



(12) Patentskrift

(10) SE 534 689 C2

(21) Patentansökningsnummer: 1050352-2
(45) Patent meddelat: 2011-11-15
(41) Ansökan allmänt tillgänglig: 2011-03-18
(22) Patentansökan inkom: 2010-04-09
(24) Löpdag: 2010-04-09
(83) Deposition av mikroorganism: ---
(30) Prioritetsuppgifter: 2009-09-17 SE 0950678-3

(51) Internationell klass:
B23K 35/02 (2006.01)
B23K 35/28 (2006.01)
B32B 15/01 (2006.01)
C22C 21/00 (2006.01)

(73) Patenthavare: Sapa Heat Transfer AB, 612 81 Finspång SE
(72) Uppfinnare: David Abrahamsson, Finspång SE
Richard Westergård, Norrköping SE
Torkel Stenqvist, Finspång SE
(74) Ombud: Groth & Co KB, Box 6107, 102 32 Stockholm SE
(54) Benämning: Lodpläterad aluminiumplåt
(56) Anförda publikationer: ---
(47) Sammandrag:

En lodpläterad flerskiktspålit i aluminium bestående av: ett kärnmaterial som på ena eller båda sidor är försett med ett mellanskikt bestående av en lodlegering i Al-Si placerad mellan kärnan och ett tunt täckskikt som täcker mellanskiktet, där det nämnda kärnmaterial och täckskiktet har högre smälttemperatur än Al-lodlegeringen och där täckskiktet innehåller Bi 0,01 till 1,0 vikt-% Mg, $\leq 0,01$ vikt-%, Mn $\leq 1,0$ wt-%, Cu $\leq 1,2$ wt-%, Fe $\leq 1,0$ vikt-%, Si $\leq 1,9$ vikt-%, helst $\leq 1,4$ vikt-%, allra helst $\leq 0,9$ vikt-%, Ti $\leq 0,1$ vikt-%, Zr, Cr, V och/eller Sc, totalt $\leq 0,2\%$ och oundvikliga föroreningar i halter vardera på mindre än 0,05 vikt-%, och en total föroreningshalt av mindre än 0,2 vikt-%, resterande bestående av aluminium; och en värmeväxlare innefattande den lodpläterade plåten.

Sammanfattning

En lodpläterad flerskiktspålit i aluminium bestående av: ett kärnmaterial som på ena eller båda sidor är försett med ett mellanskikt bestående av en lodlegering i Al-Si placerad mellan kärnan och ett tunt täckskikt som täcker mellanskiktet, där det nämnda kärnmaterial och täckskiktet har högre smälttemperatur än Al-lodlegeringen och där täckskiktet innehåller Bi 0,01 till 1,0 vikt-% Mg, $\leq 0,01$ vikt-%, Mn $\leq 1,0$ wt-%, Cu $\leq 1,2$ wt-%, Fe $\leq 1,0$ vikt-%, Si $\leq 1,9$ vikt-%, helst $\leq 1,4$ vikt-%, allra helst $\leq 0,9$ vikt-%, Ti $\leq 0,1$ vikt-%, Zr, Cr, V och/eller Sc, totalt $\leq 0,2\%$ och oundvikliga föroreningar i halter vardera på mindre än 0,05 vikt-%, och en total föroreningshalt av mindre än 0,2 vikt-%, resterande bestående av aluminium; och en värmväxlare innefattande den lodpläterade plåten.

Lodpläterad aluminiumplåt

Uppfinningens omfång

- 5 Föreliggande uppfinning hänför sig till en vidareutvecklad lodpläterad flerskiktsplåt i aluminium innefattande ett kärnmaterial täckt av ett mellanliggande skikt i en lodlegering samt ett yttre täckskikt. Uppfinningen hänför sig också till en värmeväxlare innefattande nämnda vidareutvecklade lodpläterad flerskiktsplåt i aluminium.

10 Bakgrund

Föreliggande uppfinning hänför sig till plåtmaterial för sammanfogning genom lödning av aluminiummaterial i inert eller reducerande atmosfär utan att flussmedel erfordras för att bryta sönder, lösa upp eller lossa oxidskiktet på ytan.

