



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **121738** (13) **C2**
(51) МПК (2020.01)

C22C 14/00

C22F 1/18 (2006.01)

A61L 27/06 (2006.01)

B62D 29/00

C22B 34/12 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2015 06518	(72) Винахідник(и): Брайан Девід Дж. (US)
(22) Дата подання заявки: 07.09.2011	(73) Власник(и): ЕЙТІАЙ ПРОПЕРТІЗ ЕЛЕЛСІ, 1600 N. E. Old Salem Road, Albany, Oregon 97321, USA (US)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 27.07.2020	(74) Представник: Бочаров Максим Анатолійович, реєстр. №367
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 12/888,699, 12/903,851	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2339731 C2, 27.11.2008 RU 2256713 C1, 20.07.2005 EP 0870845 A1, 14.10.1998 US 5980655 A, 09.11.1999 JP H10306335 A, 17.11.1998 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
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 23.09.2010, 13.10.2010	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: US, US	
(41) Публікація відомостей про заявку: 12.01.2016, Бюл.№ 1	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.07.2020, Бюл.№ 14	
(62) Номер та дата подання попередньої заявки, з якої виділено заявку, позначену кодом (21): а201305201, 07.09.2011	

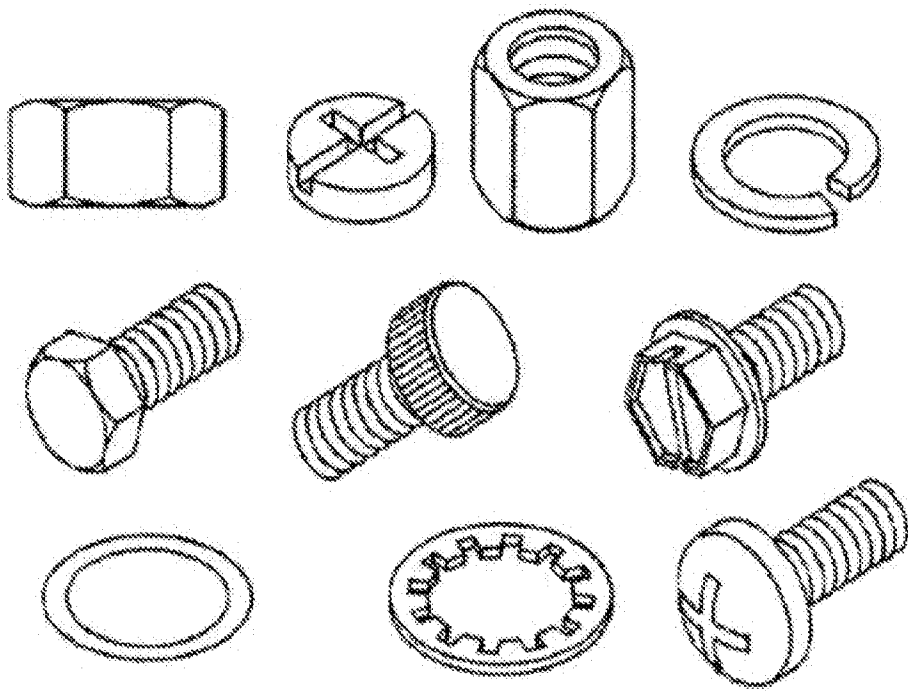
(54) ВИСОКОМІЦНІ КРІПІЛЬНІ ВИРОБИ ТА ЗАГОТОВКИ КРІПІЛЬНИХ ВИРОБІВ З АЛЬФА/БЕТА-ТИТАНОВОГО СПЛАВУ

(57) Реферат:

Виріб промислового виробництва, обраний з кріпильного виробу з титанового сплаву і заготовки кріпильного виробу з титанового сплаву, включає альфа/бета-титановий сплав, що містить 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 0,3 кисню, аж до 0,08 вуглецю, аж до 0,05 азоту, титан, і в сумі до 0,3 інших елементів. У певних варіантах втілення винаходу виріб промислового виробництва має межу міцності при розтягуванні щонайменше 170 тис. фунт/кв. дюйм (1172 МПа) і міцність при подвійному зрізі щонайменше 103 тис. фунт/кв. дюйм (710,2 МПа). Описаний спосіб виготовлення кріпильного виробу з титанового сплаву і заготовки кріпильного виробу з титанового сплаву, що включає альфа/бета сплав.

UA 121738 C2

10
↗



Фиг. 1

Перехресне посилання на споріднені заявки

Ця заявка є частковим продовженням заявки, що заявляє

пріоритет відповідно до розділу 35 Зведення законів США § 120, з патентної заявки США, що одночасно знаходиться на розгляді, серійний № 12/888699, поданої 23 вересня 2010 року під назвою "Високоміцні кріпильні вироби та заготовки кріпильних виробів з альфа/бета титанових сплавів", повний опис якої включений сюди шляхом посилання.

Рівень техніки

Область техніки

Цей винахід належить до механічних кріпильних виробів і заготовок кріпильних виробів і, зокрема, до кріпильних виробів і заготовок кріпильних виробів, що включають альфа/бета титанові сплави.

Опис рівня техніки

Титанові сплави зазвичай мають високе співвідношення міцність/вага, є корозійностійкими і мають опір до повзучості при помірно високих температурах. З цих причин титанові сплави використовуються в аерокосмічній галузі та авіації, включаючи, наприклад, елементи посадочного пристрою, раму кріплення двигуна та механічні кріпильні вироби.

Зниження ваги літального апарату призводить до економії палива, що є сильним стимулом в аерокосмічній галузі для зниження ваги літального апарату. Титан і титанові сплави є підходящими матеріалами для зниження ваги у застосуваннях аерокосмічної галузі, завдяки високому співвідношенню міцність/вага. На даний час кріпильні вироби з титанового сплаву використовуються в пристосуваннях аерокосмічної галузі, до яких ставиться менше вимог. У певних застосуваннях аерокосмічної галузі, в яких титанові сплави не мають достатньої міцності, щоб задовольняти конкретні механічні вимоги застосування, використовуються важчі кріпильні вироби із заліза і нікелю.

Більшість деталей з титанових сплавів, що використовуються в аерокосмічній галузі, виготовлена зі сплаву Ti-6Al-4V (марок ASTM Grade 5; UNS R56400; AMS 4965), який є альфа/бета титановим сплавом. Типові мінімальні технічні вимоги до заготовки кріпильного виробу Ti-6Al-4V з малим діаметром, наприклад, до заготовки кріпильного виробу, що має діаметр менше ніж 0,5 дюйма (1,27 см), включають межу міцності при розтягуванні (MMP), яка дорівнює 170 тис. фунт/кв. дюйм (1172 МПа), що визначається відповідно до ASTM E8/E8M-09 ("Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials" ("Стандартні методи випробувань металевих матеріалів на розтягування"), ASTM International, 2009), і міцність при подвійному зрізі (МПЗ), яка дорівнює 103 тис. фунт/кв. дюйм (710 МПа), що визначається відповідно до NASM 1312-13 ("Method 13-Double Shear" ("Метод 13 випробувань на подвійний зріз"), Асоціація аерокосмічних галузей - Національний стандарт аерокосмічної галузі (Метрика), 1 лютого 2003 р.).

Надміцні сплави із заліза та нікелю, такі як, наприклад, надміцний сплав із заліза A286 (UNS S66286), є представниками матеріалів, що використовуються в аерокосмічній галузі для застосувань як кріпильний виріб з додатковим рівнем міцності. Типові мінімальні технічні вимоги до міцності для холоднотягнутих і зістарених кріпильних виробів зі сплаву A286 становлять для MMP 180 тис. фунт/кв. дюйм (1241 МПа) і для МПЗ 108 тис. фунт/кв. дюйм (744 МПа).

