



УКРАЇНА

(19) UA (11) 90284 (13) C2

(51) МПК (2009)

B21C 23/02

B21C 23/22

B21C 23/01

B23K 20/00

B64C 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД(54) ПРЕСОВАНИЙ СТРУКТУРНИЙ ЕЛЕМЕНТ (ВАРІАНТИ) І СПОСІБ ЙОГО ВИГОТОВЛЕННЯ, ЗВАРНИЙ
СТРУКТУРНИЙ ЕЛЕМЕНТ І СПОСІБ ЙОГО ВИГОТОВЛЕННЯ

1

(21) a200705857

(22) 26.10.2005

(24) 26.04.2010

(86) PCT/FR2005/002669, 26.10.2005

(31) 04 11442

(32) 27.10.2004

(33) FR

(46) 26.04.2010, Бюл.№ 8, 2010 р.

(72) ЕБЕРЛЬ ФРАНК, FR, МОССІОН ЖОЕЛЬ, FR

(73) АЛКАН РЕНАЛЮ, FR

(56) EP 0508434 A1, 14.10.1992

US 4214925, 29.07.1980

US 2798604, 09.07.1957

US 6082073, 04.07.2000

US 3482003, 02.12.1969

(57) 1. Пресований структурний елемент (F), зокрема елемент жорсткого кріплення для авіаційних конструкцій, що містить основу, виконану з можливістю закріплення на площині, та корпус, який **відрізняється** тим, що вказана основа виготовлена із алюмінієвого сплаву (B), який підлягає зварці плавленням, причому вказаний корпус виготовлений із алюмінієвого сплаву (A), що пройшов термічну обробку, і сплав (A) відрізняється від сплаву (B).

2. Елемент за пунктом 1, в якому сплав (A) є сплавом групи 7xxx.

3. Елемент за пунктом 1 або 2, у якому сплав (A) вибраний серед групи сплавів 7049, 7149, 7249, 7349, 7449, 7050, 7055, 7075, 7068, 7036, 7136.

4. Елемент за будь-яким з пунктів 1-3, в якому сплав (B) є сплавом групи сплавів 6xxx або групи 4xxx, або 5xxx.

5. Елемент за будь-яким з пунктів 1-4, в якому сплав (B) вибраний серед групи сплавів 6056, 6056A, 6156, 6060, 6013, 6110, 5005, 5083, 5086.

6. Спосіб виготовлення пресованого структурного елемента (F) за будь-яким з пунктів від 1 до 5, зокрема для авіаційних конструкцій, що включає наступні етапи:

а) підготовка формованої порожньої циліндричної заготовки з осью симетрії, що складається із зовнішньої трубки, виготовленої із алюмінієвого

2

сплаву (A), що пройшов термічну обробку, та внутрішньої трубки, що виготовлена з алюмінієвого сплаву (B),

б) здійснення формування шляхом пресування порожньої труби, що має багато ребер, таким чином, щоб вищезгадані ребра склалися, головним чином, зі сплаву (A), в той час як стінка порожньої труби зі сплаву (B),

с) відрізання виробу, з можливістю подальшої обробки, що був отриманий на етапі (b), таким чином, щоб отримати конструктивний елемент (F), що складається з основи зі сплаву (B) та корпусу зі сплаву (A).

7. Спосіб за пунктом 6, відповідно до якого запресування вказаної внутрішньої трубки із алюмінієвого сплаву (B) у вказану зовнішню трубку із термообробленого алюмінієвого сплаву (A) здійснюється шляхом низькотемпературного стиснення внутрішньої трубки.

8. Спосіб за пунктом 6 або 7, в якому пресування є інверсійним пресуванням.

9. Спосіб за будь-яким з пунктів 6-8, в якому сплав (B) є сплавом, придатним до зварювання плавленням.

10. Спосіб за будь-яким з пунктів 6-9, в якому сплав (A) вибраний серед групи сплавів 7049, 7149, 7249, 7349, 7449, 7050, 7055, 7075, 7068, 7036, 7136.

11. Спосіб за будь-яким з пунктів 6-10, в якому сплав (B) вибраний серед групи сплавів 6056, 6056A, 6156, 6060, 6013, 6110, 5005, 5083, 5086.

12. Спосіб за пунктом 10, в якому сплав (B) вибраний серед групи сплавів 2024, 2024A, 2056, 2124, 2224, 2324, 2424, 2524.

13. Пресований структурний елемент (F), отриманий способом за будь-яким з пунктів від 6 до 12, в якому вказаний сплав (B) на основі алюмінію застосований для зварювання плавленням.

14. Спосіб виготовлення зварного структурного елемента (G) для авіаційних конструкцій, в якому:

а) зварюють плавленням пресований структурний елемент (F) за будь-яким з пунктів від 1 до 5 або

(13) C2

(11) 90284

(19) UA

за пунктом 13 із виробом або структурним елементом (Е) на основі алюмінієвого сплаву з термообробкою для одержання елемента із зварною структурою (G),

б) здійснюють термічну обробку за вибором вказаного елемента із зварною структурою (G).

15. Зварний структурний елемент (G) для авіаційних конструкцій, одержаний способом, в якому

а) зварюють плавленням пресований структурний елемент (F) за будь-яким з пунктів 1-5 або за пунктом 13 із виробом або структурним елементом (Е) на основі алюмінієвого сплаву з термообробкою для одержання елемента із зварною структурою (G),

б) здійснюють термічну обробку за вибором вказаного зварного структурного елемента (G).