15

En utmaning idag är att tillverka material och komponenter för värmeväxlarindustrin till lägsta möjliga slutliga kostnad och med bästa möjliga kvalitet. En vanlig teknologi vid tillverkning av värmeväxlare är lödning i kontrollerad atmosfär, normalt bestående av kväve med så låga halter oxiderande föroreningar som möjligt. Denna process kallas allmänt

20 hårdlödning eller CAB-lödning ("Controlled Atmosphere Brazing") och innefattar applicering före lödningen av ett Al-K-F-baserad flussmedel på de ytor som ska sammanfogas. Flussmedlet bryter sönder eller löser upp det ytliga oxidskiktet på tillsatsmaterialet och underlättar på så vis vätningen mellan de ytor som ska sammanfogas och förhindrar samtidigt att nya oxider bildas under sammanfogningen. Kvarvarande flussrester efter löd-

25 ningen anses emellertid allt mer almänt som skadliga för värmeväxlaren eftersom de kan lossna från de lödda aluminiumytorna och täppa till inre kanaler och därigenom förhindra effektiv värmeväxling. Det finns också en misstanke om att användningen av flussmedel i vissa fall leder till korrosion och erosion vilket i sin tur leder till mindre effektiva enheter och i vissa extremfall till kortare livslängd för enheten. Förutom de rent funktionsrelaterade nackdelarna med användningen av flussmedel får flussmedel och flussning allvarliga

30 återverkningar på exempelvis arbetsmiljö, kostnader, investeringar i lödrelaterade redskap och underhåll av dessa, samt energiåtgång och miljö.

30

35

För att man vid produktionen av värmeväxlare ska kunna använda CAB-lödning utan att applicera flussmedel måste nya material utvecklas som gör det möjligt att producera lödfogar utan att oxidskiktet på aluminiumlegeringarnas ytor först avlägsnas.

Samtliga benämningar på tillstånd och legeringar nedan refererar till Aluminium Association designation Standards and Data samt registreringsprotokoll publicerade av Aluminium Association år 2007.

5 Patentet EP1306207B1 beskriver en aluminiumlodlegering som lämpar sig för lödning i inert gas utan användning av flussmedel. Uppfinningen är baserad på en lodpläterad flerskiktsplåt där det yttre materialet består av ett tunt täckskikt som täcker en Al-Si-baserad legering innehållande 0,1 till 0,5 vikt-% Mg , 0,01 till 0,5 vikt-% Bi och ett kärnmaterial. När temperaturen i en lödcykel stiger börjar det mellanliggande Al-Si-skiktet att smälta och expandera volumetriskt före de andra skikten, vilket leder till att det tunna täckskiktet spricker upp så att det smälta tillsatsmaterialet kan sippra igenom sprickorna och vidare ut på den lodpläterade plåtens yta.

10 I WO2008/155067A1 beskrivs en liknande metod för lödning utan flussmedel. Denna metod skiljer sig från den ovan nämnda i det att man använder sig av en Mg-halt i lodlegeringen på mellan 0,01 och 0,09 vikt-%. Dessutom erfordras en låg Mg-halt i kärnmaterialet (helst lägre än 0,015 vikt-%) för att denna uppfinning ska fungera.

Sammanfattning av uppfinningen

20 De metoder för lödning utan flussmedel som finns tillgängliga enligt känd teknik har alla den begränsningen att Bi erfordras i lodlegeringsskiktet. Bi anses i många fall som en förorening och kan därför utgöra ett problem vid hanteringen av skrotningsmaterial från tillverkningsprocessen. Det finns också en allmän önskan att förbättra lödprocessen.

25 Föreliggande uppfinning har som syfte att tillhandahålla en lodpläterad plåt i en aluminiumlegering som kan lödass i inert eller reducerande atmosfär utan att flussmedel behöver appliceras, vilket medför förbättrade lödfogar och renare skrotningsmaterial, d.v.s. hanteringen av skrotmaterial förenklas.

