje Al a nevyhnutelné nečistoty. Hliníková plátovací vrstva je vytvořena na jedné straně slitiny jádra, která přichází do kontaktu s vodním tepelným médiem. Plátovací vrstva je tlustá 3 až 20 % kompozitního materiálu a mírně zvýšený potenciál než slitina v hodnotě 20 až 100 mV.

Spis US 4 172 181 (Kawase) popisuje kompozitní materiál pro plátované radiátorové trubky, obsahující plátovací materiál pro podtlakové pájení, sestavený z 0,1 až 0,2 % hmotn. zinku, 0,01 až 2,0 % hmotn. lithia a k vyrovnání hliník nebo hliníkovou slitinu, přičemž plátovací materiál je kladen najeden povrch nebo na oba povrchy.

Podstata vynálezu

Podstatou vynálezu je použití kompozitního materiálu ze slitiny hliníku jako výchozí suroviny pro holá žebra výměníku tepla, přičemž kompozit slitiny hliníku obsahuje vrstvu jádra s protilehlými povrchy jádra, kdy je vrstva jádra vytvořena z materiálu první hliníkové slitiny s množstvím hliníku menším než 99 % hmotn. a s více než 1 % hmotn. kovových prvků, zvolených ze skupiny, která obsahuje Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Si, Li, Ti, V, Zr, Zn, přičemž jeden nebo více kovových prvků se nachází v roztoku nebo mimo roztok ke zvýšení pevnosti materiálu první

hliníkové slitiny k dosažení hodnoty pevnosti v tahu materiálu první hliníkové slitiny větší než 103,4 MPa a hodnoty elektrické vodivosti menší než 50 % IACS, a alespoň jednu plátovací vrstvu o dvou površích, přičemž jeden povrch se nachází u jednoho z protilehlých povrchů jádra a je vystavený fúzi s jinou složkou hliníku, kdy alespoň jedna plátovací vrstva je vytvořená z materiálu druhé hliníkové slitiny s obsahem kovových prvků, zvolených ze skupiny Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Si, Li, Ti, V a Zr, v množství menším než 1 % hmotn., k dosažení hodnoty pevnosti v tahu menší než 103,4 MPa u materiálu druhé hliníkové slitiny, která obsahuje kovové přídavky dalších kovových prvků ze skupiny obsahující Ga, In a Zn do 2,5 % hmotn., které se nachází v roztoku k zajištění zvýšení negativity korozního potenciálu a k dosažení rozdílu korozních potenciálů materiálů první a druhé hliníkové slitiny alespoň 20 mV, přičemž korozní potenciál druhé hliníkové slitiny je více záporný než korozní potenciál materiálu první hliníkové slitiny vrstvy jádra, mající elektrickou vodivost větší než 50 % IACS.

Dále je podstatou vynálezu to, že k vytvoření vrstvy jádra se použije slitina hliníku ze skupiny sérií AA2000, AA3000, AA5000, AA6000, AA7000 a AA8000 slitin hliníku a alespoň jedna plátovací vrstva je vytvořená z jiné hliníkové slitiny zvolené ze skupiny sestávající ze sérií AA1000, AA7000 a AA8000. Jedna plátovací vrstva zahrnuje alespoň dvě plátovací vrstvy v blízkosti příslušného protilehlého povrchu vrstvy jádra, přičemž každý z protilehlých povrchů plátovacích vrstev se vystaví procesu pájení, materiál jádra a plátovací vrstva je tenkostěnným materiálem, materiál jádra má první tloušťku a alespoň jedna plátovací vrstva má druhou tloušťku, přitom poměr hodnoty druhé tloušťky k hodnotě součtu první a druhé tloušťky je v rozsahu 5 až 40 %, materiál jádra má první tloušťku a každá ze dvou plátovacích vrstev má druhou tloušťku, přitom poměr každé druhé tloušťky k celkové tloušťce materiálu jádra je v rozsahu 2,5 až 20 %.

Dále je podstatou vynálezu to, že vrstvu jádra kompozitního materiálu tvoří slitina hliníku série AA3000 a alespoň jednu plátovací vrstvu tvoří slitina hliníku ze série AA1000.

Výhodou vynálezu je použití kompozitního materiálu ze slitiny hliníku, který ideálně vyhovuje použití u aplikací při výrobě výměníků tepla, použití pro různé aplikace výroby výměníku tepla, zlepšení způsobu pájení a poskytnutí materiálu se zlepšenou elektrickou/tepelnou vodivostí, odporem proti prohýbu, s vysokou pevností, s odporem proti korozi.

Další výhodou tohoto vynálezu je poskytnutí materiálu pro holá chladicích žebířů ve formě kompozitního materiálu ze slitiny hliníku, kdy se materiál chladicích žebířů pájí na plátované trubky, které jsou součástí výměníku tepla, a dále poskytnout způsob výroby takového výměníku tepla použitím kompozitního materiálu podle vynálezu.

Pro splnění zmíněných cílů a výhod, tento vynález poskytuje kompozitní materiál ze slitiny hliníku, způsob jeho výroby a jeho použití při pájení. Kompozitní materiál zahrnuje vrstvu jádra s opačně orientovanými povrchy. Vrstva jádra je vytvořena z materiálu první slitiny hliníku, který tvoří 99 % váhového množství hliníku a více jak 1 % váhového množství jednoho nebo více kovových prvků. Jeden nebo více kovových prvků může být rozpuštěno nebo volně rozptýleno ve slitině, přitom tyto prvky zvyšují pevnost materiálu první slitiny hliníku tak, že materiál první slitiny hliníku má pevnost v tahu větší jak 103,4 MPa. Materiál jádra má hodnotu elektrické vodivosti menší jak 50 % IACS.

