

Slovak international scientific journal

№42, 2020

Slovak international scientific journal

VOL.1

The journal has a certificate of registration at the International Centre in Paris – ISSN 5782-5319.

The frequency of publication – 12 times per year.

Reception of articles in the journal – on the daily basis.

The output of journal is monthly scheduled.

Languages: all articles are published in the language of writing by the author.

The format of the journal is A4, coated paper, matte laminated cover.

Articles published in the journal have the status of international publication.

The Editorial Board of the journal:

Editor in chief – Boleslav Motko, Comenius University in Bratislava, Faculty of Management

The secretary of the journal – Milica Kovacova, The Pan-European University, Faculty of Informatics

- Lucia Janicka – Slovak University of Technology in Bratislava
- Stanislav Čerňák – The Plant Production Research Center Piešťany
- Miroslav Výtisk – Slovak University of Agriculture Nitra
- Dušan Igaz – Slovak University of Agriculture
- Terézia Mészárossová – Matej Bel University
- Peter Masaryk – University of Rzeszów
- Filip Kocisov – Institute of Political Science
- Andrej Bujalski – Technical University of Košice
- Jaroslav Kovac – University of SS. Cyril and Methodius in Trnava
- Paweł Miklo – Technical University Bratislava
- Jozef Molnár – The Slovak University of Technology in Bratislava
- Tomajko Milaslavski – Slovak University of Agriculture
- Natália Jurková – Univerzita Komenského v Bratislave
- Jan Adamczyk – Institute of state and law AS CR
- Boris Belier – Univerzita Komenského v Bratislave
- Stefan Fišan – Comenius University
- Terézia Majercakova – Central European University

1000 copies

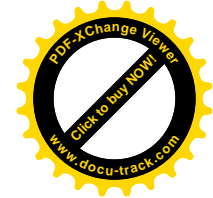
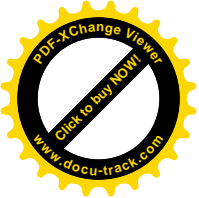
Slovak international scientific journal

Partizanska, 1248/2

Bratislava, Slovakia 811 03

email: info@sis-journal.com

site: <http://sis-journal.com>



CONTENT

CHEMISTRY

Knyazeva A.

CONSIDERATION OF SPATIAL PROCESSES ON THE
EXAMPLE OF THE SPHALERITE CONCENTRATE FIRING
REACTION..... 3

ELECTRICAL ENGINEERING

Konesev S., Khlyupin P., Gamisonia G.

“HEATER-TREATER” WITH INDUCTION HEATING
SYSTEM..... 6

Rak A., Glazeva O., Dudko S.

DETERMINATION OF ELECTRICITY QUALITY OF THE
SHIP'S ELECTRIC POWER SYSTEM WHEN STARTING
HIGH VOLTAGE ASYNCHRONOUS MOTOR ENGINES...9

MATERIALS SCIENCE AND MECHANICS OF MACHINES

Shvets L.

THE ESSENCE AND POSSIBILITY OF THE METHOD OF
ISOTHERMAL DEFORMATION 16

MEASURING SYSTEMS

Sandler A.

OPTIMIZATION OF CONSTRUCTIVE PARAMETERS
FIBER ACCELEROMETER 25

Shumilova K.,

FACTORS INFLUENCING THE EFFICIENCY OF THE
NAVIGATION SAFETY SYSTEM 31

NORMAL AND PATHOLOGICAL PHYSIOLOGY

Nikitina N., Berehovyi S., Stepanova L.

ABOUT MECHANISMS OF ACTION COCARNIT IN RATS
WITH DIABETIC POLYNEUROPATHY 36

PEDAGOGY

Nekrasova T.

PROBLEMS OF METHODOLOGICAL SUPPORT OF
SPECIALISTS ' WORK IN INCLUSIVE EDUCATION 42

Babych A., Prykhodko D., Yandola K.

THE ASSESSMENT OF CADETS' LEADERSHIP QUALITIES
DURING THE PROCESS OF RECEPTION THE HIGHER
MILITARY EDUCATION 46

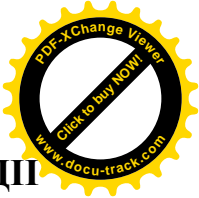
Redi E., Tolstopyatov I.

MOTIVATION OF STUDENTS TO ENGAGE IN PHYSICAL
CULTURE 44

SOCIAL COMMUNICATION STUDIES

Mazur O.

THE MUSIC PHONODOCUMENTS FOREIGN
REPOSITORIES CHARACTERISTICS: TYPES, FEATURES,
PROSPECTS 50



СУТЬ І МОЖЛИВІСТЬ СПОСОБУ ІЗОТЕРМІЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ

Швець Л.В

Кандидат технічних наук, доцент

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

THE ESSENCE AND POSSIBILITY OF THE METHOD OF ISOTHERMAL DEFORMATION

Shvets Ludmila

PhD, Associate Professor

Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, Ukraine

Анотація

Ізотермічний метод гарячої деформації в обробці металів тиском, від традиційних відрізняється тим, що формозмінення нагрітої заготовки здійснюють в інструменті нагрітому до температури деформації, а температура нагрітої заготовки і деформуючого інструменту витримується постійною, близькою до верхньої межі кувальних температур, протягом всього процесу.

