

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 669.715:621.7

Н. С. КАЛІНІНА¹, С. І. МАМЧУР¹, К. О. МУСІНА^{1*}, М. В. ГРЕКОВА¹,
Т. К. ЛОПАТКІНА¹

^{1*}Каф. «Технології виробництва», Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, Україна, 49050, тел. +38 (063) 385 23 48, ел. пошта musina.ekaterina.alexsandrovna@yandex.ua, ORCID 0000-0002-7671-0637

¹Каф. «Технології виробництва», Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, Україна, 49050, тел. +38 (063) 385 23 48

ВИБІР МАТЕРІАЛУ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК ІЗ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ АК6

Мета. У роботі необхідно здійснити обґрунтування матеріалу та способу термічної обробки алюмінієвого сплаву для виготовлення деталі типу «плита» на основі результатів дослідження мікроструктури та механічних властивостей; розробити технологічний процес виготовлення заготовок із алюмінієвого сплаву АК6. **Методика.** Матеріалом для дослідження був порошковий сплав на основі алюмінію типу АК6. Готові поковки розміром 2 520×1 520×65 мм отримували в результаті підготовки заготовки та її кування. Після механічної обробки заготовки піддавалися термічній обробці та фрезеруванню. Структуру металу досліджували під світловим мікроскопом МІМ-8М. В якості характеристики міцності сплаву була використана твердість за Брінеллем. **Результати.** Проведено аналіз впливу легуючих елементів на структуру деформованих алюмінієвих сплавів. Виконано дослідження впливу режимів термічної обробки на структуру та властивості сплаву АК6. Запропоновано удосконалений технологічний процес, який дозволив отримати деталь із поліпшеною структурою та властивостями, а також меншою собівартістю. **Наукова новизна.** Проведено випробування зразків порошкового сплаву АК6 на вогнестійкість. Встановлено, що при нагріванні зразка в окислювальному полум'ї він не запалюється до температури 705 °С. Встановлено причину високої вогнестійкості зразків сплаву АК6, що пов'язано з наявністю в матеріалі рівномірно розподілених, дрібних оксидних включень та аморфної оксидної плівки на поверхні. **Практична значимість.** Жорсткі умови праці (корозія в морській та промисловій атмосфері, статичні та ударні навантаження, циклічні температури) дозволяють використовувати деталь у різноманітних конструкціях.

Ключові слова: заготовки; алюмінієвий сплав; технологічні процеси; термічна обробка; мікроструктура; механічні властивості

Вступ

Застосування сплавів на основі алюмінію в промисловості значною мірою обмежується складнощами при їх обробленні. Так, наприклад, злитки високоміцних алюмінієвих сплавів практично не деформуються [1]. Однією з причин такого обмеження є ліквідаційні процеси в литому металі [2]. Відомо, що подавити ліквідаційні процеси можливо при використанні ефекту гартування з рідкого стану, проте реалізувати цей ефект можна лише для зливків, розміри яких складають десятки або сотні мікрометрів, тобто фактично представляють порошок відповідних алюмінієвих сплавів [3].

Алюмінієві сплави відрізняються малою щільністю, підвищеною корозійною стійкістю, мають високу пластичність, без ускладнень зварюються, легко піддаються обробці тиском,

різанням, мають хороші ливарні властивості, високу електричну і теплопровідність [4, 6, 7].

Алюмінієві сплави застосовують для виготовлення високоякісних деталей та конструкцій, що працюють в складних умовах навантаження. У ракетобудівництві залежно від способу виготовлення напівфабрикатів розрізняють алюмінієві ливарні, спечені та сплави, що деформуються [8, 9, 10]. Деякі сплави зміцнюють термообробкою, яку призначають залежно від умов роботи деталі.

Однак ці сплави мають недоліки і в їх виготовленні [11, 12], які пов'язані з ліквідаційними процесами (наприклад, під час лиття за стандартних умов), тому в цій роботі пропонується використання порошоків із цих сплавів з метою отримання бажаних результатів за властивостями матеріалу [13,14].

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Мета

Обґрунтування використання порошкового матеріалу та способу його термічної обробки для виготовлення заготовок з алюмінієвого сплаву АК6.

Методика

Матеріалом дослідження був порошок з сплаву на основі алюмінію АК6, ГОСТ 4784-97 [4], з хімічним складом: Al основа; Cu 1,8...2,6; Mg 0,4...0,8; Mn 0,4...0,8; Si 0,7...1,2.

Матеріал був отриманий не традиційним способом розплавленням, а методом порошкової металургії [8]. Готові поковки розміром 2 520×1 520×65 мм були отримані куванням заготовки.

