

**Л.О. Рябічева, М.В. Белошицький, А.І Добриднева**  
**ОТРИМАННЯ АЛЮМІНІЄВОГО ПРУТКА ІЗ СТРУЖКОВИХ ВІДХОДІВ**

*У статті представлена технологія виготовлення пруткового алюмінію з порошкової шихти, отриманої зі стружкових відходів. У якості вихідної заготовки прийнята заготовка зі сферичним компенсатором, що дозволяє усунути утяжину. Наведено розрахунки заготовки, схеми прес-форми та штамп для гарячого прямого видавлювання. Вивчені механічні властивості пруткового алюмінію.*

*Ключові слова: стружка, пресування, нагрівання, пряме видавлювання, щільність, механічні властивості. Форм.2. Рис. 6. Літ. 5.*

**Л.А. Рябичева, Н.В. Белошицкий, А.И Добрыднева**  
**ПОЛУЧЕНИЕ АЛЮМИНИЕВОГО ПРУТКА ИЗ СТРУЖКОВЫХ ОТХОДОВ**

*В статье представлена технология изготовления пруткового алюминия из порошковой шихты, полученной из стружковых отходов. В качестве исходной заготовки принята заготовка со сферическим компенсатором, позволяющим устранить утяжину. Приведен расчет заготовки, схемы пресс-формы и штампа для горячего прямого выдавливания. Изучены механические свойства пруткового алюминия.*

*Ключевые слова: стружка, прессование, нагрев, прямое выдавливание, плотность, механические свойства.*

**L. Ryabicheva, N. Beloshitskij, A. Dobrydneva**  
**PRODUCTION OF THE ROD ALUMINIUM FROM CHIP WASTES**

*The production technology of rod aluminium from powder charge obtained from chip wastes has been presented in this paper. The initial billet with spherical compensator for prevention appearing of suck-in flaw has approved. The calculation of billet, schemas of press-tool and die for hot direct extrusion have presented. The mechanical properties of rod aluminium have been investigated.*

*Key words: chip, pressing, heating, direct extrusion, density, mechanical properties.*

**Вступ.** У різних галузях промисловості для поліпшення якості та зниження металоємності виробів в останні роки відбувається постійне збільшення частки кольорових металів у загальному обсязі споживання металу. Це збільшення відбувається, головним чином, за рахунок алюмінію, виробництво якого в останні десятиліття зростає найвищими темпами. Порошкова металургія алюмінію – одне з перспективних напрямків, що швидко розвивається у металургії [1]. Одним з переваг порошкових виробів з алюмінію є суттєво зменшення сили для пресування виробів, низька температура спікання. Вироби з алюмінію мають високу міцність, електро- і теплопровідність, корозійну стійкість. Порошки алюмінію в широких масштабах використовуються металургійною та хімічною промисловістю. Однак при виробництві деталей машин порошкові матеріали знаходять поки лише обмежене застосування, головним чином при виготовленні виробів спеціального призначення з унікальними службовими властивостями зі спечених алюмінієвих пудр і спечених алюмінієвих сплавів [1]. Однією із причин такого положення є відсутність науково-обґрунтованих технологій обробки заготовок з алюмінію та його сплавів. Відомі два основні методи одержання порошкових алюмінієвих матеріалів: високотемпературна деформація легованих порошків і механічно легованих порошкових сумішей; холодне пресування механічно легованих порошкових сумішей і наступна їхня термічна обробка [2].

При виготовленні алюмінієвих виробів одержують величезну кількість стружкових відходів. Наприклад, при виготовленні алюмінієвої трубки із прутка методом «Conform» одержують із 1 т прутка до 50 кг стружки. Відомі методи брикетування стружкових відходів гвинтовою екструзією [3]. У роботах [1, 2] показані можливості одержання порошку різного гранулометричного складу зі стружкових відходів. Застосування «стружкового» порошку або агломератів з його часток дозволяє не тільки знизити витрати на вихідну сировину, поліпшити техніко-економічні показники машинобудівних виробництв, але й підвищити властивості кінцевого продукту [4]. Основними факторами, що стримують використання порошку алюмінію, є його відносно висока вартість і погана формуючість, пов'язана з налипанням часток порошку в процесі холодного та гарячого пресування заготовки на формуючий інструмент. При створенні перспективних порошкових матеріалів із заданими експлуатаційними властивостями використовують технологію механічної активації матеріалу часток порошку в процесі обробки [2].

