



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **121644** (13) **C2**

(51) МПК (2020.01)

C22C 14/00

C22F 1/18 (2006.01)

B62D 29/00

A61L 27/06 (2006.01)

C22B 34/12 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2015 06519</p> <p>(22) Дата подання заявки: 07.09.2011</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.07.2020</p> <p>(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 12/888,699, 12/903,851, 13/108,045</p> <p>(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 23.09.2010, 13.10.2010, 16.05.2011</p> <p>(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: US, US, US</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 10.12.2015, Бюл.№ 23</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2020, Бюл.№ 13</p> <p>(62) Номер та дата подання попередньої заявки, з якої виділено заявку, позначену кодом (21): а201305203, 07.09.2011</p>	<p>(72) Винахідник(и): Брайан Девід Дж. (US), Мантіон Джон В. (US), Байха Томас Д. (US)</p> <p>(73) Власник(и): ЕйТіАй ПРОПЕРТІЗ ЕлЕлСі, ATI PROPERTIES LLC, 1600 N. E. Old Salem Road, Albany, OR 97321, United States of America (US)</p> <p>(74) Представник: Бочаров Максим Анатолійович, реєстр. №367</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2339731 C2, 27.11.2008 RU 2256713 C1, 20.07.2005 RU 1131234 C, 30.10.1994 US 5980655 A, 09.11.1999 GB 1479855 A, 13.07.1977 McDevitt Erin. Characterization of the Mechanical Properties of ATI 425 Alloy According to the Guidelines of the Metallic Materials Properties Development & Standardization Handbook / Erin McDevitt, John Mantione, Luis Ruiz-Aparicio et al. // AeroMat 2010 Conference and Exposition: June 20-24, 2010. – P. 1 – 22</p>
---	--

(54) АЛЬФА/БЕТА-ТИТАНОВИЙ СПЛАВ З ВИСОКОЮ МІЦНІСТЮ І ПЛАСТИЧНІСТЮ

(57) Реферат:

Альфа/бета-титановий сплав, що містить у масових відсотках від загальної маси сплаву: від 3,9 до 4,5 алюмінію, від 2,2 до 3,0 ванадію, від 1,2 до 1,8 заліза, від 0,24 до 0,30 кисню, до 0,08 вуглецю, до 0,05 азоту, до 0,015 водню, титан, і в цілому до 0,30 інших елементів. Варіант альфа/бета-титанового сплаву, що не має обмежувального характеру, має величину алюмінієвого еквівалента в діапазоні від 6,4 до 7,2, має межу плинності в діапазоні від 120 тис. фунт на кв. дюйм (827,4 МПа) до 155 тис. фунт на кв. дюйм (1069 МПа), межу міцності при розтягуванні в діапазоні від 130 тис. фунт на кв. дюйм (896,3 МПа) до 165 тис. фунт на кв. дюйм (1138 МПа), і пластичність у діапазоні від 12 до 30 відсотків відносного подовження.

UA 121644 C2

Перехресні посилання на споріднені заявки

Дана заявка є заявкою-продовженням заявки, що претендує на пріоритет згідно з розділом 35 Кодексу законів США § 120, за спільно розгляданою заявкою на патент США серійний № 12/903851, поданою 13 жовтня 2010 р., із назвою "Кріплення й запасні кріплення з альфа-бета титанового сплаву з високою міцністю", яка є заявкою-продовженням заявки, що претендує на пріоритет згідно з розділом 35 Кодексу законів США § 120, за спільно розгляданою заявкою США серійний № 12/888699, поданою 23 вересня 2010 р., із назвою "Кріплення й запасні кріплення з альфа-бета титанового сплаву з високою міцністю". Повне розкриття заявок серійні №№ 12/903851 і 12/888699 включене тут у ролі посилань.

Рівень техніки

Галузь техніки

Цей винахід належить до альфа-бета титанових сплавів із високою міцністю й пластичністю.

Опис рівня техніки

Сплави титану зазвичай відзначаються високим співвідношенням межі міцності та маси, та є стійкими до корозії й стійкими до повзучості при помірно високих температурах. Із цієї причини сплави титану використовуються в аерокосмічній та авіаційній техніці, оборонній, морській і автомобільній галузях, включаючи, наприклад, елементи опори шасі, рами двигунів, куле стійку броню, корпуси й механічні кріплення.

Зменшення маси літака або іншого транспортного засобу спричиняє економію палива. Таким чином, наприклад, це є потужним стимулом в аерокосмічній промисловості для зменшення маси літака. Титан і титанові сплави є привабливими матеріалами для досягнення зниження маси в авіаційній галузі, завдяки високому співвідношенню межі міцності та маси. Більшість деталей з титанового сплаву, використовуваних в аерокосмічній галузі, виконані зі сплаву Ti-6Al-4V (ASTM Grade 5; UNS R56400; AMS 4928, AMS 4911), який є альфа-бета титановим сплавом.

Сплав Ti-6Al-4V є одним з найбільш відомих конструкційних матеріалів на основі титану, на який, за оцінками, припадає більш ніж 50 % усього ринку матеріалів на основі титану. Сплав Ti-6Al-4V використовується в безлічі галузей, які виграють від сприятливої комбінації в сплаві невеликої ваги, корозійної стійкості й високої міцності при низьких і помірних температурах. Наприклад, сплав Ti-6Al-4V використовується для виробництва компонентів авіаційних двигунів, конструкційних деталей літаків, кріплень, високопродуктивних автомобільних компонентів, компонентів медичного устаткування, спортивного устаткування, компонентів для застосування на морі й компонентів для хімічного технологічного устаткування.

Холоднокатаний прокат зі сплаву Ti-6Al-4V, головним чином, використовується в стані термічної обробки для поліпшення пластичності або в стані після обробки на твердий розчин і старіння (STA). Використаний тут термін "стан термічної обробки для поліпшення пластичності" стосується стану титанового сплаву після термічної обробки "відпалювання прокату", за якого заготовка відпалюється при підвищеній температурі (наприклад, 1200-1500 °F / 649-816 °C) протягом приблизно 1-8 годин і охолоджується на спокійному повітрі. Термічна обробка для поліпшення пластичності виконується після термічної обробки заготовки в зоні α+P фази. Круглий прокат сплаву Ti-6Al-4V, діаметром від 2 до 4 дюймів (від 5,08 до 10,16 см) у стані "термічної обробки для поліпшення пластичності" має мінімальну задану межу міцності при розтягуванні близько 130 тисяч фунтів на кв. дюйм (896 МПа) і мінімальну задану межу плинності близько 120 тисяч фунтів на кв. дюйм (827 МПа), при кімнатній температурі. Плити в стані після термічної обробки для поліпшення пластичності Ti-6Al-4V часто виробляють за технічними умовами AMS 4911, тоді як прутки у стані термічної обробки для поліпшення пластичності Ti-6Al-4V часто виробляють за технічними умовами AMS 4928.

Патент США № 5980655 ("патент '655"), який тут включений у ролі посилання у всій своїй повноті, розкриває альфа-бета титановий сплав, який містить у масових відсотках від 2,90 до 5,00 алюмінію, від 2,00 до 3,00 ванадію, від 0,40 до 2,00 заліза, від 0,20 до 0,30 кисню, випадкові домішки і титан. Альфа-бета титанові сплави, розкриті в патенті '655, тут згадуються як "сплави '655". Склад промислового сплаву в межах сплаву '655 номінально містить, у масових відсотках від загальної маси сплаву, 4,00 алюмінію, 2,50 ванадію, 1,50 заліза, 0,25 кисню, випадкові домішки й титан, і може згадуватися тут як сплав Ti-4Al-2,5V-I, 5Fe-0,250.