Надміцний сплав (N07718) з нікелевого сплаву 718, є матеріалом, який використовується в аерокосмічній галузі для кріпильних виробів, що мають найвищий рівень міцності. Типові мінімальні технічні вимоги до міцності для холоднотягнутих і зістарених кріпильних виробів з надміцного 718 становлять для MMP 220 тис. фунт/кв. дюйм (1517 МПа) і для МПЗ 120 тис. фунт/кв. дюйм (827 МПа).

Крім того, два бета-титанових сплави, які в даний момент використовуються або розглядаються для використання як високоміцні матеріали для кріпильного виробу, мають мінімальну межу міцності при розтягуванні, що дорівнює 180 тис. фунт/кв. дюйм (1241,1 МПа), і мінімальну міцність при подвійному зрізі, що дорівнює 108 тис. фунт/кв. дюйм (744,6 МПа). SPS Technologies, Дженкінстаун, штат Пенсільванія, пропонує кріпильні вироби з титанового сплаву, виготовлені з оптимізованого бета-титанового сплаву, хімічний склад якого відповідає титановому сплаву Ti-3Al-8V-6Cr-4Zr-4Mo (AMS 4958). Болти SPS доступні діаметром до 1 дюйма (2,54 см). Компанія Alcoa Fastening Systems (AFS) розробила високоміцні титанові кріпильні вироби, що виготовляються з титанового сплаву, номінальний хімічний склад якого відповідає титановому сплаву Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr-0.5Fe (що також називається Ti-5553; UNS не визначено), подібного бета-титанового сплаву. Повідомляється, що кріпильні вироби зі сплаву AFS Ti-5553 мають межу міцності при розтягуванні, що дорівнює 190 тис. фунт/кв. дюйм (1309 МПа), більше ніж 10 % подовження і мінімальний МПЗ, що дорівнює 113 тис. фунт/кв. дюйм (779 МПа) для деталей без покриття і 108 тис. фунт/кв. дюйм (744 МПа) для деталей з покриттям.

Бета-титанові сплави зазвичай включають високу концентрацію інших компонентів сплаву, що збільшує вартість компонентів і технологічної обробки у порівнянні з альфа/бета титановими сплавами. Бета-титанові сплави також зазвичай мають підвищену щільність у порівнянні з альфа/бета титановими сплавами. Наприклад, альфа/бета титановий сплав ATI 425® має щільність приблизно 0,161 фунт/дюйм³ (4,5 г/см³), тоді як бета-титановий сплав Ti-3Al-8V-6Cr-4Zr-4Mo має щільність приблизно 0,174 фунт/дюйм³ (4,8 г/см³), а подібний бета-титановий сплав Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr-0.5Fe має щільність приблизно 0,168 фунт/дюйм³ (4,7 г/см³). Кріпильні вироби, виготовлені з титанових сплавів меншої щільності, можуть забезпечувати додаткове зниження ваги для застосувань в аерокосмічній галузі. Крім того, бімодальна мікроструктура, що отримується, наприклад, в оброблених на твердий розчин та зістарених титанових сплавах може забезпечувати поліпшені механічні властивості, такі як багатоциклову втому, в порівнянні з бета-титановими сплавами. Альфа/бета титанові сплави також мають більш високу температуру бета-переходу (T_{β}), ніж бета-титанові сплави. Наприклад, температура T_{β} альфа/бета титанового сплаву ATI 425® дорівнює приблизно 1800 °F (982,2 °C), тоді як бета-титановий сплав Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr-0.5Fe має температуру T_{β} , що дорівнює приблизно 1500 °F (815,6 °C). Відмінність в T_{β} для двох форм титанових сплавів забезпечує більше температурне вікно для термомеханічної обробки та теплової обробки в області альфа/бета фази для альфа/бета титанових сплавів.

Враховуючи тривалу потребу в зниженому споживанні палива шляхом зниження ваги літальних апаратів, існує необхідність в досконаліших легковагих кріпильних виробах для застосувань в аерокосмічній галузі. Зокрема, було б вигідно забезпечувати аерокосмічну галузь легковагими кріпильними виробами та заготовками кріпильних виробів з альфа/бета титанового сплаву, що мають підвищену міцність у порівнянні з нинішнім поколінням кріпильних виробів аерокосмічної галузі, виготовлених з альфа/бета титанового сплаву Ti-6Al-4V.

Сутність винаходу

У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, згідно з цим описом виріб промислового виробництва, обраний з кріпильного виробу з титанового сплаву і заготовки кріпильного виробу з титанового сплаву, включає альфа/бета титановий сплав, що містить, 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 0,3 кисню; аж до 0,08 вуглецю; аж до 0,05 азоту; титан; і аж до сумарного 0,3 інших елементів. У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, кріпильний виріб або заготовка кріпильного виробу з альфа/бета титанового сплаву має межу міцності при розтягуванні, що дорівнює щонайменше 170 тис. фунт/кв. дюйм (1172 МПа), і міцність при подвійному зрізі, що дорівнює щонайменше 103 тис. фунт/кв. дюйм (710,2 МПа).

У додатковому, варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, згідно з цим описом виріб промислового виробництва, обраний з кріпильного виробу з титанового сплаву і заготовки кріпильного виробу з титанового сплаву, включає альфа/бета титановий сплав, що складається значною мірою 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 0,3 кисню; аж до 0,08 вуглецю; аж до 0,05 азоту; аж до сумарного 0,3 інших елементів; титану; випадкових домішок; і в якому інші елементи складаються значною мірою з одного або більше - з олова, цирконію, молібдену, хрому, нікелю, кремнію, міді, ніобію, танталу, марганцю та кобальту, де масовий відсоток кожного такого елемента дорівнює 0,1 або менше, і бору та ітрію, де масовий відсоток кожного такого елемента менше ніж 0,005. У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, кріпильний виріб або заготовка кріпильного виробу з альфа/бета титанового сплаву має межу міцності при розтягуванні, що дорівнює щонайменше 170 тис. фунт/кв. дюйм (1172 МПа), і міцність при подвійному зрізі, що дорівнює щонайменше 103 тис. фунт/кв. дюйм (710,2 МПа).

У іншому, варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, згідно з цим описом спосіб для виробництва заготовки кріпильних виробів з титанового сплаву включає отримання альфа/бета титанового сплаву, що містить, 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 0,3 кисню; аж до 0,08 вуглецю; аж до 0,05 азоту; титан; і до сумарного 0,3 інших елементів.

Альфа/бета титановий сплав є гарячекатаним і, потім, відпаленим при температурі відпалу в діапазоні від 1200 °F (648,9 °C) до 1400 °F (760 °C) для часу відпалу в діапазоні від 1 до 2 годин. Після відпалу альфа/бета титановий сплав охолоджують на повітрі і потім механічно обробляють до визначених заздалегідь розмірів. Потім альфа/бета титановий сплав піддають обробці на твердий розчин при температурі обробки на розчин в діапазоні від 1500 °F (815,6 °C) до 1700 °F (926,7 °C) для часу обробки на твердий розчин в діапазоні від 0,5 годин до 2 годин. Після обробки на твердий розчин альфа/бета титановий сплав охолоджують при швидкості охолодження, що дорівнює щонайменше швидкості охолодження на повітрі, і потім піддають

старінню при температурі обробки старінням у діапазоні від 800 °F(426,7 °C) до 1000 °F (537,8 °C) для часу старіння у діапазоні від 4 годин до 16 годин. Після старіння титановий сплав охолоджують на повітрі. У варіанті втілення, що не має обмежувального характеру, альфа/бета титановий сплав, відповідно до описаного вище способу варіанту втілення винаходу, має межу міцності при розтягуванні, що дорівнює щонайменше 170 тис. фунт/кв. дюйм (1172 МПа), і міцність при подвійному зрізі, що дорівнює щонайменше 103 тис. фунт/кв. дюйм (710,2 МПа).