Abstract

Isothermal method of hot deformation in the processing of metals by pressure, from traditional differs in that the change in the shape of the heated workpiece is carried out in a tool heated to the deformation temperature. The temperature of the heated workpiece and the deforming tool is kept constant, close to the upper limit of forging temperatures, throughout the process.

Ключові слова: ізотермічна деформація, гаряча деформація, вальцювання заготовок, алюмінієві сплави.

Keywords: isothermal deformation, hot deformation, rolling of billets, aluminum alloys.



Мета даної роботи полягає в розробці і впровадженні маловідхідних технологічних процесів вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів в умовах ізотермічного і наближених до нього деформації, які забезпечать: застосування устаткування меншого зусилля і габаритів; підвищення продуктивності праці; зниження трудомісткості і витрати гостродефіцитних дорогих алюмінієвих сплавів; зниження енерговитрат і штампової сталі; поліпшення якості штампованих деталей і в сукупності перерахованих нижче показників, зниження собівартості виготовлення штампованих деталей і профілів.

Деформація металу в умовах ізометричного і наближених до нього деформації характеризується збільшенням пластичності в порівнянні з пластичністю при обробці в холодному інструменті. Це пояснюється нижчою швидкістю деформації, нижня межа якої обмежена тільки продуктивністю процесу. В результаті збільшується час «заліку дефектів», що виникають при деформації металу, зменшується температурна напруга в об'ємі заготовки, деформація стає більш рівномірною.

Зусилля і робота деформації в умовах ізометричної деформації знижуються, відповідно зменшується і кількість виділеної в результаті деформації теплоти, яка унаслідок однорідності деформації, розподіляється в об'ємі заготовки відносно рівномірно. Це особливо важливо при деформації металів і сплавів, структура яких сильно залежить від зміни температури. Рівномірна деформація заготовки за відсутності зон утрудненої деформації і локального перегріву із-за теплового ефекту, як правило, забезпечує хороше і усестороннє опрацювання структури, високі міцносні і пластичні характеристики металу і зменшує розкид властивостей в об'ємі заготовки.

Виключенням охолодження заготовки можна понизити температуру деформації в порівнянні із звичайними умовами і обробляти при температурі, близькій до верхньої межі температурного інтервалу для даного сплаву. Наприклад, зменшення температури деформації на 50 - 200°C для титанових

сплавів полегшує проведення деформації в $(\alpha + \beta)$ області і забезпечує отримання високоякісних деталей, зменшує глибину альфированного шару.

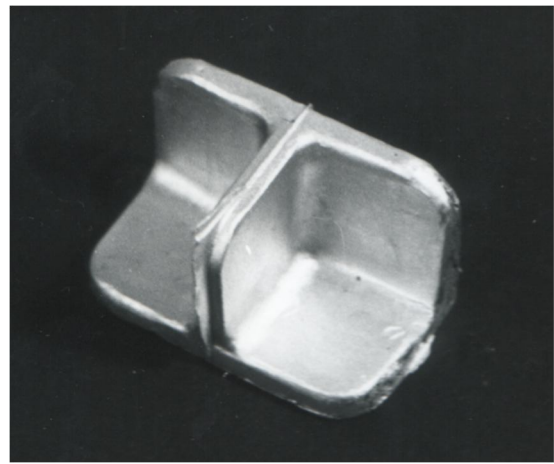
Створення умов ізотермічної деформації дозволяє проводити штампування в оптимальному термомеханічному режимі, використовувати явище надпластичності і дає можливість виготовляти штамповані поковки складної конфігурації (фланці, кронштейни, фитинги, важелі, гойдалки і ін.), з мінімальними припусками на механічну обробку, мінімальним облоєм, штампувальним ухилом $30' \dots 1^\circ 30'$, забезпечити КИМ $0,8 \dots 0,85$, рис. 1 а, б, в.



а)

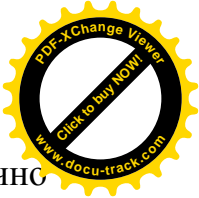


б)



в)

Рис. 1 Типові поковки, що виготовляються ізотермічною штамповкою



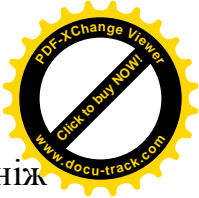
Точність деталей, отриманих в умовах ізометричної деформації значно підвищується із-за:

- зменшення пружних деформацій системи устаткування – інструмент, оскільки знижується опір деформації металу і зусилля обробки;
- зменшення коливань температури деформації, і отже, більшій стабільності геометричних розмірів оброблених деталей;
- зниження залишкової напруги в об'ємі штампованої сталі, що зменшує її повідці при охолодженні і термообробці, покращує якість;
- зменшення товщини дефектного шару і поліпшення якості поверхні деталі (напівфабрикату) в результаті меншої дії нагрітого металу з навколишнім середовищем при зниженні температури деформації і використанні ефективних захисно-змащувальних покриттів.
- зниження залишкової напруги в об'ємі штампованої сталі, що зменшує її повідці при охолодженні і термообробці, покращує якість;

У роботі [7] приводиться аналіз результатів вивчення надпластичності металів і сплавів, виділяються основні особливості обробки металів тиском в стані надпластичності. Наголошується, що деякі з них забезпечують істотні переваги, до яких відносяться:

- надзвичайно велика деформаційна здатність матеріалів в стані надпластичності (на 1 - 2 порядки більше, ніж в звичайному пластичному стані);
- малий опір деформації (у 5 - 10 разів менше, ніж у тих же матеріалів в пластичному стані);
- слабкий вплив надпластичної деформації на мікроструктуру, що забезпечує можливість отримання деталей з однорідною структурою і ізотропними механічними властивостями за всім обсягом;
- висока релаксаційна здатність матеріалів в змозі понад-пластичності, і, як наслідок, відсутність внутрішньої залишкової напруги після деформації.