30 Allt hårdare krav ställs, i första hand från bilindustrin, på den mängd flussrester som kan tillåtas i ett värmeväxlersystem. Det är svårt och dyrt att repetitivt applicera små mängder flussmedel på flera mindre områden på innerytor i en värmeväxlare för repetitiv formning av högkvalitativa innerfogar, och denna uppfinning erbjuder en klar fördel vad gäller den delen av värmeväxlartillverkningen. Eftersom det inte finns något flussmedel på värme-

35

växlarens yttertor undviker man de problem som kan uppstå i och med att flussrester lösgörs och kommer in i passagerarutrymmet.

5 Det finns också en klar kostnadsfördel med lödning av värmeväxlarenheter utan att använda flussmedel, eftersom inte bara kostnaden för själva flussmedlet elimineras, utan därutöver förkortas ledtiden genom ugnen, kostnaden för arbetskraft minskar, golvutrymme i fabriken frigörs, och behovet av underhåll av lödverktyg minskar liksom behovet av städning som följd av dammbildning. Ytterligare några positiva faktorer av betydelse är
10 bättre arbetsmiljö för alla, minskade mängder solitt avfall och avloppsvatten från flussningssystemet, och mindre mängder skadliga gasutsläpp från lödprocessen.

Den lodpläterade plåten i en aluminiumlegering enligt föreliggande uppfinning består av en kärna med aluminiumbas, som på en eller två sidor är täckt av en lodlegering av Al-Si-
15 typ i form av ett mellanskikt, där nämnda mellanskikt i sin tur är täckt av ett yttre täckskikt bestående av en tunn Mg-fri aluminiumbaserad legering med en tillsats av Bi. Likvidustemperaturen för Al-Si-legeringen i mellanskiktet är lägre än solidustemperaturen för kärnan och det tunna täckskiktet, vilket gör att det mellanliggande lödskiktet genom volumetrisk expansion kan bryta upp täckskiktet under lödningen, så att smält tillsatsmetall kan sippra genom täckskiktet, väta en motstående yta och bilda en fog.
20

Uppfinningen beskrivs här nedan som en lodpläterad treskiktsplåt i en aluminiumlegering där lödningen utförs på plåtens ena sida. Uppfinningen kan emellertid användas för att skapa lödfogar på båda sidor om kärnan, och den lodpläterade plåten kommer då att bestå av fem skikt. Den kan också täckas på den ena sidan av ett skikt av en aluminiumle-
25 gering med lägre korrosionspotential än kärnmaterialet. Ett skikt i en aluminiumlegering kan också infogas mellan kärnan och det offeranodiska skiktet och där utgöra diffusionshinder mellan legeringsämnena i kärnan och i det offeranodiska skiktet vilket minskar risken för att dessa bildar föreningar. Då kommer den lodpläterade plåten att innehålla sex eller sju skikt, beroende på om diffusionslegeringsskiktet erfordras på den ena eller båda
30 sidor om kärnlegeringen.

Detaljerad beskrivning av uppfinningen

Föreliggande uppfinning tillhandahåller en produkt av lodpläterad plåt i en aluminiumle-
35 gering innefattande: ett kärnmaterial täckt av ett mellanskikt av en Al-Si-legering samt ett tunt täckskikt av aluminium som innehåller Bi för att förbättra lödegenskaperna, där

nämnda kärnmaterial och täckskikt har en högre smältpunkt än den mellanliggande lodlegeringen.

Likvidustemperaturen för Al-Si-lodlegeringen i mellanskiktet är lägre än solidus-

5 temperaturen för kärnan och det tunna täckskiktet, vilket gör att nämnda mellanskikt genom volumetrisk expansion kan bryta upp täckskiktet under lödningen, så att det smälta fyllnadsmaterialet kan sippra genom täckskiktet och bilda en fog med närbelägna material som ligger an mot ytan av nämnda täckskikt.

10 Nämnda Al-Si lodlegering innehåller från 0,01 till 5 vikt-% Mg, helst 0,05 till 2,5 vikt-% Mg. Mg-halten bör vara 0,1 till 2,0 vikt-% för optimal relation mellan lodlegeringen resp. kärnans legering vad gäller deras hårdhet, och en halt av mindre än 1,5 vikt-% Bi, helst lägre än 0,5 vikt-% Bi, allra helst mindre än och 0,2 vikt-% Bi. Det tunna yttre täckskiktet innehåller 0,01 till 1,0 vikt-% Bi, dock hellre 0,05 till 0,7 vikt%. För att få goda lödegenskaper
15 och undvika onödiga kostnader bör lodlegeringen innehålla en Bi-halt av 0,07 till 0,3 vikt-%.