Технологічний процес кування плити з порошкової заготовки складається з підготовки заготовки та кування [9].

Основні операції виконувалися в такій послідовності:

1. Перекування на квадрат – на розміри $a = 630$ мм, $h = 670$ мм, де a – сторона квадрата, h – висота.

2. Протягування – на розміри $h = 670$ мм, $l = 1 500$ мм, $S = 280$ мм, де h – висота, l – довжина, S – ширина.

3. Протягування – на розміри 1 500×1 650×113 мм.

4. Протягування – на розміри 2 520×1 650×65 мм.

Технологічний процес кування виконували при температурі 450 °С. Процес протягування здійснювали поступово – щонайменше за 3–4 переходи, без проміжних нагрівань. Технологічне оснащення та інструмент повинні бути попередньо нагріті до 200–250 °С. Для кування використовували звичайні плоскі бойки. Устаткування для кування мало робоче зусилля 2 500 Тс.

Після обтискування заготовки піддавалися термічній обробці, фрезеруванню та контролю якості. Структуру металу досліджували під світловим мікроскопом МІМ-8М з використанням методик кількісної металогрії [5]. Як характеристики міцності сплаву використовували твердість за Брінеллем, σ_B , $\sigma_{0,2}$, межа міцності і твердості, δ – відносне видовження.

Результати

Відповідно до ГОСТ 4784-97 [4] для сплаву АК6 у вигляді заготовок встановлений мінімально припустимий рівень властивостей для тем-

ператури + 20 °С: $\sigma_B = 420$ МПа; $\sigma_{0,2} = 300$ МПа; $\delta = 12$ %. Під час виготовлення із заготовок зразків вживають заходи, що виключають можливість зміни властивостей металу від нагріву або наклепу. Для випробування на розтягання були виготовлені циліндричні зразки, діаметром робочої частини 3 мм, розрахункову довжину $l_0 = 5,65\sqrt{F_0}$, де F_0 – початкова площа початкового перерізу зразка.

Тимчасовий опір обчислювали за формулою: $\sigma_B = P_{\max}/F_0$, де P_{\max} – максимальне навантаження [10, 11].

Твердість за Брінелем вимірювали на приладі ТШ-2, яка складала 94 [7].

Мікроструктура сплаву після кування без термічної обробки наведена на рис. 1.

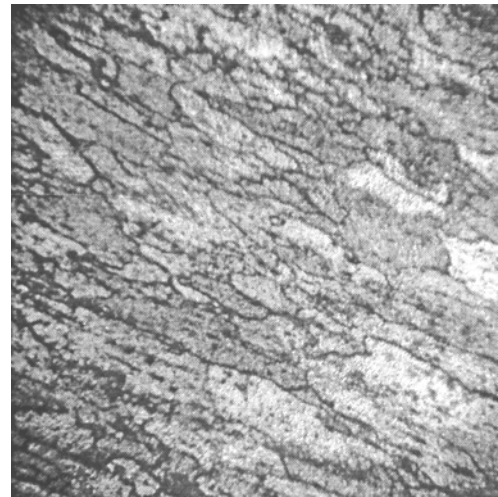
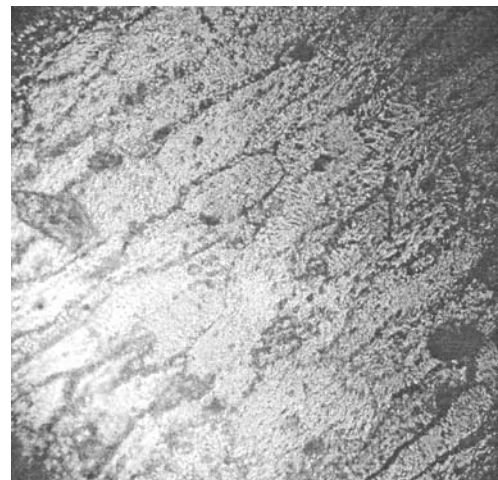
a – a*б – б*

Рис. 1. Мікроструктура литого сплаву АК6 після кування. Збільшення a – 100; b – 300 разів

Fig. 1. The microstructure of AK6 cast alloy after forging. Increase a – 100; b – 300 times

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Порівняно з гарячедеформованим станом, коли зерниста структура матриці сплаву має визначну анізотропію (рис. 1), термічна обробка супроводжується якісними змінами внутрішньої будови. Мікроструктурними дослідженнями визначено, що структура сплаву АК6 після термічної обробки (рис. 2) складається із зерен твердого розчину на алюмінієвій основі та включень інтерметалідних сполук CuAl_2 і Mg_2Si [7, 9]. Порівняльний аналіз зернистої будови свідчить, що в результаті термічної обробки структурна анізотропія значною мірою зменшилася. Зерна матриці здебільшого наближуються до рівноосних, але при цьому підвищується різнозеристість структури в цілому.