**Метою** роботи є розробка технології одержання прутків з високими механічними властивостями зі стружкових відходів.

**Методика дослідження.** Для дослідження використана алюмінієва стружка, яка отримана при обробці алюмінієвого прутка марки А7Е (ГОСТ 4784-97). Стружка має в'юнообразну форму з

товщиною елементів 0,2-1,5 мм, шириною 5-15 мм. Технологія отримання порошку зі стружки складалася з наступних операцій [4]. Для отримання дрібних елементів з розміром 2-5 мм виконували попереднє здрібнювання в ножовій дробарці. При наступному диспергуванні в ножовому млині вихрового типу додавали конденсаторне мастило для запобігання прилипання часток друг до друга та зменшення інтенсивності утворення агломератів. У процесі диспергування відбувалося механічне легування часток порошку оксидом алюмінію  $Al_2O_3$ . Для зняття внутрішніх напружень у частках порошку різних фракцій і вигорання масла виконували відпал при температурі 650 °С протягом 30 хв. у середовищі синтез-газу (72%  $H_2$ , 21%  $CO$ , 5,5%  $CO_2$ , 1,5%  $H_2O$ ). Після такої обробки отримували порошкову шихту наступного гранулометричного складу (ГОСТ 18318-94): менш 0,2 мм – 38,13%; 0,2-0,9 – 40,50%; 0,9-1,6 – 21,37%. Форма часток порошку з розміром менш 0,2 мм сферично округла з наявністю дрібною осколковою фракцією (ГОСТ 25849-83). Форма часток розміром більш 0,2-0,9 мм також сферично округла внаслідок агломерації часток, що почалася. Насипна щільність порошкової шихти 1,02 г/см<sup>3</sup> (ГОСТ 19440-94). Ущільненість визначали за ГОСТ 25280-90, при тиску 800 МПа щільність складала 2,68 г/см<sup>3</sup>.

Пресовки діаметром 24 мм висотою 22 мм щільністю 2,51 г/см<sup>3</sup> одержували двостороннім пресуванням у плаваючій матриці на гідравлічному пресі ПД-476 силою 1600 кН. Нагрівання пресовок перед прямим видавлюванням здійснювали в середовищі синтез-газу при 650 °С протягом 20 хв. Пряме видавлювання прутків виконували на гвинтовому пресі з дугостаторним приводом моделі Ф-1730 силою 1000 кН у штампі (рис. 1). При видавлюванні використовували змащення – колоїдний розчин графіту в мастилі.

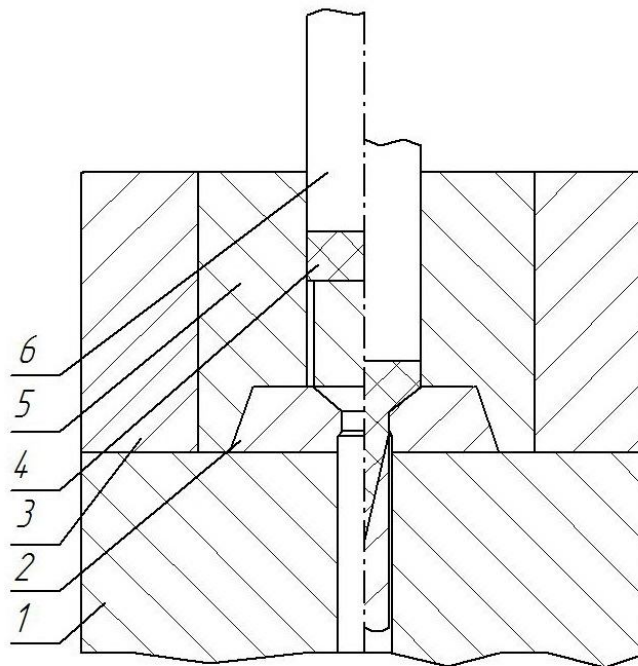


Рис. 1. Схема штампа для гарячого видавлювання алюмінієвого прутка: 1 – нижня плита; 2 – вставка; 3 – обойма; 4 – пресовка; 5 – матриця; 6 – пуансон