Att tillsätta Bi i det yttre skiktet i enlighet med föreliggande uppfinning förbättrar fogbildningen och gör att fogen bildas snabbare och blir större. Om det finns Bi i det tunna täckskiktet är det inte heller nödvändigt att tillsätta några större mängder Bi i den mellanliggande lodlegeringen, och Bi i den mellanliggande lodlegeringen kan eventuellt uteslutas helt. Detta ger en minskad användning av Bi och reducerar mängden skrot som innehåller Bi. Det reducerar också risken för intergranular korrosion som följd av att Bi kommer in i kärnans legering längs t ex korngränser, både under produktionen av den lodpläterade plåten och under lödningen. Ytterligare en fördel är att denna legering kan gjutas i en
20 enda liten ugn, vilket minskar risken för Bi-föroreningar. Det är också viktigt att Mg-halten i det tunna täckskiktet är låg för att undvika att ett tunt oxidationsskikt bildas på ytan under uppvärmningen inför lödningen; halten bör vara lägre än 0,05 vikt-%, och helst bör det tunna täckskiktet inte innehålla något Mg alls.

30 Mängden Si i den mellanliggande Al-Si-lodlegeringen kan fastställas utifrån önskad lödprocess och ligger vanligtvis mellan 5 och 14 vikt-% Si; helst bör halten dock vara 7 till 13 vikt-% Si, och ännu hellre 10-12,5 vikt% Si. En Si-halt i den övre delen av Si-intervallet ger det smälta tillsatsmaterialet tillräcklig flytbarhet även då täckskiktet har lösts upp och
35 reducerat Si-koncentrationen i smältfasen. Att Mg tillsätts i Al-Si-lodlegeringen är ytterst viktigt för att oxidskiktet på ytan ska kunna brytas upp och motstående yta vätas, och det

är också ytterst viktigt att Bi tillsätts i det tunna täckskiktet för att förbättra lödegenskaperna.

Al-Si-lodlegeringen innehåller således:

5	Si	5 till 14 vikt-%, helst 7 till 13 vikt-%, ännu hellre 10-12,5 vikt-%,
	Mg	0,01 till 5 vikt-%, helst 0,05 till 2,5 vikt-%, ännu hellre 0,1 till 2,0 vikt-%,
	Bi	≤1,5 vikt-%, helst 0,05 till 0,5 vikt-%, allra helst 0,07 till 0,2 vikt-%,
	Fe	≤0,8 vikt-%
	Cu	≤0,3 vikt-%,
10	Mn	≤0,15 vikt-%,
	Zn	≤4 vikt-%,
	Sn	≤0,1 vikt-%
	In	≤0,1 vikt-%
	Sr	≤0,05 vikt-%, och

oundvikliga föroreningar, var och en uppgående till mindre än 0,05 vikt-%, samt ett totalt innehåll av föroreningar på mindre än 0,2 vikt-%, resterande bestående av aluminium,

Zn, Sn och In minskar korrosionspotentialen hos aluminiumlegeringar. Sr är ett kraftfullt tillsatsmedel för att minska Si-partiklarnas storlek. Al-Si-lodlegeringen kan också vara helt Bi-fri, varvid den totala halten Bi i lodpläteringsplåten reduceras ytterligare.

20

En lodpläterad plåt enligt föreliggande uppfinning kan användas med en kärna av valfri typ av lodpläterad aluminiumplåt. Lämpligt material för kärnan är en legering, vilken som helst, ur AA3XXX-serien. Inom ramen för föreliggande uppfinning har det överraskande nog visat sig att fogbildningen vid lötning är god även då Mg har tillsatts i kärnlegeringen, vilket betyder att Mg-halten i kärnmaterialet inte nödvändigtvis måste vara låg.

