

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 563 536

(21) N° d'enregistrement national : **85 06216**

(51) Int Cl⁴ : C 22 F 1/05 // B 23 K 1/19; F 28 F 3/06.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 24 avril 1985.

(30) Priorité : JP, 26 avril 1984, n° 59-85879.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPi « Brevets » n° 44 du 31 octobre 1985.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(71) Demandeur(s) : *Sumitomo Precision Products CO. Ltd.*,
société de droit japonais. — JP.

(72) Inventeur(s) : Kantaro Sasaki, Shosuke Iwasaki, Tetsuo
Abiko, Yoshio Baba, Michiki Hagiwara et Keizo Nanba.

(73) Titulaire(s) :

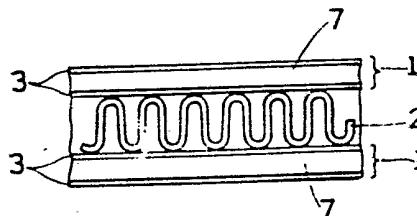
(74) Mandataire(s) : Cabinet Malémont.

(54) Procédé de fabrication de structures en alliage d'aluminium.

(57) L'invention concerne un procédé de fabrication de struc-
tures en alliage d'aluminium.

Selon ce procédé, on chauffe une structure en alliage d'alu-
minium à une température comprise entre 500 et 570 °C
pendant au moins une heure, cette structure en alliage d'alumi-
nium étant obtenue par la combinaison de feuilles de brasage
1 réalisée en recouvrant les deux surfaces d'un organe formant
noyau 7 avec un matériau de brasage 3, et d'un organe 2 en
forme d'aillettes constitué d'un alliage d'aluminium qui n'a pas
subi de traitement thermique.

Application à la fabrication d'échangeurs de chaleur du type
à plaques et à ailettes présentant une grande résistance à la
pression.



FR 2 563 536 - A1

Procédé de fabrication de structures en alliage d'aluminium

La présente invention concerne un procédé de fabrication de structures en alliage d'aluminium.

5 Au cours des dernières années, des structures en alliage d'aluminium capables de résister à des pressions élevées ont été largement utilisées dans différentes applications y compris les échangeurs de chaleur pour des gaz naturels. Pour satisfaire à une telle demande, il s'est avéré nécessaire d'accroître la résistance de ces structures vis-à-vis de la pression.

10 La présente invention concerne un procédé de fabrication qui contribue à accroître la résistance des zones de jonction en améliorant la structure solidifiée au niveau des zones de jonction brasées formées en reliant par brasage les structures en alliage d'aluminium.

15 Jusqu'à présent, on utilise pour relier par brasage des structures d'aluminium, un matériau de brasage constitué par un alliage du type Al-Si lorsque le brasage doit être effectué avec un flux, ou par un alliage du type Al-Si-Mg lorsque le brasage doit être effectué sans flux. Cependant la jonction formée en utilisant de tels matériaux de brasage fournit une structure solidifiée qui inclut une structure eutectique et qui est cas-
20 sante. En particulier, lorsque l'on utilise un matériau de brasage du type Al-Si-Mg ou lorsque le matériau de base contient du magnésium, la jonction brasée perd alors de sa résistance.

Des études ont été menées jusqu'à présent de façon étendue en vue de renforcer les jonctions brasées. Dans le cas par exemple d'un échangeur
25 de chaleur du type à plaques et à ailettes, une limitation est imposée pour les dimensions des parties brasées des ailettes, bien que ces dimensions puissent varier en fonction de la forme des ondulations formées sur les ailettes, de la quantité du matériau de brasage fourni, des propriétés du matériau de brasage et analogues. En outre, pour le traitement des
30 échangeurs de chaleur du type à plaques et à ailettes, il a été proposé un procédé pour accroître la résistance vis-à-vis de la pression qui est basé sur le vieillissement et le durcissement d'un métal de base du type Al-Mg-Si, en utilisant en tant que matériau pour les ailettes un alliage d'aluminium ayant subi un traitement thermique, en mettant en oeuvre le traitement
35 thermique en solution après le brasage et en effectuant le durcissement et

la trempe. Mais conformément à ce procédé, le métal de base est limité à un alliage d'aluminium ayant subi un traitement thermique (publication de brevet japonais n° 11 948/1982).

5 Contrairement aux procédés mentionnés précédemment, un but de la présente invention est de fournir un procédé de fabrication qui accroît la résistance de la structure solidifiée des zones de jonction brasées formées en réalisant le brasage de structures d'alliages d'aluminium avec ou sans flux, sur la base d'une idée selon laquelle, dans le cas d'un échangeur de chaleur du type à plaques et à ailettes à haute pression qui
10 exige une grande résistance des jonctions, il est essentiel d'accroître la résistance de la structure des jonctions brasées des ailettes.