Короткий опис креслень

Особливості та переваги описаних тут способів можуть бути зрозумілішими шляхом звернення до супроводжуючих їх креслень, в яких:

Фіг. 1 представляє схематичне представлення варіантів втілення кріпильних виробів винаходу, що не мають обмежувального характеру, згідно з цим описом;

Фіг. 2 представляє блок-схема варіанту втілення способу виробництва кріпильних виробів і заготовок кріпильних виробів винаходу, що не має обмежувального характеру, згідно з цим описом;

Фіг. 3 представляє графік межі міцності на розтягування заготовки пруткового та дротяного кріпильного виробу, виготовлених за допомогою варіантів втілення винаходу, що не мають обмежувального характеру, згідно з цим описом, порівняння цих властивостей з технічними вимогами для заготовки пруткового та дротяного кріпильного виробу з титанового сплаву Ti-6Al-4V;

Фіг. 4 представляє графік межі плинності заготовки пруткового та дротяного кріпильного виробу, виготовлених за допомогою варіантів втілення винаходу, що не мають обмежувального характеру, згідно з цим описом, порівняння цих властивостей з технічними вимогами для заготовки пруткового та дротяного кріпильного виробу з титанового сплаву Ti-6Al-4V; та

Фіг. 5 представляє графік відносного подовження при розтягуванні, у відсотках, заготовки пруткового та дротяного кріпильного виробу, виготовлених за допомогою варіантів втілення винаходу, що не мають обмежувального характеру, згідно з цим описом, порівняння цих властивостей з технічними вимогами для заготовки пруткового та дротяного кріпильного виробу з титанового сплаву Ti-6Al-4V.

Читач оцінить вищевикладені подробиці, а також інші подробиці при розгляді нижчезазначеного детального опису певних варіантів втілення способів винаходу, що не мають обмежувального характеру, згідно з цим описом.

Докладний опис певних варіантів втілення винаходу, що не мають обмежувального характеру

У цьому описі варіантів втілення винаходу, що не мають обмежувального характеру, відмінних від тих, що викладені в прикладах операцій, або, якщо вказано протилежне, усі числа, що виражають кількості або характеристики, слід розуміти як модифіковані в усіх випадках за допомогою терміну "приблизно". Відповідно, якщо не вказане протилежне, то всі числові параметри, викладені далі в наступному описі, є наближеними значеннями, які можуть мінятися залежно від бажаних властивостей, які прагнуть отримати в матеріалах і за допомогою способів відповідно до цього опису. У крайньому випадку, і не як спроба обмежити застосування теорії еквівалентів до обсягу формули винаходу, кожен числовий параметр має, щонайменше, бути представлений у світлі кількості записаних значущих цифр і шляхом застосування звичайних способів округлення.

Будь-який патент, публікація або інший описаний матеріал, про який вказано, що він включений сюди у повному обсязі або частково шляхом посилання, включений сюди тільки у тому ступені, в якому включений матеріал не суперечить існуючим визначенням, твердженням або іншому матеріалу винаходу, викладеним у цьому описі. Як таке і в необхідному ступені опис винаходу, викладений тут, замінює собою будь-який суперечливий матеріал, включений сюди шляхом посилання. Будь-який матеріал або його частина, про яке вказано, що він включений сюди шляхом посилання, але який суперечить існуючим визначенням, твердженням або іншому матеріалу винаходу, викладеним тут, включений тільки у тому ступені, в якому не виникає протиріччя між включеним матеріалом і існуючим матеріалом винаходу.

Звертаючись до Фіг. 1, один аспект цього опису винаходу належить до виробу промислового виробництва, обраного з кріпильного виробу з титанового сплаву 10 і заготовки кріпильного виробу з титанового сплаву (не показана). У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, виріб промислового виробництва включає альфа/бета титановий сплав, що містить 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 0,3 кисню; аж до 0,08 вуглецю; аж до 0,05 азоту; титан; і до сумарного 0,3 інших елементів. У варіантах втілення винаходу цього опису, що не мають обмежувального характеру, інші елементи, що відносяться до складу сплаву, включають або складаються

значною мірою з одного або більше - з олова, цирконію, молібдену, хрому, нікелю, кремнію, міді, ніобію, танталу, марганцю та кобальту, кожен з максимальною концентрацією, що дорівнює 0,1 масового відсотка, як індивідуальні елементи, і бору та ітрію, кожен з максимальною концентрацією, що дорівнює 0,005 мас. % як індивідуальні елементи, так що сумарна концентрація всіх з інших елементів не перевищує 0,3 масових відсотка. У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, виріб промислового виробництва з альфа/бета титанового сплаву згідно з цим описом має межу міцності при розтягуванні, що дорівнює щонайменше 170 тис. фунт/кв. дюйм (1172 МПа), і міцність при подвійному зрізі (МПЗ), що дорівнює щонайменше 103 тис. фунт/кв. дюйм (710,2 МПа), для кріпильних виробів, які мають діаметри в діапазоні від 0,18 дюймів (4,57 мм) до 1,25 дюйма (31,8 мм). У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, цього опису кріпильні вироби можуть мати діаметри, такі маленькі, які тільки можна виготовити. У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, кріпильні вироби згідно з цим описом мають відносне подовження при розтягуванні щонайменше 10 %.

У певних варіантах втілення винаходу, що не мають обмежувального характеру, елементний склад альфа/бета титанового сплаву, включеного до кріпильного виробу або заготовки кріпильного виробу, згідно з цим описом, реалізується за допомогою складу сплаву, описаного в Патенті США № 5980655 ("патент '655"), який включено сюди шляхом посилання в повному обсязі. Патент '655 описує сплав, що має склад, показаний в нижчезазначеній Таблиці 1.

Таблиця 1

Елемент сплаву	Масовий відсоток
Алюміній	від приблизно 2,9 до приблизно 5,0
Ванадій	від приблизно 2,0 до приблизно 3,0
Залізо	від приблизно 0,4 до приблизно 2,0
Кисень	більше ніж 0,2 до приблизно 0,3
Вуглець	від приблизно 0,005 до приблизно 0,03
Азот	від приблизно 0,001 до приблизно 0,02
Інші елементи	менше ніж приблизно 0,5

Комерційною версією сплаву патенту '655 є сплав ATI 425®, який пропонується ATI Aerospace, корпорації Allegheny Technologies Incorporated, Пітсбург, штат Пенсільванія. Межа міцності при розтягуванні сплавів, що мають елементний склад, описаний в патенті '655, знаходиться в діапазоні від 130 до 133 тис. фунт/кв. дюйм (від 896 до 917 МПа). Проте, цей винахідник, на своє здивування, виявив, що значно вузький діапазон хімічного складу в цьому винаході дає в результаті кріпильні вироби з альфа/бета титанового сплаву, які можуть мати значно більш високе значення меж міцності при розтягуванні, описані тут. У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, межа міцності при розтягуванні описаних тут кріпильних виробів, виготовлених з описаного тут складу сплаву, була до 22 % вище, ніж ММР, описана в патенті '655. Не маючи мети обмежуватися будь-якою теорією, вважають, що напролюд висока міцність кріпильного виробу зі сплаву складів, описаних тут, може бути, частково, результатом істотного підвищення рівнів алюмінію та кисню по відношенню до мінімальних рівнів, описаних в патенті '655, що могло збільшити міцність домінуючої альфа-фази в альфа/бета титановому сплаві.