До чинників, що обмежують використання стану надпластичності в технології обробки металів тиском відносяться:



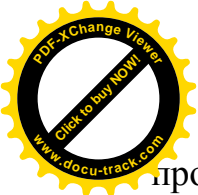
- пониження швидкості деформації (на 2 - 4 порядки менше, ніж швидкості при звичайних процесах обробки металів тиском), що обмежують продуктивність процесу;

- забезпечення регламентованого температурного режиму деформації, що вимагає застосування для інструменту матеріалів підвищеної жаростійкості і ускладнення конструкції інструменту, пов'язане з необхідністю його нагріву і теплоізоляції.

У роботі [1] описані матеріали по вибору деталей, що підлягають виготовленню методом ізотермічного штампування, розробці і впровадженню технологічного процесу, особливості ізотермічного штампування деталей з алюмінієвих і магнієвих сплавів, устаткування і оснащення, мастило, що рекомендується. У роботі наголошується, що ізотермічне штампування алюмінієвих сплавів може застосовуватися у поєднанні з процесами звичайного кування і штампування. Проте температурні режими ізотермічної деформації повинні відповідати рекомендаціям роботи, а допустимий ступінь ізотермічної деформації заготовок з пресованих і катаних прутків з алюмінієвих сплавів за один перехід при температурах, відповідних температурним інтервалам деформації, що рекомендуються, і швидкості деформації до 5 мм/с не обмежуються. Рекомендації по застосуванню підготовчо–заготовчих струмків (ПЗС) і вальцюванню заготовок в умовах ізотермічної деформації і наближених до неї відсутні. Штампування деталей передбачається за один перехід.

У літературі широко висвітлено питання гарячої деформації(штампування) заготовок з алюмінієвих і титанових сплавів із застосуванням ефекту надпластичності [1-11].

Так, в роботі [2] Свіажський Г.Я. відзначає, що проведені їм експериментальні роботи показали можливість досягнення ефекту надпластичності при гарячій деформації заготовок (напівфабрикатів - прутки, плити, профілі і тому подібне) з алюмінієвих сплавів при двохстадійній деформації таких заготовок за одну операцію. На першій стадії, з великими швидкостями деформації здійснюється подрібнення структури і максимальна

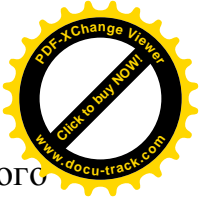
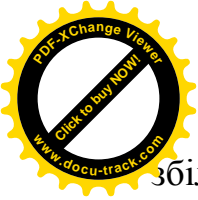


профілізація заготовки. На другій стадії, вже з малими швидкостями, що забезпечують прояв ефекту надпластичності, заповнюються дрібні фрагменти гравюри штампового інструменту. Застосування ефекту надпластичності дає можливість отримати деталі з обробленою поверхнею складної форми, деталі з підвищеною (на 10 – 15%) динамічною міцністю, високоточні штампування з алюмінієвих сплавів Ак6, що деформуються, Амг6, Д16. В93, В96ц.

Технологічні рекомендації [1] призначені для використання їх при ізотермічному штампуванні точних заготовок лопаток з титанових сплавів в закритих штампах. У роботі описані основні особливості ізотермічного штампування в закритих штампах, технологічний процес штампування, вживаний захисний – змашувальні покриття. Для підготовки точних заготовок під штампування, технологічний процес передбачає схему поперечного осідання циліндрових заготовок в закритому штампі, яка характеризується закінченням металу уздовж кульової частини порожнини з одночасним набором металу в замковій частині. Вальцювання заготовок в ізотермічних умовах не застосовується.

У роботі [3], автори при проведенні експериментів за визначенням надпластичності алюмінієвих сплавів В96ц, що деформуються, термічно зміцнюваних, В93, Ак6, 01420, Ак4-1 визначили, що не дивлячись на значні відмінності хімічного складу, досліджувані сплави мають близьку структуру і в них однаково виявляється механізм надпластичної деформації. Окрім цього автори відзначають, що використання ефекту надпластичності при обробці робить позитивний вплив на комплекс механічних властивостей алюмінієвих сплавів: підвищується їх пластичність, однорідність властивостей за об'ємом, зменшується анізотропія механічних властивостей.

Позитивні явища описані вище, спостерігали автори роботи [4] при проведенні експериментів за визначенням впливу надпластичної деформації титанових сплавів Вт3–1, Вт9, Вт6. Окрім цього, автори відзначають, що істотною позитивною особливістю ізотермічного штампування титанових сплавів є зменшення альфірованого шару унаслідок скорочення нагрівів і



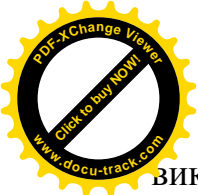
збільшення ступеня деформації поверхневого шару. Глибина альфированного шару при цьому приблизно в 5 разів менше, ніж при звичайному штампуванні і складає 50 - 100 мкм.