Kompozitní materiál rovněž zahrnuje alespoň jednu plátovací vrstvu s protilehlými vrstvami, přitom jeden z protilehlých povrchů leží v blízkosti jednoho protilehlého povrchu jádra, přitom alespoň část druhého protilehlého povrchu je vystavena fúzi, to znamená procesu spájení s druhou hliníkovou komponentou. Alespoň jedna plátovací vrstva je vytvořena z materiálu druhé slitiny hliníku, která obsahuje méně jak 1 % váhového množství jednoho nebo více kovových prvků, takže materiál druhé slitiny hliníku má hodnotu pevnosti v tahu menší jak 103,4 MPa. Plátovací materiál může rovněž zahrnovat jiné kovové prvky v roztoku v množství od 0 do 2,5 % hmotn., které zvyšují negativitu korozního potenciálu, takže korozní potenciál materiálu druhé slitiny hliníku je alespoň o 20 mV zápornější, než je hodnota korozního potenciálu materiálu

první slitiny hliníku vrstvy jádra. Plátovací vrstva má hodnotu elektrické vodivosti větší jak 50 % IACS.

5 V preferovaném provedení, vrstva jádra je vytvořena z jedné ze sérií AA3000, AA6000 a AA8000 hliníkové slitiny a plátovací vrstva je vytvořena z jedné ze sérií AA1000 a AA7000 hliníkové slitiny. Alespoň jedna plátovací vrstva může zahrnovat dvě plátovací vrstvy, přitom každá plátovací vrstva se nachází v blízkosti příslušného protilehlého povrchu vrstvy jádra. Přednost se dává tomu, aby vrstvou jádra byla slitina hliníku typu AA3000 a plátovací vrstvou byla slitina hliníku typu AA1000. Přednost se dává tomu, aby hodnota pevnosti v tahu vrstvy jádra byla větší
10 jak 138 MPa. Korozní potenciál plátovací vrstvy je alespoň o 50 mV zápornější než je tomu u vrstvy jádra.

Výhodou je i to, že kompozitní materiál může mít jakýkoliv tvar včetně tenké vrstvy pro chladicí žebra, pro trubky apod. Přednost se dává tomu, aby tloušťka každé plátovací vrstvy měla hodnotu
15 mezi 5 až 40 % celkové tloušťky kompozitního materiálu při použití jedné plátovací vrstvy a mezi 2,5 až 20 % celkové tloušťky při použití páru plátovacích desek.

Kompozitní materiál pájením spojuje jednu nebo více plátovacích vrstev kompozitního materiálu s jedním nebo více komponentami z hliníkové slitiny k vytvoření pájeného výrobku jako je
20 výměník tepla. Proces pájení je konvenčního typu, zahrnuje běžně kontrolovanou používanou atmosféru a zvláštní proudy, podtlakové pájení a podobně.

Výhodou je, že v pájených produktech, které obsahují komponenty z kompozitního materiálu, vrstva s vyšší elektrickou vodivostí je přednostně spojená s jinou částí komponentu výrobku jako
25 výsledek procesu pájení.

Další výhodou je to, že kompozitní materiál podle vynálezu je použit jako materiál pro výrobu holých žebér výměníku tepla, který je přizpůsoben k pájení pro vytvoření pájeného plátovaného potrubí. Vlastnosti vynalezeného kompozitu kombinují rezistenci vůči korozi, pevnosti a elek-
30 trické vodivosti tak, aby vyhovovaly striktním podmínkám kladeným na aplikace v tepelných výměnících, vyžadujících extrémně tenkostěnný materiál pro žebra a potrubí.

Přehled obrázků na výkresech

35 Obr. 1 znázorňuje první provedení vynálezu,

obr. 2 znázorňuje druhé provedení tohoto vynálezu,

40 obr. 3 znázorňuje provedení z obr. 1, spojené s jinou komponentou pro vytvoření spájeného výrobku,

obr. 4 znázorňuje kompozitní materiál z obr. 2 podle tohoto vynálezu, a to ve formě chladicího žebra, připájeného k plátovanému potrubí výměníku tepla,

45 obr. 5 znázorňuje graf porovnávající výsledky korozního testu SWAAT u různých materiálech.

Příklady provedení vynálezu

50 Vynález nabízí v oboru použití slitin hliníku jako výchozího materiálu pro holá žebra výměníku tepla pájená dohromady ke kombinování slitiny hliníku o vysoké elektrické vodivosti a relativně nízkou pevností se slitinou hliníku s nízkou elektrickou vodivostí a vyšší pevností, čehož výsledkem je kompozitní materiál se zlepšenou schopností pájení, s lepší tepelnou vodivostí, s vynikající odolností proti korozi a celkově vysokou elektrickou vodivostí. Materiálem s vysokou elek-
55

trickou vodivostí je plátovací vrstva, která pokrývá a/nebo se nachází u jednoho povrchu vrstvy materiálu jádra s nízkou elektrickou vodivostí. Elektrická vodivost plátovacího materiálu je větší jak 50 % IACS a elektrická vodivost vrstvy materiálu jádra s vyšší pevností je menší jak 50 % IACS. Kombinací plátovací vrstvy a vrstvy jádra se vytváří kompozitní materiál, který využívá

5 vlastností materiálu s vysokou pevností a zlepšenou odolností vůči deformacím vlivem vysoké teploty, a se zlepšenou odolností vůči prohýbání. Současně není proces pájení ohrožen vlivem nekompatibility mezi variabilitami procesu pájení a obsahem materiálu slitiny hliníku jádra s vysokou pevností. U plátovacího materiálu se dává přednost větším hodnotám elektrické vodivosti jak 55 % IACS.

