



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **121429** (13) **C2**
(51) МПК

B21J 1/02 (2006.01)
B21C 23/04 (2006.01)
C22C 21/06 (2006.01)
C21D 8/06 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2018 07629</p> <p>(22) Дата подання заявки: 09.07.2018</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.05.2020</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 10.05.2019, Бюл.№ 9</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.05.2020, Бюл.№ 10</p>	<p>(72) Винахідник(и): Фролов Ярослав Вікторович (UA), Андрєв Віталій Валерійович (UA), Ашкелянєць Антон Володимирович (UA), Коноводов Дмитро Володимирович (UA), Самсоненко Андрій Анатолійович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ, пр. Гагаріна, 4, м. Дніпро, 49005 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 63127 A, 15.01.2004 RU 2184165 C2, 27.06.2002 US 6139653 A, 31.10.2000 Головко А.Н., Андреев В.В., Третьак А.Ю. Исследование энергосиловых параметров процесса прессования труб из алюминиевого сплава системы Al-Mg-Sc // Научный вестник ДГМА. – 2012. - №2 (10E). – С. 24-29 CN 104818412 A, 05.08.2015 US 6718809 B1, 13.04.2004 UA 92301 C2, 11.10.2010</p>
---	--

(54) СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА СУЦІЛЬНИХ ПРОФІЛІВ З Al-Mg-Sc СПЛАВІВ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі обробки металів тиском і може бути використаний в металургійній, металообробній промисловості, на заводах вторинних кольорових металів та ін. Спосіб виробництва суцільних профілів із Al-Mg-Sc сплавів включає розливу заготовок зі сплаву та подальшу їх обробку тиском. Як вид обробки тиском використовують пряме гаряче пресування, причому перед пресуванням виконують операції гарячого осадження в інтервалі величин уковування 1,25...1,66 і гарячого протягання в інтервалі величин уковування 1,1...1,25. Ліквідація структурної неоднорідності в заготовках під гаряче пресування виконується за рахунок проведення попередньої обробки тиском, замість високотемпературної довготривалої гомогенізаційної обробки та загартування. Використання операцій осадження та протягання перед пресуванням забезпечує зменшення розміру зерна матеріалу, що деформується, та гомогенізацію структури металу у поперечному перерізі заготовки. Вирівнювання структури здійснюється за рахунок того, що при послідовному виконанні операцій осадження та протягання відбувається інтенсивне накопичення знакозміної деформації в об'ємі заготовки.

UA 121429 C2



Винахід належить до галузі обробки металів тиском і може бути використаний в металургійній, металообробній промисловості, на заводах вторинних кольорових металів та ін.

Одним із напрямків удосконалення конструкцій машин і механізмів у машинобудуванні й авіаційно-космічній техніці є розширення сфери використання матеріалів з низькою густиною, у тому числі - із деформованих алюмінієвих сплавів. На цей час можливості удосконалення алюмінієво-магнієвих сплавів, які традиційно використовуються, наприклад АМг6, практично вичерпані. Тому впровадження нових, з більш високими механічними властивостями при низькій густині матеріалів без їх термічного зміцнення і розробка способів обробки тиском, як єдиного способу зміцнення таких сплавів, дозволить підвищити корисне навантаження і знизити металоємність конструкцій.

Раніше для транспортного машинобудування була розроблена серія відповідних легованих скандієм сплавів на основі системи Al-Mg [Паспорт 11-61-84 на алюмінієвий сплав марки 01570, 1984 г.]. Особливістю структури вказаних сплавів є те, що границі зерен матриці у відпаленому стані в напівфабрикатах та готових виробів не містять магнію, що забезпечує високий опір корозії, а наявність нерекристалізованої структури призводить до підвищення характеристик міцності і пластичності, у порівнянні із виробами, що були виготовлені з традиційних Al-Mg сплавів. Проте, на даний час із сплаву Al-6 %Mg, який містить більше 0,3 % (мас.) скандію виготовляють лише напівфабрикати - гарячекатані плити, холоднокатаний лист та ін. Це пов'язано з тим, що підвищений опір деформації призводять до великих матеріальних витрат і багатоциклічної обробки.

На сьогоднішній день в ряді патентів [Пат. РФ 2081934 МПК С22С 21/06. Оpubл. 20.06.1997; Пат. РФ 2215058 МПК С22F 1/04. Оpubл. 27.10.2003; Пат. РФ 2384636 МПК С22С 21/06. Оpubл. 13.12.2009; US Patent 6139653 IPC С22С 21/06. Date of Patent: Oct. 31, 2000.] наведено дослідження з визначення механічних властивостей (межі міцності та межі текучості) напівфабрикатів в залежності від кількості основних легуючих елементів, таких як магній, скандій, цирконій та інші. Також наведені основні технологічні операції, що сприяють підвищенню механічних властивостей, серед яких: гомогенізація при температурах вище 500 °С протягом 4 годин; механічна обробка (обточування по діаметру); пресування; закалка; правка розтягом з відносним ступенем деформації, який знаходиться в діапазоні від 0,5 до 2,5 %. Так, наприклад, автори патенту [Пат. РФ 2215058 МПК С22F 1/04. Оpubл. 27.10.2003] пропонують проводити режим пресування у два етапи: на першому етапі - з постійною швидкістю пресування; на другому - пресування із зміною швидкості витікання металу по мірі його видавлювання із заготовки. Це, разом з попередньою гомогенізацією, дозволяє підвищити рівень механічних властивостей виробів з алюмінієвих сплавів.