25

Således kan legeringen i kärnan innehålla:

30	Mn	0,5-2,0 vikt-%,
	Cu	≤1,2 vikt-%,
	Fe	≤1,0 vikt-%,
	Si	≤1,0 vikt-%,
	Ti	≤0,2 vikt-%,
35	Mg	≤2,5 vikt-%, helst 0,03-2,0 vikt-%
	Zr, Cr, V och/eller Sc	≤0,2 vikt-%, och

oundvikliga föroreningar, var och en uppgående till mindre än 0,05 vikt-%, samt ett totalt innehåll av föroreningar på mindre än 0,2 vikt-%, resterande bestående av aluminium,

Det tunna täckskiktet som består av en aluminiumlegering vars smältpunkt är högre än smältpunkten för Al-Si-lödmetallen i det mellanliggande skiktet måste i princip vara Mg-fritt för att undvika att magnesiumoxider bildas på ytan. Mg-halten i det tunna täckskiktet bör därför vara lägre än 0,05 vikt-%, och ännu hellre lägre än 0,01 vikt-%. Helst bör inte något Mg alls avsiktligt tillsättas i legeringen. En viss mängd Si, 1,9 vikt-% eller mindre, i det tunna täckskiktet gör att täckskiktet lättare stannar kvar i fast tillstånd när lodskiktet smälter, vilket också gynnar vätningen och fogbildningen. Ren aluminium kan innehålla upp till 1,65% Si i fast lösning utan att smälta vid 577 °C, vilket är den temperatur då de lodlegeringar som normalt används vid CAB-lödning smälter. Förekomsten av Fe, Mn och andra element som kan reagera med Si och bilda intermetalliska föreningar reducerar mängden Si i fast lösning, och således kan den tolererade Si-nivån i täckskiktet ökas till 1,9%.

Den kemiska sammansättningen i det tunna täckskiktet,

Bi	0,01 to 1.0 vikt-%, helst 0,05 till 0,7 vikt-%, och ännu hellre 0,07 till 0,5 vikt-%,
Mg	≤0,05 vikt-%, helst ≤0,01 vikt-%, ännu hellre 0%
Mn	≤1,0 vikt-%,
Cu	≤1,2 vikt-%,
Fe	≤1,0 vikt-%,
Si	≤1,9 vikt-%, helst ≤1,65 vikt-%, ännu hellre ≤1,4 vikt-%, och allra helst ≤0,9 vikt-%
Ti	≤0,1 vikt-%,
Zn	≤6 vikt-%, Sn ≤0,1 vikt-%, In ≤0,1 vikt-%, och

oundvikliga föroreningar, var och en uppgående till mindre än 0,05 vikt-%, samt ett totalt innehåll av föroreningar på mindre än 0,2 vikt-%, resterande bestående av aluminium.

Zn, Sn och In kan inkluderas för att minska legeringens korrosionspotential och för att bidra till att lämplig korrosionspotentialgradient bildas genom hela plåten efter lödningen.

Mellanskikt av Al-Si-lodlegeringar och täckskikten på båda sidor om kärnan skapar gynnsammare förutsättningar för effektiv lödning på båda sidor av den lodpläterade plåten.

Den lodpläterade aluminiumplåten är totalt mellan 0,04 och 4 mm tjock, vilket är en lämplig tjocklek för värmeväxlartillverkning. Tjockleken på det tunna täckskiktet bör vara 0,1 till 10% av den lodpläterade flerskiktspålets totala tjocklek, detta för att kunna ge ytan på den lodpläterade plåten effektivt skydd mot oxidbildning och ändå lätt brytas upp under

lödningen. Täcksiktet kan vara mellan 0,4 och 160 μm tjockt. Mellanskiktet bör ha en tjocklek som motsvarar 3 till 30% av den lodpläterade flerskiktsplåtens totala tjocklek. Det tunna täcksiktet ska vara så tjockt att Mg och Bi inte hinner diffundera igenom det och ut till ytterytan under lödningen, detta för att minimera risken för oxidering och försämrade

5 vätning. Tjockleken på det tunna täcksiktet är mellan 1% och 40% av den mellanliggande lodlegeringens, dock hellre mellan 1 och 30%, och allra helst mellan 10 och 30%. Lämpligt temperaturintervall för lödningen är mellan 560°C och 615°C, och helst 570°C till 610°C.

- 10 Uppfinningen tillhandahåller dessutom en värmeväxlare innefattande den ovan beskrivna lodpläterade aluminiumplåten.