Винахід стосується нового способу виготовлення конструктивних елементів шляхом формування пресуванням з біфункціональних алюмінієвих сплавів, а також конструктивних елементів, розроблених відповідно до цього способу. Винахід є особливо корисним при виготовленні зварних елементів жорсткого кріплення для авіаційних конструкцій.

Монтаж металевих конструктивних елементів літальних апаратів наразі здійснюється, в основному, за допомогою заклепування. Зварювання майже не застосовується, оскільки алюмінієві сплави мають високі механічні характеристики, наприклад, сплави типу Al-Cu-Mg серії 2xxx та сплави типу Al-Zn-Cu-Mg серії 7xxx не можуть зварюватися належним чином за допомогою зварювання плавленням. Навпаки, більшість сплавів серії 5xxx та 6xxx можуть бути зварені за допомогою зварювання плавленням. Серед них, сплави 6056 та 6156 застосовуються для конструктивних елементів в авіації, але найчастіше вони кріпляться, навіть між собою, за допомогою заклепування. Лише нещодавно для збирання фюзеляжу літаків Аеробус А318 та А3 80 почали застосовувати зварювання для обшивки фюзеляжу, виготовленої зі сплаву 6056, на елементах жорсткого кріплення, виготовлених зі сплаву 6056. До цього часу, залишається неможливим приварити сплав, що піддається зварюванню плавленням (наприклад, сплав 6056) до іншого сплаву, що вважається непридатним для зварювання плавленням (наприклад, сплав 7349); подібне збирання здійснюється у промисловій практиці тільки за допомогою заклепування. Відповідно до стану технології, зварне збирання двох конструктивних елементів, виконаних із різних сплавів, накладає обмеження щодо вибору цих двох типів сплавів. Щодо прикладу кріплення обшивки фюзеляжу до елементів жорсткого кріплення, зазначене обмеження стосується як вибору сплаву для елементів жорсткого кріплення, так і вибору сплаву для обшивки фюзеляжу. Врахування цих обмежень вимагає оптимізації компромісу між властивостями, тому що обидва сплави мають бути придатними для збирання за допомогою зварювання, і бажано зварювання плавленням (наприклад, зварювання МІА, ВІА, лазерне зварювання), чого не можливо досягти з усіма сплавами, та зокрема, з усіма термообробленими сплавами. У випадку застосування ротаційного зварювання тертям (РСТ) (англійською мовою Friction Stir Welding), можливе зварювання більшості алюмінієвих сплавів, але існують обмеження щодо геометричної конфігурації, що є причиною того, що ця технологія не завжди прийнятна. Під "компромі-

сом між властивостями" розуміють, наприклад, компроміс між властивостями, згрупованими під терміном "статичний механічний опір" (зокрема, опір розриву R_m та межа пружності $R_{p0.2}$), з одного боку, та властивостями, згрупованими під терміном "стійкість до руйнування" (зокрема, в'язкість та опір поширенню тріщин), з іншого боку. Проте, навіть досягнення оптимального компромісу властивостей часто призводить до того, що конструктивні елементи мають менш задовільні загальні характеристики. Таким чином, було б доцільним, з метою зниження вартості та ваги конструктивних елементів, вибрати для елементів жорсткого кріплення сплав, що має високі характеристики статичного механічного опору, а для обшивки фюзеляжу сплав, що має високу стійкість до руйнувань, та з'єднати їх за допомогою зварювання. Наявність рішення, що дозволяє здійснювати збирання подібних конструктивних елементів за допомогою зварювання, дозволить значно спростити процес збирання літака.

Даний винахід має на меті вирішити проблему виготовлення монолітних та біфункціональних конструктивних елементів з використанням двох різних алюмінієвих сплавів та, зокрема, уможливити збирання за допомогою зварювання конструктивного елемента з термообробленого алюмінієвого сплаву, що піддається зварюванню плавленням (наприклад, обшивки фюзеляжу з металевих листів, виготовлених зі сплаву АА6056), та конструктивного елемента з термообробленого алюмінієвого сплаву, що вважається непридатним до зварювання плавленням (наприклад, елементів жорсткого кріплення, виготовлених зі сплаву АА7349).

Суть винаходу

Предметом винаходу є конструктивний елемент, що виготовлений методом пресування (F), зокрема, елемент жорсткого кріплення для авіаційних конструкцій, що складається з основи, яка закріплюється на площині, наприклад, шляхом зварювання або будь-яким іншим методом, та корпусу, який відрізняється тим, що зазначена основа виготовлена із алюмінієвого сплаву (B), а зазначений корпус виготовлений із алюмінієвого сплаву (A), що пройшов термічну обробку, тобто сплав (A) є відмінним від сплаву (B).

Предметом винаходу також є спосіб виготовлення конструктивного елемента шляхом пресування, що включає наступні етапи:

а) підготовка формованої циліндричної заготовки, порожньої в середині, що складається із зовнішньої трубки, виготовленої із алюмінієвого сплаву (A), що пройшов термічну обробку, та

внутрішньої трубки, що виготовлена з алюмінієвого сплаву (B),

б) здійснення формування шляхом пресування порожньої трубки, що має багато ребер, таким чином, щоб вищезгадані ребра, що мають пряму або складну форму, склалися головним чином зі сплаву (A), в той час як порожня трубка зі сплаву (B),

с) відрізання виробу, що був отриманий на етапі (B) таким чином, щоб отримати конструктивний елемент (F), що складається з основи зі сплаву (B) та корпусу зі сплаву (A); цей відріз може подаватися подальшій обробці.