Аналізуючи застосування надпластичності в обробці металів тиском, необхідно відзначити, що даний технологічний процес застосовується при отриманні деталей складної конфігурації з малопластичних і таких, що важко деформуються сплавів. У зв'язку з тим, що такі матеріали відрізняються високою вартістю, а їх обробка – великою трудомісткістю зчисленними операціями, стає очевидною перспективність обробки тиском цих матеріалів в стані надпластичності.

Застосування вальцювання заготовок в умовах ізотермічної деформації

Основна частина штампованих поковок з алюмінієвих сплавів на заводах авіаційної промисловості виготовляється на штампувальному устаткуванні багатократним штампуванням в чистовому (остаточному) струмку штампу з проміжними операціями обрізання облою, труїть, зачистки, нагріву, що значно подовжує цикл виготовлення поковок і збільшує трудомісткість їх виготовлення. При цьому коефіцієнт використання металу знаходиться в межах 0,15 - 0,3. Деталі, використовувані у виробах галузі, відрізняються конструктивною складністю (наявністю тонких високих ребер; малих радіусів сполучення; малих штампувальних ухилів і припусків під механічну обробку; тонких полотен із закритими перетинами і глибокою порожниною).

Це визначає не технологічність їх виготовлення в процесі штампування і появу дефектів. Штампування цих поковок із заздалегідь не підготовлених заготовок посилює технологічний процес отримання якісних штампованих поковок. Проведений літературний огляд по виявленню рекомендацій по застосуванню вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів в ізотермічних умовах, як одній з підготовчих операцій ПЗС при виготовленні штампованих поковок показав, що рекомендації по застосуванню і проектуванню ПЗС з



використанням вальцювання заготовок в умовах ізотермічного і наближених до нього деформації для алюмінієвих сплавів відсутні.

Так, робота [5] присвячена опису технології літакобудування в США. Розділи довідника присвячені чотирьом основним аспектам: конструкціям поковок, матеріалам, процесам обробки і економіці.

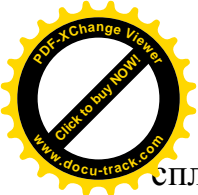
Довідник присвячений розгляду питань проектування і виготовлення поковок, що використовуваних в авіаційній промисловості і відповідають сучасним вимогам виробництва, але інформація по застосуванню вальцювання заготовок в умовах ізотермічної деформації і наближених до нього у складі ПЗР для виготовлення штампованих поковок з алюмінієвих сплавів відсутній.

У роботі [6] описана технологія кування і штампування кольорових металів, приводяться елементи конструкції штампувань і інструменту. У довіднику наголошується, що підготовчі операції здійснюються головним чином куванням, яке трудомістке і не забезпечує розподілу матеріалу з необхідною точністю. У зв'язку з цим, при штампуванні заготовок для деталей з великою різницею в перетинах спостерігається підвищена витрата металу. Інформація по застосуванню вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів в умовах ізотермічної деформації і наближених до нього відсутній.

У роботі [7], присвяченій технології кування і гарячому штампуванні кольорових металів і сплавів, приводиться конструкція штампів, проектування поковок, описана технологія виготовлення штампувань без рекомендацій по застосуванню вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів в умовах ізотермічної деформації і наближених до нього.

Робота [8] присвячена прокату алюмінієвих сплавів, але рекомендації по їх вальцюванню в умовах ізотермічного і наближеного до нього деформування відсутні.

У роботі [9] описані основні технологічні процеси, вживані при виготовленні обробкою тиском напівфабрикатів з алюмінію і його сплавів (плющення, пресування, волочіння, кування, формування і зварка труб). Значне місце відводиться технології виготовлення штампованих поковок з алюмінієвих



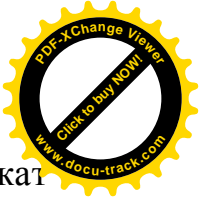
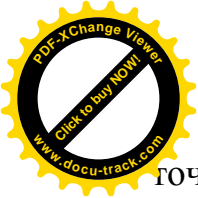
сплавів, їх класифікації, але рекомендації по застосуванню вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів в ізотермічних умовах і наближених до них відсутній.

У роботі [9] на підставі літературних даних зроблений огляд відомостей про технологію штампування алюмінієвих сплавів, що містить дані про матеріали, отримувані вироби, інструмент, способи обробки поковки після штампування. Приведені таблиці і графіки, що характеризують хімічні склади і механічні властивості алюмінієвих сплавів, а також механічні властивості отримуваних виробів. Опис застосування вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів в ізотермічних умовах і наближених до них відсутній.

У роботах [1] приводяться технічні умови по виготовленню штампувань і поковок з алюмінієвих сплавів, рекомендації по їх проектуванню, конструктивні елементи штампованих заготовок, що виготовляються на молотах і пресах у виробничих умовах. Опис застосування вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів в ізотермічних умовах і наближених до них відсутній.