Produktion av lodpläterad plåt

- 15 Samtliga legeringar som beskrivs ovan kan gjutas med direktkyllning (DC, direct chill) eller med kontinuerlig bandgjutning eller med kontinuerlig gjutning direkt på bandet. Valet av gjutteknik baseras på tekniska, ekonomiska och kapacitetsfaktorer. Kärnlegeringen gjuts som ett plåtvalsämne med DC-gjutning, medan mellanskiktet och det yttre tunna skiktet gjuts antingen med DC-gjutning eller med en kontinuerlig gjutningsteknik.

- 20 Både lodpläteringsgötet och götet för legeringen till ytterskiktet fräses och upphettas sedan i en ugn till en temperatur mellan 350 och 550°C och hålltiden vid temperaturen varierar från 0 till 20 timmar. Därefter varmvalsas de två legeringarna till önskad tjocklek och kapas till lämpliga längder. Lodpläteringsplåten placeras sedan på kärngötets frästa yta,
- 25 och plåten för det tunna yttre skiktet placeras på lodpläteringsplåtens yta. Båda legeringarna sömsvetsas längs två motsatta sidor med MIG-svetsning för att åstadkomma ett hanterbart götpaket som placeras i förvärmningsugn. Paketet värms till en temperatur mellan 350 och 550°C och hålltiden vid temperaturen är mellan 0 och 20 timmar. Därefter varmvalsas det pläterade götpaketet och kallvalsas sedan till slutliga mått, sträcks för att
- 30 förbättra planheten och skärs till leveransbredden. Mellan- och slutlig värmebehandling för att underlätta produktionen samt få korrekt leveranstillstånd utförs efter behov.

Exempel

- 35 Samtliga legeringar har gjutits med gjututrustning i laboratoriemiljö i så kallade bokgötförmär, vilket ger små plåtvalsämnen med längd 150 mm, bredd 90 mm, och tjocklek

20 mm. Kemisk sammansättning för de legeringar vars lödbarhet testades återfinns i tabell 1.

- 5 Alla plåtvalsämnen frästes, värmdes från rumstemperatur till 450°C under 8 timmar, med 2 timmars hålltid vid 450 °C kylning i omgivningstemperatur. Sedan valsades materialen till lämplig tjocklek och mjukglödgades vid behov mellan valsningarna för att underlätta valsningen. Kärnan, den mellanliggande lodlegeringen och ytterskiktet sammanfogades sedan genom kallvalsning till treskikts pläterpaket. Materialen kallvalsades till 0,4 mm tjocklek, vilket gav ensidig plätering med ett 8% mellanskikt och ett 2% yttre skikt, med 10 anlöpning mellan valsningarna vid behov för att underlätta valsningen samt med en slutlig anlöpning till H24 tillstånd för att få stora rekristalliserade korn i kärnan under den påföljande lödproceduren. Istället för anlöpning kan man använda sig av bearbetade tillstånd, t ex. H12, H14 eller H112, för att få stora rekristalliserade korn.
- 15 Lödningen utfördes i glasugn i laboratoriemiljö med en lödkammare på ungefär 3 dm³. Under hela lödcykeln spolades ugnen med kväve vid lågt tryck, 10 liter per minut, vilket är standard. Lödcykeln bestod av lineär uppvärmning från rumstemperatur till 600°C på 10 minuter, 3 minuters hålltid vid 600°C följt av kylning i luft till rumstemperatur. Provbitarna bestod av en enkel vinkel på en plåtbit där pläterade material användes till plåtbitarna och 20 en opläterad AA3003 med 0,5 mm tjocklek användes som vinkel. All lödning utfördes utan flussning.

Table 1 Kemiska sammansättningar i vikt-% i testade legeringar från smältanalyser med OES.