Внаслідок важкості холодної обробки сплаву Ti-6Al-4V, сплав зазвичай обробляється (наприклад, піддається куванню, вальцюванню, витяганню, та ін.) при підвищених температурах, головним чином, вище температури розчинення аг. Сплав Ti-6Al-4V не може ефективно піддаватися холодній обробці для збільшення міцності, внаслідок, наприклад, високого ступеня тріщиноутворення (тобто, руйнування заготовки) у процесі холодної деформації. Однак, як описано в заявці на винахід США № 2004/0221929, яка тут включена в

ролі посилення в повному обсязі, на подив й несподівано виявлено, що сплави '655 мають достатній ступінь деформування/технологічності в холодному стані.

[0009]На подив, сплави '655 можуть піддаватися холодній обробці для досягнення високої міцності поряд зі збереженням технологічного рівня пластичності. Технологічний рівень пластичності тут означає стан, за якого сплав має відносно подовження більше, ніж 6 %. Крім того, міцність сплавів '655 порівняна з тією, яка може бути досягнута для сплаву Ti-6Al-4V. Наприклад, як показано в Таблиці 6 патенту '655, міцність на розтягування для сплаву Ti-6Al-4V становить 145,3 тисяч фунтів на кв. дюйм (1002 МПа), тоді як випробувані зразки сплаву '655 мали міцність на розтягування в діапазоні 138,7-142,7 тисяч фунтів на кв. дюйм (956,3-983,9 МПа).

Вимоги до аерокосмічних матеріалів 6946B (AMS 6946B) обумовлюють більш обмежений діапазон хімічного складу, ніж описано у формулі патенту '655. Сплави, обумовлені в AMS 6946B, зберігають здатність до деформації для більш широкого діапазону меж хімічного складу по патенту '655, але властивість механічної міцності - на мінімумі, припустимому за умовами AMS 6946B, нижче, ніж обумовлено для промислового сплаву Ti-6Al-4V. Наприклад, згідно з AMS-4911L, мінімальна міцність при розтягуванні для плити товщиною 0,125 дюйма (3,175 мм) сплаву Ti-6Al-4V становить 134 тисяч фунтів на кв. дюйм (923,9 МПа), і мінімальна межа плинності становить 126 тисяч фунтів на кв. дюйм (868,7 МПа). Для порівняння, згідно з AMS 6946B, мінімальна міцність при розтягуванні для плити товщиною 0,125 дюйма (3,175 мм) сплаву Ti-4Al-2,5V-I, 5Fe-0,25O становить 130 тисяч фунтів на кв. дюйм (896,3 МПа), і мінімальна межа плинності становить 115 тисяч фунтів на кв. дюйм (792,9 МПа).

Враховуючи триваючу необхідність зниження витрат палива за рахунок зниження маси літаків та інших транспортних засобів, існує необхідність поліпшення пластичного альфа-бета титанового сплаву, який переважно має такі механічні властивості, які порівняні або перевершують ті, що властиві альфа-бета титановому сплаву Ti-6Al-4V.

Суть винаходу

Згідно з аспектом цього винаходу альфа-бета титановий сплав включає, у відсотках від загальної маси сплаву: від 3,9 до 4,5 алюмінію; від 2,2 до 3,0 ванадію; від 1,2 до 1,8 заліза; від 0,24 до 0,30 кисню; до 0,08 вуглецю; до 0,05 азоту; до 0,015 водню; титан; і в цілому до 0,30 інших елементів.

Відповідно до іншого аспекту цього винаходу альфа-бета титановий сплав включає, головним чином, у масових відсотках: від 3,9 до 4,5 алюмінію; від 2,2 до 3,0 ванадію; від 1,2 до 1,8 заліза; від 0,24 до 0,30 кисню; до 0,08 вуглецю; до 0,05 азоту; до 0,015 водню; титан; і в цілому до 0,30 інших елементів.

КОРОТКИЙ ОПИС КРЕСЛЕНЬ

Характеристики й переваги сплаву та пов'язаних способів, що розкриваються тут, будуть краще зрозумілі завдяки посиланням на додані креслення, у яких:

Фіг. 1 - графік межі міцності при розтягуванні й межі плинності залежно від алюмінієвого еквівалента для прутка й дроту, який включає варіанти сплавів, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу;

Фіг. 2 - графік межі міцності при розтягуванні й межі плинності залежно від алюмінієвого еквівалента для дроту діаметром 0,5 дюйма (1,27 см), який включає варіанти сплавів, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу; і

Фіг. 3 - графік межі міцності при розтягуванні, межі плинності й відносного подовження залежно від алюмінієвого еквівалента для плити товщиною 1 дюйм (2,54 см), який включає варіанти сплавів, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу.

Читач належним чином оцінить описані деталі, а також інші, після розгляду подальшого докладного опису деяких варіантів сплавів і пов'язаних способів, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу.

Детальний опис деяких варіантів втілення, що не мають обмежувального характеру

У цьому описі, що не має обмежувального характеру, інші, ніж у функціонуючих прикладах, або, якщо не зазначене інше, усі числа, що виражають кількості або характеристики, слід розуміти як коректовані у всіх прикладах терміном "близько". Відповідно, якщо не зазначене інше, будь-які числові параметри, викладені в подальшому описі, є приблизними й можуть змінюватися залежно від бажаних властивостей, які прагнуть одержати в цих матеріалах, і за способами, відповідно до цього винаходу. Як мінімум, а не як спроба обмежити застосування доктрини еквівалентів до обсягу формули винаходу, кожний числовий параметр повинен, щонайменше, тлумачитися у світлі кількості зазначених значущих цифр, із застосуванням звичайних методів округлення.

Будь-які патенти, публікації або інші матеріали, що розкривають інформацію, які вважаються включеними в повному обсязі або частково, як посилання, включені тут лише до ступеню, до якого наведена інформація не суперечить існуючим визначенням, заявам або іншим матеріалам, викладеним у даному описі. Таким чином, і до необхідного ступеня, розкриття інформації, викладеної в цьому документі, замінює собою будь-які суперечні матеріали, включені тут як посилання. Будь-який матеріал, або його частина, включений тут як посилання, але суперечний існуючим визначенням, заявам або іншим матеріалам, що розкривають інформацію, викладену в цьому документі, включений тільки до ступеня, у якому не виникають суперечності між наведеним матеріалом і існуючим матеріалом винаходу.

Альфа-бета титанові сплави, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, містять, складаються, або, головним чином, складаються з (у масових відсотках): від 3,9 до 4,5 алюмінію; від 2,2 до 3,0 ванадію; від 1,2 до 1,8 заліза; від 0,24 до 0,30 кисню; до 0,08 вуглецю; до 0,05 азоту; до 0,015 водню; титан; і в цілому до 0,30 інших елементів. У деяких варіантах, що не мають обмежувального характеру, згідно з цим винаходом, інші елементи, які можуть бути присутніми в альфа-бета титановому сплаві (як частина серед інших елементів, що становлять до 0,30 масових відсотків), включають один або кілька елементів з бору, олова, цирконію, молібдену, хрому, нікелю, кремнію, міді, ніобію, танталу, марганцю, ітрію й кобальту, і в деяких варіантах, що не мають обмежувального характеру, рівень масового вмісту кожного іншого присутнього елемента становить 0,10 або менше, але за двома винятками. Винятками є бор та ітрій, які, знаходячись серед інших елементів, представлені в окремій концентрації - менш ніж 0,005 масових відсотків.

