

УДК 621.7.014.2

Швець Л.В.

*(Вінницький національний аграрний університет)*

## ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАЛЬЦЮВАННЯ ЗАГОТОВОК ІЗ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ В УМОВАХ ІЗОТЕРМІЧНОГО І НАБЛИЖЕНИХ ДО НЬОГО ДЕФОРМУВАННЯ

*В статье отмечена актуальность разработки и внедрения малоотходных технологических процессов штамповки поковок из алюминиевых сплавов на предприятиях машиностроения, особенно в авиационной промышленности. Описаны оборудование и методика для проведения экспериментов по определению технологических параметров вальцовки заготовок из алюминиевых сплавов в условиях изотермического и приближенных к нему деформирования.*

*The article noted the urgency of developing and implementing low-waste technological processes of stamping of aluminum alloy forgings machine-building enterprises, especially in the aviation industry. Describe equipment and methods for conducting experiments to determine the technological parameters of rolling billets of aluminum alloys under isothermal and close to him deformation.*

### **Вступ**

У номенклатурі штампованих поковок значний обсяг займають поковки з витягнутою віссю і змінним перерізом уздовж осі (важелі, гойдалки та ін.) Існуючі технологічні процеси виготовлення штампованих поковок з алюмінієвих сплавів з витягнутою віссю, з не підготовлених заготовок, характеризуються низькою продуктивністю, високою трудомісткістю і підвищеною витратою металу.