	Typ	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zr	Bi
A	Kärna	0,52	0,52	0,12	0,96	0,58	<0,01	<0,01
B	Kärna	0,57	0,24	0,13	0,89	2,51	<0,01	<0,01
C	Kärna	0,63	0,56	0,14	1,17	0,49	<0,01	<0,01
D	Kärna	0,05	0,18	0,8	1,71	<0,01	0,13	<0,01
E	Kärna	0,05	0,2	0,28	1,3	0,22	<0,01	<0,01
F	Kärna	0,53	0,39	0,12	1,11	<0,01	<0,01	<0,01
G	mellanliggande lodplätering	11,8	0,13	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
H	mellanliggande lodplätering	12,1	0,14	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05
I	mellanliggande lodplätering	11,7	0,14	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,11
J	mellanliggande lodplätering	11,6	0,14	<0,01	<0,01	0,10	<0,01	0,11

K	mellanliggande lodplätering	11,8	0,13	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	<0,01
L	mellanliggande lodplätering	11,9	0,14	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	0,05
M	mellanliggande lodplätering	11,8	0,14	<0,01	<0,01	0,09	<0,01	0,06
N	mellanliggande lodplätering	11,9	0,13	<0,01	<0,01	0,09	<0,01	<0,01
O	mellanliggande lodplätering	11,6	0,09	<0,01	<0,01	1,0	<0,01	0,1
P	mellanliggande lodplätering	11,8	0,20	<0,01	0,02	4,25	<0,01	0,1
Q	mellanliggande lodplätering	12,1	0,18	<0,01	0,02	2,35	<0,01	0,1
R	Yttre skiktet	0,04	0,16	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
S	Yttre skiktet	0,04	0,15	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
T	Yttre skiktet	0,04	0,15	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2
U	Yttre skiktet	0,04	0,15	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,3
V	Yttre skiktet	0,04	0,15	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,4

Ovannämnda prov genomgick visuell undersökning av lödfogarna och ett representativt urval av några av resultaten ges här nedan. Samtliga provbitar inom ramen för uppfinningen gav acceptabla lödfogar samt snabb lödfogsbildning.

5

Table 2 Ett urval av resultaten från undersökningen

	Kommentar	Kärna	Mellanliggande lodplätering	Täckskikt	Resultat
Ex 1 (Jämförelse)	Lodpläterad plåt av standardtyp utan yttre täckskikt	D	G	-	Ingen fogbildning skedde mellan den pläterade plåtbiten och den opläterade vinkeln vid lödningen.
Ex 2 (Jämförelse)	Prov gjort i enlighet med känd teknik enligt beskrivning i WO2008/155067A1.	F	M	R	Fogbildning sker mellan den pläterade plåtbiten och den opläterade vinkeln under lödning.
Ex 3 (Jämförelse)	Prov gjort i enlighet med känd teknik enligt beskrivning i EP1306207B1.	F	O	R	Fogbildning sker mellan den pläterade plåtbiten och den opläterade vinkeln under lödning.
Ex 4		F	M	S	Fogbildningen mellan den pläterade

					plåtbiten och den opläterade vinkeln vid lödningen skedde snabbare och fogen blev kraftigare än i jämförelse-exempel 2.
Ex 5		F	O	S	Fogbildningen mellan den pläterade plåtbiten och den opläterade vinkeln vid lödningen skedde snabbare och fogen blev kraftigare än i jämförelse-exempel 3.
Ex 6		E	N	U	Fogbildning sker mellan den pläterade plåtbiten och den opläterade vinkeln vid lödningen trots frånvaron av Bi i den mellanliggande lodpläteringen.
Ex 7		D	N	T	Fogbildning sker mellan den pläterade plåtbiten och den opläterade vinkeln vid lödningen trots frånvaron av Bi i den mellanliggande lodpläteringen.

5 I Exempel 4 och 5 sker fogbildning mellan den pläterade plåtbiten och den opläterade vinkeln under lödning. Fogen bildades snabbare och blev något större än i motsvarande Exempel 2 och 3. Detta tillskrivs tillsatsen av Bi i det yttre skiktet i enlighet med uppfinningen.

10 I Exempel 6 och 7 sker fogbildning mellan den pläterade plåtbiten och den och opläterade vinkeln under lödning, trots att det inte fanns någon Bi i den mellanliggande lodpläteringen. Detta tillskrivs tillsatsen av Bi i det yttre skiktet i enlighet med uppfinningen.