I. Склад сплаву

Варіанти сплавів, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, включають титан, алюміній, ванадій, залізо й кисень. Якщо в складі заявлені тільки легувальні елементи, обговорювані нижче, повинне бути зрозуміло, що решта містить титан і випадкові домішки.

A. Алюміній

Алюміній є елементом, що зміцнює альфа фазу в титанових сплавах. Діапазон вмісту алюмінію в альфа-бета титанових сплавах, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, вужче, ніж діапазон вмісту алюмінію, розкритий у патенті '655. Крім того, мінімальний рівень алюмінію відповідно до деяких сплавів, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, більше, ніж мінімальний рівень, установлений в AMS 6946B. Було відзначено, що особливості складу дозволяють сплаву більш послідовно демонструвати механічні властивості, порівняні зі сплавом Ti-6Al-4V. Мінімальний вміст алюмінію в альфа-бета титанових сплавах відповідно до цього винаходу становить 3,9 масових відсотків. Максимальний вміст алюмінію в альфа-бета титанових сплавах відповідно до цього винаходу становить 4,5 масових відсотків.

B. Ванадій

Ванадій є елементом, що стабілізує бета фазу в титанових сплавах. Мінімальний вміст ванадію в альфа-бета титанових сплавах, відповідно до цього винаходу, більше, ніж мінімальний вміст, розкритий в патенті '655, і встановлений в AMS 6946B. Було відзначено, що такі особливості складу забезпечують оптимальне, контрольоване співвідношення об'ємних часток альфа й бета фаз.

Співвідношення альфа й бета фаз створює сплав, відповідно до цього винаходу, із чудовою пластичністю й здатністю до деформації. Ванадій присутній в альфа-бета титанових сплавах, відповідно до цього винаходу, у мінімальній концентрації 2,2 масових відсотків. Максимальний вміст ванадію в альфа-бета титанових сплавах відповідно до цього винаходу становить 3,0 масових відсотків.

C Залізо

[0025] Залізо є елементом, що стабілізує евтектоїдну бета фазу в титанових сплавах. Альфа-бета титанові сплави відповідно до цього винаходу включають більший мінімальний вміст і більш вузький діапазон вмісту заліза в порівнянні зі сплавом, розкритим у патенті '655. Було відзначено, що дана властивість забезпечує оптимальне, контрольоване співвідношення об'ємних часток альфа й бета фаз. Співвідношення створює сплави, відповідно до цього винаходу, із чудовою пластичністю й здатністю до деформації. Залізо присутнє в альфа-бета титанових сплавах, відповідно до цього винаходу, у мінімальній концентрації 1,2 масових відсотків. Максимальний вміст заліза в альфа-бета титанових сплавах, відповідно до цього винаходу, становить 1,8 масових відсотків.

D. Кисень

Кисень є елементом, що зміцнює альфа фазу в титанових сплавах. Діапазон вмісту кисню в альфа-бета титанових сплавах, відповідно до цього винаходу, менше, ніж діапазон, розкритий у патенті '655, і встановлений в AMS 6946B. Крім того, мінімальний вміст кисню у варіантах сплавів, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, більше, ніж у патенті '655 і в технічних умовах AMS 6946B. Було відзначено, що такі особливості складу дозволяють сплаву, відповідно до цього винаходу, послідовно демонструвати механічні властивості, порівняні з механічними властивостями сплаву Ti-6Al-4V. Мінімальний вміст кисню в альфа-бета титанових сплавах відповідно до цього винаходу становить 0,24 масових відсотків. Максимальний вміст кисню в альфа-бета титанових сплавах відповідно до цього винаходу становить 0,30 масових відсотків.

Додатково до включення титану, алюмінію, ванадію, заліза й кисню, як обговорювалося раніше, деякі варіанти альфа-бета титанових сплавів, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, містять інші елементи в загальній концентрації, що не перевищує 0,30 масових відсотків. У деяких варіантах, що не мають обмежувального характеру, ці інші елементи включають один або кілька елементів з ряду: бор, олово, цирконій, молібден, хром, нікель, кремній, мідь, ніобій, тантал, марганець, ітрій і кобальт, серед яких, за винятком двох, масовий відсоток кожного такого елемента становить 0,10 або менше. Винятками є бор і ітрій. У випадку присутності в сплавах, відповідно до цього винаходу, масовий відсоток кожного з елементів, бору й ітрію, менше ніж 0,005.

Відповідно до цього винаходу в альфа-бета титанових сплавах можуть, крім того, бути присутніми випадкові домішки. Наприклад, вуглець може бути присутнім у кількості до 0,008 масових відсотків. Азот може бути присутнім у кількості до 0,05 масових відсотків. Водень може бути присутнім у кількості до 0,015 масових відсотків. Інші можливі випадкові домішки можуть бути очевидні для фахівців в галузі металургії.

[0029] У таблиці 1 представлені відомості про склад (i) певних варіантів альфа-бета титанових сплавів, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу й (ii) певних сплавів, розкритих у патенті '655 і обумовлених в AMS 6946B.

Таблиця 1

Склади сплавів

Масовий відсоток			
Легувальний елемент	Варіанти, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу	Патент США 5980655	AMS 6946B
Алюміній	від 3,9 до 4,5	від 2,5 до 5,4	від 3,5 до 4,5
Ванадій	від 2,2 до 3,0	від 2,0 до 3,4	від 2,0 до 3,0
Залізо	від 1,2 до 1,8	від 0,2 до 2,0	від 1,2 до 1,8
Кисень	від 0,24 до 0,30	від 0,2 до 0,3	від 0,20 до 0,30
Вуглець	0,08 Макс.	0,1 Макс.	0,08 Макс.
Азот	0,05 Макс.	0,1 Макс.	0,03 Макс.
Водень	0,015 макс.	не вказується	0,015 Макс.
інші елементи	0,10 макс, кожний, 0,30 макс, у сумі	0,10 макс, кожний, у цілому не вказується	0,10 макс, кожний, 0,30 макс, у цілому

Автори цього винаходу несподівано виявили, що створення цього сплаву з мінімальними рівнями алюмінію, кисню й заліза, більшими, ніж мінімальні рівні, задані в патенті '655, забезпечує альфа-бета титановий сплав, який послідовно демонструє механічні властивості, наприклад, такі як міцність, щонайменше, порівняні з певними механічними властивостями сплаву Ti-6Al-4V у стані після термічної обробки для поліпшення пластичності. Крім того, автори несподівано виявили, що збільшення мінімальних рівнів і звуження діапазонів вмісту заліза й ванадію відносно мінімальних рівнів і діапазонів, розкритих у патенті '655, створює сплави, які мають оптимальне й контрольоване співвідношення об'ємних часток альфа й бета фаз у стані термічної обробки для поліпшення пластичності. Таке оптимальне співвідношення фаз в альфа-бета титанових сплавах відповідно до цього винаходу створює варіанти сплавів з поліпшеною пластичністю в порівнянні зі сплавами Ti-6Al-4V, поряд зі збереженням пластичності сплавів, розкритих у патенті '655, і обумовлених в AMS 6946B.