Більше цього, при застосуванні спеціального травлення [10] було виявлене формування надлишкової концентрації порожнин (рис. 3), що може бути зв'язане з недостатньо високим ступенем деформації при пресуванні.

Детальний аналіз мікроструктури литого сплаву АК6 і порошкового вказує на перевищення за рівнем якісних показників застосування порошкової технології. Литий сплав після деформації має витягнуту форму зерна. Така структура обумовлює в різних напрямках досягнення різних значень механічних властивостей.

Мікроструктура порошкового сплаву навпаки має значно менший розмір зерна, та характеризується відсутністю анізотропії. Більше цього сплав, що виготовлений за порошковою технологією, має більш високу щільність в цілому [14]. Виконаний порівняльний аналіз ілюструє перевагу порошкового сплаву над литим. Підвищена дисперсність інтерметалідних часток, рівномірно розподілених в алюмінієвій матриці, забезпечує більш високу твердість, міцність, ударну в'язкість [16].

Перехід легуючих елементів при термічній обробці в твердий розчин зумовлює зростання його твердості. Швидкість розчинення і повнота переходу легуючих елементів в твердий розчин визначаються температурою нагріву і витримкою. На підставі цього температурний інтервал нагріву під гартування, для більшості алюмінієвих сплавів, вибирають поблизу температури солідусу. Однак, незначний перегрів вище верхньої межі цього інтервалу може призвести до початку плавлення евтектики.

Досягнення високої хімічної стійкості сплаву має велике значення. Наведений ефект

пов'язаний з утворюванням оксидної плівки на поверхні частинок порошку. Важливими етапами технологічного процесу переробки порошоків у виробі є просушування і наступне спікання. Порошок, що був використаний в роботі, поступав на сушку з вогкістю від 10 до 30 %. В процесі просушування зменшення вогкості порошку супроводжується пропорційним зниженням його теплопровідності. Весь час, поки на поверхні порошку знаходиться шар води певної товщини, протікає процес окислення алюмінію з виділенням теплової енергії.

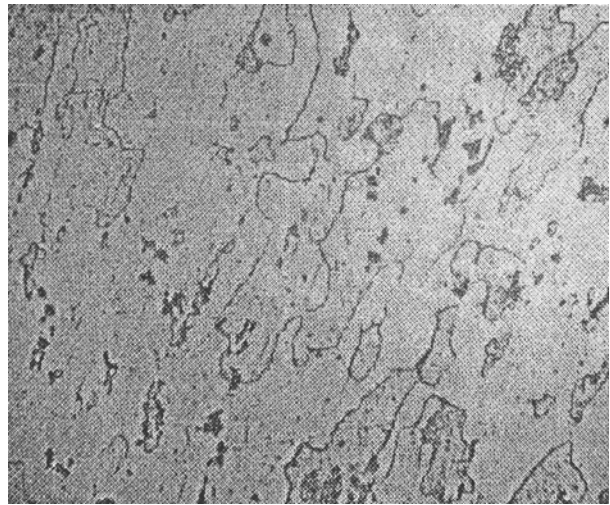


Рис. 2. Мікроструктура сплаву АК6 після термічної обробки за режимом T1. Збільшення 250

Fig. 2. Microstructure of AK6 alloy after heat treatment for T1 mode. Increase 250



Рис. 3. Мікроструктура порошкового сплаву АК6 після термічної обробки. Збільшення 300

Fig. 3. Microstructure of powder alloy AK6 after heat treatment. Increase 300

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Враховуючи, що температура початку бурхливого виділення тепла зв'язана з вогкістю порошку, дослідження залежності температури початку екзотермічної реакції від вогкості становить практичний інтерес.

Так, за даними [8] величина теплового ефекту прямо пропорційна кількості алюмінію, що прореагував. При вогкості 20 % і більше наростання максимальної товщини оксидної плівки може призвести до повного гальмування процесу окислення. З іншого боку, при більш низькій вогкості процес окислювання може відбуватися не до кінця через випаровування води (рис. 4).