PATENTKRAV

1. En lodpläterad flerskiktsplåt i aluminium bestående av: ett kärnmaterial som på ena eller båda sidor förses med ett mellanskikt bestående av Al-Si lodlegering mellan kärnan och ett tunt täckskikt ovanpå mellanskiktet, där nämnda kärnmaterial och täckskikt har en högre smälttemperatur än Al-Si-lodlegeringen; täckskiktet innehåller
- | | | |
|----|----|---|
| | Bi | 0,01 till 1,0 vikt-%, helst 0,05 till 0,7 vikt-%, och ännu hellre 0,07 till 0,5 vikt-%, |
| | Mg | ≤0,05 vikt-%, helst ≤0,01 vikt-%, ännu hellre 0% |
| 10 | Mn | ≤1,0 vikt-%, |
| | Cu | ≤1,2 vikt-%, |
| | Fe | ≤1,0 vikt-%, |
| | Si | ≤1,9 vikt-%, helst ≤1,65 vikt%, ännu hellre ≤1,4 vikt-%, och allra helst ≤0,9 vikt-% |
| 15 | Ti | ≤0,1 vikt-%, |
| | Zn | ≤6 vikt-%, Sn ≤0,1 vikt-%, In ≤0,1 vikt-%, och |
- oundvikliga föroreningar i halter på mindre än 0,05 vikt-% vardera, och en total föroreningshalt av mindre än 0,2 vikt-%, resterande bestående av aluminium.
2. Den lodpläterade plåten i en aluminiumlegering enligt patentkrav 1, i vilken Al-Si-lodlegeringen innehåller
- | | | |
|----|----|--|
| | Si | 5 till 14%, helst 7 till 13%, dock hellre 10-12,5%, |
| | Mg | 0,01 till 5%, helst 0,05 till 2,5%, ännu hellre 0,1 till 2,0%, |
| | Bi | ≤1,5%, helst 0,05 till 0,5%, allra helst 0,07 till 0,3%, |
| 25 | Fe | ≤0,8% |
| | Cu | ≤0,3%, |
| | Mn | ≤0,15%, |
| | Zn | ≤4% Zn, |
| | Sn | ≤0,1 vikt-% |
| 30 | In | ≤0,1 vikt-% |
| | Sr | ≤0,05 vikt-%, och |
- oundvikliga föroreningar, var och en uppgående till mindre än 0,05 %, samt ett totalt innehåll av föroreningar av mindre än 0,2 vikt-%, resterande bestående av aluminium.
3. Den lodpläterade plåten i en aluminiumlegering enligt patentkrav 1 eller 2, där Al-Si-lodlegeringen inte innehåller Bi.

4. Lodpläterad plåt i en aluminiumlegering enligt något av patentkraven 1-3, där kärnmaterialiet består av

Mn	0,5-2,0%,
Cu	≤1,2%,
Fe	≤1,0%,
Si	≤1,0%,
Ti	≤0,2%,
Mg	≤2,5%, helst 0,03-2,0%
Zr, Cr, V och/eller Sc, totalt	≤0,2%, och

5

10

oundvikliga föroreningar, var och en uppgående till mindre än 0,05 %, samt ett totalt innehåll av föroreningar av mindre än 0,2 %, resterande bestående av aluminium.

5. Den lodpläterade plåten i en aluminiumlegering enligt något av patentkraven 1-4, där det mellanliggande skiktet och täckskiktet finns på båda sidor om kärnan.

15

6. Den lodpläterade plåten i en aluminiumlegering enligt något av patentkraven 1-5, där täckskiktet har en tjocklek av mellan 0,4 och 160 µm.

20

7. Den lodpläterade plåten i en aluminiumlegering enligt något av patentkraven 1-6, där den lodpläterade aluminiumplåtens totala tjocklek är mellan 0,04 och 4 mm.

8. Den lodpläterade plåten i en aluminiumlegering enligt något av patentkraven 1-7, där täckskiktets tjocklek i förhållande till mellanskiktet är mellan 1% och 40%, dock hellre mellan 1 och 30%, allra helst mellan 10 och 30%.

25

9. Den lodpläterade plåten i en aluminiumlegering enligt något av patentkraven 1-8, där mellanskiktets tjocklek i förhållande till den lodpläterade aluminiumplåtens tjocklek är 3 till 30%.

30

10. En värmeväxlare innefattande lodpläterad aluminiumplåt enligt patentkrav 1-9.