10 Vrstva jádra s vysokou pevností a nízkou elektrickou vodivostí se může definovat množstvím kovových příměsí v čistém hliníku. Tyto materiály jádra s vysokou pevností se mohou definovat jako materiály obsahující značná množství hrubých kovových příměsí, například (ale bez omezení na vyjmenované) Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Si, Li, Ti, V, Zr a Zn. Tyto prvky jednotlivě

15 nebo v kombinaci zvyšují pevnost slitiny v roztoku nebo mimo něj, a to tak, že čistota slitiny je menší jak 99 % hmotn. hliníku. Jinými slovy, materiál jádra obsahuje více jak 1 % jednoho nebo více zmíněných kovových prvků zvyšujících pevnost, čímž pevnost v tahu dosahuje hodnoty nad 103,4 MPa.

20 Stejným způsobem jsou plátovací materiály s nízkou pevností a vysokou elektrickou vodivostí definovány jako slitiny s úrovněmi čistoty vyššími jak 99 % hmotn. hliníku. Plátovací vrstva může obsahovat kovové příměsí v množství od 0 do 2,5 % hmotn. těchto prvků, které vytváří korozní potenciál méně vzácný (více záporný) a jsou v roztoku udržovány tak, aby významně nesnižovaly elektrickou vodivost. Příkladem těchto prvků jsou například Ga, In a Zn. Jinými

25 slovy, plátovací vrstva obsahuje méně jak 1 % hmotn. prvků zvyšujících pevnost a přítomných ve vrstvě jádra, ale obsahuje až 2,5 % kovových prvků obecně v roztoku, čímž se korozní potenciál plátovací vrstvy stává zápornější; přednost se dává hodnotě o 20 mV větší, než je tomu u vrstvy jádra. Bez kovových prvků ve vrstvě jádra, které zvyšují pevnost, je hodnota pevnosti v tahu plátovacích vrstev menší jak 103,4 MPa.

30 Kompozitní slitina podle tohoto vynálezu poskytuje elektrickou vodivost, po realizovaném procesu pájení, s hodnotou alespoň o 2 % IACS větší než je hodnota elektrické vodivosti jádra. Snížení pevnosti po pájení kompozitního materiálu je menší o 20 %, než je hodnota pevnosti po pájení slitiny jádra. Kompozitní materiál může být definován následujícími hodnotami:

35 A = pevnost v tahu jádra po pájení

B = elektrická vodivost jádra

C = pevnost v tahu kompozitního materiálu po pájení

D = elektrická vodivost kompozitního materiálu, kde

40 $D - B > 2 \% \text{ IACS}$ a $A - C / C \times 100 < 20 \%$

Na základě zmíněné definice může být plátovací materiál s vysokou elektrickou vodivostí vybrán ze skupiny sérií AA1000, AA7000 a AA8000. Vysokou pevnost, materiál jádra s nízkou elektrickou vodivostí lze vybrat ze skupiny sérií slitin hliníku AA2000, AA3000, AA5000, AA6000,

45 AA7000 a AA8000, a to za předpokladu, že každá vybraná slitina má specifikovanou elektrickou vodivost. Slitiny, kterým se dává přednost, zahrnují série slitin AA1000 a AA7000 pro plátovací materiál a série slitin hliníku AA3000, AA6000 a AA8000 pro materiály jádra. Ještě větší přednost se dává slitinám AA1000 pro plátovací materiál a buďto AA3000, nebo AA6000 pro materiál jádra. Specifický příklad vrstvy jádra zahrnuje AA3003 a AA6061. Kromě elektrické vodivosti lze k rozlišení materiálů vrstev jádra a plátovacích vrstev brát v úvahu i mechanické vlastnosti. Vrstva jádra by měla mít pevnost v tahu větší jak 103,4 MPa a plátovací vrstva by měla mít

50 pevnost v tahu menší jak 103,4 MPa. U některých aplikací se pro vrstvu jádra dává přednost slitině s minimální hodnotou pevnosti, například vyšší jak 138 MPa pevnosti v tahu, namísto slitiny s hodnotou pevnosti v tahu 103,4 MPa.

Pro zvýšení odporu proti korozi by korozní potenciál plátovací vrstvy měl být o 20 mV zápornější, lépe o 50 mV zápornější, než je tomu u vrstvy jádra. Později uvedeme, že řízení rozdílu korozního potenciálu nesmíme zvyšuje odpor proti korozi kompozitního materiálu, čímž se stává ideálním pro výrobu výměníků tepla. Je nutné pochopit, že výběr slitin v různých sériích slitin Aluminium Association (AA) je odrazem hodnot pevnosti v tahu, požadované elektrické vodivosti a korozního potenciálu pro vrstvu jádra a plátovací vrstvu kompozitního materiálu, tak, jak to již bylo popsáno. Vhodné slitiny pro tento vynález mohou zahrnovat slitiny, které spadají pod přesně specifikované typy slitin, například AA3003 pro jádro, nebo to mohou být hybridy dvou i více slitin, a to za předpokladu, že pevnost a korozní potenciál vyhovují stanoveným směrnici, například slitiny, které mají charakter sérií slitin AA3000, AA7000 a AA8000. U jednoho použití existuje ideální kompozitní materiál podle tohoto vynálezu, a to pro spájení holého chladicího žebra výměníku tepla s plátovaným potrubím ve výměníku tepla. Holé chladicí žebro může být k plátovanému potrubí připájeno při zachování vynikající elektrické vodivosti po procesu pájení, odporu proti korozi a pevnosti. Pomocí této kombinace je ztráta integrity žebra a/nebo pevnosti kolony, na rozdíl od dosavadního stavu techniky, odstraněna nebo omezena. Chladicí žebro je méně náchylné k poškození, a to vlivem stálého tepelného a tlakového cyklu, se kterým se setkává tehdy, když se výměník tepla používá ve vozidle nebo jiném stroji. Zatímco chladicí žebro, podle dosavadního stavu techniky, může pro tyto typy aplikace vyhovovat požadavkům na pevnost, materiály dosavadního stavu techniky postrádají hodnoty elektrické vodivosti nutné pro výměnu tepla, a tím nejsou pro výměník tepla tak vhodné, jako kompozitní materiály podle tohoto vynálezu.