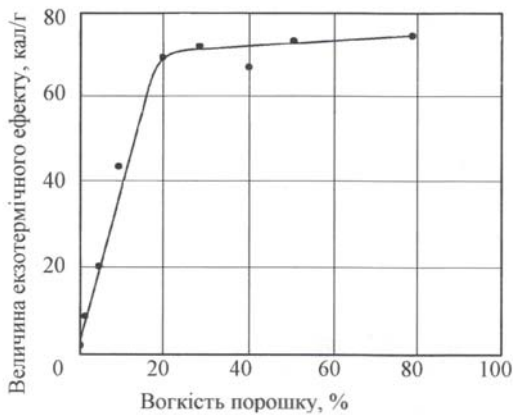


Рис. 4. Вплив вогкості на величину теплового ефекту при нагріві порошку АК6

Fig. 4. Influence of moisture on the thermal effect value under heating the AK6 powder

Результати виконаних досліджень склали основу пропозицій стосовно уточнення технологічного процесу висушування порошку. Основними відмінностями процесу є залежність примусового зниження температури порошку від вогкості, при активному перемішуванні суміші і видалення пари.

Ураховуючи, що головною метою операції спікання при виробництві алюмінієвих порошкових сплавів є дегазація присівок, визначеного значення набувають питання концентрації порошин, їх дисперсності. У зв'язку з цим заготовки в процесі компактування формують виходячи з вимог відкритої пористості.

Дослідження процесів, що відбуваються на поверхні алюмінієвих порошків при нагріванні, вивчали методом дериватографії [8, 9]. В процесі дослідження проби порошків нагрівали до температури 700 °С з швидкостями від 1,25 до 20 °К/хв.

На підставі аналізу результатів, дериватограм, були оцінені втрати маси, визначені температури початку процесу окислення сплаву. Встановлено, що при збільшенні швидкості нагріву зразка, одночасно із зменшенням вологості сплаву (рис. 5), відбувається зниження температури початку окислення (рис. 6).

У більшості випадків на практиці протікання одночасно декількох процесів при нагріванні сплаву може призводити до неоднозначності отриманих результатів.

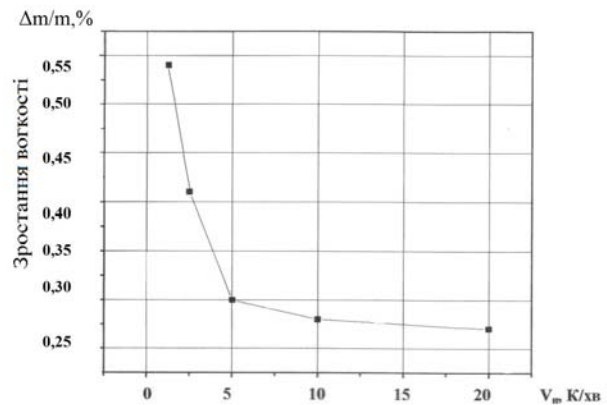


Рис. 5. Залежність відносної втрати маси від швидкості нагріву порошку

Fig. 5. Dependence of fractional mass loss from the powder heating rate

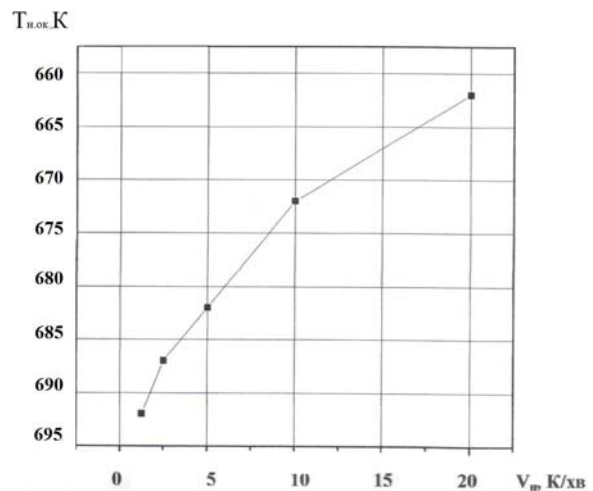


Рис. 6. Залежність температури початку окислення від швидкості нагріву порошку

Fig. 6. Temperature dependence of oxidation beginning from the powder heating rate

Так, при нагріві досліджуваного сплаву протікали в основному два конкуруючих процеси:

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

випаровування молекул води із зовнішнього шару та хімосорбція молекул води з внутрішніх об'ємів. Внаслідок цього випаровування сприяло стоншенню плівки води, а хімосорбція навпаки супроводжувалася нарощуванням шару гідроксидів.

Таким чином, при нагріванні достатньо складно прогнозувати умови переважного протікання того або іншого процесу. При малих швидкостях нагрівання створюються більш сприятливі умови для видалення пари води.

При температурах близьких до 400 °С починають прискорюватися процеси окислення поверхні сплаву киснем повітря. Швидкість окислення (швидкість приросту маси) визначається як товщиною гідроксидної плівки, що вже сформувалася, так і часом самого процесу окислення. Тобто швидкість окислення закономірно знижується із збільшенням швидкості нагріву сплаву.