Винахідник, на своє здивування, також виявив, що звуження допустимих діапазонів алюмінію, ванадію, заліза, кисню та азоту в сплаві для кріпильного виробу, описане тут, по відношенню до сплаву, описаного в патенті '655, знижує варіабельність механічних властивостей та варіабельність температури бета-переходу сплаву для кріпильного виробу, описаного тут. Це зниження варіабельності важливе для технології та оптимізації мікроструктури в плані досягнення чудових механічних властивостей, описаних тут.

У іншому варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, кріпильний виріб з титанового сплаву і заготовка кріпильного виробу з титанового сплаву, описані тут, включає діаметр до 0,75 дюймів (1,91 см) і має межу міцності при розтягуванні, що дорівнює щонайменше 180 тис. фунт/кв. дюйм (1241 МПа), і міцність при подвійному зрізі, що дорівнює щонайменше 108 тис. фунт/кв. дюйм (744,6 МПа). У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, кріпильні вироби або заготовки кріпильного виробу згідно з цим описом мають межу міцності при розтягуванні до 26 % вище, ніж межа міцності при розтягуванні, описана в патенті '655.

Посилаючись знову на Фіг. 1, відповідно до іншого аспекту цього опису, що не має обмежувального характеру, виріб промислового виробництва, обраний з кріпильного виробу з титанового сплаву 10 і заготовки кріпильного виробу (не показана) з титанового сплаву, включає альфа/бета титановий сплав, що складається значною мірою 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 0,3 кисню; аж до 0,08 вуглецю; аж до 0,05 азоту; не більше ніж у сумі 0,3 інших елементів; решта - титан; і випадкові домішки. У варіантах втілення винаходу, що не мають обмежувального характеру, інші елементи, що відносяться до складу сплаву, включають або складаються значною мірою з одного або більше - з олова, цирконію, молібдену, хрому, нікелю, кремнію, міді, ніобію, танталу, марганцю та кобальту, де масовий відсоток кожного такого елементу дорівнює 0,1 або менше, і бору та ітрію, де масовий відсоток кожного такого елементу менше ніж 0,005, і сумарна кількість усіх з інших елементів не перевищує 0,3 масових відсотка. У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, виріб промислового виробництва має межу міцності при розтягуванні, що дорівнює щонайменше 170 тис. фунт/кв. дюйм (1172 МПа), і міцність при подвійному зрізі, що дорівнює щонайменше 103 тис. фунт/кв. дюйм (710,2 МПа).

У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, кріпильний виріб з титану та заготовка кріпильного виробу з титанового сплаву згідно з цим описом включає діаметр до 0,75 дюймів (1,91 см), межу міцності при розтягуванні, що дорівнює щонайменше 180 тис. фунт/кв. дюйм (1241 МПа), і міцність при подвійному зрізі, що дорівнює щонайменше 108 тис. фунт/кв. дюйм (744,6 МПа).

Використаний тут термін "кріпильний виріб" належить до кріпильного пристрою, який механічно з'єднує або фіксує разом два або більше об'єктів. Кріпильний виріб включає, але без обмежень, болт, гайку, шпильку, гвинт, заклепку, притискну шайбу та стопорну шайбу. Використана тут фраза "заготовка кріпильного виробу" стосується виробу промислового виробництва, який обробляють з отриманням одного або більше кріпильних виробів з цього виробу промислового виробництва.

Посилаючись на Фіг. 2, аспектом винаходу, що не має обмежувального характеру, згідно з цим описом є спосіб 20 для виробництва кріпильного виробу або заготовки кріпильного виробу з титанового сплаву. Спосіб включає отримання 21 альфа/бета титанового сплаву, що містить, 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 0,3 кисню; аж до 0,08 вуглецю; аж до 0,05 азоту; титан; і до сумарного 0,3 інших елементів. У варіантах втілення винаходу цього опису, що не мають обмежувального характеру, інші елементи, що належать до складу сплаву, включають або складаються значною мірою з одного або більше - з олова, цирконію, молібдену, хрому, нікелю, кремнію, міді, ніобію, танталу, марганцю та кобальту, де масовий відсоток кожного такого елементу дорівнює 0,1 або менше, і бору та ітрію, де масовий відсоток кожного такого елементу менше ніж 0,005, і сумарна кількість усіх з інших елементів не перевищує 0,3 масових відсотка. Альфа/бета титановий сплав піддають гарячому прокатуванню 22 при температурі в області альфа/бета фази альфа/бета титанового сплаву. У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, температура гарячого прокатування, щонайменше, на 50 °F (27,8 °C) нижче температури бета переходу альфа/бета титанового сплаву, але не більше, ніж на 606 °F (333,3 °C) нижче температури бета-переходу альфа/бета титанового сплаву.

Після гарячого прокатування 22 альфа/бета титановий сплав, в деяких випадках, піддають холодному волочінню і відпалу для зниження розміру без істотної зміни механічних властивостей альфа/бета титанового сплаву. У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, холодне волочіння призводить до відносного зниження площі поперечного перерізу заготовки титанового сплаву менш ніж на 10 %. Перед холодним волочінням альфа/бета титановий сплав може бути покритий твердим мастилом, таким як, але не обмежуючись, дисульфід молібдену (MoS₂).

У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, після гарячого прокатування 22 альфа/бета титановий сплав відпалюють 23 і охолоджують 24, щоб отримати заготовку кріпильного виробу альфа/бета титанового сплаву. У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, відпал 23 включає відпал гарячекатаного альфа/бета титанового сплаву при температурі відпалу в температурному діапазоні відпалу від 1200 °F до 1400 °F (від 649 °C до 760 °C). У іншому варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, час відпалу знаходиться в діапазоні від приблизно 1 години до приблизно 2 годин. Ще в іншому варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, відпал 23 включає відпал гарячекатаного альфа/бета титанового сплаву при температурі приблизно 1275 °F (690,6 °C) для приблизно однієї години. У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, після відпалу 23 відпалений альфа/бета титановий сплав

охолоджують 24 до кімнатної температури або до температури зовнішнього середовища. У певних варіантах втілення винаходу, що не мають обмежувального характеру, після відпалу 23 відпалений альфа/бета титановий сплав охолоджують на повітрі або охолоджують у воді до кімнатної температури або до температури зовнішнього середовища.

Після відпалу 23 і охолодження 24 у варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, заготовку кріпильного виробу з альфа/бета титанового сплаву піддають механічній обробці 25 до розміру, придатного для формування кріпильного виробу із заготовки. В деяких випадках можна нанести покриття на заготовку кріпильного виробу з альфа/бета титанового сплаву перед його механічною обробкою. Відповідні покриття для механічної обробки відомі фахівцям в цій галузі і немає необхідності конкретизувати їх тут.

У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, механічно оброблену заготовку кріпильного виробу з титанового сплаву піддають обробці на твердий розчин 26 при температурі обробки на твердий розчин в температурному діапазоні обробки на твердий розчин від 1500 °F (815,6 °C) до 1700 °F (926,7 °C) для часу обробки на твердий розчин в діапазоні від 0,5 годин до 2 годин. У конкретному варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, механічно оброблену заготовку кріпильного виробу з титанового сплаву піддають обробці на твердий розчин 26 при температурі обробки на твердий розчин приблизно 1610 °F (876,7 °C).