Недоліком вказаних технологічних режимів є високі енергетичні витрати, що пов'язано із довготривалими режимами нагріву під час гомогенізації. Також, використання режиму пресування у два етапи призводить до ускладнення приводу пресу та підвищення анізотропії механічних властивостей по довжині готового виробу.

В патенті [US Patent 6139653 IPC С22С 21/06. Date of Patent: Oct. 31, 2000] автори досліджують вплив різних хімічних елементів на механічні властивості сплавів системи Al-Mg-Sc. При цьому обробку тиском здійснюють без попередньої гомогенізації заготовок. Автори рекомендують наступний технологічний режим: розливка заготовок, гаряча та холодна листів товщиною 0,063 та 0,125 дюймів. Після прокатки виконується відпал готових листів при температурі 550 °F протягом 8 годин. Однак, як і для попередніх технологічних режимів основним недоліком вказаного режиму є низькі, як для обраного хімічного складу матеріалу, механічні властивості та підвищені енерговитрати, що пояснюється довготривалим відпалом готової продукції.

В роботі [Пат. РФ 2184165 МПК С22С 21/06. Оpubл. 27.06.2002] представлено спосіб отримання алюмінієвої проволочки з підвищеним рівнем механічних властивостей. Основними операціями у даному технологічному процесі є: розливка злитка з наступною гомогенізацією, пряме гаряче пресування штаби, гаряча та холодна прокатка листів товщиною 2 мм. Після прокатки листи проходили відпал.

З точки зору енерговитрат, недоліком вищенаведеного технологічного процесу, є використання процесу гомогенізації заготовок.

Аналогом способу, що заявляється, є процес, представлений в роботі [Волков А.Е. Деформация сдвигом методом кручения, осадки и прессования / А.Е. Волков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallургия. - 2016. - № 4. - Т. 16. - С. 129-139]. Деформация зсувом методом кручення осадки та пресування, дозволяє отримати дрібнозернисту рівномірну структуру металу. Операція кручення дозволяє підготувати структуру металу для наступних етапах обробки тиском.

Недоліком технологічних режимів, запропонованих у аналогу, є високі енерговитрати. Наявність в технологічному ланцюгу додаткових операцій кручення призводить до ускладнення конструкції оснащення та можливої появи поверхневих дефектів, що пов'язано, в першу чергу, з високим рівнем деформацій зсуву в поверхневих шарах металу.

5 Найбільш близьким аналогом до способу, що заявляється, є спосіб одержання заготовок з алюмінієвого сплаву системи Al-Mg-Sc [Пат. 63127 Україна, МПК C21D 8/06. Опубл. 15.01.04]. Основними операціями у даному технологічному процесі є: виливання заготовки, попереднє проковування, нагрів та витримка (гомогенізація), загартування у воді, гаряче осадження, холодне протягання. Недоліком вказаного технологічного режиму є високі енерговитрати, зокрема витрати енергії на нагрів заготовок при виконанні операцій гомогенізації та загартування. Крім того, вважається необґрунтованим застосування операції загартування для сплаву 01570, який термічно не зміцнюється.

В основу винаходу поставлена задача, що полягає в зниженні енерговитрат технологічного процесу та підвищення механічних властивостей у готовому виробі.

15 Поставлена задача вирішується тим, що як вид обробки тиском використовується пряме гаряче пресування, при цьому перед пресуванням виконують операції гарячого осадження в інтервалі величин уковування 1,25...1,66 і гарячого протягання в інтервалі уковування 1,1...1,25. Значення уковування нижче вказаних діапазонів не забезпечує ліквідації структурної неоднорідності. Значення уковування вище зазначених діапазонів приводить до руйнування заготовки. Ліквідація структурної неоднорідності в заготовках під гаряче пресування виконується за рахунок проведення попередньої обробки тиском, замість високотемпературної довшотривалої гомогенізаційної обробки та загартування. Використання операцій осадження та протягання перед пресуванням, забезпечує зменшення розміру зерна матеріалу, що деформується, та гомогенізацію структури металу у поперечному перерізі заготовки. 20 Вирівнювання структури здійснюється за рахунок того, що при послідовному виконанні операцій осадження та протягання, відбувається інтенсивне накопичення знакозмінної деформації в об'ємі заготовки. При цьому обидві операції виконуються на пневматичному молоті у два етапи.

