

Удосконалення технології зміцнення профілів з алюмінієвих сплавів

Ноговіцин О. В., доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу, alexey.nogovitsyn@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2929-5300>

Пригунов С. В., кандидат технічних наук, науковий співробітник, s.prigunov@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6891-7818>

Гончаров О. Л., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, alexgoncharov51@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7183-8981>

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ, Україна

На основі даних літератури розглянуто можливості і механізми зміцнення деформівних сплавів алюмінію серій 2xxx, 4xxx, 6xxx та 7xxx гартуванням гарячої заготовки, переважно від температури пресування, безпосередньо на виході виробу з пресу. Слід зазначити, що у вітчизняних стандартах це питання викладається дуже туманно і неоднозначно. Гартування з температури гарячої деформації називають неповним гартуванням і позначають T5. Під повним гартуванням розуміють тільки гартування з окремого нагріву з позначенням T6. Про будь-яку можливість досягати стану повного гартування без окремого пічного нагріву ніде не згадується. Для отримання максимальних фізико-механічних властивостей даного сплаву потрібно оптимізувати всі технологічні процеси: плавки, рафінування, модифікування, отримання злитків, гомогенізації, пресування та термообробки. Проаналізовано та показано економічні переваги використання технології термічної обробки профілів з гартуванням на пресі порівняно з гартуванням з окремого нагріву, необхідною умовою реалізації якої є ідентичність температурних інтервалів нагріву під гартування і виходу з пресу. Для одержання пересиченого твердого розчину, що при подальших операціях обробки сприяє дисперсійному старінню та підвищенню міцності профілів, їх охолодження на виході з пресу повинно бути зі швидкістю не нижче критичної, яка залежить від хімічного складу алюмінієвого сплаву. Найбільша ефективність термічного зміцнення алюмінієвих сплавів серії 6xxx досягається при триступеневій термічній обробці. Описано можливі шляхи реалізації цього процесу, їх переваги і недоліки. Обговорено вимоги американських і європейських стандартів до алюмінієвих сплавів, що деформуються, а також особливості технологічного процесу одержання якісних профілів у залежності від їх хімічного складу.

Ключові слова: деформівні алюмінієві сплави, профілі, пресування, термічна обробка.

На основі даних літератури розглянуто можливості і механізми зміцнення деформівних сплавів алюмінію серій 2xxx, 4xxx, 6xxx та 7xxx не з окремого нагріву, а з нагрівання гарячої обробки виробу, найчастіше з температури пресування, безпосередньо на виході із преса [1-7].

Слід зазначити, що у вітчизняних стандартах це питання викладається дуже туманно і неоднозначно. Гартування з температури гарячої деформації називають неповним гартуванням і позначають Т5. Під повним гартуванням розуміють тільки гартування з окремого нагріву з позначенням Т6. Про будь-яку можливість досягати стану повного гартування без окремого пічного нагріву ніде не згадується.

Для отримання максимальних фізико-механічних властивостей даного сплаву потрібно оптимізувати всі технологічні процеси: плавки, рафінування, модифікування, отримання злитків, гомогенізації, пресування та термообробки. Необхідно комплексно задіяти відомі механізми зміцнення, а саме:

- зміцнення за рахунок легування твердого розчину;
- зміцнення за рахунок подрібнення структури (зерна) твердого розчину;
- зміцнення з допомогою деформації структури (неповна рекристалізація зерна);
- зміцнення дисперсними включеннями інтерметалідів (Mg_2Si , $CuAl_2$, Al_2CuMg , $MgZn_2$).

Важливим фактором для оптимізації властивостей профілів є термообробка. Термічну обробку алюмінієвих профілів застосовують для модифікації властивостей алюмінієвих сплавів, з яких вони зроблені шляхом зміни їх мікроструктури. Основними зміцнюючими механізмами алюмінієвих сплавів є зміцнення за рахунок легування твердого розчину і зміцнення за рахунок виділень вторинних фаз. Як правило, один із цих механізмів у сплаві є домінуючим. Твердий розчин отримують нагріванням алюмінієвого сплаву, при якому всі фази, що є в ньому, розчиняються з утворенням однієї гомогенної фази – алюмінію з розчиненими в ньому легуючими елементами. З підвищенням температури розчинність елементів збільшується, зі зниженням температури знижується. Механізм зміцнення полягає в тому, що при досить швидкому охолодженні алюмінієвого сплаву розчинені елементи залишаються в атомній решітці алюмінію, спотворюють та пружно деформують її. Ця спотворена атомна решітка ускладнює рух дислокацій і, отже, пластичну деформацію сплаву і цим підвищує його механічну міцність.