Obr. 1 znázorňuje jedno provedení kompozitního materiálu podle tohoto vynálezu, označeného vztahovou značkou 10. Kompozitní materiál zahrnuje vrstvu jádra 1 s protilehlými povrchy 3 a 5. Zobrazená je jedna plátovací vrstva 7 s jedním svým povrchem 9, sousedícím s povrchem 5 vrstvy jádra 1. Jelikož se povrch plátovací vrstvy 9 nachází u jádra, protilehlá vrstva 11 je holá, nebo připravená k připojení k jiné komponentě připájením. U provedení z obr. 1 může být tloušťka plátovací vrstvy od 5 do 40 % tloušťky celého kompozitního materiálu, to znamená kombinované tloušťky jádra a plátovací vrstvy, tj. poměr tloušťky nebo plátování. Celková tloušťka může záviset na konkrétní aplikaci kompozitního materiálu. Například u chladicího žebra může mít tloušťka vrstvy hodnotu mezi 0,05 a 0,15 mm. Jiné tvary zmíněné komponenty, například potrubí, mohou mít jiný rozsah tloušťky. Tloušťka zde může například dosahovat hodnoty 0,0203 mm.

Obr. 2 znázorňuje alternativní provedení 20, u kterého každý povrch 3 a 5 jádra se nachází u plátovacích vrstev 7. U tohoto provedení je hodnota poměru tloušťky každé plátovací vrstvy rozmezí mezi 2,5 a 20 % celkové tloušťky kompozitního materiálu 20.

Na obr. 1 a 2 je vrstva jádra popsána jako sousedící vrstva s jednou nebo více plátovacími vrstvami 7. Výraz sousedící znamená, že byly použity známé způsoby, to znamená přilnutí, vrstvení nebo spojení plátovací vrstvy s materiálem vrstvy jádra, a tím vytvoření zobrazené kompozitní struktury. Výraz vrstvení zahrnuje nutné kroky k vytvoření kompozitního materiálu z jádra a plátovacích materiálů. Příklady takového vrstvení zahrnují spojení naválcováním, u kterého jsou přítlačné síly použité ke spojení existujících vrstev dohromady. Jiné formy vrstvení mohou zahrnovat plynulé odlévání, kde každá vrstva je buďto odlévána anebo odlévána a opracovaná tak, že vytváří kompozitní strukturu. Způsoby, při kterých se vytváří jedna vrstva a druhá se vytvoří na ní, se mohou rovněž použít stejně, jako způsoby používané u kovových vrstev nanášených v tekutém nebo pevném stavu, jako tepelné stříkání, obloukové stříkání, práškové nanášení. Jestliže se začíná s jednou vrstvou, tato vrstva se může vytvořit použitím obvyklých ingotů nebo technikami plynulého odlévání a běžným válcováním za tepla nebo za studena. Plátovací materiál se následně na zmíněnou vrstvu aplikuje tak, aby se vytvořil kompozitní materiál.

Obr. 3 znázorňuje kompozitní materiál 10, připájený k jiné komponentě, zhotovené ze slitiny hliníku. Komponenta může být, pokud to bude požadováno, přeplátovaná pájením. Na tomto

obrázku je připájená zóna označená číslem 17. Procesem pájení může být jakýkoliv obvyklý proces pájení, a to včetně procesu CAB a procesu vakuového pájení. Přednost se dává procesu pájení v řízené atmosféře, u kterého se pájení provádí v podmínkách bez atmosféry (v suché atmosféře dusíku). Tento proces CAB se obecně používá pro spojení hliníkového materiálu za vyšší teploty, například 600 °C, kdy dochází k efektivnímu spájení. Během těchto typů pájení se používá tavidlo, které proces pájení ulehčuje. Jedním takovým tavidlem je Nocolok[®] tavidlo, které může nepříznivě spolupůsobit s pájeným materiálem. Použitím kompozitního materiálu podle tohoto vynálezu prvky slitiny, které se nachází ve slitinách hliníků s vysokou pevností, se z tavidla oddělují. Výsledkem je, že se slitina hliníku s vysokou pevností může použít jako složka spájeného výrobku, aniž by docházelo k nepříznivému ovlivňování procesu pájení. Konkrétněji, plátovací vrstva 7 z obr. 3 funguje jako difúzní bariéra vůči legujícím prvkům jádra, které by jinak proces pájení spolupůsobením s tavidlem degradovaly.

Plátovací vrstva 7 rovněž působí jako difúzní bariéra vůči roztavenému pájecímu materiálu 17, který by jinak pronikal do vrstvy jádra 1. Snížením hloubky a/nebo množství pájecího materiálu 17 pronikajícího do vrstvy jádra 1 se zlepši sedání materiálu a tavící charakteristiky pájeného výrobku. Plátovací vrstva, která obklopuje vrstvu jádra, nebo je aplikovaná pouze na povrch jádra, hraje roli dvojité difúzní bariéry.

Provedení na obr. 1 až 3 znázorňuje různé vrstvy ve formě tenké vrstvy nebo pásu. Kompozitní materiál se může vytvořit v jakékoliv formě, a to jako zvrásněné chladicí žebro, potrubí, sběrná komora kotle, nebo jako jiný tvar upravený pro pájení.

Podle obr. 4 je kompozitní materiál vytvořený jako zvrásněná holá tenká vrstva chladicího žebra 40, kde chladicí žebro zahrnuje vrstvu jádra 1 a pro pájení připravené vystupující plátovací vrstvy 7. Vystupující plátovací vrstvy 7 se připájí k pájením plátovanému potrubí 31, zahrnujícímu pájením plátovanou vrstvu 33 na jádře 35, a to použitím procesu pájení, například procesu CAB. Pájené plochy 41 a 43 fúzí do plátování 33 s plátovanými vrstvami 7 chladicího žebra 40.