Після обробки на твердий розчин 26 механічно оброблену заготовку кріпильного виробу з титанового сплаву охолоджують 27. У варіантах втілення винаходу, що не мають обмежувального характеру, охолодження 27 можна виконувати, використовуючи охолодження на повітрі, охолодження у воді та/або гартування у воді, яке можна віднести до "швидкого охолодження". Здебільшого, швидкість охолодження, що досягається під час охолодження 27, така ж, як при охолодженні на повітрі. У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, охолодження 27 включає швидкість охолодження щонайменше 1000 °F (555,6 °C) на хвилину. У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, охолодження 27 включає будь-який спосіб охолодження, відомий фахівцям в цій галузі, за допомогою якого досягається вказана швидкість охолодження. Швидке охолодження 27 використовують для збереження мікроструктури, отриманої шляхом обробки на твердий розчин 26.

У варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, піддану обробці на твердий розчин 26 і швидкому охолодженню 27 заготовку кріпильного виробу з титанового сплаву піддають старінню 28 при температурі обробки старінням в температурному діапазоні обробки старінням від приблизно 800 °F (426,7 °C) до приблизно 1000 °F (537,8 °C) для часу старіння в температурному діапазоні старіння від приблизно 4 годин до приблизно 16 годин. У конкретному варіанті втілення винаходу, що не має обмежувального характеру, піддану обробці на твердий розчин 26 і швидкому охолодженню 27 заготовку кріпильного виробу з титанового сплаву піддають старінню 28 при 850 °F (454,4 °C) протягом 10 годин. У певних варіантах втілення винаходу, що не мають обмежувального характеру, після старіння 28 заготовку кріпильного виробу з альфа/бета титанового сплаву піддають охолодженню на повітрі 29 або швидкому охолодженню, щоб отримати кріпильний виріб альфа/бета титанового сплаву, як описано тут.

Встановлено, що заготовка кріпильного виробу, виготовлена згідно з цим описом, має підвищені механічні властивості у порівнянні із заготовкою кріпильного виробу, виготовленою зі сплаву Ti-6-4. Відповідно, можна використати кріпильні вироби, виготовлені згідно з цим описом, з меншими розмірами, щоб замінити кріпильні вироби зі сплаву Ti-6-4 у тих же застосуваннях. Це призводить до зниження ваги, що дуже важливо в аерокосмічній галузі. Також встановлено, що в певних застосуваннях кріпильні вироби, виготовлені згідно з цим описом, могли б замінити кріпильні вироби зі сталі, які мають ті ж розміри, що в результаті призведе до зниження ваги, що дуже важливо в аерокосмічній галузі.

Приклади, наведені далі, призначені для додаткового опису певних варіантів втілення винаходу, що не мають обмежувального характеру, без обмеження сфери дії цього винаходу. Особам, що є фахівцями в цій галузі, зрозуміло, що можливі варіації наступних прикладів в межах обсягу винаходу, який визначається тільки формулою винаходу.

Приклад 1

Зливки виготовляли з пресувань, зроблених з сировинних матеріалів, використовуючи технологію подвійної вакуумно-дугової переплавки (ВДП). Зі зливки брали зразки для проведення хімічного аналізу, і виміряний усереднений хімічний склад зливки наведено у Таблиці 2. Виміряна температура бета-переходу сплаву становила 1785 °F (973,9 °C).

Таблиця 2

A1	V	Fe	O	N	C	Решта
4,06	2,52	1,71	0,284	0,008	0,017	Ті та випадкові домішки

Приклад 2

Зливом з титанового сплаву декількох плавів, що мають хімічні склади згідно з цим описом, піддавали гарячому прокатуванню при температурі гарячого прокатування, що дорівнює приблизно 1600 °F (871,1 °C). Гарячекатаний матеріал відпалювали при 1275 °F (690,6 °C) протягом 1 години та охолоджували на повітрі. Відпалений матеріал механічно обробляли з отриманням пруткових та дротяних заготовок кріпильних виробів, що мають різні діаметри від приблизно 0,25 дюймів (6,35 мм) до приблизно 3,5 дюймів (88,9 мм). Пруткові та дротяні заготовки кріпильних виробів піддавали обробці на твердий розчин при температурі приблизно 1610 °F (876,7 °C) протягом приблизно 1 години і гартували у воді. Після обробки на твердий розчин і гартування у воді пруткові та дротяні заготовки кріпильних виробів піддавали старінню при температурі приблизно 850 °F (454,4 °C) протягом приблизно 10 годин і охолоджували на повітрі.

Приклад 3

Пруткові та дротяні заготовки кріпильних виробів з Прикладу 2 випробовували на міцність при кімнатній температурі. Значення межі міцності при розтягуванні пруткових та дротяних заготовок кріпильних виробів графічно представлені на Фіг. 3. Значення меж плинності пруткових та дротяних заготовок кріпильних виробів графічно представлені на Фіг. 4 і значення відносного подовження при розтягуванні, у відсотках, для пруткових та дротяних заготовок кріпильних виробів графічно представлені на Фіг. 5. Мінімальні значення межі міцності при розтягуванні, межі плинності та відносного подовження при розтягуванні у відсотках, що пред'являються до обробленого на твердий розчин і зістареного сплаву Ti-6Al-4V для застосувань як кріпильні вироби в аерокосмічній галузі (AMS 4965) також показані на фігурах 3-5, відповідно. З Фіг. 3 видно, що межа міцності при розтягуванні, виміряна для пруткової та дротяної заготовки кріпильного виробу, виготовленої згідно з цим описом, істотно перевищує технічні вимоги, показані для сплаву Ti-6Al-4V, на приблизно 20 тис. фунт/кв. дюйм (138 МПа) для всіх вимірних розмірів діаметру. Крім того, з Фіг. 5 видно, що заготовки кріпильних виробів, що мають хімічні склади згідно з цим описом, мають відносне подовження при розтягуванні, у відсотках, в діапазоні від щонайменше 10 відсотків до приблизно 19 відсотків.

Приклад 4

Заготовку кріпильного виробу, що має діаметр приблизно 0,25 дюймів (6,35 мм) і хімічний склад з Прикладу 1, і піддану обробці на твердий розчин і старінню, як в Прикладі 2, випробовували на міцність. Результати випробувань на міцність наведені в Таблиці 3.

Таблиця

Межа міцності при розтягуванні (тис. фунтів/кв. дюйм; МПа)	Межа плинності (тис. фунтів/кв. дюйм; МПа)	Відносне подовження при розтягуванні, відсотки	Відносне зменшення площі поперечного перерізу	Міцність при подвійному зрізі (тис. фунтів/кв. дюйм; МПа)
199,9; 1378	175,1; 1207	13,0	45	123,3; 850
199,9; 1378	176,2; 1215	13,0	44	120,0; 827
196,3; 1353	169,4; 1168	10,0	39	117,4; 809
196,9; 1358	171,4; 1182	11,0	39	117,2; 808

[0044] Значення межі міцності при розтягуванні знаходяться в діапазоні від приблизно 196 тис. фунт/кв. дюйм до приблизно 200 тис. фунт/кв. дюйм (від 1351 МПа до 1379 МПа), що вище, ніж мінімальні вимоги для заготовки кріпильного виробу зі сплаву Ti-6Al-4V, що становлять 170 тис. фунт/кв. дюйм (1172 МПа) для ММР і 103 тис. фунт/кв. дюйм (710 МПа) для МПЗ. Також виявили, що властивості узгоджуються з прийнятим емпіричним співвідношенням, що МПЗ = 0,6 x ММР.

Приклад 5

Заготовку кріпильного виробу, що має діаметр приблизно 0,75 дюймів (1,91 см) і хімічний склад з Прикладу 1, і піддану обробці на твердий розчин згідно з Прикладом 2, випробовували на міцність. Результати випробувань на міцність наведені в Таблиці 4.