Алюмінієві сплави, які зміцнюються старінням, містять певну кількість розчинних легуючих елементів, наприклад, деяких комбінацій з міді, магнію, кремнію, марганцю та цинку. При відповідній термічній обробці ці розчинені атоми з'єднуються у вигляді дуже малих частинок, які виділяються усередині зерен алюмінієвого сплаву. Цей процес називають старінням, так він відбувається «сам собою» при кімнатній температурі. Для прискорення та досягнення більшої ефективності зміцнення алюмінієвого сплаву старіння проводять за підвищеної температури, скажімо, 180 °С.

Гартування на пресі є економічно вигідною технологією термічної обробки алюмінієвих профілів у порівнянні із гартуванням з окремого нагріву. При гартуванні на пресі охолодження алюмінієвих профілів проводять від температури, з якої вони виходять із матриці. Необхідна умова для гартування на пресі – інтервал температур нагрівання алюмінієвого сплаву під гартування має збігатися з інтервалом температур алюмінієвих

профілів на виході з пресу. Це, в принципі, виконується тільки для «м'яких» та «напівтвердих» алюмінієвих сплавів – технічного алюмінію, алюмінієвих сплавів серій 3xxx та 6xxx а також малолегованих сплавів серії 5xxx (з магнієм до 3 %) та деяких алюмінієвих сплавів серії 7xxx без легування міддю (7020, 7005, 7003). Ефект гартування для алюмінієвих сплавів 3xxx та 5xxx дуже незначний і, як правило, не береться до уваги. Зміцнюючою фазою для сплавів серії 6xxx є з'єднання Mg_2Si .

Для фіксування розчинених фаз у твердому розчині алюмінію необхідне охолодження алюмінієвих профілів на виході з преса зі швидкістю не нижчою за деяку критичну величину. Критична швидкість залежить від хімічного складу алюмінієвого сплаву. Зазвичай посиленого охолодження вентиляторами буває достатньо для більшості алюмінієвих профілів, однак іноді буває необхідним і охолодження їх водою або сумішшю повітря та води. Успішне гартування алюмінієвих сплавів серії 6xxx залежить від товщини профілю, а також від типу сплаву та його хімічного складу. У разі надмірно масивних алюмінієвих профілів, наприклад, зі сплаву АД33 (6061) і щодо повільної швидкості пресування матеріал на виході з матриці може не досягати інтервалу температур, необхідного для гартування і частина Mg_2Si залишиться не розчиненою. Тому при подальшому повітряному, або навіть водяному, охолодженні профілів їх повного гартування не вийде. У таких випадках застосовують окреме нагрівання під гартування у спеціальних печах – зазвичай вертикальних з подальшим охолодженням у вертикальних баках з водою. Після гартування алюмінієвих профілів роблять їх розтяг від 1,5 % до 3 % для виправлення та зняття залишкових напруг.

При термічному зміцненні на пресі алюмінієвий сплав 6xxx отримує свою повну міцність в ході триступеневого процесу термічного зміцнення (рис. 1).

1-я стадія: розчинення частинок Mg_2Si у заготовці до виходу з матриці;

2-я стадія: гартування на пресі – фіксування розчиненого магнію і кремнію в твердому розчині;

3-я стадія: штучне старіння – рівномірне виділення найдрібніших частинок Mg_2Si обсязі профілю.

Перша стадія термічного зміцнення вимагає таких температурно-часових умов пресування, які забезпечують повне розчинення всіх частинок Mg_2Si у твердому розчині алюмінію на момент виходу профілю з матриці.

Це може досягатися на пресі двома шляхами [1]:

1) Нагрівання заготовки до температури не менше ніж 500 °C і вихід профілю з матриці при температурі не менше 500 °C.

2) Нагрівання заготовки до температури від 430 °C до 455 °C і пресування з великою швидкістю, щоб отримати температуру профілю на виході з матриці не менше ніж 500 °C (рис. 2).