При гарячій деформації сплаву необхідно враховувати, той факт, що при температурах вище за 440 °С зростає вірогідність викиду води, що знаходиться у кристалічному стані. Дійсно, в процесі гарячої деформації заготовки температура матеріалу може збільшуватися вище за оптимальне значення на 40–80 °С. В цьому випадку виділення пари може викликати до спучування і розшарування виробу, що призведе до браку. Таким чином, при виборі режиму гарячої деформації необхідно враховувати швидкість температури нагріву заготовки, що є одним з важливих технологічних характеристик.

В результаті виконаних досліджень встановлено, що оксидна плівка на поверхні порошку формується як при диспергуванні алюмінію водою високого тиску, так і при технологічних нагрівах заготовок з порошку при спіканні.

Результати дослідження дозволили оптимізувати технологічні параметри режиму спікання високоміцного порошкового технічного алюмінієвого сплаву [12].

В результаті застосування розроблених режимів технології виготовлення алюмінієвого сплаву було отримано комплекс властивостей: $\sigma_B = 475$ МПа; $\sigma_T = 390$ МПа; $KCU = 197$ Дж/м².

Підвищення однорідності структури сплаву АК6 було досягнуто використанням термоміцніювальної обробки, яка полягає в гартуванні і наступному старінні (рис. 7). Дійсно, розвиток процесів виділення дрібнодисперсних час-

ток другої фази, когерентність границь розподілу матриці і часток визначають комплекс властивостей сплаву [17]. З іншого боку, стан міжфазових поверхонь розподілу зникнення когерентності має достатньо вагомий вплив на рівень тріщиностійкості сплаву [15], особливо за умов циклічних, знакозмінних навантажень [7].

Технологія складається з таких етапів:

1. Нагрів до 450 °С; витримка 1 год; гартування при охолодженій воді.

2. Штучне старіння при температурі 160 °С; витримка 4 години, охолодження на повітрі.

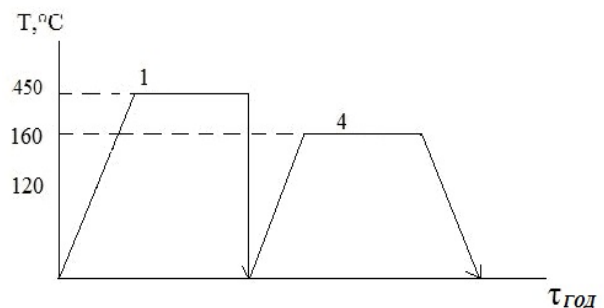


Рис. 7. Схема режиму термічної обробки порошкового сплаву АК6

Fig. 7. Mode pattern of heat treatment of АК6 powder alloy

Температура нагріву під гартування була обрана виходячи з діаграми стану системи Al-Cu, яка дорівнює 450 °С. При цій температурі відбувається формування інтерметалідних фаз FeAl₃, FeAl₂.

При нагріванні під загартування сплаву АК6 надлишкова фаза CuAl₂ повністю розчиняється і при наступному швидкому охолодженні фіксується тільки пересичений α-твердий розчин, що містить мідь, магній і кремній. Аналогічний ефект спостерігали при електричній обробці алюмінієвого сплаву [7]. У зв'язку з присутністю міді в АК6, охолодження потрібно проводити з максимально можливою швидкістю. Швидкість охолодження при гартуванні повинна бути вище за критичне значення, що запобігає розпаду твердого розчину. Для отримання високих механічних властивостей виробів з сплаву АК6, охолодження при загартуванні здійснюють у воді з температурою не вище 40 °С.

Після гартування проводять штучне старіння терміном не менш як 4 години. В процесі штучного старіння відбувається розпад пересиченого твердого розчину, що призводить до

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

виділення дисперсних частинок. Внаслідок цього досягають зміцнення сплаву [15].

Отримана однорідна дисперсна структура порошкового сплаву після термообробки дозволила підвищити рівень механічних властивостей, на відміну від литого стану. Так, межа міцності збільшилася від 447 до 475 МПа, межа текучості – від 378 до 387 МПа, при практично не змінних пластичних властивостях.

Наукова новизна та практична значимість

Виконані випробування зразків показали достатньо високу кореляцію з раніш отриманими результатами [8, 9]. Перевіркою встановлено, що при нагріванні зразка в спеціальному окислювальному полум'ї сплав не запалюється аж до температури 705 °С.