Фахівцеві зрозуміло, що міцність і пластичність металевих матеріалів, головним чином, має зворотну залежність. Інакше кажучи, якщо міцність металевого матеріалу збільшується, його пластичність зменшується. Комбінація збільшеної механічної міцності й збереженої пластичності в альфа-бета титанових сплавах відповідно до цього винаходу була несподіваною, оскільки зворотна залежність між міцністю й пластичністю, як правило, спостерігається для титанових сплавів після термічної обробки для поліпшення пластичності. Несподівана й надзвичайна комбінація збільшеної механічної міцності й збереженої пластичності є особливо вигідною характеристикою варіантів сплавів відповідно до цього винаходу. З подивом було відзначено, що варіанти сплавів після термообробки для поліпшення пластичності відповідно до цього винаходу мають міцність, порівняну зі сплавами Ti-6Al-4V, при цьому не зменшуючи пластичності.

Відзначалося, що деякі варіанти альфа-бета сплавів, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, які мають величину алюмінієвого еквівалента ($Al_{екв}$) щонайменше на рівні 6,3 або більше, переважно, щонайменше 6,4, мали міцність, щонайменше, порівняну з міцністю сплавів Ti-6Al-4V. Крім того, спостерігалось, що такі сплави мали пластичність, що перевершує пластичність сплавів Ti-6Al-4V, які звичайно мають величину алюмінієвого еквівалента близько 7,5. Використаний тут термін "величина алюмінієвого еквівалента" або "алюмінієвий еквівалент" ($Al_{екв}$) означає величину, що дорівнює вмісту алюмінію у масових відсотках у сплаві, плюс десятикратний вміст кисню у масових відсотках у сплаві. Інакше кажучи, алюмінієвий еквівалент сплаву можна визначити як: $Al_{екв} = Al(\text{мас. \%}) + 10(O(\text{мас. \%}))$.

У той час як визнано, що механічні властивості титанових сплавів, здебільшого, залежать від розміру випробовуваного зразка, у варіантах, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, альфа-бета титановий сплав включає алюмінієвий еквівалент щонайменше на рівні 6,4 або в деяких варіантах - у діапазоні від 6,4 до 7,2, і межу плинності щонайменше 120 тисяч фунтів на кв. дюйм (827,4 МПа) або в певному варіанті - щонайменше 130 тисяч фунтів на кв. дюйм (896,3 МПа).

В інших варіантах, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, альфа-бета титановий сплав має значення алюмінієвого еквівалента на рівні щонайменше 6,4 або в деяких варіантах - у діапазоні від 6,4 до 7,2, і межу плинності в діапазоні від 120 тисяч фунтів на кв. дюйм (827,4 МПа) до 155 тисяч фунтів на кв. дюйм (1069 МПа).

В інших варіантах, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, альфа-бета титановий сплав має значення алюмінієвого еквівалента на рівні щонайменше 6,4 або в деяких варіантах - у діапазоні від 6,4 до 7,2, і межу міцності при розтягуванні щонайменше 130 тисяч фунтів на кв. дюйм (896,3 МПа), або в деяких варіантах щонайменше 140 тисяч фунтів на кв. дюйм (965,3 МПа).

У додаткових варіантах, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, альфа-бета титановий сплав має значення алюмінієвого еквівалента на рівні щонайменше 6,4 або в деяких варіантах - у діапазоні від 6,4 до 7,2, і межу міцності при розтягуванні в діапазоні від 130 тисяч фунтів на кв. дюйм (896,3 МПа) до 165 тисяч фунтів на кв. дюйм (1138 МПа).

В інших варіантах, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, альфа-бета титановий сплав має значення алюмінієвого еквівалента на рівні щонайменше 6,4 або в деяких варіантах - у діапазоні від 6,4 до 7,2, і пластичність щонайменше 12 % або щонайменше 16 % (відносно подовження).

В інших варіантах, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, альфа-бета титановий сплав має значення алюмінієвого еквівалента на рівні щонайменше 6,4, або в деяких варіантах - у діапазоні від 6,4 до 7,2, і пластичність у діапазоні від 12 % до 30 % (відносно подовження або «%подовж»).

Тоді як відповідно до деяких варіантів, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, 6,3 являє собою абсолютну мінімальну величину для $Al_{екв}$, винахідники визначили, що для досягнення такої ж міцності, яку має сплав Ti-6Al-4V, потрібна величина $Al_{екв}$ щонайменше на рівні 6,4. Крім того, очевидно, що в інших варіантах альфа-бета титанового сплаву, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, максимальна величина для $Al_{екв}$ становить 7,5, і що тут застосовується відношення міцності до пластичності відповідно до інших, розкритими тут варіантів, що не мають обмежувального характеру.

Відповідно до варіантів, що не мають обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має значення алюмінієвого еквівалента на рівні щонайменше 6,4, межу плинності щонайменше 120 тисяч фунтів на кв. дюйм (827,4 МПа), межу

міцності при розтягуванні щонайменше 130 тисяч фунтів на кв. дюйм (896,3 МПа) і пластичність щонайменше 12 % (відносно подовження).

Відповідно до іншого варіанта, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має значення алюмінієвого еквівалента на рівні щонайменше 6,4, межу плинності щонайменше 130 тисяч фунтів на кв. дюйм (896,3 МПа), межу міцності при розтягуванні щонайменше 140 тисяч фунтів на кв. дюйм (965,3 МПа) і пластичність щонайменше 12 %.

У ще одному варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має значення алюмінієвого еквівалента в діапазоні від 6,4 до 7,2, межу плинності в діапазоні від 120 тисяч фунтів на кв. дюйм (827,4 МПа) до 155 тисяч фунтів на кв. дюйм (1069 МПа), межу міцності при розтягуванні в діапазоні від 130 тисяч фунтів на кв. дюйм (896,3 МПа) до 165 тисяч фунтів на кв. дюйм (1138 МПа), і пластичність у діапазоні від 12 % до 30 % (відносно подовження).

В одному варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має середню межу міцності при розтягуванні (UTS), що задовольняє рівнянню:

$$UTS \geq 14,767 (Al_{\text{екв}}) + 48,001.$$

В іншому варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має середню межу плинності (YS), що задовольняє рівнянню:

$$YS \geq 13,338 (Al_{\text{екв}}) + 46,864.$$

[0045] У ще одному варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має середню пластичність на рівні:

$$\%el \geq 3,3669 (Al_{\text{екв}}) - 1,9417.$$

[0046] У ще одному варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має середню межу міцності при розтягуванні (UTS), що задовольняє рівнянню:

$$UTS \geq 14,767 (Al_{\text{екв}}) + 48,001;$$

середню межу плинності (YS), що задовольняє рівнянню:

$$YS \geq 13,338 (Al_{\text{екв}}) + 46,864;$$

і середню пластичність, що задовольняє рівнянню:

$$\%el \geq 3,3669 (Al_{\text{екв}}) - 1,9417.$$

В одному варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має середню межу міцності при розтягуванні (UTS), що задовольняє рівнянню:

$$UTS \geq 12,414 (Al_{\text{екв}}) + 64,429.$$

В іншому варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має середню межу плинності (YS), що задовольняє рівнянню:

$$YS \geq 13,585 (Al_{\text{екв}}) + 44,904.$$

У ще одному варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має середню пластичність на рівні:

$$\%el \geq 4,1993 (Al_{\text{екв}}) - 7,4409.$$

[0050] У ще одному варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має середню межу міцності при розтягуванні (UTS), що задовольняє рівнянню:

$$UTS \geq 12,414 (Al_{\text{екв}}) + 64,429;$$

середню межу плинності (YS), що задовольняє рівнянню:

$$YS \geq 13,585 (Al_{\text{екв}}) + 44,904;$$

і середню пластичність, що задовольняє рівнянню:

$$\%el \geq 4,1993 (Al_{\text{екв}}) - 7,4409.$$

В одному варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має середню межу міцності при розтягуванні (UTS), що задовольняє рівнянню:

$$UTS \geq 10,087 (Al_{\text{екв}}) + 76,785.$$

В іншому варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має середню межу плинності (YS), що задовольняє рівнянню:

$$YS \geq 13,911 (Al_{\text{екв}}) + 39,435.$$

У ще одному варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має середню пластичність на рівні:

$$\%el \geq 1,1979 (Al_{\text{екв}}) + 8,5604.$$

У ще одному варіанті, що не має обмежувального характеру, альфа-бета титановий сплав, відповідно до цього винаходу, має середню межу міцності при розтягуванні (UTS), що задовольняє рівнянню:

$$UTS \geq 10,087 (Al_{екв}) + 76,785;$$

5 середню межу плинності (YS), що задовольняє рівнянню:

$$YS \geq 13,911 (Al_{екв}) + 39,435;$$

і середню пластичність, виражену відносним подовженням (%el), що задовольняє рівнянню:

$$\%el > 1,1979 (A_{екв}) + 8,5604.$$

10 Було визначено, що варіанти альфа-бета титанових сплавів, які не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу, демонструють порівняну або підвищену механічну міцність, підвищену пластичність і поліпшену здатність до деформації в порівнянні зі сплавом Ti-6Al-4V. Тому існує можливість використання виробів, виготовлених зі сплавів, відповідно до цього винаходу, у ролі заміни виробів зі сплаву Ti-6Al-4V в аерокосмічній, авіаційній промисловості, для морського застосування, в автомобільній і інших галузях промисловості.

15 Висока міцність і пластичність варіантів сплаву, відповідно до цього винаходу, дозволяє виготовляти певні види прокату й кінцевих виробів із жорсткими допусками, які нині не можуть виготовлятися зі сплаву Ti-6Al-4V.

Аспект цього винаходу спрямований на вироби, зроблені й/або виконані зі сплаву відповідно до цього винаходу. Деякі вироби, що не мають обмежувального характеру, можуть бути обрані з компонентів авіаційного двигуна, компонентів конструкцій літака, компонентів автомобіля, компонентів медичного устаткування, компонентів спортивного устаткування, компонентів, застосовуваних на морі, і компонентів хімічного технологічного устаткування. Інші вироби можуть складатися й/або виконуватися з варіантів альфа-бета титанових сплавів, відповідно до цього винаходу, які відомі в цей час або в майбутньому фахівцеві, в обсязі розкритих тут варіантів.

25 Вироби, що складаються й/або виконані зі сплавів відповідно до цього винаходу, за допомогою формоутворення й інших технологій виробництва, відомих фахівцям у даній галузі нині або в майбутньому.

Подальші приклади призначені для додаткового опису деяких варіантів, що не мають обмежувального характеру, без обмеження обсягу цього винаходу. Фахівцям у даній галузі зрозуміло, що можливі зміни подальших прикладів, а також інших варіантів, не описаних тут, в обсязі винаходу, який визначається винятково формулою винаходу.

Приклад 1

Злитки альфа-бета титанового сплаву, що має склад відповідно до цього винаходу, відливалися, використовуючи традиційну вакуумно-дугову плавку (VAR), плазмову дугову плавку (PAM), або електронно-променеву плавку з холодним подом (EB) для первинного переплаву, і переплав, використовуючи VAR. Склад злитків перебував у діапазоні, наведеному в стовпці "Варіанти, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу", включеному в наведену раніше Таблицю 1.

40 Склад злитків, вироблених у цьому Прикладі 1, мали величини алюмінієвого еквівалента, що коливаються в діапазоні від приблизно 6,0 до приблизно 7,1. Злитки оброблялися, використовуючи різні види технології гарячого вальцювання, у гарячевальцьовані прутки й дріт, що мають діаметр від 0,25 дюйм (0,635 см) до 3,25 дюйм (8,255 см). Гаряче вальцювання виконувалася при початкових температурах між 1550 °F (843,3 °C) і 1650 °F (898,9 °C). Цей температурний діапазон перебуває нижче температури альфа-бета переходу сплавів із цього прикладу, яка становить приблизно від 1750 °F до 1850 °F (приблизно від 954,4 °C до 1010 °C), залежно від реального хімічного складу. Після гарячого вальцювання гарячевальцьовані прутки й дріт відпалювалися при 1275 °F (690,6 °C) протягом однієї години, з наступним охолодженням на повітрі. Діаметр, вміст алюмінію, вміст заліза, вміст кисню й розрахунковий $Al_{екв}$ кожного зразка прутка й дроту, виробленого за Прикладом 1, представлено в Таблиці 2.

50

Таблиця 2

Зразок №	Діаметр (дюйм/см)	Al (мас. %)	Fe (мас. %)	O (мас. %)	Al _{екв} (Al % + 10 · O %)
1	3,25 / 8,26	4,07	1,56	0,25	6,53
2	3,25 / 8,26	4,10	1,77	0,19	5,96
3	3,25 / 8,26	4,27	1,90	0,19	6,13
4	2/5,08	4,05	1,54	0,25	6,57
5	2/5,08	4,05	1,55	0,25	6,58
6	2/5,08	4,26	1,88	0,21	6,38
7	1/2,54	4,35	1,44	0,24	6,74
8	1/2,54	4,36	1,28	0,27	7,08
9	0,5/1,27	4,38	1,24	0,28	7,15
10	0,5/1,27	4,33	1,42	0,25	6,81
11	0,5/1,27	4,14	1,47	0,24	6,51
12	0,344/0,87	4,37	1,50	0,26	6,95
13	0,25/0,64	3,93	1,58	0,23	6,27
14	0,25/0,64	4,12	1,56	0,25	6,65
15	0,25/0,64	4,40	1,35	0,27	7,10
16	0,25/0,64	3,95	1,53	0,24	6,30
17	0,25/0,64	4,33	1,35	0,27	7,06

На Фіг. 1 графічно зображені (при кімнатній температурі) межі міцності при розтягуванні (UTS), межі плинності (YS), і відносне подовження (%el) для зразків прутка й дроту, наведених у Таблиці 2, залежно від величини алюмінієвого еквівалента сплаву в зразку. Фіг. 1, крім того, містить лінії тенденції через точки даних UTS, YS, і %el, визначені методом лінійного регресійного аналізу. Видно, що середня міцність і середнє відносне подовження збільшується при зростанні Al_{екв}. Це взаємовідношення є надзвичайним і несподіваним, оскільки суперечить зазвичай спостережуваному співвідношенню, коли збільшення міцності супроводжується зменшенням пластичності.