Таблиця 4

Діаметр (дюйм; см)	Межа міцності при розтягуванні (тис. фунтів/кв. дюйм; МПа)	Межа плинності (тис. фунтів/кв. дюйм; МПа)	Відносне подовження при розтягуванні, відсотки
0,75; 1,9	185,9; 1282	160,3; 1105	12,3
0,75; 1,9	185,8; 1281	160,1; 1104	12,8
0,75; 1,9	185,4; 1278	159,7; 1101	12,9
0,75; 1,9	186; 1282	159,5; 1100	12,7
0,75; 1,9	186,1; 1283	160,3; 1105	12,4
0,75; 1,9	186,1; 1283	160; 1103	12,4
0,75; 1,9	186,3; 1284	160,6; 1107	12,4
0,75; 1,9	186,1; 1283	160,3; 1105	12,8
Середнє	186,0; 1282	160,1; 1104	12,6
Стандартне відхилення	0,3; 2	0,4; 3	0,2

Середнє значення межі міцності при розтягуванні для пруткових заготовок кріпильного виробу діаметром 0,75 дюйма (1,91 см) дорівнювало 186 тис. фунт/кв. дюйм (1282 МПа), що задовольняє мінімальним технічним вимогам для кріпильних виробів, виготовлених з надміцного на основі заліза A286. Виходячи з прийнятого емпіричного співвідношення між МПЗ та ММР, наведеного вище, очікують, що прутки діаметром 0,75 дюйма (1,91 см) також відповідатимуть вимозі для МПЗ, що дорівнює 108 тис. фунт/кв. дюйм (744 МПа) для кріпильних виробів, виготовлених з надміцного на основі заліза A286.

Приклад 6

Зливоч, що має хімічний склад як в Прикладі 1, піддавали гарячому прокатуванню, відпалу та механічній обробці як в Прикладі 2 з отриманням заготовки кріпильного виробу діаметром приблизно 0,75 дюймів (1,91 см). Заготовку кріпильного виробу механічно обробляли на верстаті з числовим комп'ютерним керуванням, щоб отримати кріпильний виріб, який має форму шпильки. Шпильку піддавали обробці на твердий розчин і старінню як в Прикладі 2 з отриманням кріпильного виробу цього опису варіанту втілення винаходу, що не має обмежувального характеру.

Приклад 7

Зливоч, що має хімічний склад як в Прикладі 1, піддавали гарячому прокатуванню, відпалу і механічній обробці як в Прикладі 2 з отриманням заготовки кріпильного виробу діаметром приблизно 1 дюйм (2,54 см). Заготовку кріпильного виробу обробляли на різнакатувальному верстаті і різали на шматочки, довжиною приблизно 2 дюйми (5,08 см). Шматочки піддавали холодному штампуванню з отриманням болтів з шестигранною голівкою. Болти з шестигранною голівкою піддавали обробці на твердий розчин і старінню як в Прикладі 2 з отриманням кріпильного виробу цього опису варіанту втілення винаходу, що не має обмежувального характеру.

Приклад 7

Зливоч, що має хімічний склад як в Прикладі 1, піддавали гарячому прокатуванню, відпалу і механічній обробці як в Прикладі 2 з отриманням заготовки кріпильного виробу діаметром приблизно 1 дюйм (2,54 см). Центр заготовки кріпильного виробу обробляли механічно, щоб отримати отвір діаметром 0,5 дюйма (1,27 см). Потім заготовку кріпильного виробу різали на шматочки, товщиною 0,125 дюйма (0,318 см). Заготовку кріпильного виробу піддавали обробці на твердий розчин і старінню як в Прикладі 2 з отриманням кріпильного виробу у формі шайби згідно з цим описом варіанту втілення винаходу, що не має обмежувального характеру.

Цей опис винаходу був написаний з посиланням на різні варіанти втілення винаходу, що містять приклади, ілюстративні та такі, що не мають обмежувальний характер. Проте, фахівцям в цій галузі зрозуміло, що різні заміни, модифікації або комбінації з будь-яких описаних варіантів втілення винаходу (чи їх частин) можуть бути зроблені без відхилення від обсягу винаходу, як визначається єдиною пунктами формули винаходу. Таким чином, передбачається і зрозуміло, що цей опис охоплює додаткові варіанти втілення винаходу, що не очевидним чином викладені у цьому документі. Такі варіанти втілення винаходу можуть бути отримані, наприклад, шляхом об'єднання та/або модифікації будь-якого з описаних етапів, інгредієнтів, складових частин,

компонентів, елементів, особливостей, аспектів тощо у варіантах втілення винаходу, описаних тут. Таким чином, це розкриття винаходу не обмежується описом різних варіантів втілення винаходу, що містять приклади, ілюстративних та таких, що не мають обмежувального характеру, але визначається швидше тільки пунктами формули винаходу. У зв'язку з цим, має
 5 бути зрозумілим, що до пунктів формули винаходу можуть бути внесені зміни під час розгляду цієї патентної заявки, щоб додати особливості до винаходу, що заявляється, по-різному описані тут.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

10

1. Виріб, вибраний з кріпильного виробу з титанового сплаву і заготовки кріпильного виробу з титанового сплаву, що включає підданий гарячому прокатуванню, обробці на твердий розчин і старінню альфа/бета-титановий сплав, який містить, у масових процентах:

15

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 0,3 кисню,

до 0,08 вуглецю,

до 0,05 азоту,

20

титан, і

до 0,3 інших елементів в сумі,

при цьому інші елементи складаються з одного або більше з олова, цирконію, молібдену, хрому,

нікелю, кремнію, міді, ніобію, танталу, марганцю і кобальту, причому масовий процент кожного

25

такого елемента становить 0,1 або менше, і бору і ітрію, причому масовий процент кожного

такого елемента складає менше 0,005,

при цьому виріб має межу міцності при подовжньому розтягуванні щонайменше 180 тисяч

фунтів/кв. дюйм (1241 МПа) і міцність при подвійному зрізі щонайменше 108 тисяч фунтів/кв.

дюйм (744,6 МПа).

2. Виріб за п. 1, при цьому виріб має діаметр до 0,75 дюйма (1,91 см).

30

3. Виріб за п. 1 або 2, при цьому кріпильний виріб включає одне з болта, гайки, шпильки, гвинта,

притискної шайби, стопорної шайби і заклепки.

4. Виріб, вибраний з кріпильного виробу з титанового сплаву і заготовки кріпильного виробу з

титанового сплаву, що включає підданий гарячому прокатуванню, обробці на твердий розчин і

старінню альфа/бета-титановий сплав, який складається з, у масових процентах:

35

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 0,3 кисню,

до 0,08 вуглецю,

40

до 0,05 азоту,

не більше ніж 0,3 інших елементів в сумі,

титану, і

випадкових домішок,

при цьому інші елементи складаються з одного або більше з олова, цирконію, молібдену, хрому,

45

нікелю, кремнію, міді, ніобію, танталу, марганцю і кобальту, причому масовий процент кожного

такого елемента становить 0,1 або менше, і бору і ітрію, причому масовий процент кожного

такого елемента складає менше 0,005; і

при цьому виріб має межу міцності при подовжньому розтягуванні щонайменше 180 тисяч

фунтів/кв. дюйм (1241 МПа) і міцність при подвійному зрізі щонайменше 108 тисяч фунтів/кв.

50

дюйм (744,6 МПа).

5. Виріб за п. 4, при цьому виріб має діаметр до 0,75 дюйма (1,91 см).

6. Виріб за п. 4 або 5, при цьому кріпильний виріб включає одне з болта, гайки, шпильки, гвинта,

притискної шайби, стопорної шайби і заклепки.