На першому етапі виконується операція осадження заготовки у підкладному кільці з величиною уковування в інтервалі $u_{осад.} = 1,25...1,66$, де

30
$$u_{осад.} = \frac{F_1}{F_0} = \frac{H_0}{H_1}$$
 - формула для розрахунку уковування при осадженні;

F_1, F_0 - кінцева і початкова площа поперечного перерізу заготовки, мм²;

H_1, H_0 - кінцева і початкова висота заготовки, мм.

На другому етапі виконується операція протягання осадженої заготовки з кутами повороту при кантуваннях 90°, 45° та 15°. Величина уковування при виконанні операції протягання знаходиться в інтервалі: $u_{прот.} = 1,1...1,25$ де:

35
$$u_{прот.} = \frac{F_0}{F_1} = \frac{H_1}{H_0}$$
 - формула для розрахунку уковування при протяганні;

F_1, F_0 - кінцева і початкова площа поперечного перерізу заготовки, мм²;

H_1, H_0 - кінцева і початкова висота заготовки, мм.

Температура нагріву вихідних заготовок становить 400-420 °С.

40 Використання попередньої обробки тиском, дозволяє знизити енергосилові параметри процесу пресування.

Загальною ознакою для заявленого способу обробки та аналогу є те, що в технології виробництва використовують операції розливки та обробки тиском, а саме осадження та протягання.

45 Відмінною ознакою є те, що в способі, який заявляється, як вид обробки тиском використовується операція прямого гарячого пресування замість операцій проковування та протягання.

Технічний результат полягає у вирівнюванні розміру зерна металу та зменшенні структурної неоднорідності литої заготовки, шляхом застосування операцій осадження та протягання, перед прямим гарячим пресуванням. Це призводить до зниження енерговитрат при виконанні операції прямого пресування за рахунок зниження сили пресування та підвищення механічних властивостей матеріалу у готовому виробі. Технічний результат стає можливим у результаті використання способу, що заявляється. Конкретний приклад реалізації.

55 Відповідно до п.1 і п.2 формули винаходу, на фіг. 1 показано схему технологічного процесу виробництва суцільних прутків із обраного сплаву. Процес починається з розливки заготовки

5 $\varnothing 48$ мм із алюмінієвого сплаву, що термічно не зміцнюється, системи Al-Mg, який додатково легований скандієм (табл. 1). Потім лита заготовка, після проведення операції обточування на $\varnothing 40$ мм (виконується для зняття пошкодженого поверхневого шару, що обумовлено умовами кристалізації), осаджується з величиною уковування $u_{осад.} = 1,32$ при температурі $T_{осад.} = 420$ °С (кінцевий діаметр дорівнює $\varnothing 46$ мм). Перед проведенням операції протяжки осаджена заготовка підігрівається в печі до температури 410-420 °С та виконується її пластична деформація з величиною уковування $u_{прот.} = 1,2$ до діаметру 42 мм. Виконання операцій вільного кування дозволяє подрібнити литу структуру вихідної заготовки перед наступним прямим пресуванням. Операція прямого гарячого опресування виконується на вертикальному або горизонтальному гідравлічному пресі зусиллям не менше 1,6МН (160 тс). Температура нагріву заготовок складає, як і для двох попередніх операцій деформації, не менше 410 °С. Кінцевий діаметр прутків дорівнює $\varnothing 15,5$ мм, при цьому коефіцієнт витяжки складає $\lambda \approx 7,5$, а сила пресування дорівнює 0,64 МН (64 тс). Вказаний технологічний режим повною мірою задовольняє вимогам, які наведені у п.1 та п.2 формули винаходу. Величини механічних властивостей отриманих прутків, за вказаним режимом, наведені в табл. 2.

Таблиця 1

Хімічний склад алюмінієвого сплаву, що розглядається

Марка сплаву	01570 ТУ 1-809-420-83						
Хімічний склад, масова частка, %	Основні компоненти						
	Алюміній	Магній	Скандій	Марганець			
	основа	6,0	0,3	0,15			
	Домішки, не більше ніж						
	Мідь	Цинк	Цирконій	Залізо	Кремній	Берилій	Інші, сума
0,1	0,1	0,1	0,30	0,2	0,0002	0,1	

Таблиця 2

Механічні властивості прутка, який отримано

Діаметр прутка, мм	Межа текучості, МПа	Межа міцності, МПа	Відносне подовження, %
15	267	412	21

20 Таким чином, виробництво прутків з використанням запропонованих технологічних режимів забезпечить зниження сили пресування, а також вирівнювання розміру зерна металу та зменшення структурної неоднорідності литої заготовки.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 25 1. Спосіб виробництва суцільних профілів із Al-Mg-Sc сплавів, який включає розливу заготовок зі сплаву та подальшу їх обробку тиском, який **відрізняється** тим, що як вид обробки тиском використовують пряме гаряче пресування, при цьому перед пресуванням виконують операції гарячого осадження в інтервалі величин уковування 1,25...1,66 і гарячого протягання в інтервалі величин уковування 1,1...1,25.
- 30 2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що пресування виконують з коефіцієнтами витяжки λ не менше 5 та при температурі нагріву вихідних заготовок 400-420 °С.



Комп'ютерна верстка М. Шамоніна

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