У зв'язку з тим, що існуючі технологічні процеси виготовлення штампованих поковок з витягнутою віссю з алюмінієвих сплавів з не підготовлених під штампування заготовок посилюють технологічні процеси отримання якісних штампувань і характеризуються високою трудомісткістю, низькою продуктивністю, підвищеною витратою металу, необхідно розробити технологічні рекомендації і типові технологічні процеси по виготовленню штампованих поковок із застосуванням операції вальцювання заготовок в умовах ізотермічного і наближених до нього деформування.

Літературний огляд дав можливість ознайомитися з роботами по вивченню і впровадженню у виробництво ізотермічного методу прокатки металів і сплавів. Запропоновані способи нагріву електроконтакта валків, індукційного методу нагріву валків і різні конструкції і пристрої для здійснення способу ізотермічного прокату. Наприклад, пристрій, що дозволяє здійснювати



точне регулювання температури в осередку деформації і проводити прокат тонкостінних профілів складної форми з матеріалів, що важко деформуються.

У Баттельовському інституті (США) досліджувалося гарячу прокатку берилія і вольфраму з підігрітими валками. Випробування показали, що такі матеріали як вольфрам і берилій, що погано піддаються прокату, заготовки з яких заздалегідь нагріті до температури 760°C , можуть прокатуватися з обтисканням 43 % за один прохід при застосуванні стеклосмазки (фосфатне скло) і нагріві валків до 540°C . У роботі описано застосування ізотермічної прокатки в США. Молібденові вальця (рис. 2), що формують вироби, одночасно служать і електродами для нагріву заготовки. Електричний струм, проходячи від одного валка до іншого через заготовку, нагріває останню і визначену частину валків, створюючи рухому гарячу зону. Прокат відбувається при сумісній дії зусилля стиснення F і зусилля подачі $F-F$. Ступінь деформації за один прохід досягає 95%.

Досліджувалось можливість вальцювання заготовок лопаток компресора із сталей і титанових сплавів в ізотермічних умовах, які створювалися шляхом пропускання електричного струму через валки і заготовку в процесі вальцювання.

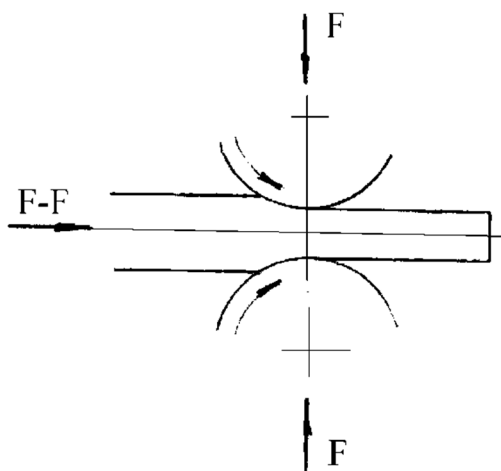
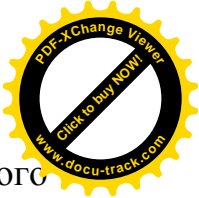
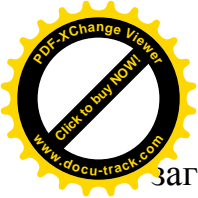


Рис.2 Принципова схема термічного прокату

Проведені дослідження температурного режиму процесу по схемі валок-валок дозволили розробити технологічний процес ізотермічного вальцювання

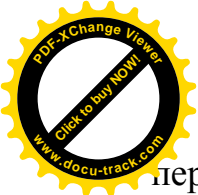


заготовок із сплаву ВТЗ – 1 і сталі ЕІ787ВД. Особливість ізотермічного вальцювання лопаток полягає в тому, що вона здійснюється при порівняно малому опорі деформації. Опір деформації сплаву ВТЗ-1 при ізотермічному вальцюванні лопаток описаний вище. Дослідження проводилися за умов відповідних процесам ізотермічної деформації методом осідання циліндрових зразків діаметром і висотою 15мм без мастила з різними швидкостями і ступенями деформації на універсальній випробувальній машині УИМ – 10ТМ зусиллям 100кН, обладнаною високотемпературною муфельною піччю з автоматичним регулюванням температури. Випробувальна машина забезпечена електронним силовимірювальним пристроєм для запису кривої зусилля-деформація.

У даній роботі автори використовували вальцювальний інструмент, який виконував не тільки функції формоутворювального оснащення, але і використовувався як електрод для підведення струму.

Експериментальні дослідження показали, що на кривих деформаційного зміцнення $\sigma = f(\varepsilon)$ відповідним малим швидкостям деформації ($\varepsilon=0,0015-0,15c^{-1}$), відсутні зміцнюючі гілки, що свідчить про переважання динамічного розміцнювання над зміцненням у вказаному інтервалі швидкостей. Автори рекомендують формулу для розрахунку зусилля деформації у всьому досягнутому в експериментах діапазоні зміни термомеханічних параметрів (окрім $T = 750^{\circ}C$ при $\varepsilon = 0,15c^{-1}$).