Важливість наведеної характеристики зумовлена складними умовами використання досліджуваного сплаву АК6. Дійсно, вироби, що виготовляються з указанного сплаву, в тому числі з структурним станом після гартування і старіння, мають достатньо широкий діапазон від корозійних умов в морській воді до циклічних механічних і температурних навантажень.

Висновки

1. Досягнення високої вогнестійкості порошкового сплаву після гартування і старіння пов'язане з наявністю в сплаві рівномірно розподілених, дрібних оксидних включень і аморфної оксидної плівки на поверхні.

2. Розроблений технологічний процес, що дозволяє підвищити механічні властивості та знизити собівартість виготовлення виробів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абраимов, Н. В. Авиационное материаловедение и технология обработки металлов : учеб. пособие для авиац. вузов / Н. В. Абраимов, Ю. С. Елисеев, В. В. Крымов. – М. : Высш. шк., 1998. – 444 с.
2. Алиева, С. Г. Промышленные алюминиевые сплавы. Справ. изд. / С. Г. Алиева, М. Б. Альтман, С. М. Амбарцумян. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1984. – 528 с.
3. Алюминиевые сплавы. Производство полуфабрикатов из алюминиевых сплавов : справ. / под. ред. А. Ф. Белова, Ф. И. Квасова. – М. : Металлургия, 1971. – 496 с.

4. Арчакова, З. Н. Структура и свойства полуфабрикатов из алюминиевых сплавов / З. Н. Арчакова, Г. А. Балахонцев, И. Г. Басов. – М. : Металлургия, 1984. – 408 с.
5. Вакуленко, І. О. Структурний аналіз в матеріалознавстві / І. О. Вакуленко. – Д. : Маковецький, 2010. – 124 с.
6. Волчок, І. П. Застосування вторинних алюмінієвих сплавів в транспортному машинобудуванні / І. П. Волчок, О. В. Лютова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2007. – Вип. 14. – С. 225–228.
7. Електрична імпульсна обробка зварювального з'єднання алюмінієвого сплаву / І. О. Вакуленко, Ю. Л. Надєждін, В. А. Сокирко та ін. // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2013. – № 4 (46). – С. 73–82.
8. Калініна, Н. Є. Авіаційно-космічне матеріалознавство та технології / Н. Є. Калініна, В. А. Богуслаєв, А. Я. Качан. – Запоріжжя : Мотор-Січ, 2010. – 385 с.
9. Калініна, Н. Є. Використання алюмінієвих сплавів в авіаційній та ракетно-космічній техніці : навч. посіб. / Н. Є. Калініна, О. В. Бондаренко. – Д. : РВВ ДНУ, 2011. – 64 с.
10. Колачев, Б. А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов / Б. А. Колачев, В. А. Ливанов, В. И. Елагин. – М. : Металлургия, 1972. – 480 с.
11. Колобнев, И. Ф. Термическая обработка алюминиевых сплавов / И. Ф. Колобнев. – М. : Металлургия, 1966. – 384 с.
12. Мусіна, К. О. Дослідження процесів, що відбувалися в оксидних плівках на поверхні алюмінієвих порошків / К. О. Мусіна // Труды XIII міжнар. конф. «Людина і Космос». – Д. : НЦАОМУ, 2012. – 1 с.
13. Островська, А. Е. Вплив інтерметалідних фаз на опір руйнуванню алюмінієвих сплавів / А. Е. Островська, І. П. Дзига // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2010. – Вип. 34. – С. 211–214.
14. Скрябін, С. А. Виготовлення поковок з алюмінієвих сплавів гарячим деформуванням / С. А. Скрябін. – К. : КВІЦ, 2004. – 346 с.
15. Ansell, G. S. Creep of a dispersion-hardened aluminium alloy / G. S. Ansell, J. Wertman // Trans. of the Metal. Soc. AIME, 1959. – Vol. 215. – P. 838–843.
16. Atkinson, J. D. The Work - hardening of Copper - Silica: IV. The Bauschinger Effect and Plastic Relaxation / J. D. Atkinson // Philosophical Magazine. – 1974. – Vol. 30, № 6. – P. 1247–1280.

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

17. Pickard, S. M. Strain-ageing behaviour of fatigued Fe-N-C alloys / S. M. Pickard, F. Guin // Acta Met. – 1990. – Vol. 38, № 3. – P. 397–401.
18. Vakulenko, I. A. Effect of the morphology and Size of iron carbide on the fatigue strength of carbon steels / I. A. Vakulenko // Russian Met. – 2008. – Vol. 2008, №3. – P. 225–228.