Для усунення дефектів при пресуванні порошку розробили пресовку складної форми з наявністю компенсатора (рис. 2). При розрахунках розмірів пресовки приймали її щільність 2,7 г/см<sup>3</sup>. Знаходили об'єм і масу пресовки по масі прутка, приймаючи втрати на підрізку торців 0,3. Діаметр пресовки визначали, враховуючи її термічне розширення при нагріванні та можливість забезпечення зазору для вільного завантаження в контейнер матриці. Знаючи діаметр і об'єм пресовки, розраховували висоту [5]. Виходячи з експериментальних досліджень, коефіцієнт витяжки при видавлюванні становив  $\lambda = 16,8$ . Діаметр ділянки матриці, що калібрує, приймали рівним діаметру прутка. Висоту  $h$  компенсатора визначали за формулою:

$$h = h_m \frac{l}{\cos \beta} \quad (1)$$

де  $DU = U_1 U_2$  – градієнт швидкостей переміщення шарів по перерізу матриці пресовки, що видавлюється, рівний 1,02-1,07;

$h_m, \beta$  – висота та кут західного конуса матриці.

Кут західного конуса матриці приймали рівним  $60^\circ$ , а висоту  $h_m$  знаходили з геометричних параметрів середовища деформації. Радіус сферичного компенсатора визначали за формулою:

$$R_c = \frac{h_c^2 + R_{пр}^2}{2h_c}, \quad (2)$$

де  $R_{пр}$  – радіус початкової пресовки;

$h_c$  – висота сферичного компенсатора.

Радіус компенсатора для забезпечення стійкості пуансона при виготовленні пресовок приймали рівним радіусу сфери, зменшеному на величину  $b$ , яка, як показали експерименти, не повинна бути більш 2 мм.

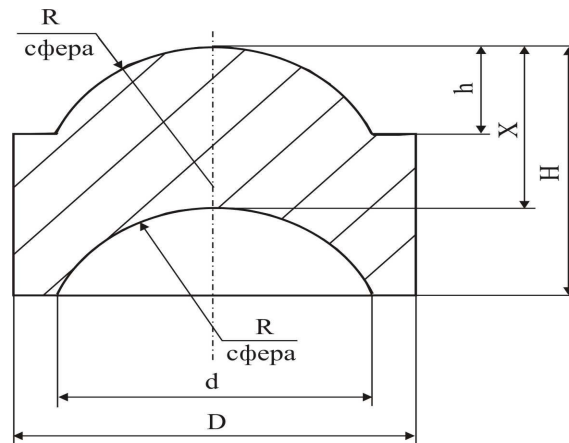


Рис. 2. Пресовка для видавлювання алюмінієвого прутка

Діаметр матриці  $D_m$  для пресування пресовок визначали з урахуванням величини пружної післядії, а її висоту  $H_m$  з урахуванням висоти завантажувальної камери та величини заходу в порожнину матриці верхнього та нижнього пуансонів (рис. 3).

Діаметр калібруючого отвору матриці для видавлювання  $d_0$  розраховували з урахуванням усадки прутка при охолодженні, яку визначали експериментально, і припустимого відхилення на алюмінієві прутки за ГОСТ 21488-97. Схема штампа для виготовлення пресовки з компенсатором наведена на рис. 3.

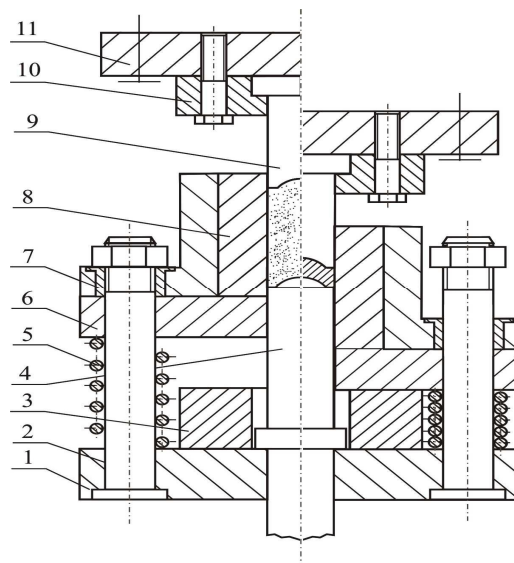


Рис. 3. Схема штампа для виготовлення пресовки з компенсатором: 1 – нижня плита; 2 – стовпчик; 3 – упор; 4 – виштовхувач; 5 – пружина; 6 – плита матриці; 7 – втулка; 8 – матриця; 9 – пуансон; 10 – фланець; 11 – верхня плита