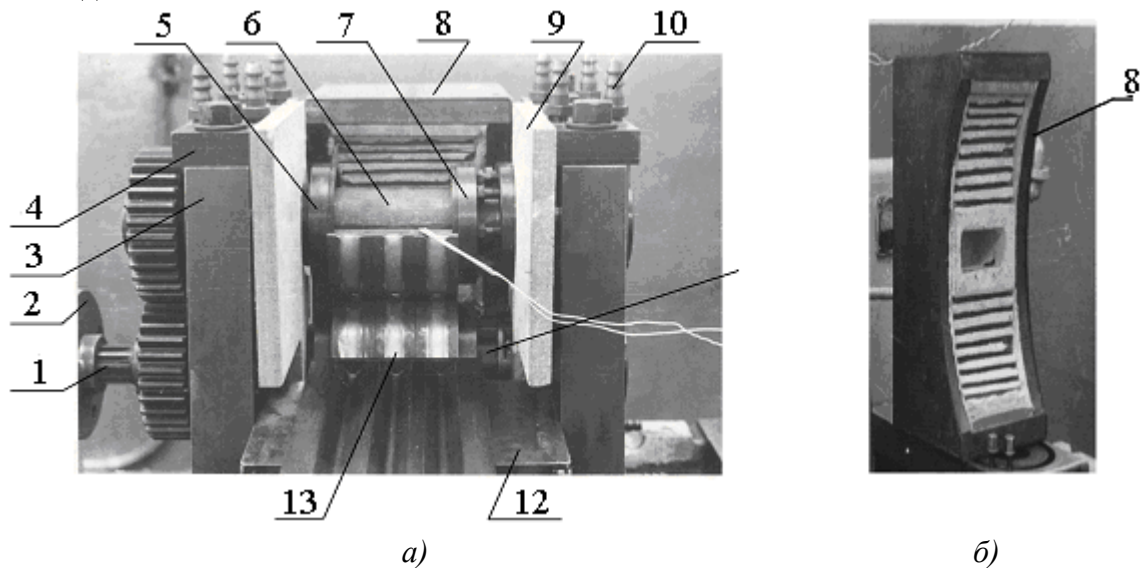
### **Основна частина**

Актуальність розробки і впровадження маловідходних технологічних процесів штампування поковок з алюмінієвих сплавів на підприємствах машинобудування, особливо в авіаційній промисловості, обумовлена значним застосуванням у виробі різних галузей цих сплавів, підвищеною витратою металу (КВМ 0,15 - 0,3), високою трудомісткістю, тривалим циклом виготовлення якісних штампованих поковок (як правило, 2 - 3 штампування з проміжними операціями нагріву, обрізки облою, травлення, зачистки). Широке використання алюмінієвих сплавів визначається їх технічними, фізичними і механічними властивостями. Застосування процесу вальцювання заготовок в умовах ізотермічного і наближених до нього деформування необхідна, як підготовча операція об'ємного штампування, що служить для перерозподілу металу вихідної заготовки, з метою: застосування високих ступенів деформації та обладнання меншого зусилля в порівнянні з традиційним вальцюванням; споживання менших енерговитрат; виготовлення якісних штампованих поковок з високим коефіцієнтом використання заготовки (КВЗ) і низькою трудомісткістю; зменшення трудомісткості виготовлення вальцювальних штампів і витрати штампової сталі; виготовлення деяких видів профілів симетричного і асиметричного перерізу, а також заготовок з криволінійною віссю. Крім цього, нагрів вальцювальних штампів до температур деформування (або близько до них) дозволить знизити зусилля деформування за рахунок підвищення пластичності оброблюваного металу, яке відбувається із - за повного протікання розміцнюючих процесів. Рівномірна деформація заготовки, за відсутності зон утрудненого деформування і локального перегріву, забезпечує хороше і всебічне опрацювання структури, і, як наслідок, зменшує розкид властивостей в об'ємі заготовки. Тому проведення досліджень з впливу температур нагріву заготовок і вальцювальних штампів, ступеня деформації на технологічні параметри вальцювання заготовок в гладких валках і калібрах різних систем, в умовах ізотермічного і наближених до нього деформування, є актуальним завданням, рішення якої приведе до поліпшення пластичності і зниження зусиль деформування, підвищенню якості напівфабрикатів і зниження їх собівартості.

Для визначення технологічних параметрів і термомеханічних характеристик при вальцюванні заготовок в умовах ізотермічного і наближених до нього деформування, проводяться експерименти на дослідній установці з приводом від електродвигуна потужністю 7 кВт, представлений на рис.1.

З метою забезпечення жорсткості валків і збереження постійної міжцентрової відстані в процесі деформування, установка виконана за типом двохопорних кувальних вальців. Для підтримки температури заготовки і нагрівання робочого інструмента (вальцювальних штампів, безпосередньо встановлених на валках) установка забезпечена нагрівальним пристроєм, потужністю 1,2 кВт, встановленим з тильного боку, рис. 1, б.

Щоб уникнути заклинювання від нагрівання підшипникових вузлів робочих валків, корпуси зовнішніх пар виконані з отворами - каналами для забезпечення циркуляції проточної води.



**Рис. 1. - Установа для вальцювання в умовах ізотермічного деформування (а) та фрагмент печі (б).**

Технічна характеристика модернізованої установки наведена нижче:

Номінальне зусилля, 20 кН;

Міжцентрова відстань валків, 160 мм;

Частота обертання валків, 12 - 20 хв<sup>-1</sup>;

Діаметр вихідної заготовки, 30 мм;

Розміри посадкового місця,: діаметр 80 мм; довжина 135 мм;

Потужність приводу, 7 кВт;

Температура нагріву інструмента, до 500 °С;

Тип нагрівального пристрою - електроопір;

Напруга, 220 В;

Потужність нагрівача, 4 кВт;

Діаметр дроту (ніхром) 0,6.

Установка для вальцювання заготовок в умовах ізотермічного і наближених до нього деформування (рис.1, а) складається зі звареного корпусу 3, що включає підставу і дві вертикальні стійки. Вертикальні стійки мають пази для встановлення чотирьох корпусів підшипників ковзання, які кріпляться стяжними планками 4. У підшипниках, як в опорах, обертаються верхній 6 і нижній приводний 11 валки. Останній через шліцові з'єднання 1 муфти 2 з'єднаний з приводом, а через зубчасту передачу (по відношенню 1 : 1) з верхнім валком, що забезпечує їх синхронне обертання. Міжцентрова відстань валків регулюється в межах 0,5 - 2,0 мм за допомогою каліброваних прокладок. На валках між нерухомою 5 і

рухомий 7 шайбами закріплені вальцювальні штампи 13. Для введення заготовки в робочу зону вальцювальних штамів строго по вісі струмка і її кантування на  $90^\circ$  при переходах з струмка в струмок, в передній частині установка забезпечена проводкою 12, а з тильного боку корпусу установки закріплено нагрівальний пристрій 8, який служить для нагрівання і підтримки необхідної температури поверхні вальцювальних штамів і заготовок. Крім цього, нагрівальний пристрій має робочу камеру, в якій для збереження температури нагрітої заготовки при її деформації в вальцювальних штампах, постійно знаходиться вальцювальна заготовка.