Звичайні мінімуми сплаву Ti-6Al-4V для UTS і YS становлять 135 тисяч фунтів на кв. дюйм (930,8 МПа) і 125 тисяч фунтів на кв. дюйм (861,8 МПа), відповідно. YS для зразків за винаходом, наведених у Таблиці 2, коливається в діапазоні від близько 125 тисяч фунтів на кв. дюйм для зразка з Al_{екв} близько 6,0 до близько 141 тисяч фунтів на кв. дюйм для зразка з Al_{екв} близько 7,1. Зразок, що має Al_{екв} близько 6,4, демонстрував YS близько 130 тисяч фунтів на кв. дюйм (896,3 МПа). UTS для зразків за винаходом, наведених у Таблиці 2, коливається в діапазоні від близько 135 тисяч фунтів на кв. дюйм для зразка з Al_{екв} близько 6,0, до близько 153 тисяч фунтів на кв. дюйм для зразка з Al_{екв} близько 7,1. Зразок, що має Al_{екв} близько 6,4, демонстрував YS близько 141 тисяч фунтів на кв. дюйм (972 МПа).

Приклад 2

Зразки дроту №№ 9-11 із Прикладу 1, що мають діаметр близько 0,5 дюйма (1,27 см) і величину алюмінієвого еквівалента близько 6,5, близько 6,8 і близько 7,15, піддавалися випробуванням на розтягування при кімнатній температурі. Результати випробувань на розтягування зображені графічно на Фіг. 2. Усі з цих зразків мали межі міцності й плинності, які порівняні або перевищують міцність промислового сплаву Ti-6Al-4V. Як і на Фіг. 1, з Фіг. 2 очевидно, що збільшення Al_{екв} спричиняє збільшення міцності, разом зі збільшенням середнього відсотка відносного подовження. Як обговорювалося вище, ця тенденція є надзвичайною й несподіваною, оскільки суперечить зазвичай спостережуваному взаємовідношенню, коли збільшення міцності супроводжується зменшенням пластичності. Існує менший розкид даних на Фіг. 2, який є типовим для випробувань, виконаних на зразках однакового розміру, у порівнянні з Фіг. 1, який типовий для випробувань, виконаних на зразках різних розмірів, оскільки механічні властивості певною мірою залежать від розміру випробуваного зразка.

Приклад 3

Зразки гарячевальцьованої плити товщиною 1 дюйм (2,54 см) виготовлялися зі злитків, вироблених відповідно до операцій, описаних у Прикладі 1. Злитки сплавів мали склад у діапазонах, наведених у стовпці "Варіанти, що не мають обмежувального характеру, відповідно до цього винаходу", включеному в наведену раніше Таблицю 1, із вмістами алюмінію й кисню й величинами алюмінієвого еквівалента, наведеними в Таблиці 3.

Таблиця 3

Зразок №	Діаметр (дюйм/см)	Al (мас. %)	Fe (мас. %)	O (мас. %)	Аіекв (Al % + 10·O %)
18	1 / 2,54	4,08	1,53	0,24	6,43
19	1 / 2,54	4,13	1,44	0,24	6,48
20	1/2,54	4,22	1,49	0,29	7,12
21	1 / 2,54	4,25	1,40	0,28	7,05
22	1 / 2,54	4,21	1,38	0,29	7,08

Усі температури гарячого вальцювання були нижче температур альфа-бета переходу сплавів. Сплави мали величини $Al_{екв}$ приблизно від 6,5 до 7,1.

5 Випробування на розтягування при кімнатній температурі використовувалися для визначення межі міцності при розтягуванні, межі плинності й відносного подовження (пластичності). Результати випробувань на розтягування зображені графічно на Фіг. 3. З Фіг. 3 очевидно, що сплави, що містять підвищені рівні Al і O, на що вказують розрахункові алюмінієві еквіваленти, мають при кімнатній температурі міцність, щонайменше, порівняну з рівнями міцності сплаву Ti-6Al-4V. Крім того, відзначено, що міцність збільшувалася зі збільшенням AW

10 Крім того, середня пластичність сплавів за винаходом або трохи збільшувалася, або залишалася загалом незмінною при збільшенні $Al_{екв}$ і збільшенні міцності. Ця тенденція є надзвичайною й несподіваною, оскільки суперечить зазвичай спостережуваному взаємовідношенню, коли збільшення міцності супроводжується зменшенням пластичності.

15 Цей опис написаний з посиланнями на різні типи, ілюстративні варіанти, що не мають обмежувального характеру. Однак фахівцям у даній галузі повинно бути зрозуміло, що різні заміни, зміни або комбінації будь-яких розкритих варіантів (або їх частин) можуть бути зроблені без відступу від обсягу винаходу, обумовленого винятково формулою. Таким чином, передбачається й зрозуміло, що цей винахід містить у собі додаткові варіанти, не викладені явно в цьому документі. Такі варіанти можуть бути отримані, наприклад, шляхом об'єднання

20 й/або зміни кожного з розкритих етапів, інгредієнтів, складових, компонентів, елементів, параметрів, аспектів і іншого у варіантах втілення, описаних тут. Таким чином, цей винахід обмежується не описом різних типових, ілюстративних варіантів, що не мають обмежувального характеру, а винятково формулою винаходу. Таким чином, повинно бути зрозуміло, що формула може бути змінена в процесі розгляду цієї заявки на патент, щоб додати нові функції

25 до формули винаходу, які описані тут по-різному.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

30 1. Альфа/бета-титановий сплав, який містить у масових процентах від загальної маси сплаву: від 4,05 до 4,40 алюмінію, від 2,2 до 3,0 ванадію, від 1,24 до 1,56 заліза, від 0,24 до 0,28 кисню, до 0,08 вуглецю максимум,

35 до 0,05 азоту максимум, до 0,015 водню максимум, титан, і в цілому до 0,30 інших елементів, включаючи щонайменше одне з бору, олова, цирконію, молібдену, хрому, нікелю, кремнію, міді, ніобію, танталу, марганцю, ітрію і кобальту,

40 причому сплав має значення алюмінієвого еквівалента щонайменше 6,4, має межу плинності щонайменше 122 тис. фунтів на кв. дюйм (841,2 МПа), має межу міцності при розтягуванні щонайменше 142 тис. фунтів на кв. дюйм (979,1 МПа) і має пластичність в щонайменше 20 процентів відносного подовження.

45 2. Альфа/бета-титановий сплав за п. 1, при цьому: рівень вмісту кожного з бору і ітрію, у разі їх наявності, складає менше ніж 0,005; і рівень вмісту кожного з олова, цирконію, молібдену, хрому, нікелю, кремнію, міді, ніобію, танталу, марганцю і кобальту, у разі їх наявності, складає не більше ніж 0,10.

50 3. Альфа/бета-титановий сплав за п. 1, при цьому сплав має значення алюмінієвого еквівалента в діапазоні від 6,4 до 7,2 і має межу плинності в діапазоні від 122 тис. фунтів на кв. дюйм (841,2 МПа) до 155 тис. фунтів на кв. дюйм (1069 МПа).

4. Альфа/бета-титановий сплав за п. 1, при цьому сплав має значення алюмінієвого еквівалента в діапазоні від 6,4 до 7,2 і має межу міцності при розтягуванні в діапазоні від 142 тис. фунтів на кв. дюйм (979,1 МПа) до 165 тис. фунтів на кв. дюйм (1138 МПа).

5. Альфа/бета-титановий сплав за п. 1, при цьому сплав має значення алюмінієвого еквівалента в діапазоні від 6,4 до 7,2 і має пластичність в діапазоні від 20 до 30 процентів відносного подовження.