© Л.О. Рябічева, М.В. Белошницький, А.І. Добриднева

Пряме видавлювання пресовки здійснювали в штампі, представленому на рис. 4. Цикл штампування – напівбезперервний. У початковий момент пуансон 6 перебуває в крайньому верхньому положенні. Пресовку 1, нагріту до температури деформації, завантажують у порожнину матриці 8, і пуансоном 2 видавлюють на 2/3 довжини прутка. Потім піднімають верхню плиту штампа із закріпленим на ній пуансоном 6, установлюють наступну пресовку, здійснюють її розпресовку та видавлювання так, що попередня заготовка повністю виходить із ділянки матриці, що калібрує. Цикл повторюють. Контрольні операції – візуальний огляд, перевірка розмірів і маси.

Механічні властивості алюмінієвого прутка вивчали випробуванням на розтяг (ГОСТ 1493-84) і стиск (ГОСТ 25.503-97).

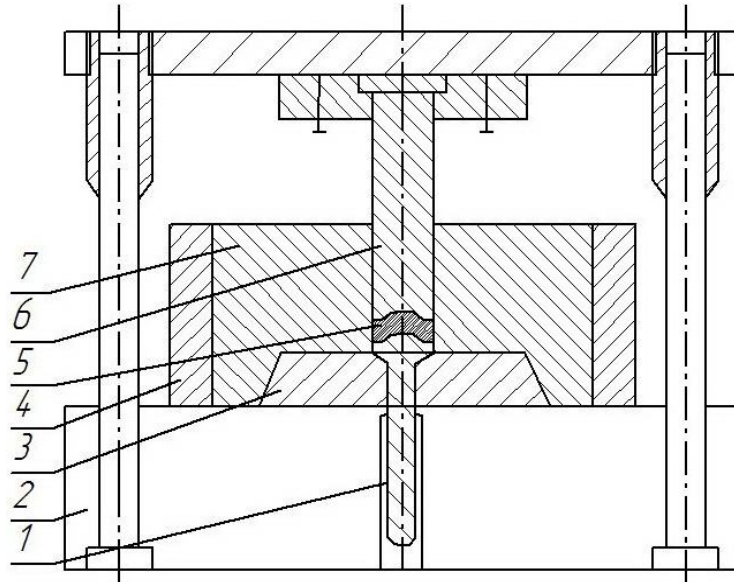


Рис. 4. Схема штампа для гарячого видавлювання алюмінієвого прутка: 1 – пруток, що видавлюється; 2 – плита; 3 – вставка; 4 – обойма; 5 – заготовка; 6 – пуансон; 7 – матриця

**Основні результати дослідження.** При візуальному огляді прутків, отриманих у штампах, показаних на рис. 1 і 4 зі ступенем деформації 0,94, на їхній поверхні дефекти не виявлені. Однак кінцева частина зразка, який отримано без компенсатора, мала розпушеність довжиною 7 мм, у початковій частині виявлена утяжина довжиною 15 мм (рис. 5, а, б). Ці дефекти впливають на вихід придатного та знижують якість виробу.