Ačkoliv to není zobrazeno, potrubí 31 a chladicí žebro 30 jsou součástí výměníku tepla známého v oboru, viz například spis US 5 148 862, který uvádíme pro porovnání. Jelikož je jeho konstrukce dobře známá, není pro pochopení tohoto vynálezu jeho zobrazení nutné.

Zatímco obr. 4 znázorňuje provedení z obr. 2 jako holé chladicí žebro, zmíněné zvrásněné holé chladicí žebro s pouze jednou plátovací vrstvou 7 se může i tak připájet k plátovacímu materiálu.

Pro demonstraci neočekávaných zlepšení spojených s plátovacím materiálem, byly provedeny experimentální studie materiálu s vysokou pevností, ale i jiných materiálů podle tohoto vynálezu. U jednoho testuje materiál s vysokou pevností podobný materiálu série AA3000 slitiny hliníku, přitom kompozitní materiál podle tohoto vynálezu využívá materiál s vysokou pevností jako vrstvu jádra X3, a materiál AA 1100 jako plátovací vrstvu. U jiných sérii testů, materiály s vysokou pevností, zahrnují série slitin AA3000 a AA7000, které vyhovují definici materiálu jádra a plátovacího materiálu, tak jak to již bylo uvedeno.

Chemické složení materiálu je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1. Chemické složení (hmotnostní procento)*

Slitina	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Zr
Jádro A	1	0,2	<0,01	1,58	<0,01	-	2	0,1
AA1100 plát	0,1	0,5	0,15	0,01	<0,01	-	0	-
Plát X	0,2	0,5	0,15	<0,01	<0,01	<0,01	1,2	-
Plát Y	0	0,2	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,8	-
Jádro B	1	1	0,15	0,5	<0,01	<0,01	1,1	0,1
Jádro C	0,8	1	0,15	0,26	0,14	0,81	1	-
Jádro D	0,7	1	0,52	0,26	<0,01	0,5	1	-
Jádro E	0,7	1	0,66	0,58	0,15	<0,01	0,5	-

*Rovnovážný stav hliníku a náhodných nečistot

- 5 V jedné sérii testů byly pro studijní účely použité čtyři materiály, přitom jeden z nich bylo holé jádro A. Další tři materiály byly plátované materiály:
- 1) Jádro A plátované na obou površích materiálem AA1100 při poměru plátování 10 % (poměr plátování je tloušťka plátování dělena tloušťkou celého kompozitního materiálu).
 - 2) Jádro A plátované na obou površích materiálem AA1100 při poměru plátování 15 %,

10 3) Jádro A plátované na jednom povrchu materiálem AA1100 při poměru plátování 30 %.

Materiály byly vyrobené použitím laboratorně odlitého materiálu DC ingotu pro vrstvu jádra a výrobně odlitého DC odlitku pro plátovací vrstvu. Materiál jádra a plátovací ingoty se válcovaly za tepla na příslušné rozměry a kompozitní materiály byly sestaveny použitím drátu z nerezavějící oceli. Kompozitní materiál se znovu zahřál na teplotu 482 °C a válcovány se za tepla za účelem
 15 připojení plátovacího materiálu k materiálu jádra. Výstupní tloušťka kompozitních materiálů měla hodnotu 8,89 mm. Kompozitní materiál se válcovány za studena na přechodnou tloušťku pro žihání s hodnotou 0,254 mm, a dále se žihaly v sérii po dobu dvou hodin při teplotě 399 °C. Kompozitní materiál byl podroben za studena konečné redukci o 30 % na tloušťku 0,178 mm, přitom se
 20 vytvořil popuštěný materiál žebra. Vzorky kompozitních materiálů a neplátované chladicí žebro slitinou, v tabulce 2 označené jako X3, byly zpracovány podle stejné popouštěcí metody a byly podrobeny simulovanému cyklu pájení při 593 °C, a dále byly podrobeny zhodnocení svých mechanických vlastností a elektrické vodivosti. Výsledky tohoto zhodnocení jsou uvedené v tabulce 2. Z této tabulky je zřejmé, že kompozitní materiál podle tohoto vynálezu vykazuje
 25 mnohem lepší hodnotu elektrické vodivosti přes vyšší pevnost u neplátovaného materiálu, čímž se tento materiál stal vhodným kandidátem pro materiál výměníku tepla, který je schopný pájení. Zvýšení hodnoty elektrické vodivosti po pájení z 41,0 % IACS na jednu z hodnot 41,0 % IACS a 44,0 % IACS je významným zvýšením, jelikož takové zvýšení elektrické vodivosti ukazuje na zlepšení tepelné vodivosti, čímž se zlepšuje výměna tepla.

30

Tabulka 2

Slitina jádra	Plátovací slitina	Strany	Poměr plátování %	Pevnost v tahu po pájení (MPa)	Elektrická vodivost po pájení (% IACS)
X3	žádná	žádná	žádný	147	41
X3	AA1100	dvě	10	139	43
X3	AA1100	dvě	15	134	44
X3	AA1100	jedna	30	132	44

Byly provedeny další série testů, které sledovaly již zmíněné experimentální procedury pro jádro A a série slitiny AA1100, a které používaly další materiály z tabulky 1. Tabulka 3 znázorňuje hodnoty pevnosti v tahu po pájení a vodivosti pro AA1100, plátování X a B, a jádra B až E, dále jak jsou různé materiály ve vzájemném vztahu s definicemi vrstev jádra a plátovacích vrstev, tak jak to již bylo uvedeno. Tabulka 3 uvádí, že plátované materiály mají pevnost v tahu menší jak 103,4 MPa a elektrickou vodivost větší jak 50 % IACS, zatímco všechny slitiny jádra převyšují hodnotu pevnosti v tahu 103,4 MPa a mají vodivost menší jak 50 % IACS.