6. Альфа/бета-титановий сплав за п. 1, при цьому сплав має значення алюмінієвого еквівалента в діапазоні від 6,4 до 7,2, має межу плинності в діапазоні від 122 тис. фунтів на кв. дюйм (841,2 МПа) до 143,1 тис. фунтів на кв. дюйм (986,6 МПа), має межу міцності при розтягуванні в діапазоні від 142,3 тис. фунтів на кв. дюйм (981,1 МПа) до 154,6 тис. фунтів на кв. дюйм (1066 МПа) і має пластичність в діапазоні від 20 до 22 процентів відносного подовження.

7. Альфа/бета-титановий сплав за п. 1, при цьому середня межа міцності при розтягуванні (UTS) альфа/бета-титанового сплаву в одиницях тис. фунтів на кв. дюйм або МПа задовольняє рівнянню:

15 $UTS \geq 14,767(Al_{eq}) + 48,001$ або $\geq (14,767(Al_{eq}) + 48,001) \cdot 6,8948$, з середньоквадратичним відхиленням 0,6213 або 4,2837;

при цьому середня межа плинності (YS) альфа/бета-титанового сплаву в одиницях тис. фунтів на кв. дюйм або МПа задовольняє рівнянню:

20 $YS \geq 13,338(Al_{eq}) + 46,864$ або $\geq (13,338(Al_{eq}) + 46,864) \cdot 6,8948$, з середньоквадратичним відхиленням 0,4519 або 3,1158; і

при цьому вимірювана в процентах відносного подовження середня пластичність альфа/бета-титанового сплаву задовольняє рівнянню:

$\%e \geq 3,3669(Al_{eq}) - 1,9417$, з середньоквадратичним відхиленням 0,1746;

причому Al_{eq} = алюміній у масових процентах +10·(кисень) у масових процентах.

25 8. Альфа/бета-титановий сплав за п. 1, при цьому середня межа міцності при розтягуванні (UTS) альфа/бета-титанового сплаву в одиницях тис. фунтів на кв. дюйм або МПа задовольняє рівнянню:

$UTS \geq 12,414(Al_{eq}) + 64,429$ або $\geq (12,414(Al_{eq}) + 64,429) \cdot 6,8948$, з середньоквадратичним відхиленням 0,9576 або 6,6025;

30 при цьому середня межа плинності (YS) альфа/бета-титанового сплаву в одиницях тис. фунтів на кв. дюйм або МПа задовольняє рівнянню:

$YS \geq 13,585(Al_{eq}) + 44,904$ або $\geq (13,585(Al_{eq}) + 44,904) \cdot 6,8948$, з середньоквадратичним відхиленням 0,8138 або 5,6110; і

при цьому виміряна в процентах відносного подовження середня пластичність альфа/бета-титанового сплаву задовольняє рівнянню:

35 $\%e \geq 4,1993(Al_{eq}) - 7,4409$, з середньоквадратичним відхиленням 0,1731;

причому Al_{eq} = алюміній у масових процентах +10·(кисень) у масових процентах.

9. Альфа/бета-титановий сплав, який складається з, у масових процентах від загальної маси сплаву:

40 від 4,05 до 4,40 алюмінію,

від 2,2 до 3,0 ванадію,

від 1,24 до 1,56 заліза,

від 0,24 до 0,28 кисню,

до 0,08 вуглецю максимум,

45 до 0,05 азоту максимум,

до 0,015 водню максимум,

титан, і

в цілому до 0,30 інших елементів, включаючи щонайменше одне з бору, олова, цирконію, молібдену, хрому, нікелю, кремнію, міді, ніобію, танталу, марганцю, ітрію і кобальту,

50 причому сплав має значення алюмінієвого еквівалента щонайменше 6,4, має межу плинності щонайменше 122 тис. фунтів на кв. дюйм (841,2 МПа), має межу міцності при розтягуванні щонайменше 142 тис. фунтів на кв. дюйм (979,1 МПа) і має пластичність в щонайменше 20 процентів відносного подовження.

10. Альфа/бета-титановий сплав за п. 9, при цьому:

55 рівень вмісту кожного з бору і ітрію, у разі їх наявності, складає менше 0,005; і

рівень вмісту кожного з олова, цирконію, молібдену, хрому, нікелю, кремнію, міді, ніобію, танталу, марганцю і кобальту, у разі їх наявності, складає не більше 0,10.

11. Альфа/бета-титановий сплав за п. 9, при цьому сплав має значення алюмінієвого еквівалента в діапазоні від 6,4 до 7,2 і має межу плинності в діапазоні від 122 тис. фунтів на кв. дюйм (841,2 МПа) до 155 тис. фунтів на кв. дюйм (1069 МПа).

12. Альфа/бета-титановий сплав за п. 9, при цьому сплав має значення алюмінієвого еквівалента в діапазоні від 6,4 до 7,2 і має межу міцності при розтягуванні в діапазоні від 142 тис. фунтів на кв. дюйм (979,1 МПа) до 165 тис. фунтів на кв. дюйм (1138 МПа).

5 13. Альфа/бета-титановий сплав за п. 9, при цьому сплав має значення алюмінієвого еквівалента в діапазоні від 6,4 до 7,2 і має пластичність в діапазоні від 20 до 30 процентів відносного подовження.

14. Альфа/бета-титановий сплав за п. 9, при цьому сплав має значення алюмінієвого еквівалента в діапазоні від 6,4 до 7,2, має межу плинності в діапазоні від 122 тис. фунтів на кв. дюйм (841,2 МПа) до 143,1 тис. фунтів на кв. дюйм (986,6 МПа), має межу міцності при розтягуванні в діапазоні від 142,3 тис. фунтів на кв. дюйм (981,1 МПа) до 154,6 тис. фунтів на кв. дюйм (1066 МПа) і має пластичність в діапазоні від 20 до 22 процентів відносного подовження.

15. Альфа/бета-титановий сплав за п. 9, при цьому середня межа міцності при розтягуванні (UTS) альфа/бета-титанового сплаву в одиницях тис. фунтів на кв. дюйм або МПа задовольняє рівнянню:

15 $UTS \geq 14,767(Al_{eq}) + 48,001$ або $\geq (14,767(Al_{eq}) + 48,001) \cdot 6,8948$, з середньоквадратичним відхиленням 0,6213 або 4,2837;

при цьому середня межа плинності (YS) альфа/бета-титанового сплаву в одиницях тис. фунтів на кв. дюйм або МПа задовольняє рівнянню:

20 $YS \geq 13,338(Al_{eq}) + 46,864$ або $\geq (13,338(Al_{eq}) + 46,864) \cdot 6,8948$, з середньоквадратичним відхиленням 0,4519 або 3,1158; і

при цьому виміряна в процентах відносного подовження середня пластичність альфа/бета-титанового сплаву задовольняє рівнянню:

$\%e \geq 3,3669(Al_{eq}) - 1,9417$, з середньоквадратичним відхиленням 0,1746;

при цьому Al_{eq} = алюміній у масових процентах + 10·(кисень) у масових процентах.