Автори проводили експериментальні дослідження прокату титанових сплавів з одночасним нагрівом електроконтакта. В процесі експериментальних досліджень заміряли тиск металу на валках з допомогою магнітопружних месдоз, обороти валка за допомогою кулачкового пристрою, струм і напруга нагріву, температуру в різних точках валка і заготовки з допомогою хромель – алюмелевих термопар. За системою валок–валок прокатували заготовки перетином 3 x 5мм, завдовжки 200мм із сплаву ВТЗ – 1, а по системі контакт–контакт заготовки Ø18 мм, завдовжки 1200мм із сплаву ВТ9 і заготовки



перетином 6 x 20, завдовжки 400мм із сплаву OT4. Наводяться отримані дані за наслідками експериментальних досліджень за системою валок-валок по розподілу температурного поля в тілі валка і заготовки. Так, при нагріві заготовки до температури прокату 950°C, температура в бандажі валка досягає значних величин навіть на глибині 15мм. Аналіз залежностей зміни температури в часі для системи нагріву електроконтактна контакт-контакт показує, що для малих величин щільності струму нагріву, температура теплового балансу досягається за порівняно більший час. Із збільшенням площі поперечного перетину зростає температура теплового балансу при однаковій щільності струму нагріву. Різні форми заготовок, при однакових величинах температури теплового балансу, вимагають різні величини щільності струму нагріву.

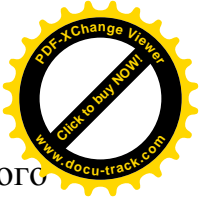
У даній роботі автори проводили експериментальні дослідження при нагріві бандажа до 350°C. Відсутні дані поведінки вказаних залежностей при нагріві температури бандажа вище 350°C. Дослідження технологічних параметрів прокату (розширення, випередження і ін.) не проводилися.

У роботі [29], присвяченій дослідженню характеру перебігу металу при ізотермічному штампуванні обрєблених панелей з алюмінієвих сплавів і розробці технологічного процесу їх виготовлення, описуються дефекти, що виникають при штампуванні панелей, при заповненні ребер у вигляді утяжин, затисків, пір.

Одним із способів боротьби з виникненням дефектів, як відзначає автор, є управління характером перебігу металу при деформації поковки і визначення раціональних температурно–швидкісних режимів процесу.

Для досягнення поставленої мети в процесі виконання роботи поставлені наступні завдання:

- визначити характер перебігу металу в штампі, в умовах ізотермічного штампування при виготовленні авіаційних деталей з обрєбленням складної форми і за наявності елементів асиметрії елементарної ячейки;



- визначити необхідні умови і параметри науково–обґрунтованого технологічного процесу для формування бездефектного виробу з асиметричним розташуванням ребер;

- визначити оптимальні температурно–швидкісні умови деформації заготовок з гарантованим отриманням бездефектного виробу для випадків асиметричного перебігу металу;

- вирішити питання точного управління процесом ізотермічного штампування і автоматичної підтримки заданих режимів.

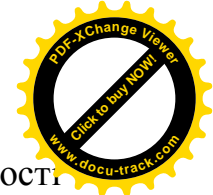
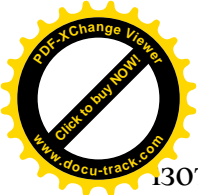
Робота [10] також присвячена формоутворенню тонкостінних ребристих поковок з алюмінієвих сплавів в умовах гарячої деформації.

У роботах [10,11] не згадується про використання вальцювання заготовок в умовах ізотермічного і наближеного до нього деформування, як підготовчої операції при штампуванні, що гарантувало якісне виготовлення обрєблених деталей.

Аналіз приведених робіт показав, що при розрахунках, що рекомендуються, не враховуються співвідношення геометричних форм калібру і вальцьованої заготовки. Дані за визначенням опори деформації отримані при осіданні і розтягуванні, а не в умовах прокату, де осередку деформації має абсолютно іншу форму і звичайно інші умови деформації. Немає даних, які показували б залежність опору від температури нагріву інструменту.

У зв'язку з тим, що в даний час опубліковано мало робіт по дослідженню можливостей вальцювання заготовок в ізотермічних умовах або близьких до них, проведення досліджень по впливу температури, швидкості деформації, ступені деформації на технологічні параметри вальцювання заготовок в умовах ізотермічного деформування, є *актуальним завданням*, вирішення якого приведе до поліпшення пластичності і зниження зусиль деформації, підвищення якості напівфабрикатів.

У роботі [9] описані дослідження технологічних параметрів вальцювання заготовок з алюмінієвого сплаву АК6 з розмірами заготовок $\varnothing 14 \times 150$ мм на дослідній установці для вальцювання заготовок в умовах



ізотермічного і наближеного до нього деформування. Визначені залежності розширення, випередження, тиск металу на валках від ступеня деформації, температур нагріву вальцювальних штампів і заготовок при вальцюванні в гладких валках. Проте, це не досить для розробки технологічних рекомендацій по впровадженню технологічного процесу і технічного завдання на виготовлення промислового зразка устаткування для вальцювання заготовок в умовах ізотермічного деформування і близьких до нього.

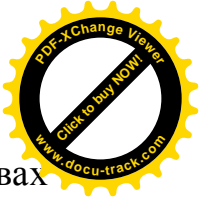
Застосування вальцювання заготовок в умовах ізотермічного і наближеного до нього деформування, дасть можливість максимально використовувати його переваги, оскільки деформація нагрітих заготовок проводитиметься інструментом, нагрітим до температур деформації (або близько до неї), що дозволить понизити зусилля деформації за рахунок підвищення пластичності оброблюваного металу, яке відбувається із – за більш повного протікання розмінюючих процесів. Рівномірна деформація заготовки, при відсутності зон утрудненої деформації і локального перегріву, забезпечує хороше опрацювання структури, і, як наслідок, зменшує розкид властивостей в об'ємі заготовки. При цьому, для кожного сплаву необхідно обирати термомеханічні параметри деформації, що забезпечують отримання якісного виробу, як по геометричній формі, так і по механічних властивостях і макроструктурі.