Третім предметом цього винаходу є спосіб виготовлення конструктивного елемента шляхом зварювання, зокрема для авіаційних конструкцій, в яких

а) з'єднують за допомогою зварювання плавленням пресований конструктивний елемент (F), відповідно до винаходу, із конструктивним елементом (E), що виготовлений із термообробленого алюмінієвого сплаву,

б) здійснюють на вибір термічну обробку вищезазначеного зварного конструктивного елемента (G).

Опис креслень

На фігурі 1 зображено розріз порожньої композитної заготовки із осью симетрії, що використовується для пресування порожньої труби. Заготовка складається зі сплаву (A) та сплаву (B). На фігурі 2 зображено розріз пресованої порожньої труби, що використовується для отримання, шляхом поздовжнього розрізання (вказано стрілками), конструктивного елемента (F), відповідно до винаходу.

На фігурі 3 схематично зображено формовану композитну заготовку, що використовується для виготовлення пресованого конструктивного елемента (F), відповідно до винаходу, але яка не відповідає способу виготовлення, якому була надана перевага. Заготовка містить сплав (A) та сплав (B).

На фігурі 4 зображена ширина зони дифузії між сплавами (A) та (B) для двох пар сплавів, AA7349 / AA5086 (позначення P5) та AA7349 / AA6056 (позначення P6), та трьох супроводжуючих хімічних елементів: магній, мідь та цинк. Ширина зони дифузії D у пресованому продукті визначена як ширина між пунктами, для яких спостерігається зміна складу на 0,1% від ваги номінального складу елемента у виробі, що аналізується.

На фігурі 5 зображено приклад ширини зони дифузії D.

На фігурі 6 вказана висота h (дивись подвійну стрілку) проникнення сплаву (B) основи в корпус зі сплаву (A) пресованого конструктивного елемента (F).

На фігурі 7 схематично зображено пристрій, що використовується для вимірювання сили розриву корпусу із профілю.

На фігурах 8, 9 та 10 зображені різні способи використання профілю відповідно до винаходу.

Опис винаходу

а) Визначення

За винятком окремих позначок, всі інші позначення щодо хімічного складу сплавів, вказані у масовому процентному вираженні. Відповідно, в

математичному виразі "0,4 Zn" означає: 0,4 разів вмісту цинку, виражені в масовому відсотку; це стосується із відповідними змінами інших хімічних елементів. Позначення сплавів відповідає нормам "Асоціації виробників алюмінію", що відомі для фахівців цієї галузі. Металургійні стани визначені в європейській нормі EN 515. Хімічний склад нормованих алюмінієвих сплавів визначено, наприклад, у нормі EN 573-3. За винятком окремих позначок, статичні механічні характеристики, тобто опір розриву R_m , межа пружності, $R_{p0.2}$, та розтягання при розриві A, визначені на основі випробувань на розтягання відповідно до норми EN 10002-1, місце та напрямок відбору проб визначено нормою EN 755-1. За винятком окремих позначок, застосовуються європейські норми EN 12258-1. Термін "лист" використовується у тексті для позначення катанних виробів будь-якої товщини.

Термін "обробка" включає будь-який спосіб обробки поверхні, наприклад токарня обробка, фрезерування, свердління, розточення, нарізування різьблення мітчиком, електроерозійне розрізання, зачищення, полірування. Термін "пресована труба" включає трубчасті вироби та, зокрема, пресовані та тягнуті труби.

Називаємо тут "елементом конструкції" або "конструктивним елементом" механічної конструкції механічну частину, ушкодження якої здатне поставити під загрозу безпеку вищезгаданої конструкції, її користувачів, її споживачів або інших осіб.

Щодо літака, ці конструктивні елементи включають, зокрема, елементи, з яких складається фюзеляж (такі як, обшивка фюзеляжу (fuselage skin англійською мовою), елементи жорсткості або стрингери фюзеляжу (stringers), герметичні перегородки (bulkheads), кільцеві рамки фюзеляжу (circumferential frames), крила (такі як обшивка крила - wing skin), елементи жорсткості (stringers або stiffeners), ребра (ribs) та лонжерони (spars) та хвостове оперення, що складається з горизонтальних та вертикальних стабілізаторів (horizontal чи vertical stabilisers), а також балки перекриття (floor beams), рейки крісел (seat tracks) та двері.

Термін "монолітний конструктивний елемент" стосується тут конструктивного елемента, що був отриманий, найчастіше шляхом обробки, із одного цільного катаного, пресованого, кованого чи литого напівфабрикату, без будь-якого збирання, наприклад, шляхом заклепування, зварювання чи склеювання з іншим елементом.

Термін "біфункціональний конструктивний елемент" стосується тут, головним чином, функцій, надутих виробом, завдяки своїм металургійним характеристикам, а не завдяки своїй формі.