7. Спосіб виробництва заготовки кріпильного виробу з титанового сплаву, який включає:

55

забезпечення альфа/бета-титанового сплаву, що містить, у масових процентах:

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 0,3 кисню,

60

до 0,08 вуглецю,

- до 0,05 азоту,
титан, і
до 0,3 інших елементів в сумі,
гаряче прокатування титанового сплаву в альфа/бета-фазі титанового сплаву;
- 5 відпал титанового сплаву при температурі відпалу в діапазоні від 1200 °F (648,9 °C) до 1400 °F (760 °C) протягом часу відпалу в діапазоні від 1 години до 2 годин;
охолодження на повітрі титанового сплаву;
механічну обробку титанового сплаву до попередньо визначеного розміру;
- 10 обробку на твердий розчин титанового сплаву в діапазоні температур обробки на твердий розчин від 1500 °F (815,6 °C) до 1700 °F (926,7 °C) протягом часу обробки на твердий розчин в діапазоні від 0,5 години до 2 годин;
охолодження титанового сплаву зі швидкістю охолодження, яка щонайменше еквівалентна охолодженню на повітрі;
- 15 старіння титанового сплаву при температурі старіння в діапазоні від 800 °F (426,7 °C) до 1000 °F (537,8 °C) протягом часу старіння в діапазоні від 4 годин до 16 годин; і
охолодження на повітрі титанового сплаву,
при цьому інші елементи альфа/бета-титанового сплаву складаються з одного або більше з олова, цирконію, молібдену, хрому, нікелю, кремнію, міді, ніобію, танталу, марганцю і кобальту,
причому масовий процент кожного такого елемента становить 0,1 або менше, і бору і ітрію,
- 20 причому масовий процент кожного такого елемента складає менше 0,005.
8. Спосіб за п. 7, при цьому гаряче прокатування проводять при температурі в діапазоні від на 50 °F (27,8 °C) нижче температури бета-переходу титанового сплаву до на 600 °F (333,3 °C) нижче температури бета-переходу титанового сплаву.
- 25 9. Спосіб за п. 7, який додатково включає після гарячого прокатування і перед відпалом титанового сплаву холодне волочіння титанового сплаву до відносного зменшення площі поперечного перерізу менше ніж 10 % і відпал.
10. Спосіб за п. 9, який додатково включає покриття титанового сплаву твердим мастилом перед холодним волочінням.
11. Спосіб за п. 10, при цьому твердим мастилом є дисульфід молібдену.
- 30 12. Спосіб за п. 7, при цьому температура відпалу становить 1275 °F (690,6 °C), а тривалість відпалу становить 1 годину.
13. Спосіб за п. 7, при цьому на титановий сплав наносять покриття перед механічною обробкою титанового сплаву.
14. Спосіб за п. 7, при цьому охолодження після етапу обробки на твердий розчин включає одне з охолодження на повітрі, охолодження у воді і гартування у воді.
- 35 15. Спосіб за п. 7, при цьому температура обробки на твердий розчин становить 1610 °F (876,7 °C), а охолодження титанового сплаву включає гартування у воді.
16. Спосіб за п. 7, при цьому старіння титанового сплаву включає старіння при 850 °F (454,4 °C) протягом 10 годин.