Засоби для здійснення ізотермічної деформації

Установки для нагріву штампів

У роботі [8, 9] наголошується, що специфіка гарячої деформації в ізотермічних умовах пред'являє особливі вимоги до конструкції і матеріалів штампового оснащення і деформуючого устаткування. На практиці для здійснення ізотермічного штампування необхідно:

- 1) нагрівати інструмент до високої температури (700—1100°C) і підтримувати її постійною в процесі штампування;



2) забезпечувати працездатність штампового оснащення в умовах тривалого перебування при температурі деформації;

3) забезпечувати надійну теплоізоляцію робочих частин преса від нагрітого до високої температури інструменту.

Для ізотермічної деформації застосовують спеціальні установки (табл. 1), що мають системи нагріву інструменту з пристроєм для теплоізоляції штампів і штампового простору, терморегулювання для стабілізації температури нагрітого інструменту і охолодження. Основним елементом установки є штамповий блок з нагрівальним пристроєм, який вмонтовують в робочому просторі преса. Інструмент нагрівають індукторами, елементами електроопору і газовими пальниками.

Таблиця 1

Технічна характеристика установок для ізотермічної деформації

Параметр	На пресі ДО 436	На пресі ПА 2638
Позначення установки	УНВ - 300	УІН - 350
Встановлена потужність, кВт	200	43,6
Напруга живлячої мережі, У	220/380	380
Частота, Гц	50	50
Вид нагріву	індукційний	Методом опори
Номінальна робоча температура °С	500	500
Час розігрівання штампів, ч	3 – 3,5	3 – 3,5
Точність підтримки температури °С	±20	±20
Габарити штампів, мм (довжина x ширина x висота)	300x250x140	350x280x200
Габарити установки, мм	900x900x860	900x900x1000

Принципова схема штампового блоку для ізотермічного штампування показана на рис. 3. Нижній 6 і верхній 8 штампів прикріплюють відповідно до штампотримачів 5 і 9, зв'язаним через теплоізолюючі прокладки 3 і 10 з опорними плитами 1 і 11. Теплоізоляція штампового блоку складається з прокладок 3 і 10 і нижнього нерухомого 2 і верхнього рухомого 12 кожухів. При переміщенні повзуна преса вгору кожух 12 не виходить з кожуха 2, що

запобігає порушенню теплоізоляції робочої зони. Штампи нагрівають індукторами 4. Заготовки 7 завантажують, а штамповані поковки видаляють через спеціальне вікно 13 в кожусі 2. Конструкція штампового блоку дозволяє нагрівати інструмент до температури деформації з мінімальними витратами енергії.

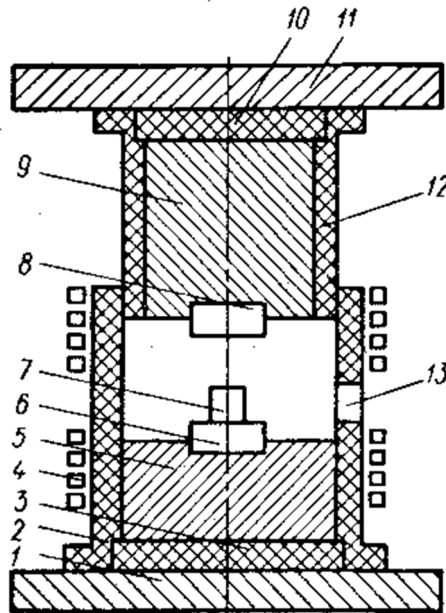
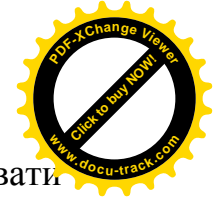


Рис. 3 Принципова схема штампового блоку для ізотермічного штампування [21]

Устаткування. Як деформуюче устаткування для ізотермічного штампування використовують, як правило, гідравлічні преси, основними особливостями яких є:

- збільшений штамповий простір створює сприятливі умови для розміщення установок ізотермічної деформації і необхідних засобів механізації;
- система охолодження підштампових плит водою оберігає станину і механізми преса від перегріву;
- широкий діапазон регулювання швидкостей робочого ходу (2–20мм/с) створює умови для вибору оптимальний температурно–швидкісних режимів деформації різних штампованих матеріалів;



- ненаголошене вантаження інструменту дозволяє застосовувати штампові вставки з литих жароміцних сплавів і кераміки, що володіють високою стійкістю при підвищених температурах.

Одеським заводом пресів і автоматів розроблений ряд гідравлічних пресів для ізотермічного штампування зусиллям 2,5; 6,3 і 16 МН, табл. 2.