Другий варіант дає більш високу продуктивність без пошкодження поверхні пресованого профілю. Щоб повною мірою застосовувати цей варіант, потрібно мати: залишкове зусилля на прес-штемплі; досить високу швидкість пресування; досить високе відношення пресування (витяжку); належним чином гомогенізовану заготовку; можливість нагрівання заготовки до температури



Рис. 1. Стадії термічного зміцнення алюмінієвих профілів на пресі [1].

Fig. 1. Stages of thermal strengthening of aluminum profiles on a press [1].

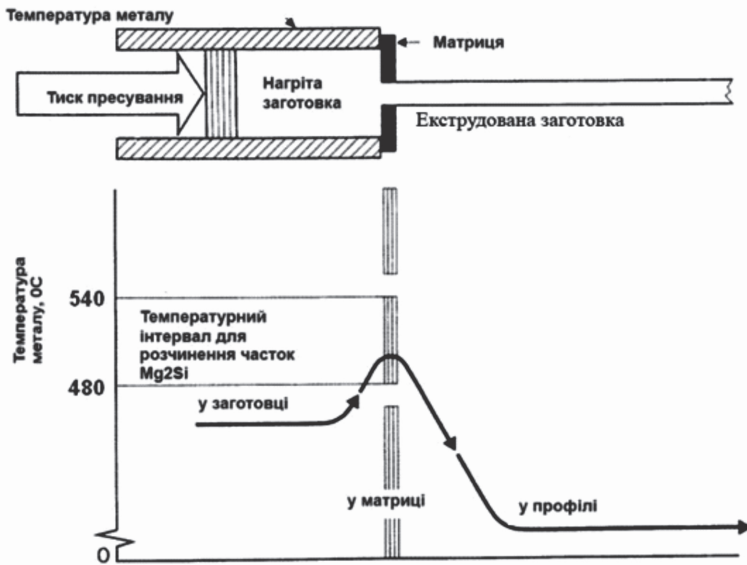


Рис. 2. Схема пресування сплаву 6063 для оптимального поєднання продуктивності, міцності та якості поверхні [1].

Fig. 2. Scheme of pressing alloy 6063 for the optimal combination of productivity, strength and surface quality [1].

від 425 °С до 455 °С менш ніж за 20 хвилин. Тривале нагрівання заготовки, особливо в інтервалі температур від 260 °С до 425 °С, призводить до втрати міцності майбутнього профілю через укрупнення частинок Mg_2Si , якщо заготовку потім перед пресуванням не нагрівають принаймні до 500 °С.

На другій стадії потрібно охолодити гарячий пресований метал, що виходить із матриці, досить швидко до температури, близької до кімнатної. Це необхідно, щоб затримати весь розчинений силіцид магнію (Mg_2Si) у твердому розчині профілю, що охолоджується. Необхідна швидкість охолодження пропорційна кількості Mg_2Si , що міститься у сплаві серії 6xxx [1]. Для сплаву 6063 (АД31), з масовою часткою під 0,8% Mg_2Si , швидкість охолодження в інтервалі температур від 450°С до 200°С повинна бути від 50 °С до 60 °С за хвилину. Для сплаву 6061 (АД33) з масовою часткою під 1,4 % Mg_2Si швидкість охолодження в тому ж інтервалі температур повинна бути не менше ніж 550 °С/хв. Це означає, що профіль із сплаву 6063 може охолоджуватися до температури 200 °С протягом від 4 до 5 хвилин, а у профілю зі сплаву 6061 це має відбуватися від 25 до 30 секунд. Важливість швидкості охолодження після пресування пояснюється так. На виході з матриці весь силіцид магнію (Mg_2Si) розчинений у алюмінії. У критичному інтервалі температур від 450 °С до 200 °С у цьому алюмінії виникає сильна схильність до неконтрольного виділення частинок Mg_2Si . Якщо таке виділення відбувається, воно повністю виключає можливість повного гартування на пресі. Цю схильність до виділення зазвичай називають як "чутливість до гартування" і вона в основному залежить від масової частки Mg_2Si .

Рисунок 3 схематично показує весь процес термічного зміцнення із гартуванням на пресі алюмінієвого сплаву 6063 і, у тому числі – сутність чутливості гартування.

Область ліворуч від фронту виділення Mg_2Si показує, що це частинки Mg_2Si розчинені в алюмінії. Область справа від цього служить для вказівки відносних розмірів і інтенсивності частинок Mg_2Si , що виділилися.