Les auteurs de la présente invention ont étudié la structure des jonctions sous différents points de vue et ont trouvé que le silicium est cristallisé sous la forme d'aiguilles, que le magnésium est soumis à une
15 ségrégation nette et que le magnésium est lié à l'aluminium, au silicium et au fer de manière à former des composés qui sont durs et cassants. On a appliqué une pression à l'intérieur de l'échangeur de chaleur afin de rompre les parties brasées des ailettes sous l'action d'une force de traction ou d'une force de cisaillement. L'observation des surfaces rompues au
20 moyen d'un microscope électronique à balayage a révélé la formation des composés mentionnés plus haut, en des quantités importantes.

En partant des résultats mentionnés précédemment, les auteurs de la présente invention ont effectué des essais de grande ampleur en vue d'améliorer la structure en cherchant à accroître la résistance d'une telle
25 structure solidifiée cassante, et ont découvert un procédé perfectionné qui facilite l'obtention de meilleurs résultats, comme cela est décrit ci-après.

Le problème mentionné est résolu conformément à l'invention qui concerne un procédé de fabrication de structures en alliage d'aluminium, caractérisé en ce que l'on chauffe une structure en alliage d'aluminium à
30 une température comprise entre 500 et 570°C pendant au moins une heure, cette structure en alliage d'aluminium étant obtenue par la combinaison de feuilles de brasage réalisées en recouvrant les deux surfaces d'un organe formant noyau avec un matériau de brasage, et d'un organe en forme d'ailettes, constitué d'un alliage d'aluminium qui n'a pas subi de traitement thermique.

35 Etant donné qu'une zone de jonction brasées ressemble à une struc-

ture coulée qui a été fondue, refroidie et solidifiée, les auteurs de la présente invention ont poursuivi leurs essais afin d'améliorer la structure coulée, et ont abouti au procédé selon la présente invention. Ils ont étudié la structure obtenue lorsqu'une zone de jonction d'un produit de brasage JIS-BA 4004 et d'un produit de base JIS-A 3004 est soumise à une homogénéisation (traitement thermique à une température de 500 à 570°C pendant au moins une heure) ou lorsque cette zone n'est pas soumise à un tel traitement, et ont observé des modifications telles que celles indiquées sur les figures 1 à 4 annexées à la présente demande.

Ainsi, des cristaux de silicium en forme d'aiguille présents dans la structure eutectique représentée sur la figure 1 avant l'homogénéisation sont transformés en granulés, comme cela est représenté sur la figure 2, par suite de l'homogénéisation effectuée à 540°C pendant quatre heures. Le magnésium présent dans la structure eutectique représentée sur la figure 3 avant l'homogénéisation est transformé en une solution solide avec d'autres éléments, comme cela est représenté sur la figure 4, par suite de l'homogénéisation effectuée à 540°C pendant quatre heures. On a en outre remarqué que des composés contenant du magnésium sont dispersés. Les transformations mentionnées précédemment contribuent à accroître la dureté de la structure de la jonction et à accroître la résistance de l'ensemble de la jonction à la rupture sous l'action d'une force de traction ou d'une force de cisaillement.

Il a été confirmé que la transformation mentionnée précédemment peut également être obtenue de la même manière que cela a été décrit ci-dessus, même lorsque l'homogénéisation est effectuée après que la jonction a été brasée, mais pendant que celle-ci est en train de se refroidir, ou même lorsque l'homogénéisation est réalisée après que la jonction qui a été brasée, a été refroidie presque jusqu'à la température ambiante et est à nouveau chauffée dans les conditions indiquées plus haut.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description qui sera donnée ci-après en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1, dont il a déjà été fait mention, représente une micrographie, à un grossissement de 400 X, montrant des cristaux de silicium en forme d'aiguilles dans la structure eutectique d'une jonction lors-

que l'on n'utilise pas le procédé selon la présente invention ;

- la figure 2 dont il a déjà été fait mention, représente une micrographie, à un grossissement de 400 X, montrant des cristaux de silicium granulés d'une jonction lorsque le procédé selon la présente invention est mis en oeuvre;

- la figure 3 dont il a déjà été fait mention, représente une photographie, à un grossissement de 250 X, d'une image radiographique caractéristique EPMA montrant une structure métallique dans laquelle le magnésium est ségrégué dans une jonction, lorsque l'on ne met pas en oeuvre le procédé selon la présente invention ;

- la figure 4 dont il a déjà été fait mention, est une photographie, à un grossissement de 250 X, d'une image radiographique caractéristique EPMA, montrant une structure métallique dans laquelle le magnésium est dispersé dans une jonction, lorsque l'on met en oeuvre le procédé selon la présente invention;

- la figure 5 est une vue en perspective d'un échangeur de chaleur du type à plaques et à ailettes, que l'on a soumis à un essai de rupture ; et

- la figure 6 est une vue de face montrant une partie de l'échangeur de la figure 5 à plus grande échelle.