Нагрівальний пристрій 8 являє собою піч електричного опору з футерівкою нагрівальної зони, що повторює по контуру робочий інструмент без урахування форми струмків. Нагрівання пристрою здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В через трансформатор РНО-250-10. Нагрівання корпусів підшипників запобігають азбоцементні плити 9. Штуцера 10 служать для подачі і зливу охолоджувальної проточної води. Контроль, регулювання та реєстрацію температури нагрівання заготовки і вальцювальних штамів забезпечує самописний прилад КСП- 4.

Для введення заготовок у калібри вальцювальних штамів і кантування при переходах з струмка в струмок, установка має проводку. Заготовки подають в калібри кліщами, конструкція забезпечена копіюючим рельєфом проводки і дозволяє кантувати заготовку на  $90^\circ$  при перенесенні з струмка в струмок.

Розроблена методика проведення експериментальних досліджень охоплює широкий діапазон завдань необхідний для визначення технологічних параметрів вальцювання заготовок із алюмінієвих сплавів в умовах ізотермічного і наближених до нього деформування.

Спільними умовами при проведенні експериментів з визначення оптимальних технологічних параметрів вальцювання заготовок в умовах ізотермічного і наближених до нього деформування є:

1. Використані для проведення експериментів марки алюмінієвих сплавів: АК6, АК4, АК4-1, АК8, АМг1, АМг2, АМг6, АМЦ з розмірами  $\varnothing$  14, 18, 20, 25 мм і довжиною 150 мм.
2. Використання методів тензометрування, оптичної мікроскопії, математичної статистики.
3. На кожному точку дослідження залежності технологічних параметрів від різних факторів (температур нагріву вальцювальних штамів і заготовок, швидкості та ступеня деформації) виділяється три зразки досліджуваного сплаву, незалежно від вальцювання в гладких валках або калібрах різних систем.
4. Перед експериментальними дослідженнями провести градування автоматичного потенціометра печі. Зниження температури зразка при перенесенні від печі до стану, компенсувати його нагріванням до  $10^\circ\text{C}$  вище температури вальцювання.
5. Визначити коефіцієнт тертя між металом заготовки і поверхнею валків в умовах проведених експериментальних робіт.
6. Визначити оптимальну частоту обертання валків для проведення експериментів.
7. Абсолютна ступінь деформації визначається як різниця висот зразка до і після вальцювання

$$\Delta h = h_0 - h_1,$$

де  $h_0$  - початкова висота зразка, мм;

$h_1$  - висота зразка після вальцювання, мм.

8. Розширення визначається як різниця ширини зразка до і після вальцювання

$$\Delta b = b_1 - b_0,$$

де  $b_0$  - ширина зразка до вальцювання, мм;

$b_1$  - ширина зразка після вальцювання, мм.

9. Випередження  $S$  визначається за формулою

$$S = \frac{l_1 - l_2}{l_2} \cdot 100, \%,$$

де  $l_1$  - відстань між відбитками кернів на заготовці, мм

$l_2$  - відстань між відбитками кернів на валку, мм.

Для виміру відстані між кернами використовуємо великий мікроскоп інструментальний БМИ - 1. Похибка виміру не перевищує 0,005 мм.

10. Тиск металу на валки визначається за формулою:

$$P_{om} = 1 - \frac{P_0 - P_1}{P_0},$$

де  $P_{om}$  - відносний тиск;

$P_0$  - тиск металу на валки, що мають температуру 20 ° С, кг/мм<sup>2</sup>;

$P_1$  - тиск металу на валки, що мають температуру 50 - 450 ° С, кг/мм<sup>2</sup>.

11. За результатами експериментальних досліджень будуються графіки залежностей технологічних параметрів від ступеня деформації, температур нагріву вальцювальних штампів і заготовок, при вальцюванні заготовок в гладких валках і калібрах різних систем:

11.1. Гладкі валки -  $\Delta b, S, P = f(\varepsilon, t_6, t_3)$ ,

де  $\varepsilon$  - ступінь деформації, %;

$t_6$  - температура нагріву валків, ° С;

$t_3$  - температура нагріву заготовок, ° С.