10
↗

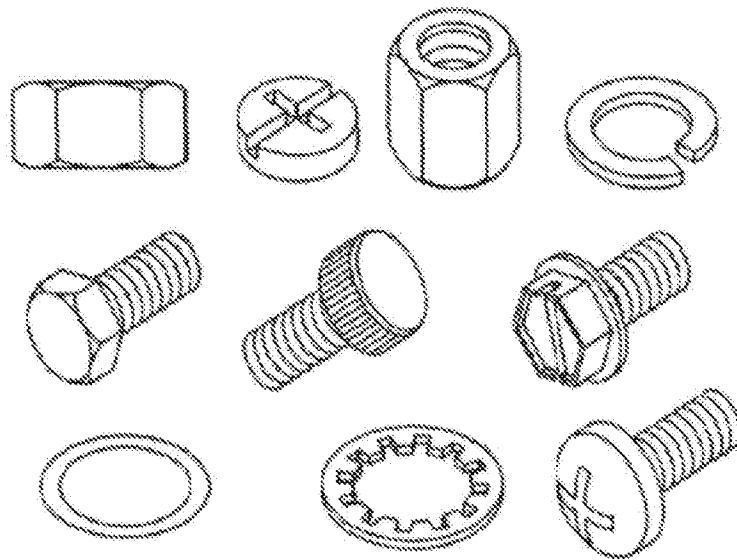


Fig. 1

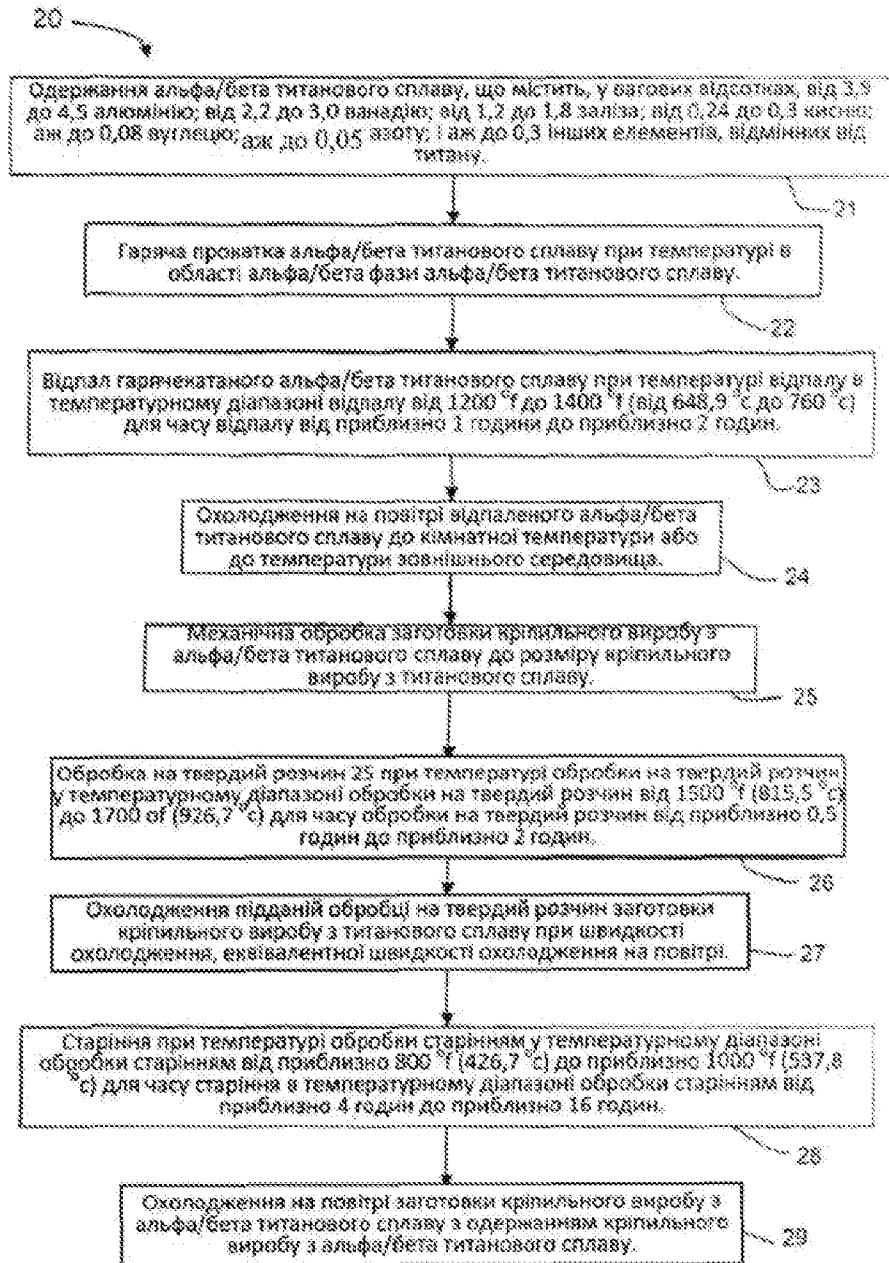
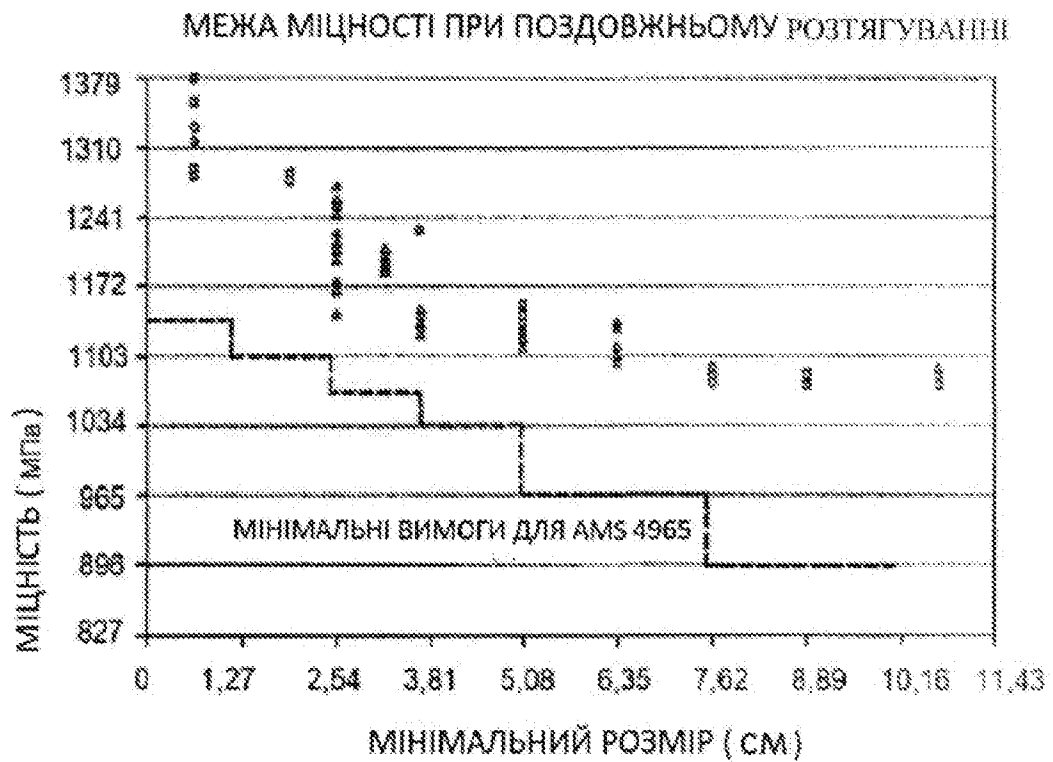
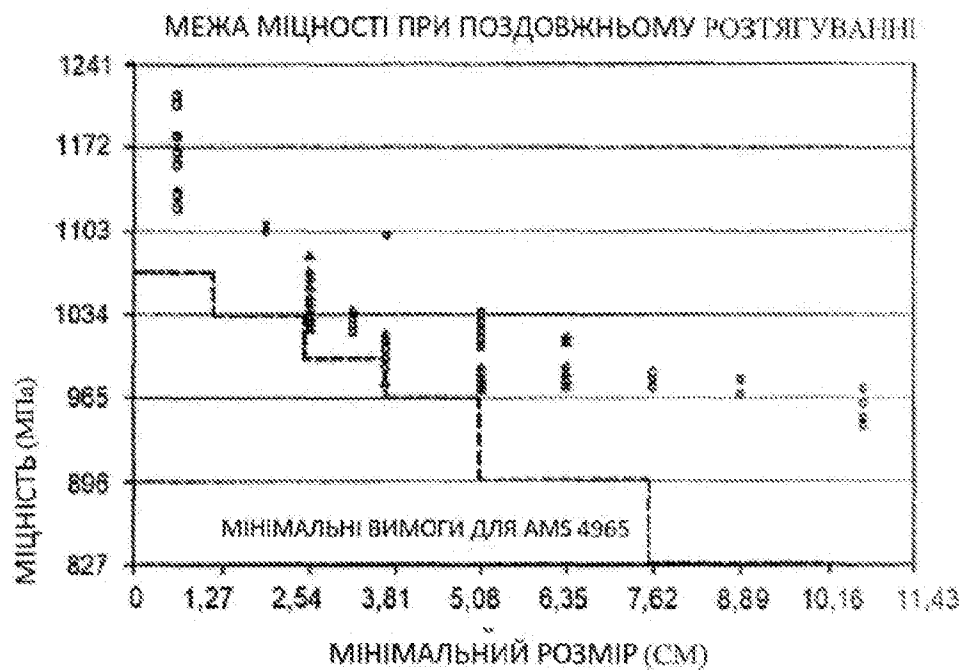


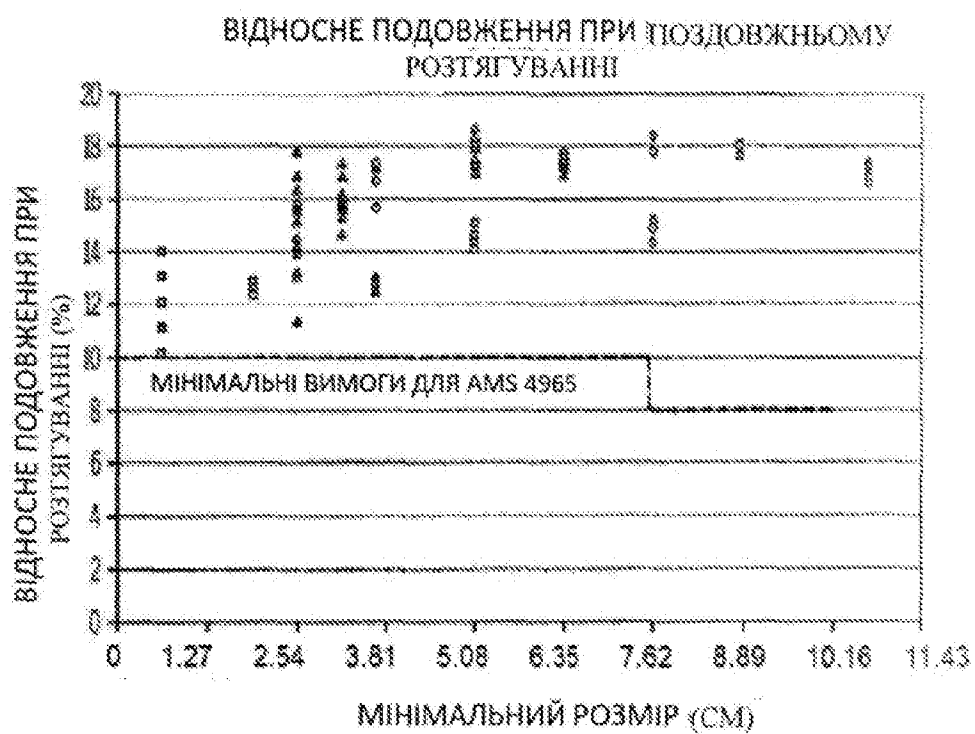
Fig. 2



Фіг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5

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