б) Детальний опис винаходу

Завдяки винаходу, вирішено проблему шляхом використання пресованого конструктивного елемента (F), що складається з двох коекструдованих сплавів, у якому основа, тобто частина, що призначена для кріплення на площині іншого конструктивного елемента (E), з метою утворення конструктивного елемента (G), складається зі сплаву (B), та, наприклад, вона може бути виготовлена з такого ж сплаву, що й елемент, до якого вона має кріпитися, у той час як корпус, що стано-

вить решту зазначеного пресованого конструктивного елементу (F), може бути виготовлено із сплаву з високими механічними характеристиками (A). Сплав (B) може бути термообробленим сплавом. Сплав (A) може бути переважно термообробленим сплавом з тим, щоб конструктивний елемент (G), утворений шляхом з'єднання конструктивних елементів (F) та (E) міг бути використаний в авіабудуванні. Такий конструктивний елемент (F), відповідно до винаходу, є біфункціональним, в тому сенсі, що корпус відповідає металургійним вимогам, що значно відрізняються від вимог щодо основи.

Застосовуючи цей корисний винахід, що здатен вирішити проблему збирання шляхом зварювання, а саме зварювання плавленням, між конструктивним елементом із термообробленого алюмінієвого сплаву та конструктивним елементом із термообробленого алюмінієвого сплаву, що вважається непридатним для зварювання плавленням; сплав (B) є сплавом, придатним до зварювання, зокрема зварювання плавленням, щоб з'єднання між пресованим конструктивним елементом (F), відповідно до винаходу, та конструктивним елементом (E) було можливим за допомогою зварюванням. Сплав (B) може бути сплавом серії bxxx, 5xxx або 4xxx. Не має потреби в тому, щоб сплав (A) був придатним до зварювання, хоча це не виключається.

Даний винахід може застосовуватися до будь-якого сполучення алюмінієвих сплавів, що піддаються формуванню шляхом пресування. У варіанті застосування, якому надається перевага, сплав (A) є сплавом серії 7xxx, серед якої переважно була обрана група сплавів 7049, 7149, 7249, 7349, 7449, 7050, 7055, 7075, 7036, 7068, 7136 та сплав (B), обраний у групі сплавів, що придатні до зварювання плавленням, серії 4xxx, 5xxx, bxxx та переважно сплавів 6056, 6056A, 6156, 6013, 6060, 6110, 5005, 5083, 5086. Для сплаву (A) також можливо використовувати інші сплави типу Al-Zn-Cu-Mg, а саме сплави, що мають високий вміст цинку (> 8,7%).

В іншому варіанті застосування винаходу, що є більш загальним, ніж вищезгадана конкретна проблема, можливо також застосовувати сплав (B), який не вважається таким, що придатний для зварювання плавленням, але який може зварюватися за допомогою ротаційного зварювання тертям. Таким чином, також отримуємо біфункціональний конструктивний елемент (F). Як приклад, для пресованого конструктивного елементу (F), корпус якого має відповідати вимогам щодо статичних механічних характеристик, а основа має бути стійкою до втоми металу та / або мати належну стійкість до руйнування (в'язкість та опір поширенню тріщин, тощо), можемо обрати сплав (A) з групи сплавів 7049, 7149, 7249, 7349, 7449, 7050, 7055, 7075, 7068, 7036, а сплав (B) може належати до серії 2xxx та обиратися з групи сплавів 2024, 2024A, 2056, 2124, 2224, 2324, 2424, 2524. У цьому варіанті застосування, з'єднання конструктивних елементів (F) та (E) не обов'язково має здійснюватися шляхом зварювання, а може виконуватися традиційними методами заклепування. Цей тип біфункціональних конструктивних елементів може також мати пряме застосування, тобто без необ-

хідності поєднання з іншими конструктивними елементами.

Конструктивний елемент (F), відповідно до винаходу, може виготовлятися у спосіб, що включає наступні етапи:

а) підготовка формованої циліндричної заготовки, порожньої в середині, що складається із зовнішньої трубки, виготовленої із алюмінієвого сплаву (A), що пройшов термічну обробку, та внутрішньої трубки, що виготовлена з алюмінієвого сплаву (B),

б) здійснення формування шляхом пресування порожньої трубки, що має багато ребер, таким чином, щоб вищезгадані ребра, що мають пряму або складну форму, склалися, головним чином, зі сплаву (A), в той час як порожня трубка зі сплаву (B),

с) відрізання виробу, з можливістю подальшої обробки, що був отриманий на етапі (b) таким чином, щоб отримати конструктивний елемент (F), що складається з основи зі сплаву (B) та корпусу зі сплаву (A).

Відповідно до цього корисного способу, спочатку готують порожню композитну заготовку із осьовою симетрією, що складається із двох концентричних трубок круглого розрізу, при цьому внутрішня трубка зі сплаву (B) із зовнішнім діаметром D протягується через зовнішню трубку зі сплаву (A) внутрішнім діаметром D. Це запресування може здійснюватися шляхом гарячого розширенням зовнішньої трубки. Проте перевага надається низькотемпературному стисненню внутрішньої трубки; заявник констатує, що використання останнього способу запресування призводить до того, що конструктивний елемент (F) відзначається більшою силою опору розриву. Заявник констатує, що надзвичайно важливо, щоб відхилення осьової симетрії у порожній композитній заготовці було якомога меншим, оскільки воно безпосередньо відображується на симетрії розрізу пресованої порожньої трубки, а саме на сталості товщини внутрішньої стінки, так само як на висоті проникнення (що визначена на фігурі 6) сплаву (B) у корпусі конструктивного елементу (F).