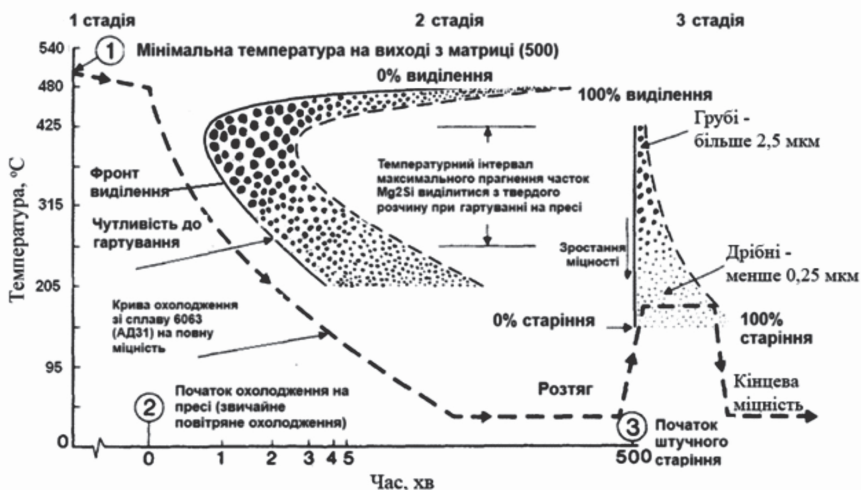


Рис. 3. Схема термічного зміцнення із гартуванням на пресі сплаву 6063 [1].

Fig. 3. Scheme of thermal strengthening with press hardening of alloy 6063 [1].

Пресований профіль, який отримує повне гартування на пресі – проходить охолодження, наприклад, по пунктирній лінії, отримує стан T1 або T4 за міжнародною класифікацією. У цьому стані профіль дуже пластичний і може піддаватися, наприклад, згинанню на малі радіуси.

Третя стадія штучне старіння алюмінієвих сплавів – це контрольоване прискорене виділення найдрібніших частинок Mg_2Si з розмірами близько 0,25 мкм у профілях зі станами T1 та T4. Воно досягається витримкою профілів при підвищеній температурі протягом кількох годин. Для штучного старіння сплаву 6063 зазвичай застосовують витримку при температурі від 175 °C до 180 °C протягом від 5 до 6 годин.

Штучно зістарені профілі зазвичай мають стан T5 або T6 та їх міцність на 50 % вище, ніж у станах T1 або T4.

У печі старіння задають жорсткий контроль температури – $\pm 3^\circ C$. Це необхідно, щоб забезпечити однорідну міцність по всьому об'єму садки профілів у печі [1].

Швидкість охолодження після штучного старіння для міцності алюмінієвих профілів не має особливого значення.

Без належного контролю нагріву та охолодження профілів на пресі їх гартування дійсно може бути неповним. Причинами неповного гартування можуть бути:

- недостатньо повне розчинення зміцнювальних компонентів сплаву при нагріванні заготовки та/або подальшому деформаційному розігріванні металу під час пресування;
- недостатньо швидке охолодження профілів після виходу з матриці і тому передчасне випадання зміцнювальних компонентів та їх твердого розчину.

З усіх стандартів тільки американський стандарт ASTM B 807 регламентує процедуру гартування алюмінієвих сплавів безпосередньо на пресі [3]. При цьому він обмежує можливість отримання гартування на пресі досить вузьким колом сплавів із серій 6xxx та 7xxx. Воно і зрозуміло, тому що така термічна обробка можлива тільки для тих сплавів, чий хімічний склад дозволяє це зробити.

До алюмінієвих сплавів, які можна «офіційно» гартувати на пресі, стандарт відносить такі:

- 6005, 6005A, 6105;
- 6061, 6262, 6351;
- 6060, 6063, 6101, 6463;
- 7004, 7005;
- 7029, 7046, 7116, 7129, 7146.

Для цих сплавів гартування на пресі є дешевшим альтернативним процесом замість дорогого гартування з окремого пічного нагріву.

Для вітчизняних сплавів, що деформуються, можна знайти тільки наступні аналоги:

- для сплавів 6060 та 6063 – сплав АД31;
- для сплаву 6061 – сплав АД33.

Деякі із зазначених «американських» сплавів є суто американськими і не мають аналогів, наприклад, у європейському стандарті EN 573-3. Це стосується, наприклад, сплавів 7004, 7046, 7146.