25 16. Альфа/бета-титановий сплав за п. 9, при цьому середня межа міцності при розтягуванні (UTS) альфа/бета-титанового сплаву в одиницях тис. фунтів на кв. дюйм або МПа задовольняє рівнянню:

$UTS \geq 12,414(Al_{eq}) + 64,429$ або $\geq (12,414(Al_{eq}) + 64,429) \cdot 6,8948$, з середньоквадратичним відхиленням 0,9576 або 6,6025;

30 при цьому середня межа плинності (YS) альфа/бета-титанового сплаву в одиницях тис. фунтів на кв. дюйм або МПа задовольняє рівнянню:

$YS \geq 13,585(Al_{eq}) + 44,904$ або $\geq (13,585(Al_{eq}) + 44,904) \cdot 6,8948$, з середньоквадратичним відхиленням 0,8138 або 5,6110; і

при цьому виміряна в процентах відносного подовження середня пластичність альфа/бета-титанового сплаву задовольняє рівнянню:

$\%e \geq 4,1993(Al_{eq}) - 7,4409$, з середньоквадратичним відхиленням 0,1731;

причому Al_{eq} = алюміній у масових процентах + 10·(кисень) у масових процентах.

17. Виріб, що містить сплав за п. 1.

18. Виріб за п. 17, причому виріб складається зі сплаву за п. 1.

40 19. Виріб за п. 17, причому виріб вибраний з компонента авіаційного двигуна, конструктивного компонента літального апарата, компонента автомобіля, компонента медичного пристрою, компонента спортивного обладнання, застосовуваного на морі компонента і компонента хімічного технологічного обладнання.

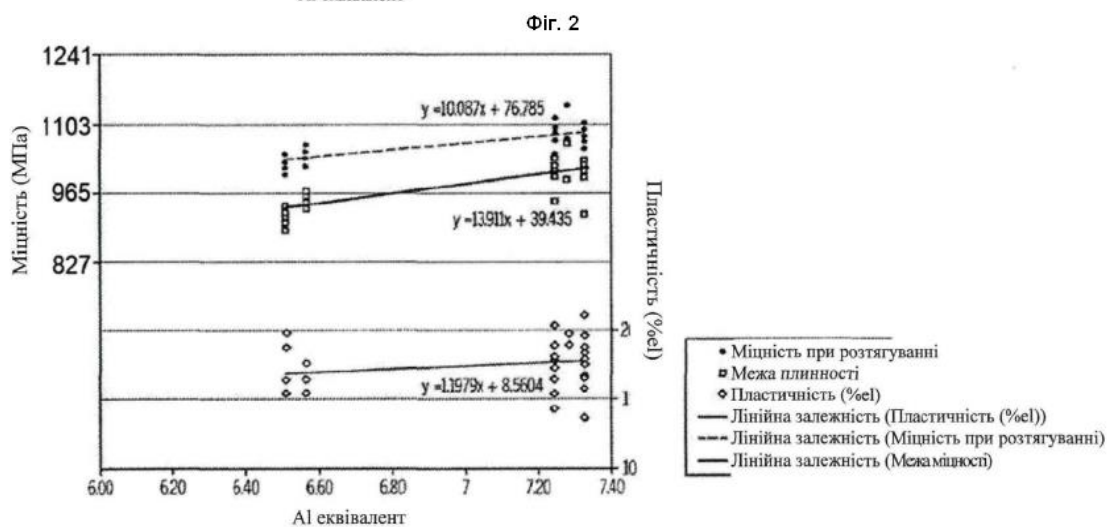
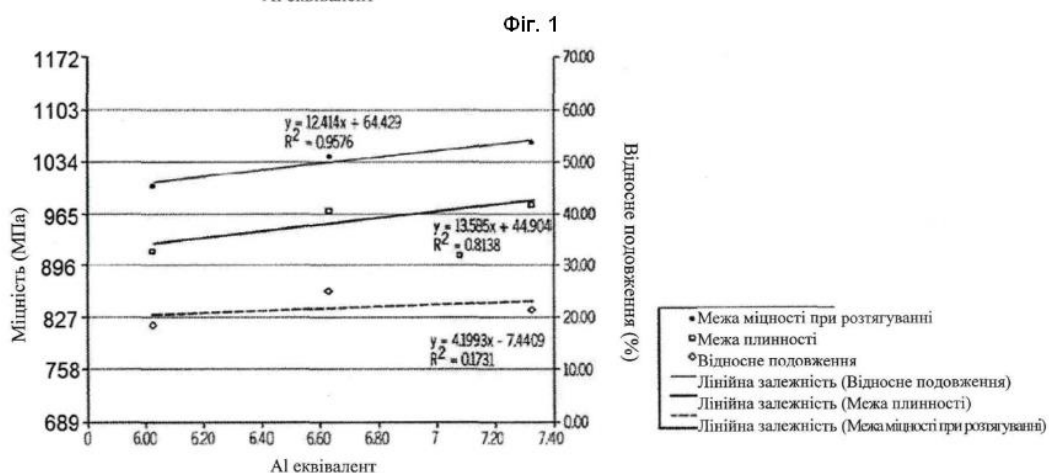
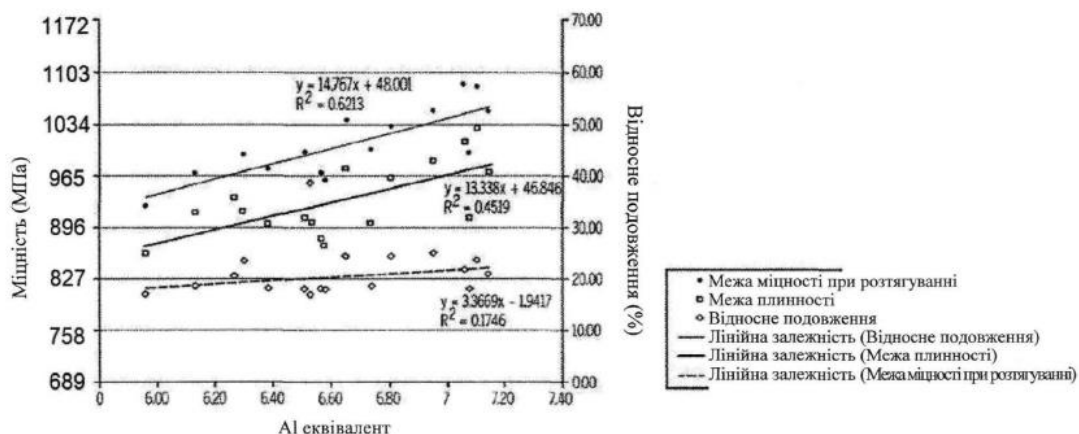
45 20. Виріб за п. 18, причому виріб вибраний з компонента авіаційного двигуна, конструктивного компонента літального апарата, компонента автомобіля, компонента медичного пристрою, компонента спортивного обладнання, застосовуваного на морі компонента і компонента хімічного технологічного обладнання.

21. Виріб, який містить сплав за п. 9.

22. Виріб за п. 21, причому виріб складається зі сплаву за п. 9.

50 23. Виріб за п. 21, причому виріб вибраний з компонента авіаційного двигуна, конструктивного компонента літального апарата, компонента автомобіля, компонента медичного пристрою, компонента спортивного обладнання, застосовуваного на морі компонента і компонента хімічного технологічного обладнання.

55 24. Виріб за п. 22, причому виріб вибраний з компонента авіаційного двигуна, конструктивного компонента літального апарата, компонента автомобіля, компонента медичного пристрою, компонента спортивного обладнання, застосовуваного на морі компонента і компонента хімічного технологічного обладнання.



Комп'ютерна верстка О. Рябо

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601