Відрізання на етапі (c) може здійснюватися з використанням відомих способів. Мова йдеться про поздовжній розріз з метою отримання довгих сегментів пресованого конструктивного елементу, що можуть відрізатися відповідно до потрібної довжини. Таким чином, ребра пресованої порожньої трубки утворюють корпус конструктивного елементу (F), у той час як сама порожня трубка утворює основу. Доречним також є виконання завершальної обробки основи.

В такий спосіб отримуємо монолітний та біфункціональний конструктивний елемент (F), корпус котрого має, наприклад, надзвичайно високі характеристики статичного механічного опору, у той час як основа відзначається, наприклад, надзвичайно високим опором щодо втоми металу чи технічними характеристиками щодо придатності до зварювання плавленням.

Пресований конструктивний елемент (F), відповідно до винаходу, може також виготовлятися будь-яким іншим способом, що забезпечує досить сильний металургійний зв'язок між основою та

корпусом, що характеризує силу розриву корпусу. Вищезгаданий спосіб, що ґрунтується на пресуванні порожньої композитної заготовки з осьовою симетрією, дає результати кращі, ніж використання заготовки, що збирається послідовно, шляхом з'єднання двох заготовок з однаковим діаметром (фігура 3). Під час використання подібної заготовки відповідно до фігури 3, метод пресування не застосовується. Також можливо використовувати замість литої заготовки концентричну трубу, що складається із двох пресованих трубок, оброблених відповідним чином.

Перевага використання порожньої композитної заготовки з осьовою симетрією полягає в тому, що цей спосіб забезпечує належну однорідність пресованого виробу, а саме досить рівномірний розподіл обох сплавів між основою та корпусом пресованого конструктивного елементу (F) залежно від довжини пресованої порожньої трубки. Як приклад, винахідники звернули увагу, що між початком та кінцем пресованої порожньої труби, отриманої з однієї порожньої композитної заготовки з осьовою симетрією, висота h (визначена на фігурі 6) скорочується приблизно з 6 мм до приблизно 3 мм. Ця незначна неоднорідність здається не має відчутного негативного впливу на властивості використання конструктивного елементу (F). Винахідники констатують, що використання інверсійного пресування порожньої композитної заготовки з осьовою симетрією, що описане вище, мінімізує цю неоднорідність.

Спосіб, відповідно до винаходу, дозволяє виготовити конструктивний елемент (G) шляхом зварювання пресованого конструктивного елементу (F) з іншим конструктивним елементом (E), в яких застосування сили розриву щодо корпусу конструктивного елементу (F) не призводить, зазвичай, до розриву між основою та корпусом. Це означає, що механічна крихкість не спостерігається між поверхнями сплавів (A) та (B).

Використання пресованого конструктивного елементу (F), відповідно до винаходу, дозволяє виготовляти конструктивні елементи (G) великих розмірів у досить простий спосіб. В якості прикладу, пресований конструктивний елемент (F) може бути елементом жорсткості, що зварюється з металевим листом. У більш загальному розумінні, винахід включає також спосіб виготовлення зварного конструктивного елементу (G), зокрема для авіаційних конструкцій, де

а) з'єднують за допомогою зварювання плавленням пресований конструктивний елемент (F) із виробом чи конструктивним елементом (E), що виготовлений із термообробленого алюмінієвого сплаву,

б) здійснюють на вибір термічну обробку вищезазначеного зварного конструктивного елементу (G).

Цей зварний конструктивний елемент (G) може бути конструктивним елементом фюзеляжу літака. На фігурі 8 зображено панель фюзеляжу (10), що представляє собою виріб (E), одна із поверхонь (11) якого була оброблена. Пресований конструктивний елемент (F), відповідно до винаходу (позначення 12), з основою (13) із сплаву, що піддається зварюванню, та корпусом (14), був зва-

рений із виробом (E) з утворенням зварної зони (15).

Завершальна термічна обробка здійснюється на зварному виробі. Таким чином, можемо, наприклад, покращити стійкість виробу до корозії. Загалом, можливе здійснення додаткового відпуску термічною обробкою. Як наслідок, необхідно, щоб стан термічної обробки конструктивних елементів (F) та (E) вибирався належним чином, щоб отримати завдяки термічній обробці після зварювання остаточний стан конструктивного елементу (G), що відповідав би необхідним вимогам, наприклад, за допомогою попереднього відпуску до корозії або іншого конструктивного елементу. Наприклад, елемент жорсткості зі сплаву 7xxx потребує відпуску коротшою загальною тривалістю ніж напівфабрикат зі сплаву 6xxx. Якщо металеві листи виготовлені зі сплаву 6xxx, а елементи жорсткості зі сплаву 7xxx, необхідно, щоб листи зі сплаву 6xxx піддавалися попередньому відпуску до зварювання, оскільки тривалість термічної обробки, що вони можуть витримати після зварювання є обмеженою більш короткою тривалістю відпуску термообробкою, що мають витримувати елементи жорсткості зі сплаву 7xxx після зварювання.