Н. Е. КАЛИНИНА¹, С. И. МАМЧУР¹, Е. А. МУСИНА^{1*}, М. В. ГРЕКОВА¹,
Т. К. ЛОПАТКИНА¹

^{1*}Каф. «Технологии производства», Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, пр. Гагарина, 72, Днепропетровск, Украина, 49050, тел. +38 (063) 385 23 48, эл. почта musina.ekaterina.alexandrovna@yandex.ua, ORCID 0000-0002-7671-0637

¹Каф. «Технологии производства», Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, пр. Гагарина, 72, Днепропетровск, Украина, 49050, тел. +38 (063) 385 23 48

ВЫБОР МАТЕРИАЛА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АК6

Цель. В работе необходимо осуществить обоснования материала и способа термической обработки алюминиевого сплава для изготовления детали типа «плита» на основе результатов исследования микроструктуры и механических свойств; разработку технологического процесса изготовления заготовок из алюминиевого сплава АК6. **Методика.** Материалом для исследования был порошковый сплав на основе алюминия типа АК6. Готовые поковки размером 2 520×1 520×65 мм получали в результате подготовки заготовки и еёковки. После механической обработки заготовки подвергались термической обработке и фрезерованию. Структуру металла исследовали под световым микроскопом МИМ-8М. В качестве характеристики прочности сплава была использована твердость по Бринеллю. **Результаты.** Проведен анализ влияния легирующих элементов на структуру деформируемых алюминиевых сплавов. Выполнены исследования влияния режимов термической обработки на структуру и свойства сплава АК6. Предложен усовершенствованный технологический процесс, который позволил получить деталь с улучшенной структурой и свойствами, а также меньшей себестоимостью. **Научная новизна.** Проведены испытания образцов порошкового сплава АК6 на огнестойкость. Установлено, что при нагревании образца в окислительном пламени он не воспламеняется до температуры 705 °С. Выяснена причина высокой огнестойкости образцов сплава АК6, что связано с наличием в материале равномерно распределенных, мелких оксидных включений и аморфной оксидной пленки на поверхности. **Практическая значимость.** Жесткие условия труда (коррозия в морской и промышленной атмосфере, статические и ударные нагрузки, циклические температуры) позволяют использовать деталь в различных конструкциях.

Ключевые слова: заготовки; алюминиевый сплав; технологические процессы; термическая обработка; микроструктура; механические свойства

N. YE. KALININA¹, S. I. MAMCHUR¹, K. O. MUSINA^{1*}, M. V. HREKOVA¹,
T. K. LOPATKINA¹

^{1*}Dep. «Production Technologies», Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Gagarin Av., 72, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49050, tel. +38 (063) 385 23 48, e-mail musina.ekaterina.alexandrovna@yandex.ua, ORCID 0000-0002-7671-0637

¹Dep. «Production Technologies», Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Gagarin Av., 72, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49050, +38 (063) 385 23 48

MATERIAL CHOICE AND BLANKS OPERATION TECHNOLOGY OF AK6 ALUMINIUM ALLOY

Purpose. Justification of the material and heat treatment method of aluminum alloy for the manufacturing of parts, type «plate» based on the results of microstructure and mechanical properties research; development of technological process of blanks operation of AK6 aluminum alloy. **Methodology.** Powdered alloy based on aluminum type AK6 was the research material. Finished forgings with the size 2520×1520×65 mm were obtained as a result of the preparation and forging of the blanks. After mechanical treatment of the blanks they were exposed to thermal

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

processing and milling. Structure of the metal was examined under light microscope MIM-8M. Brinell hardness was used as the strength alloy characteristic. **Findings.** Influence analysis of alloy elements on the structure of deformable aluminum alloys was carried out. Research of influence of heat treatment modes on structure and properties of the AK6 alloy were performed. The improved technological process, which made it possible to obtain the item with the improved structure and properties and lower costs is offered. **Originality.** The samples of AK6 powdered alloy on fire resistance were tested. It is established that under heating of an example in the oxidative flame, it does not ignite to a temperature of 705 °C. The cause of high fire resistance of AK6 alloy samples was found, it is connected with the presence in the material the evenly distributed, small oxide inclusions and amorphous oxide film on the surface. **Practical value.** Hard conditions of work (corrosion in marine and industrial atmosphere, static and shock loads, cyclic temperature) allow the use of the item in various designs.