З іншого боку, цей список не містить «європейського» сплаву 6082, аналога нашого АД35, який у Європі також загартовують пресі. Судячи з вмісту магнію і кремнію, а також марганцю, умови гартування для сплаву АД35 (6082) близькі до умов гартування сплаву 6351.

Стандарт ASTM В 807 вимагає при застосуванні гартування алюмінієвих профілів на пресі жорстко контролювати три наступні технологічні параметри [3]:

1) температура заготовки при завантаженні її в прес – різна для різних груп сплавів;

2) максимальний інтервал часу між виходом профілю з матриці та входом його в зону гартування: від 45 до 90 секунд залежно від товщини профілю;

3) мінімальна швидкість охолодження профілю у зоні гартування до досягнення ним температури 200 °С:

– від 1,2 °С/с для сплаву 6060;

– до 8,3 °С/с для сплаву 6061.

Температура заготовки на початку пресування повинна бути не нижче і не вище, ніж зазначено в таблиці 1 для відповідного сплаву. При цьому необхідно мати на увазі, що температура поверхні заготовки або стовпа може значно відрізнятись від температури центральної частини. Необхідно мати дані про відповідність цієї видимої температури та підсумкової металургійної структури, а також властивостями міцності. Після виходу з печі нагріву заготовля повинна бути завантажена в прес якнайшвидше, щоб уникнути її охолодження до температури нижче мінімальної величини, зазначеної для даного сплаву в таблиці 1.

Таблиця 1

Температура заготовки для пресування [3].

Table 1

Temperature of the workpiece for pressing [3].

Сплав	Температура заготовки або стовпа, °С	
	Максимальна	Мінімальна
6005, 6005A, 6105	550	425
6061, 6262	555	455
6060, 6063, 6101, 6463	550	425
6351	540	470
7004, 7005	510	375
7029, 7046, 7116, 7129, 7146	535	455

Максимальний інтервал часу між виходом пресованого профілю з матриці і входом його в загартовану зону не повинен перевищувати

величини, зазначені в таблиці 2. Максимально допустимий час між виходом металу з матриці і входом його в зону гартування зазвичай визначають найтоншою частиною профілю. Виконання цієї умови залежить від швидкості пресування, а також тривалості технологічного простою преса під час перезавантаження заготовки. Як видно з таблиці 2, мінімальна пауза між виходом металу з матриці та початком його гартування становить 45 секунд. Цього часу цілком достатньо для перезавантаження заготовки в пресі та проходження від 1 метра до 1,5 метрів від матриці до входу в охолодний пристрій на пресі.

Таблиця 2

Допустима пауза між виходом металу з матриці та початком його гартування [3]

Table 2

Permissible pause between the exit of the metal from the matrix and the start of its hardening [3]

Товщина профілю, мм	Інтервал часу, с
До 1,6	45
Понад 1,6 до 3,8	50
Понад 3,8 до 6,4	60
Понад 6,4	90

При гартуванні профіль повинен досягти температури нижче 200 °С за заданий короткий час, величина якого залежить від сплаву. Виконання цієї вимоги залежить від швидкості охолодження профілю в загартованій зоні преса. Мінімальна швидкість охолодження для різних груп сплавів повинна відповідати значенням у таблиці 3. При цьому має бути виключено повторне відігрівання металу.

Таблиця 3

Мінімальна швидкість охолодження металу у зоні гартування [3].

Table 3

Minimum metal cooling rate in the quenching zone [3].

Сплав	Швидкість охолодження, °С/хв
6005, 6005A, 6105	2,3
6061, 6262, 6351	8,3
6060, 6063, 6101, 6463, 7004, 7005	1,2
7029, 7046, 7116, 7129, 7146	5,5

Зазначені вище вимоги до температурних та часових параметрів можуть бути звужені у зазначених межах з урахуванням специфіки виробничого обладнання, а також умов пресування, наприклад, відношення пресування (витяжки) та форми поперечного перерізу профілю. Ці зміни повинні мати статистичне підтвердження щодо міцності та інших властивостей профілів.