Для виготовлення ще більш складних конструктивних елементів, корпус пресованого конструктивного елементу (F), виготовленого зі сплаву (A), та приєднаного, наприклад, за допомогою зварювання чи заклепування, до виробу або конструктивного елементу (E), може кріпитися, наприклад, за допомогою заклепування чи болтового з'єднання до інших виробів. Це передбачає, загалом, що корпус пресованого конструктивного елементу (F) має форму, що є придатною для цього виду монтажу. Цей спосіб використання зображено на фігурі 10, що показує виріб (20), що представляє собою виріб (E), одна з поверхонь (11) якого була оброблена. Пресований конструктивний елемент (F), відповідно до винаходу (позначення 12), з основою (13) із сплаву, що піддається зварюванню, та корпусом (14), був зварений із виробом (E) з утворенням зварної зони (15). Корпус (14) пресованого конструктивного елементу приєднується заклепкою (16) до іншого конструктивного елементу (17). Цей складний конструктивний елемент може використовуватися в авіабудуванні для монтажу кільцевих рамок фюзеляжу: у цьому випадку корпус (14) біфункціонального пресованого профілю (F), відповідно до винаходу (12), виготовлено зі сплаву серії 2xxx, а основу (13) зі сплаву 4xxx, 5xxx або 7xxx; виріб (20) є обшивкою фюзеляжу, (12) елемент жорсткості (англійською мовою shear web), та рамка (17).

На фігурі 9 зображено спосіб виготовлення конструктивного елементу (G) за допомогою пресованого біфункціонального конструктивного елементу (F), відповідно до винаходу, шляхом заклепування. Біфункціональний конструктивний елемент (12) складається з корпусу (14) зі сплаву серії 7xxx, що має високі властивості механічного опору, та основи (13) зі сплаву серії 2xxx, що має високі властивості стійкості до руйнування. Основа (13) приєднана за допомогою заклепок (16) до двох суміжних конструктивних елементів (E) (позначення 18). Такий конструктивний елемент (G)

може використовуватися у конструкції фюзеляжу літаків.

Інші способи використання цього винаходу описані у відповідній формулі винаходу.

У прикладах, що наведені далі, з метою ілюстрації описано способи корисного використання цього винаходу. Ці приклади не мають обмежувального характеру.

Приклад

У цьому прикладі, виготовляємо пресований конструктивний елемент із корпусом зі сплаву AA7349 та основою зі сплаву AA6056 (позначення P6) або зі сплаву AA5086 (позначення P5).

Готуємо пресовану порожню заготовку, що складається із зовнішньої концентричної частини зі сплаву AA7349 та внутрішньої концентричної частини зі сплаву AA6056 або AA5086, наступним чином: формуємо першу заготовку зі сплаву AA7349 та обробляємо на цій заготовці циліндр із зовнішнім діаметром 189 мм. У цьому циліндрі робимо канал круглого розрізу (діаметром D) таким чином, щоб поздовжня вісь циліндра та поздовжня вісь каналу співпадали. Вищезгаданий канал перетинає всю довжину зазначеного циліндра.

Використовуючи другу заготовку зі сплаву AA6056 або AA5086, готуємо циліндр із зовнішнім діаметром D та каналом круглого розрізу (діаметр d) таким чином, щоб поздовжня вісь циліндра та поздовжня вісь каналу співпадали. Вищезгаданий

канал перетинає всю довжину зазначеного циліндра.

В такий спосіб отримуємо дві порожніх циліндричних трубки, одна з яких виготовлена зі сплаву 7349, а інша зі сплаву AA6056 або AA5086, з D = 85 мм та d = 53 мм. Після розширення нагрівом при 120°C трубки зі сплаву 7349, запресовуємо трубку зі сплаву 6056 у трубку зі сплаву 7349. В такий спосіб отримуємо порожню циліндричну заготовку, розріз якої схематично зображено на фігурі 1. Здійснюємо пряме пресування при температурі блоку 420°C. Розріз пресованого профілю зображено на фігурі 2. У цьому прикладі співвідношення екструзійного пресування становить 11. Отриманий профіль було розрізано у напрямку його довжини: довжина профілю у такий спосіб має вісім довжин елементу жорсткості (див. фігуру 2).

Для кожного типу елементу жорсткості (позначення P5 або P6), корпуса та основи, у стані T76, характеризуються своєю межею пружності $R_{p0.2}$, опором розриву R_m та розтяганням при відриві A, що показані в таблицях 1 та 2. Для порівняння, таблиця 3 містить аналогічні результати для елементів жорсткості, отриманих шляхом прямого пресування моноблочної заготовки (позначення P7) зі сплаву AA7349. Умови пресування були подібними до умов варіантів P5 та P6. Щодо елементу жорсткості P7, то його основа та корпус виготовлені зі сплаву AA7349.