Keywords: blnks; aluminum alloy; technological processes; thermal processing; microstructure; mechanical properties

REFERENCES

1. Abraimov N.V., Yelisieiev Yu.S., Krymov V.V. *Aviatsiine materialoznavstvo i tekhnolohiia obrobky metaliv* [Aviation material science and metal treatment technology]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1998. 444 p.
2. Aliyeva S.G., Altman M.B., Ambartsumyan S.M. *Promyshlennyye alyuminiivyye splavy* [Industrial aluminium alloys]. Moscow, Metalurgiya Publ., 1984. 528 p.
3. Belov A.F., Kvasov F.I. *Aliuminiievi splavy. Vyrobnystvo napivfabrykativ z aliuminiivvykh splaviv* [Aluminium alloys. Production of semi-finished products from aluminium alloys]. Moscow, Metalurgiya Publ., 1971. 496 p.
4. Archakova Z.N., Balakhontsev H.A., Basov I.H. *Struktura i vlastyvoli napivfabrykativ z aliuminiivvykh splaviv* [Structure and properties of semi-finished products from aluminium alloys]. Moscow, Metalurgiya Publ., 1984. 408 p.
5. Vakulenko I.O. *Strukturnyi analiz v materialoznavstvi* [Structural analysis in materials science]. Dnipropetrovsk, Makovetskyi Publ., 2010. 124 p.
6. Volchok I.P., Liutova O.V. Zastosuvannya vtorynnykh aliuminiivvykh splaviv v transportnomu mashynobuduvanni [The use of secondary aluminium alloys in transport engineering]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, issue 14, pp. 225-228.
7. Vakulenko I.O., Nadiezhdin Yu.L., Sokyрко V.A., Volchok I.P., Mitiaiev A.A. Elektrychna impulsna obrobka zvariuvalnogo ziednannia aliuminiivoho splavu [Electric pulse treatment of aluminium alloy welded joint]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2013, no. 4 (46), pp. 73-82.
8. Kalinina N.Ye., Bohuslaiev V.A., Kachan A.Ya. *Aviatsiono-kosmichne materialoznavstvo ta tekhnolohii* [Aviation and Space Materials Science and technologies]. Zaporizhzhia, Motor-Sich Publ., 2010. 385 p.
9. Kalinina N.Ye., Bondarenko O.V. *Vykorystannia aliuminiivvykh splaviv v aviatsiinii ta raketno-kosmichnii tekhnysii* [The use of aluminium alloys in aviation and aerospace technologies]. Dnipropetrovsk, RVV DNU Publ., 2011. 64 p.
10. Kolachev B.A., Livanov V.A., Yelahin V.I. *Metaloznavstvo i termichna obrobka kolorovykh metaliv i splaviv* [Metallurgy and heat treatment of nonferrous metals and alloys]. Moscow, Metalurgiya Publ., 1972. 480 p.
11. Kolobnev I.F. *Termoobrobka aliuminiivvykh splaviv* [Heat treatment of aluminium alloys]. Moscow, Metalurgiya Publ., 1966. 384 p.
12. Musina K.O. Doslidzhennia protsesiv, shcho vidbuvalysia v oksydneykh plivkakh na poverkhni aliuminiivvykh poroshkiv [The study of the processes occurring in the oxide film on the surface of aluminium powders]. *Trudy XIII mizhnarodnoi konferentsii «Liudyna i Kosmos»* [Proc. of XIIIth Intren. Conf. «Man and space»]. Dnipropetrovsk, NTsAOMU Publ., 2012. 1 p.
13. Ostrovska A.E., Dzyha I.P. Vplyv intermetalidnykh faz na opir ruinuvanniu aliuminiivvykh splaviv [Effect of intermetallic phases on the fracture resistance of aluminum alloys]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2010, issue 34, pp. 211-214.
14. Skriabin S.A. *Vyhotovlennia pokovok z aliuminiivvykh splaviv hariachym deformuvanniam* [Production of forgings of aluminum alloys by hot deformation]. Kyiv, KVITS Publ., 2004. 346 p.

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

15. Ansell G.S., Wertman J. Creep of a dispersion- hardened aluminium alloy. *Trans. of the Metal. Soc. AIME*, 1959, vol. 215, pp. 838-843.
16. Atkinson J.D. The Work-hardening of Copper-Silica: IV. The Bauschinger Effect and Plastic Relaxation. *Philosophical Magazine*, 1974, vol. 30, no. 6, pp. 1247-1280.
17. Vakulenko I.A. Effect of the morphology and size of iron carbide on the fatigue strength of carbon steels. *Russian Met.*, 2008, vol. 2008, no. 3. p. 225-228.
18. Pickard S.M., Guin F. Strain- ageing behaviour of fatigued Fe-N-C alloys. *Acta Met.*, 1990, vol. 38, no. 3, pp. 397-401.

Стаття рекомендована до публікації к.т.н., доц. А. Г. Фесенком (Україна); д.т.н., проф. І. О. Вакуленком (Україна)

Надійшла до редколегії 03.02.2014

Прийнята до друку 28.03.2014