Для розуміння сутності гартування на пресі корисно порівняти умови для сплавів 6060 і 6061. Алюмінієвий сплав 6060 – аналог сплаву АД31 при мінімальному вмісті в ньому магнію та кремнію, а сплав 6061 –

повний аналог сплаву АД33. На рисунку 4 схематично показані відмінності необхідних швидкостей охолодження цих сплавів для забезпечення гартування, тобто створення твердого розчину магнію та кремнію за рахунок запобігання випаданню частинок Mg_2Si . Рекомендовані методи охолодження та мінімальні швидкості охолодження вказані у таблиці 4. Як видно, для профілів зі сплаву 6060 (АД31) з тонкими стінками, наприклад більшості будівельних системних профілів, достатньо охолодження вентиляторами на вихідному столі преса. Для профілів зі сплаву 6061 товщиною до 10 мм достатньо охолодження водоповітряною сумішшю, а для профілів з більшою товщиною необхідне водяне спрейерне охолодження.

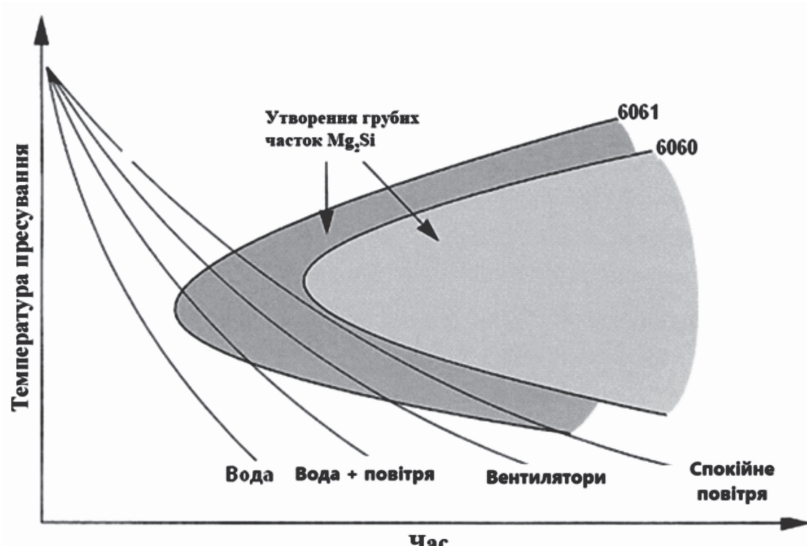


Рис. 4. Схема різних режимів охолодження та області виділення грубих частинок Mg_2Si для сплавів 6060 та 6061 [3].

Fig. 4. Scheme of different cooling modes and the area of separation of coarse Mg_2Si particles for alloys 6060 and 6061 [3].

Таблиця 4

Рекомендовані швидкості гартування та способи охолодження для гартування на пресі сплавів 6060 та 6061

Table 4

Recommended quenching rates and cooling methods for press quenching alloys 6060 and 6061

Сплав		Мінімальна швидкість охолодження, °C	Спосіб охолодження	
ASTM	ГОСТ		Товщина суцільного профілю не більше 10 мм	Товщина суцільного профілю більше 10 мм
6060	АД31	50	Спокійне повітря або вентилятори	Водоповітряне
6061	АД33	300	Водоповітряне	Водяне спрейерне

Висновки

На основі даних літератури розглянуто можливості і механізми зміцнення деформівних сплавів алюмінію серій 2xxx, 4xxx, 6xxx та 7xxx при гартуванні та термічній обробці, способи підвищення їх міцності та пластичності. Показано економічні переваги використання технології термічної обробки профілів з гартуванням на пресі порівняно з гартуванням з окремого нагріву, необхідною умовою реалізації якої є ідентичність температурних інтервалів нагріву під гартування і виходу з пресу. Для одержання пересиченого твердого розчину, що при подальших операціях обробки сприяє дисперсійному старінню та підвищенню міцності профілів, їх охолодження на виході з пресу повинно бути зі швидкістю не нижче критичної, яка залежить від хімічного складу алюмінієвого сплаву. Найбільша ефективність термічного зміцнення алюмінієвих сплавів серії 6xxx досягається при триступеневій термічній обробці. Описано можливі шляхи реалізації цього процесу, їх переваги і недоліки. Обговорено вимоги американських і європейських стандартів до алюмінієвих сплавів, що деформуються, а також особливості технологічного процесу одержання якісних профілів у залежності від їх хімічного складу.