Таблиця 1

| Позначення | Мітка | Основа (сплав AA5086) | | | Корпус (сплав AA7349) | | |
|------------------|-------|-----------------------|---------|------|-----------------------|---------|-----|
| | | RpO.2[MPa] | Rm[MPa] | A% | RpO.2[MPa] | Rm[MPa] | A% |
| P5 | 1 | 595 | 659 | 12.8 | 670 | 724 | 7.7 |
| P5 | 2 | 593 | 659 | 11.2 | 666 | 723 | 7.7 |
| P5 | 3 | 589 | 653 | 11.7 | 665 | 720 | 6.6 |
| P5 | 4 | 581 | 648 | 10.9 | 665 | 721 | 7.0 |
| P5 | 5 | 578 | 646 | 10.1 | 665 | 722 | 8.4 |
| P5 | 6 | 586 | 652 | 11.9 | 669 | 727 | 8.5 |
| P5 | 7 | 585 | 650 | 12.2 | 664 | 722 | 8.2 |
| P5 | 8 | 589 | 653 | 13.0 | 668 | 726 | 7.8 |
| Середнє значення | | 587 | 653 | 11.7 | 667 | 723 | 7.7 |

Таблиця 2

| Позначення | Мітка | Основа (сплав AA6056) | | | Корпус (сплав AA7349) | | |
|------------------|-------|-----------------------|---------|------|-----------------------|---------|-----|
| | | RpO.2[MPa] | Rm[MPa] | A% | RpO.2[MPa] | Rm[MPa] | A% |
| P6 | 1 | 593 | 656 | 10.9 | 669 | 725 | 7.8 |
| P6 | 2 | 595 | 658 | 12.7 | 666 | 722 | 9.5 |
| P6 | 3 | 596 | 660 | 11.9 | 677 | 731 | 7.6 |
| P6 | 4 | 597 | 663 | 11.8 | 672 | 725 | 7.0 |
| P6 | 5 | 594 | 658 | 10.8 | 674 | 726 | 6.1 |
| P6 | 6 | 593 | 655 | 10.0 | 673 | 725 | 6.4 |
| P6 | 7 | 595 | 661 | 11.1 | 677 | 728 | 6.4 |
| P6 | 8 | 597 | 662 | 11.9 | 673 | 727 | 7.8 |
| Середнє значення | | 585 | 659 | 11.4 | 673 | 726 | 7.2 |

Таблиця 3

| Позначення | Мітка | Основа (сплав AA7349) | | | Корпус (сплав AA7349) | | |
|------------|-------|-----------------------|---------|------|-----------------------|---------|------|
| | | RpO.2[MPa] | Rm[MPa] | A% | RpO.2[MPa] | Rm[MPa] | A% |
| P7 | 1 | 597 | 665 | 11.1 | 669 | 725 | 11.1 |

| 13 | | | | | 90284 | | | 14 | |
|------------------|---|-----|-----|------|-------|-----|------|----|--|
| P7 | 2 | 599 | 667 | 13.4 | 669 | 724 | 11.6 | | |
| P7 | 3 | 602 | 664 | 14.3 | 674 | 729 | 10.3 | | |
| P7 | 4 | 593 | 660 | 12.9 | 678 | 731 | 10.7 | | |
| P7 | 5 | 594 | 661 | 13.3 | 676 | 730 | 9.5 | | |
| P7 | 6 | 599 | 666 | 13.6 | 669 | 723 | 11.3 | | |
| P7 | 7 | 598 | 665 | 13.1 | 676 | 733 | 11.6 | | |
| P7 | 8 | 597 | 667 | 12.7 | 676 | 732 | 11.1 | | |
| Середнє значення | | 597 | 664 | 13.0 | 674 | 728 | 10.9 | | |

Якість металургійного зв'язку між обома сплавами (А) та (В) характеризується шляхом вимірювання сили відривання корпусу конструктивного елемента від основи, що закріплена на пристрої жорсткого кріплення. Це пристрій схематично зображено на фігурі 7. Частина конструктивного елемента (F) відрізають для проведення випробувань, і закріплюють її між затискачами 1, 2. Форма затискачів пристосована до кривизни виробу щоб забезпечити належний контакт між затискачами та зразком. На належній відстані від затискачів, корпус 3 виробу розміщується між затискачами (не зображені на фігурі 7) розривної машини. Застосовується сила розриву 4, що збільшується аж до розриву виробу, що випробовується. Показники сили реєструються. Напруження розтягнення може приблизно визначатися шляхом ділення сили на розріз А. Результати цих випробувань на розрив представлені в таблицях 4, 5 таб.

Таблиця 4

| Позначення | Мітка | Сила розриву | Напруження розриву [MPa] |
|------------|-------|--------------|--------------------------|
| P5 | 1 | 32691 | 382 |
| P5 | 2 | 29481 | 344 |
| P5 | 3 | 33860 | 397 |
| P5 | 4 | 33641 | 389 |
| P5 | 5 | 34354 | 399 |
| P5 | 6 | 33218 | 391 |
| P5 | 7 | 31673 | 372 |
| P5 | 8 | 30530 | 355 |

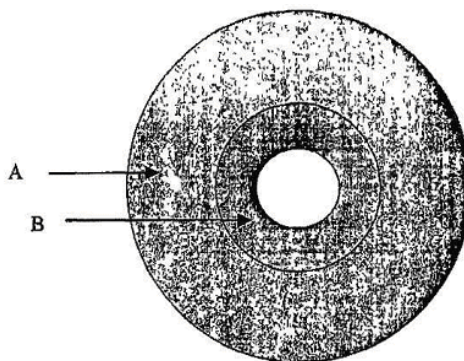
Таблиця 5

| Позначення | Мітка | Сила розриву | Напруження розриву [MPa] |
|------------|-------|--------------|--------------------------|
| P6 | 1 | 33125 | 384 |
| P6 | 2 | 28642 | 333 |
| P6 | 3 | 28399 | 329 |
| P6 | 4 | 29690 | 344 |
| P6 | 5 | 37197 | 434 |
| P6 | 6 | 34993 | 406 |
| P6 | 7 | 36528 | 425 |
| P6 | 8 | 32394 | 377 |