Tabulka 3. Různé vlastnosti vrstvy jádra plátovací vrstvy

Slitina	Pevnost v tahu (MPa) po pájení	Vodivost po pájení (% IACS)
AA1100	90	58
Plát X	74	56
Plát Y	48	59
Jádro B	156	45
Jádro C	146	44
Jádro D	145	48
Jádro E	145	45

Tabulka 4 uvádí hodnoty pevnosti v tahu a vodivosti plátovacích vrstev a vrstev jádra zformovaných do kompozitního materiálu. Z této tabulky je zřejmé, že kompozitní materiály po spájení poskytují vynikající hodnoty elektrické vodivosti a pevnosti, čímž se stávají žádoucí všude tam, kde se požaduje dobrá vodivost a pevnost, například u holých chladicích žebér výměníku tepla.

Jak to již bylo uvedeno, nutnou vlastností materiálu určeného pro výměnu tepla je odolnost proti korozi. Tabulka 5 uvádí hodnoty korozního potenciálu testovaného materiálu a obr. 5 graficky znázorňuje korozní chování při testování SWAAT. Jelikož tento typ testování pod ASTM G85 je dobře známý, není pro pochopení výsledků testu nutné uvádět detaily testování.

Tabulka 4. Vlastnosti vyrobených kompozitních materiálů

Stanovení kompozitního materiálu	Typ jádra	Typ plátování	Poměr tloušťky %	Pevnost po spájení MPa	Vodivost po spájení % IACS	Velikost zrna po pájení μm
Y/B	Jádro B	Plát Y	15	121	49	635
Y/B	Jádro B	Plát Y	10	125	47	677
Y/C	Jádro C	Plát Y	15	121	48	203
Y/C	Jádro C	Plát Y	10	129	47	441
X/D	Jádro D	Plát X	15	125	50	597
Y/D	Jádro D	Plát Y	10	135	50	251
X/E	Jádro E	Plát X	15	123	47	535
X/E	Jádro E	Plát X	10	138	47	339

Tabulka 5. ASTM G69 Elektrochemický korozní potenciál

Slitina	Korozní potenciál mV vs. Standardní kalomelová elektroda.
1100	-746
Plát X	-892
Plát Y	-782
Jádro A	-892
Jádro B	-803
Jádro C	-742
Jádro D	-720
Jádro D	-720

Obr. 5 znázorňuje materiály série slitiny AA1100, jádro A a plát Y, které mají mnohem zápornější potenciály, a to alespoň o 20mV, než je tomu u některé ze slitin jader B až E. Vysoký korozní potenciál jádra A může být přisouzen velkému množství přítomného zinku, a proto se nedá očekávat, že by korozní chování plátu AA1100 na jádru A bylo lepší, než u samotného jádra A.

Významnější hodnoty odporu proti korozi lze získat ovládním potenciálu plátovací vrstvy tak, aby byl alespoň o 20 mV zápornější než je tomu u materiálu jádra. Podle obr. 5 jsou doby odporu proti korozi SWAAT vyznačeny proti různým materiálům včetně holým materiálům jádra a kompozitním materiálům, přitom některé z nich jsou materiály podle tohoto vynálezu. Holé materiály jádra AA3003, AA7013 a jádra B až E bez plátování nevykazují výraznější odpor proti korozi. Kompozitní materiály plátu Y na jádře C a plát X a Y na jádře D vykazují výraznější odpor proti korozi v porovnání s neplátovanými jádrem D nebo E. Kompozitní materiály podle tohoto vynálezu rovněž vykazují zlepšené hodnoty odporu proti korozi, a to v porovnání se slitinami dosavadního stavu techniky AA3003 a AA7013.

Kompozitní materiál je rovněž prospěšný v tom, že se k vytváření zlepšených pájených výrobků nepožadují neobvyklé a speciální prvky slitin a techniky zpracování. Ve skutečnosti lze využít standardní slitiny na základě vlastností elektrické vodivosti, a to jak pro materiály jádra, tak i pro plátovací materiály, používané k vytvoření kompozitního materiálu a výrobku. Podle toho co již bylo uvedeno, slitiny se mohou vyrábět mnohem ekonomičtěji, přitom vzniklé úspory se odráží v nákladech na výrobu pájených výrobků.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Použití kompozitního materiálu ze slitiny hliníku jako výchozí suroviny pro holá žebra výměníku tepla, přičemž kompozitní slitina hliníku obsahuje:

a) vrstvu jádra s protilehlými povrchy jádra, kdy je vrstva jádra vytvořená z materiálu první hliníkové slitiny s množstvím hliníku menším než 99 % hmotn. a s více než 1 % hmotn. kovových prvků, zvolených ze skupiny, která obsahuje Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Si, Li, Ti, V, Zr, Zn, přičemž jeden nebo více kovových prvků se nachází v roztoku nebo mimo roztok ke zvýšení pevnosti materiálu první hliníkové slitiny k dosažení hodnoty pevnosti v tahu materiálu první hliníkové slitiny větší než 103,4 MPa a hodnoty elektrické vodivosti menší než 50 % IACS; a

b) alespoň jednu plátovací vrstvu o dvou površích, přičemž jeden povrch se nachází u jednoho z protilehlých povrchů jádra a je vystavený fúzi s jinou složkou hliníku, kdy alespoň jedna plátovací vrstva je vytvořená z materiálu druhé hliníkové slitiny s obsahem kovových prvků, zvolených ze skupiny Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Si, Li, Ti, V a Zr, v množství menším než 1 % hmotn., k dosažení hodnoty pevnosti v tahu menší než 103,4 MPa u materiálu druhé hliníkové slitiny, která obsahuje kovové přídavky dalších kovových prvků ze skupiny obsahující Ga, In a Zn do 2,5 % hmotn., které se nachází v roztoku k zajištění zvýšení negativity korozního potenciálu a k dosažení rozdílu korozních potenciálů materiálů první a druhé hliníkové slitiny alespoň o 20 mV, přičemž korozní potenciál materiálu druhé hliníkové slitiny je alespoň o 20 mV zápornější než je korozní potenciál materiálu první slitiny vrstvy jádra, mající elektrickou vodivost větší než 50 % IACS.