Література

1. Lynch C. V. Закалка на прессе профилей из сплава 6063 (АД31) // Aluminum Extrusion Technology Seminar. — Chicago, 1969.
2. Сплав АД31 и его аналоги 6060 и 6063 // Aluminium Guide (aluminium-guide.com). — ALUMINIUM INFORMATION PORTAL.
3. Закалка алюминиевых профилей на прессе по ASTM B 807 // Aluminium Guide (aluminium-guide.com). — ALUMINIUM INFORMATION PORTAL.
4. Технология прессования профилей из легких сплавов: метод. указания/сост.: В.Р. Каргин, Б.В. Каргин, Е.В. Арышенский. — Самара:Изд-во СГАУ, 2012. — 54 с.
5. Aluminum and Aluminum Alloys. — 3rd printing. — USA: ASM Speciality Handbook, 1996. — 731 с.
6. D.C. Casting Remelt Shop Handbook. — Великобритания: Ashford Engineering Services, 1997. — 51 с.
7. Aluminum and Aluminum Alloys / AMS International. — In: Handbook of Aluminum. — Vol. 1 / под ред. G. E. Totten, D. S. MacKenzie. — 1993.

References

1. Lynch, C. V. (1969). *Press hardening of profiles from alloy 6063 (AD31)*. Aluminum Extrusion Technology Seminar, Chicago. [in Russian].
2. Aluminium Guide. (n.d.). *Alloy AD31 and its analogues 6060 and 6063*. ALUMINIUM INFORMATION PORTAL. Retrieved from <http://aluminium-guide.com> [in Russian].
3. Aluminium Guide. (n.d.). *Press hardening of aluminum profiles according to ASTM B 807*. ALUMINIUM INFORMATION PORTAL. Retrieved from <http://aluminium-guide.com> [in Russian].
4. Kargin, V. R., Kargin, B. V., & Aryshensky, E. V. (2012). *Technology of pressing profiles from light alloys: Methodical instructions*. Samara: Izd-vo SGAU. [in Russian].

5. ASM International. (1996). *Aluminum and aluminum alloys* (3rd ed.). ASM Specialty Handbook. [in English].
6. Ashford Engineering Services. (1997). *D.C. Casting Remelt Shop Handbook*. Great Britain. [in English].
7. Totten, G. E., & MacKenzie, D. S. (Eds.). (1993). *Handbook of Aluminum: Vol. 1. Aluminum and Aluminum Alloys*. AMS International. [in English].

Одержано 06.02.25

Improvement of technology for strengthening aluminum alloy profiles

A. V. Nogovitsyn, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department, alexey.nogovitsyn@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2929-5300>.

S. V. Prygunov, Candidate of Technical Sciences, Researcher, s.prygunov@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6891-7818>

O. L. Goncharov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, alexgoncharov51@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7183-8981>

Physico-technological Institute of Metals and Alloys of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Summary

Based on literature data, the possibilities and mechanisms of strengthening of wrought aluminum alloys of the 2xxx, 4xxx, 6xxx and 7xxx series during quenching and heat treatment, methods of increasing their strength and ductility are considered. It should be noted that this issue is stated very vaguely and ambiguously in domestic standards. Quenching from the temperature of hot deformation is called incomplete quenching and is designated T5. Under full quenching is understood only quenching from separate heating with the designation T6. There is no mention of any possibility of achieving a state of complete quenching without separate furnace heating. To obtain maximum physical and mechanical properties of this alloy, it is necessary to optimize all technological processes: melting, refining, modification, obtaining ingots, homogenization, pressing and heat treatment. The economic advantages of using the technology of heat treatment of profiles with hardening on the press compared to hardening with separate heating are analyzed and shown, a necessary condition for the implementation of which is the identity of the temperature intervals of heating for hardening and exiting the press. To obtain a supersaturated solid solution, which during further processing operations contributes to dispersion aging and increasing the strength of profiles, their cooling at the exit from the press should be at a speed not lower than the critical one, which depends on the chemical composition of the aluminum alloy. The greatest efficiency of thermal hardening of aluminum alloys of the 6xxx series is achieved with a three-stage heat treatment. Possible ways of implementing this process, their advantages and disadvantages are described. The requirements of American and European standards for deformable aluminum alloys are discussed, as well as the features of the technological process for obtaining high-quality profiles depending on their chemical composition.

Keywords: deformed aluminum alloys, profiles, pressing, heat treatment.