Des échangeurs de chaleur ayant la structure à plaques et à ailettes représentée sur la figure 5, ont été fabriqués par brasage avec flux ou par brasage sans flux, conformément au procédé selon la présente invention. On a créé une pression à l'intérieur d'un tel échangeur afin de réaliser l'essai de rupture. Sur la figure 5, la référence 1 désigne des feuilles de brasage, la référence 2 désigne des ailettes ondulées, la référence 3 désigne un matériau de brasage, la référence 4 désigne des barres entretoises, la référence 5 désigne les trajets d'essai, la référence 6 désigne des trajets fictifs et la référence 7 désigne des organes formant noyaux entre les feuilles de brasage.

En ce qui concerne le brasage avec flux, on a utilisé un matériau de brasage connu sous l'appellation JIS-BA 4047, en combinaison avec différents alliages d'aluminium constituant les ailettes et qui n'avaient pas encore subi de traitement thermique. En ce qui concerne le brasage sans flux, on a utilisé un matériau de brasage connu sous l'appellation JIS-BA 4004, en combinaison avec différents alliages d'aluminium constituant des ailettes

et qui n'avaient pas encore subi de traitement thermique.

On a représenté les résultats d'essais dans le tableau I donné ci-après. Lorsque l'on met en oeuvre le procédé conforme à la présente invention, on constate que la résistance à la rupture des jonctions brasées des ailettes augmente de 45 % à 114 % par rapport à celle des jonctions obtenues lorsque le procédé selon la présente invention n'est pas mis en oeuvre. Grâce à cette amélioration, on a obtenu des jonctions brasées d'ailettes qui possèdent une résistance supérieure à la résistance de rupture des ailettes.

Tableau I

Procédé de brasage	Matériau de brasage	Métal de base (matériau des ailettes)	Conditions de traitement thermique	Pression manométrique pour l'échantillon soumis à l'essai de rupture	Position de la rupture	Remarques
brasage avec flux	4047	1100	aucune	kg/cm^2 ou 10^5 Pa 320	aillettes	Résistance de la jonction non confirmée
			500°C x 1 h	326	aillettes	"
			570°C x 24 h	319	aillettes	"
			aucune	362	aillettes	"
		3003	500°C x 1 h	383	aillettes	"
			570°C x 24 h	370	aillettes	"
			aucune	355	jonctions	
			500°C x 1 h	508	aillettes	Résistance de la jonction non confirmée
		5005	570°C x 24 h	515	aillettes	"
			aucune	267	jonctions	
			500°C x 1 h	416	jonctions	
			570°C x 24 h	430	jonctions	

Tableau I (suite)

Procédé de brasage	Matériau de brasage	Métal de base (matériau des ailettes)	Conditions de traitement thermique	Pression manométrique pour l'essai de rupture kg/cm ² $\approx$ 10. ⁵ Pa	Position de la rupture	Remarques
Brasage sans flux	4004	1100	aucune	292	jonctions	
			500°C x 1 h	320	ailettes	Résistance de la jonction non confirmée
			570°C x 24 h	325	ailettes	"
		3003	aucune	314	jonctions	
			500°C x 1 h	383	ailettes	Résistance de la jonction non confirmée
			570°C x 24 h	381	ailettes	"
		3004	aucune	344	jonctions	
			500°C x 1 h	500	jonctions	
			570°C x 24 h	528	ailettes	Résistance de la jonction non confirmée
		5005	aucune	190	jonctions	
			500°C x 1 h	399	jonctions	
			570°C x 24 h	407	jonctions	

La présente invention présente de nombreux avantages comme cela va être décrit ci-après.

5 Ainsi, même dans le cas de structures de grandes dimensions dans lesquelles le brasage est réalisé dans des conditions sévères et dans lesquelles on n'obtient pas de jonctions brasées de dimensions suf-
fisamment importantes, l'application du procédé conforme à la présente invention permet d'accroître la résistance des jonctions afin de satis-
faire à ces objectifs. En outre, on a considéré que l'on n'obtient pas
10 de jonctions brasées suffisamment fortes avec des matériaux contenant du magnésium. Cependant, en adoptant le procédé conforme à la présente invention, il est possible d'accroître la résistance de la structure des jonctions de manière à satisfaire aux objectifs requis.