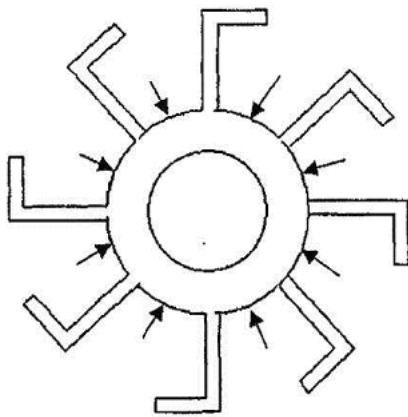
Таблиця 6

| Позначення | Мітка | Сила розриву | Напруження розриву [MPa] |
|------------|-------|--------------|--------------------------|
| P6 | 1 | 47616 | 554 |
| P6 | 2 | 47333 | 550 |
| P6 | 3 | 51164 | 595 |
| P6 | 4 | 52700 | 613 |
| P6 | 5 | 54283 | 631 |
| P6 | 6 | 52877 | 615 |
| P6 | 7 | 51907 | 604 |
| P6 | 8 | 48213 | 561 |

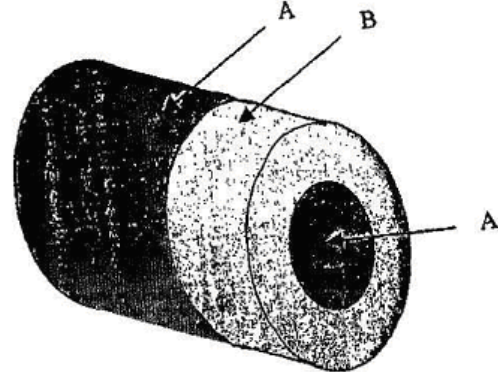
Констатуємо шляхом спостереженням P5 та P6 за допомогою оптичної мікроскопії, що поверхня між основою та корпусом є дуже чистою; суміш обох сплавів (А) та (В) не спостерігається, а лише зона дифузії, ширина якої не перевищує 180 (іт для позначення P5 та 160 цт для позначення P6. Це видно з фігури 4, що зображує довжину зони дифузії, визначену для зразка порожньої трубки за допомогою електронно-зондового мікроаналізу (electron probe microanalysis) для двох сполучень сплавів (А) та (В) та трьох супроводжуючих хімічних елементів: магній, мідь та цинк.



Фіг.1

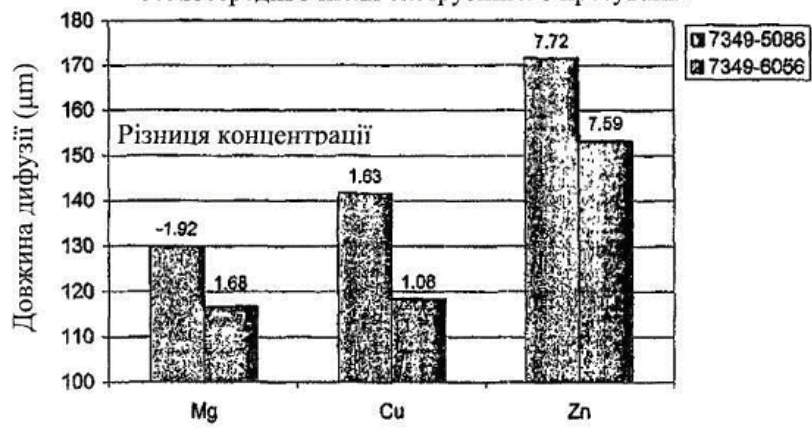


Фіг.2

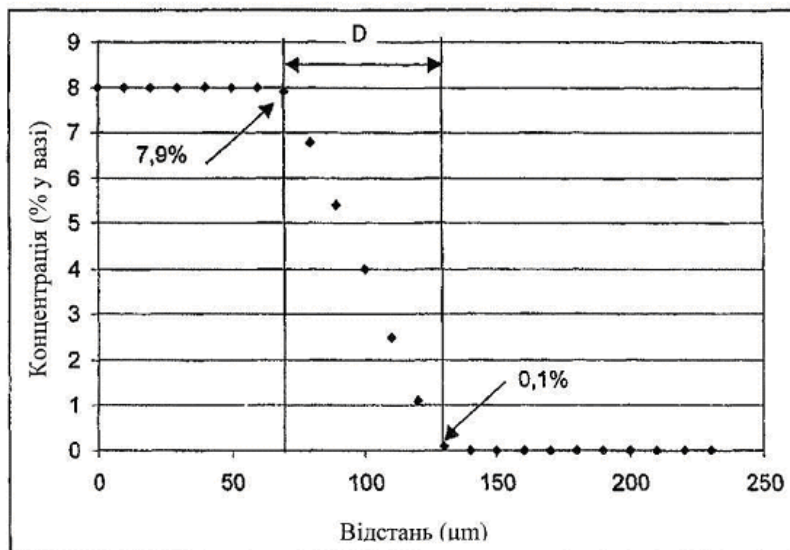


Фіг.3

Довжина дифузії на виробі у стані
безпосередньо після екструзійного пресування



Фіг.4



Фіг.5