2. Použití podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že k vytvoření vrstvy jádra se použije slitina hliníku ze sérií AA3000, AA6000 a AA8000 slitin hliníku a plátovací vrstvy tvoří jedna ze slitin hliníku série AA1000 a AA7000.

3. Použití kompozitního materiálu podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že jedna plátovací vrstva zahrnuje alespoň dvě plátovací vrstvy v blízkosti příslušného protilehlého povrchu vrstvy jádra, přičemž každý z protilehlých povrchů plátovacích vrstev se vystaví procesu pájení.

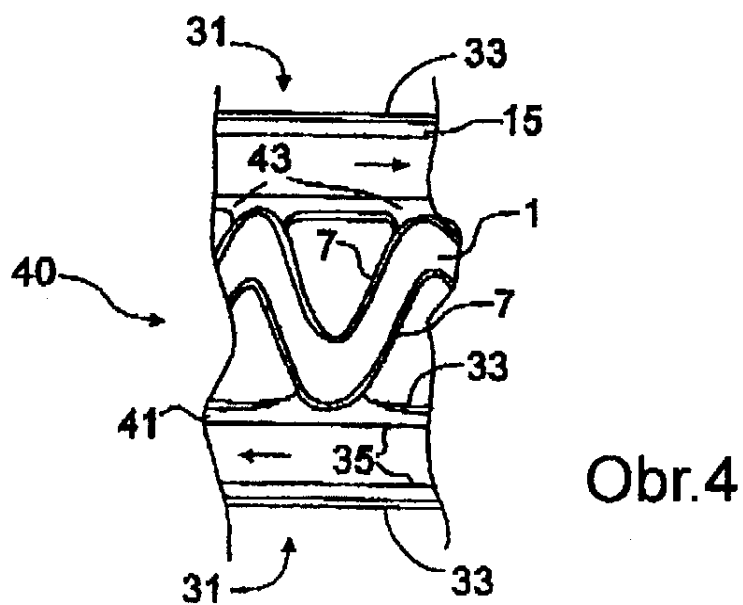
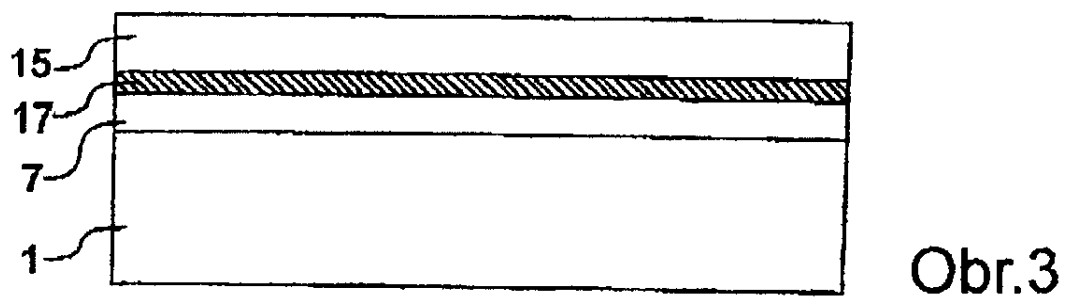
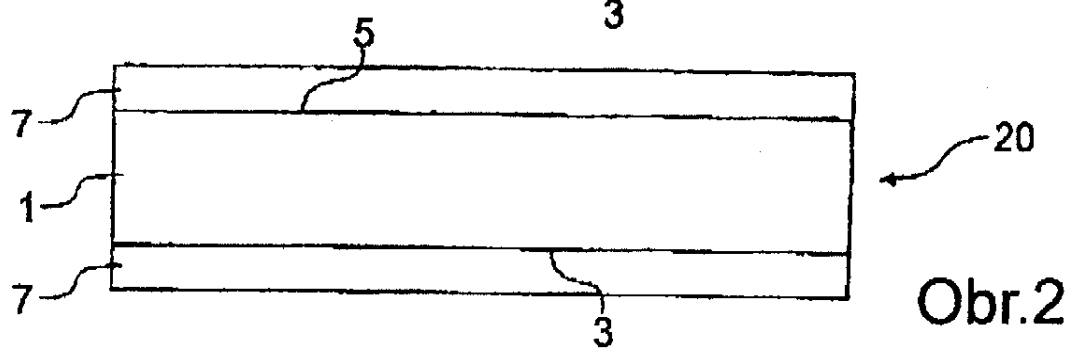
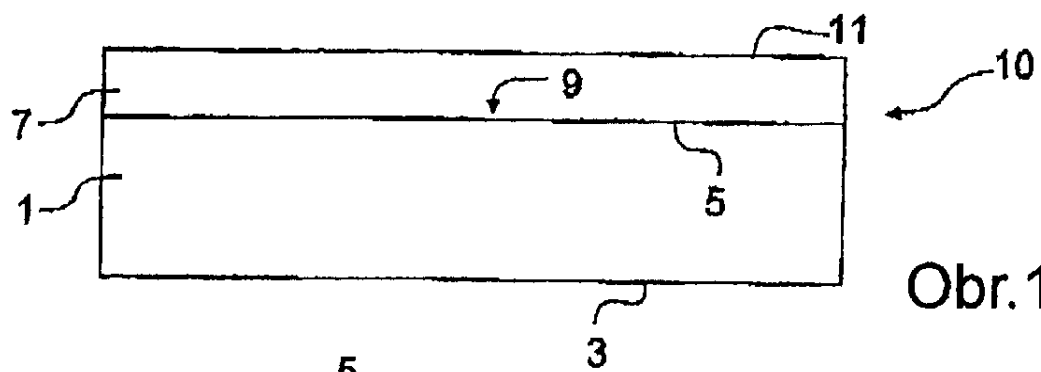
4. Použití kompozitního materiálu podle kteréhokoliv nároku 1 až 3, **vyznačující se tím**, že materiál jádra a plátovací vrstvy je tenkostěnným materiálem.