15 En outre, dans le cas des matériaux de brasage du type Al-Si-Mg, les jonctions tendaient à devenir cassantes car le magnésium subsistait dans les jonctions brasées. Cependant, en adoptant le procédé conforme à l'invention, il est possible d'accroître la résistance de la structure des jonctions afin de satisfaire aux objectifs requis.

20 Conformément à la présente invention, il est possible de produire un échangeur de chaleur réalisé en un alliage d'aluminium et possédant une structure du type à plaques et à ailettes, et qui soit à même de résister à une pression manométrique interne pouvant atteindre 5.10^7 Pa (500 kg/cm^2 (G)) pour la première fois, et ce à partir du procédé de brasage sans flux utilisant un matériau de brasage du type Al-Si-Mg.

REVENDICATION

Procédé de fabrication de structures en alliage d'aluminium, caractérisé en ce que l'on chauffe une structure en alliage d'aluminium à une température comprise entre 500 et 570°C pendant au moins une heure, 5 cette structure en alliage d'aluminium étant obtenue par la combinaison de feuilles de brasage (1) réalisées en recouvrant les deux surfaces d'un organe formant noyau (7) avec un matériau de brasage (3), et d'un organe (2) en forme d'ailettes, constitué d'un alliage d'aluminium qui n'a pas subi de traitement thermique.

PL. 1 3

FIGURE 1



FIGURE 2

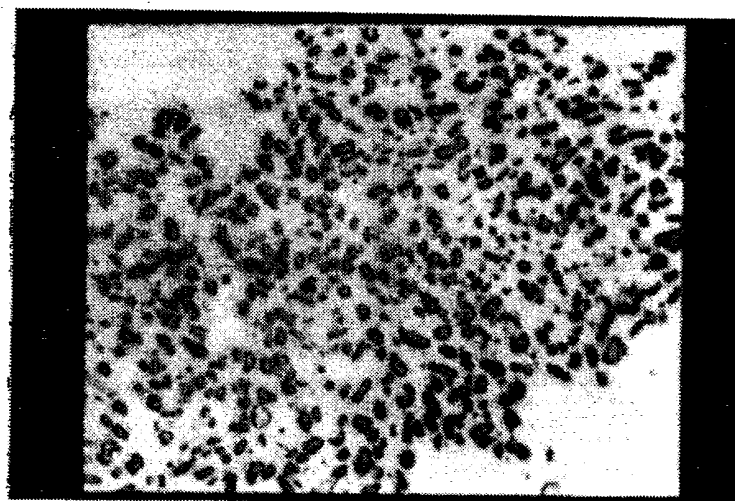


FIGURE 3

FIGURE 3



FIGURE 4

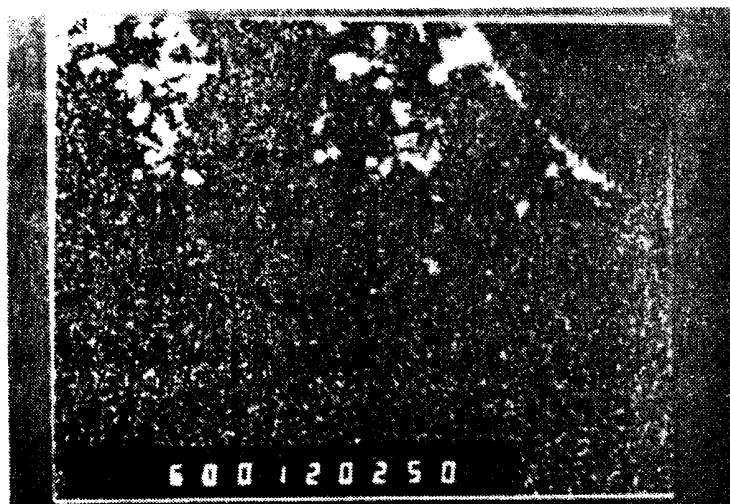


FIGURE 5

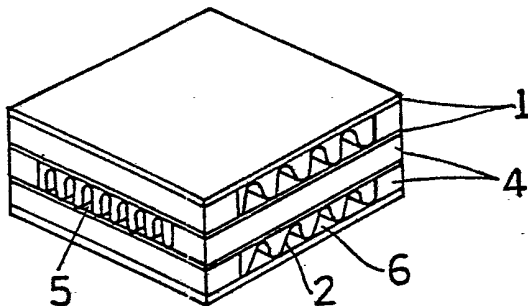


FIGURE 6