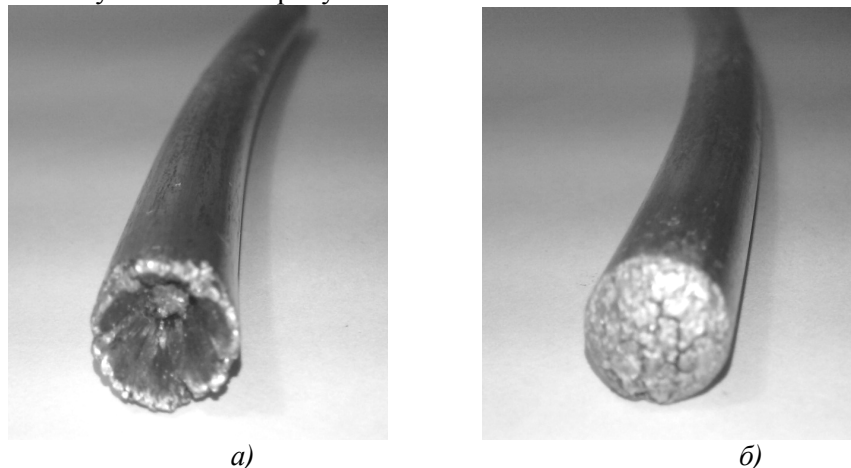
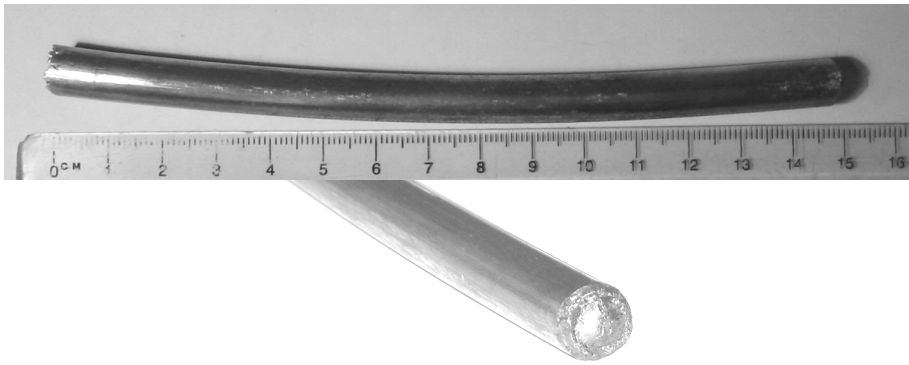


Рис. 5. Дефекти при видавлюванні прутка: а) утяжина; б) розпушеність

Пруток, видавлений із пресовки з компенсатором, таких дефектів не мав (рис. 6). Його щільність складала  $2,7 \text{ г/см}^3$ .



**Рис. 6. Пруток, видавлений із пресовки з компенсатором**

Після деформування при коефіцієнті витяжки 16,8 границя міцності на розтяг склала 146 МПа, відносне подовження 10%, відносне звуження 18%. Твердість 32 НВ. Механічні властивості після стиску: границя міцності 347 МПа, границя текучості 192 МПа, осьовий відносний ступінь деформації 49%. Діаметр прутків – 8,0 мм, при припустимому відхиленні на пресовані прутки нормальної точності діаметром 8,0 мм за ГОСТ 21488-97 – 0,58 мм.

**Висновок.** Розроблена технологія виготовлення алюмінієвих прутків з порошку, отриманого переробкою стружкових відходів. Відповідно до отриманих механічних властивостей такий пруток може бути використаний як початкова заготовка для наступних операцій обробки тиском.

1. *Гопиенко В.Г.* Спеченные материалы из алюминиевых порошков / В.Г. Гопиенко, М.Е. Смагоринский, А.А. Григорьев [и др.] – М.: Metallurgy, 1993. – 320 с.
2. *Витязь П.А.* Механически легированные сплавы на основе алюминия и меди / П.А. Витязь, Ф.Г. Ловшенко, Г.Ф. Ловшенко – Мн: Беларуская навука, 1998. – 351 с.
3. *Шевелев А.И.* Деформационная обработка вторичного алюминия и алюмосодержащих отходов / А.И. Шевелев, Я.Е. Бейгельзимер, В.Н. Варюхин [и др.] – Донецк: Изд-во Ноулидж, 2010. – 271 с.
4. *Рябичева Л.А.* Технология получения порошка из алюминиевой стружки / Л.А. Рябичева, Н.В. Белошицкий, А.И. Добрыднєва [и др.] Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2011. №1 (14) – С. 148-155.
5. *Перлин И.Л.* Теория пресования металлов / И.Л. Перлин, Л.А. Рейтберг – М.: Metallurgy. – 1975. – 447 с.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2013.