а) Розширення  $\Delta b$  і випередження  $S$  досліджуються при:

$\varepsilon = 30, 40, 50\%$ ;

$t_6 = 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450$  ° С;

$t_3 = 300, 350, 400, 450$  ° С.

б) Тиск металу на валки вимірювати за допомогою месдоз у вигляді силовимірювальної склянки з записом свідчень осцилографа Н-105 на світлочутливий папір типу УФ шириною 120 мм і досліджувати за:

$\varepsilon = 30, 40, 50\%$ ;

$t_6 = 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450$  ° С;

$t_3 = 450$  ° С.

11.2. Калібри -  $\Delta b, S, = f(\varepsilon, t_6, t_3)$ :

а) Розширення і випередження круглих заготовок в овальних калібрах дослідити в залежності від:

$\varepsilon = 30, 40, 50\%$ ;

$t_6 = 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500$  ° С;

$t_3 = 470$  ° С.

За аналогічною методикою, в цих калібрах проводились дослідження розширення алюмінієвого сплаву Д16, армованого ниткоподібними кристалами SiC.

б) Дослідити розширення й випередження овальних заготовок, при вальцюванні в ромбічних калібрах з кутами 105 °, 110 °, 115 °, висотою 8,4 і 9,4 мм в залежності від:

$\varepsilon = 30, 40, 50\%$ ;

$t_6 = 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450$ , ° С,;

$t_3 = 470$  ° С.



Провести аналогічні дослідження за визначенням розширення і випередження в системах калібрів: овал - квадрат; овал - коло; ромб - квадрат; ромб - коло.

12. Провести всебічні дослідження вальцьованих заготовок в умовах ізотермічного деформування і штапованих поковок виготовлених з них (макро-, мікроструктури, механічні властивості).

13. Визначити коефіцієнти витяжки по переходах для різних систем калібрів.

14. Температуру нагрівання вальцювальних штампів і заготовок контролювати хроміль-алюмільовою термопарою.

15. Контроль лінійних розмірів вальцьованих заготовок проводити: лінійкою ГОСТ 427-75; штангенциркулем, ГОСТ 166-73, похибка вимірювання  $\pm 0,05$  мм; шаблонами радіусними, ГОСТ 4126-82; штангенрейсмусом, ГОСТ 164-80, похибка вимірювання  $\pm 0,05$ .

16. Розробити математичні моделі та отримати формули для визначення розширення і випередження при вальцюванні заготовок із алюмінієвих сплавів у калібрах різних систем в умовах ізотермічного і наближених до нього деформування.

17. На підставі аналізу результатів експериментальних досліджень з визначення оптимальних технологічних параметрів вальцювання заготовок із алюмінієвих сплавів при змінних температурах, швидкостях, ступенях деформації та освоєнні технологічного процесу, розробити технологічні рекомендації для розрахунку калібрів та технічне завдання на промисловий зразок обладнання для вальцювання заготовок в умовах ізотермічного і наближених до нього деформування, що дозволяє працювати в широкому діапазоні змінних параметрів, включаючи роботу при традиційному вальцюванні (без нагріву вальцювальних штампів).

### **Висновки**

1. Розроблено методика проведення експериментальних досліджень з визначення технологічних параметрів вальцювання заготовок із алюмінієвих сплавів в умовах ізотермічного і наближених до нього деформування.

2. Проведенні дослідження з впливу температур нагріву заготовок і вальцювальних штампів, ступеня деформації на технологічні параметри вальцювання заготовок в гладких валках і калібрах різних систем, в умовах ізотермічного і наближених до нього деформування, є актуальним завданням, рішення якої приведе до поліпшення пластичності і зниження зусиль деформування, підвищення якості напівфабрикатів і зниження їх собівартості.

### **Література**

1. Производственная инструкция по ковке и штаповке деформируемых алюминиевых сплавов: ПИ 1.2. 085 - 78: Утв. начальником ВИАМ Шалиным Р. Е. 28.04.78. Введ. 01.09.78. — М., 1978. — 17 с.
2. Скрябин С.А. Исследование термомеханических параметров вальцовки заготовок в изотермических условиях. — К.: Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Машиностроение. — 1998, вып. 33. С. 311 — 317.
3. Скрябин С.А. Технология горячего деформирования заготовок из алюминиевых сплавов на ковочных вальцах. — Винница: А. Власюк. — 2007. — 284 с.