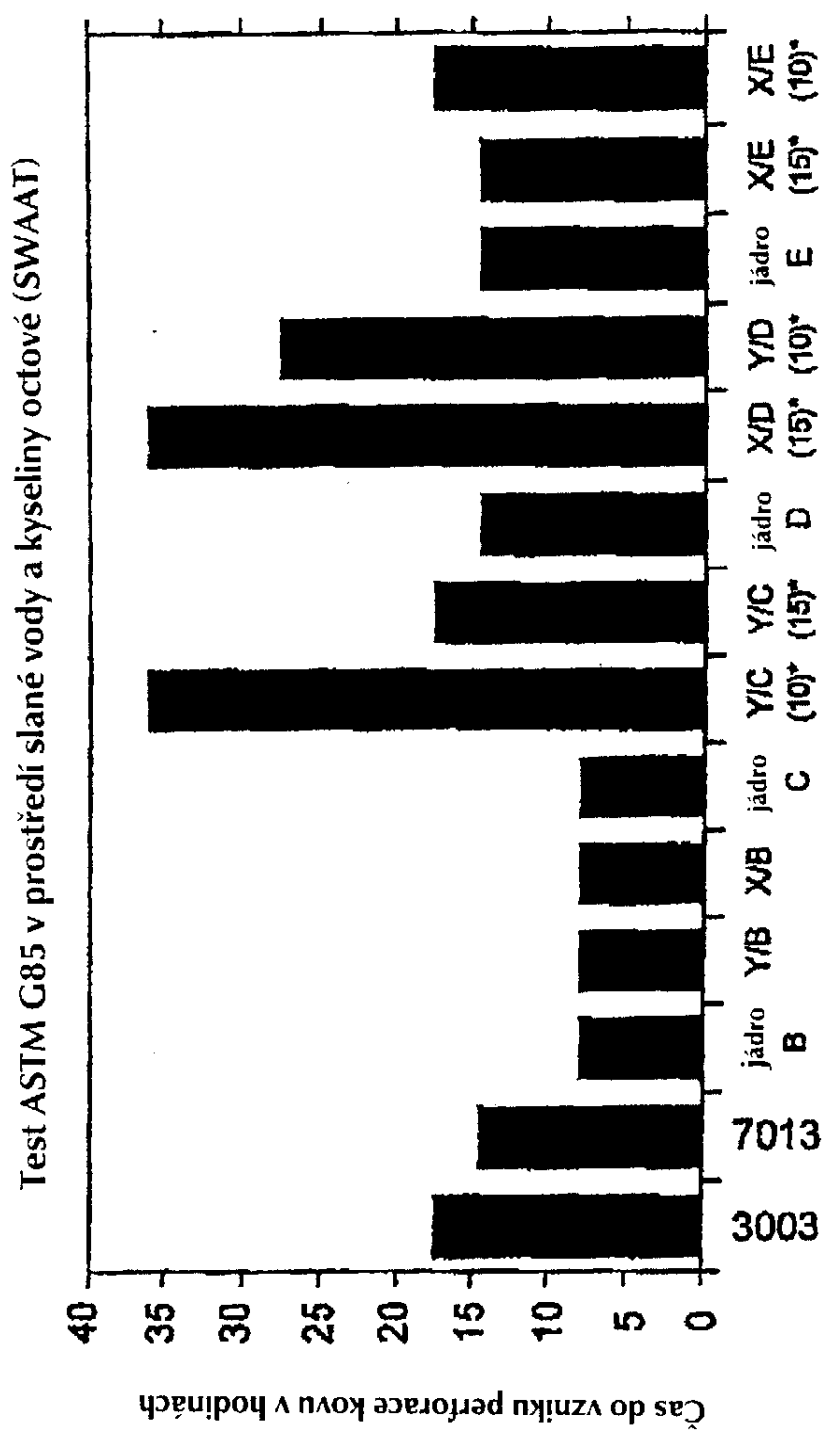
5. Použití kompozitního materiálu podle kteréhokoliv nároku 1 až 4, **vyznačující se tím**, že materiál jádra má první tloušťku a alespoň jedna plátovací vrstva má druhou tloušťku, přitom poměr hodnoty druhé tloušťky k hodnotě součtu první a druhé tloušťky je v rozsahu 5 až 40 %.

6. Použití kompozitního materiálu podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že materiál jádra má první tloušťku a každá ze dvou plátovacích vrstev má druhou tloušťku, přitom poměr každé druhé tloušťky k celkové tloušťce materiálu jádra je v rozsahu 2,5 až 20 %.

7. Použití kompozitního materiálu podle kteréhokoliv nároku 1 až 6, **vyznačující se tím**, že vrstvu jádra kompozitního materiálu tvoří slitina hliníku série AA3000 a alespoň jednu plátovací vrstvu tvoří slitina hliníku ze série AA1000.

2 výkresy





* poměr tloušťky plátu k tloušťce jádra v %

Obr.5

Konec dokumentu