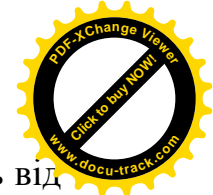
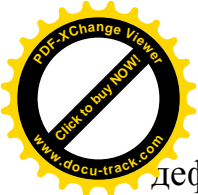
Таблиця 2

Гідравлічні преси для ізотермічного штампування

Параметр	ПА2634	ПА2638	ПА2642
Номінальне зусилля, МН	2,5	6,3	16
Найбільший хід поперечини, мм	710	800	1000
Швидкість переміщення поперечини при, мм/с: холостому ході робочому ході	63 0,2 – 2, 0	40 0,2 – 2,0	25 0,2 – 2,0
Закрита висота, мм	600	975	975
Зусилля, МН: нижнього виштовхувача верхнього виштовхувача	0,25 0,25	0,63 0,63	1,6 1,6
Хід виштовхувача, мм: нижнього верхнього	250 100	320 100	400 100
Відстань між колонами в світлу, мм: зліва – направо спереду - назад	1000 800	1250 1000	1600 1250
Габаритні розміри преса, мм: зліва – направо спереду - назад	2250 5685	2580 6900	4325 9140
Маса з електро і гідрообладнанням, т	23	43	85

1.6.3. Інструмент

Основним показником працездатності штампового матеріалу при ізотермічному штампуванні є відношення межі текучості матеріалу штамп до межі текучості сплаву, що деформується, при температурі деформації. При величині цього відношення більше трьох (навіть при виготовленні поковок складних форм) забезпечується висока стійкість штамп, оскільки питомі зусилля, що виникають в окремих частинах струмка при ізотермічній деформації, не більше ніж в 3 рази перевищують межу текучості сплаву, що

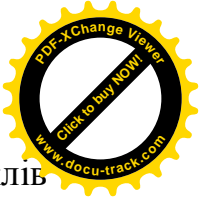
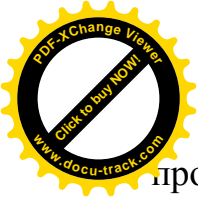


деформується. Оскільки межа текучості сплаву, що деформується, залежить від швидкості деформації, то, знижуючи швидкість, можна підібрати такий режим обробки, при якому умова запасу міцності буде виконана.

Відношення межі текучості штампового матеріалу до межі текучості оброблюваного сплаву залежить від марки останнього і температури деформації. Оптимальна (з погляду запасу міцності штампових матеріалів) температура деформації, наприклад, титанових сплавів 800—1050°C. В багатьох випадках умови роботи штампового матеріалу при ізотермічному штампуванні більш легкі, ніж при звичайному штампуванні.

В умовах ізотермічної деформації змінюється характер зносу штампу. Практично відсутнє характерне для звичайного штампування розмивання гравюри. При штампуванні в звичайних умовах температура поверхні інструменту підвищується не тільки із-за контакту з нагрітою заготовкою, але і в результаті тепловиділення на межі між металом і інструментом, особливо при високих швидкостях деформації і великому коефіцієнті контактного тертя. Практично вся виділена на цій межі теплота витрачається на нагрів штампу. В результаті температура в приконтатній зоні штампу може бути вище за відпуск штампової сталі, що приводить до інтенсивного зносу штампу. У ізотермічних умовах тепло-виділення на контактні штампу із заготовкою різко зменшується із-за зниження швидкості деформації, коефіцієнта контактного тертя і опору деформації штампованого сплаву. Теплота, що виділяється, рівномірно розподіляється між заготовкою і штампом, що мають однакову початкову температуру, а склозмазка є теплоізоляцією між ними.

Відсутність істотних коливань температури штампу при ізотермічному штампуванні запобігає появі розпальних тріщин на його поверхні. Підвищується стійкість інструменту, що працює в умовах статистичного вантаження, невисокого тиску і відсутність знакозмінної теплової напруги. У ізотермічних умовах тепловиділення на контактній поверхні між рухомим металом і штампом порівняно невеликі, що також покращує працездатність інструменту. Необхідність реставрації штампу викликається, як правило,



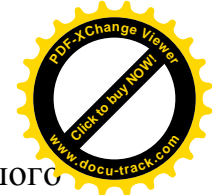
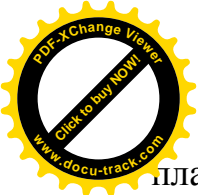
продавлюванням гравюри. Встановлено, що після 400—500 циклів штампування при питомому зусиллі 250 МПа продавлювання не перевищує 0,1—0,15мм, що забезпечує багатократне відновлення штампу. У міру штампування структура ливарні штампу ущільнюється, збільшуючи стійкість інструменту.

Умови роботи інструменту в ізотермічних умовах (відсутність теплових коливань, статичний характер додатку навантаження і невеликий тиск) сприятливі для використання як штампіві матеріали твердих сплавів, застосування яких в звичайних умовах не виходить за рамки експериментів із за підвищеної крихкості матеріалу. Матеріал штампу повинен володіти певним запасом міцності при температурі деформації, стабільно працювати при тривалому перебуванні в умовах високих температур, не піддаватися окисленню. Штампівими матеріалами служать ливарні жароміцні сплави на нікелевій основі ЖС6 – К, ЖС6 – У, Л – 114.

Висновки

1. Актуальність дослідження, розробки і впровадження маловідхідних технологічних процесів вальцювання заготовок в умовах ізотермічного і наближеного до нього деформування на підприємствах машинобудування, особливо в авіаційній промисловості, обумовлено значним застосуванням у виробках дорогих алюмінієвих сплавів (60 – 70 %), підвищеною витратою металу (КИМ 0,15 – 0,3), високою трудомісткістю, тривалим циклом виготовлення якісних штампіваних деталей (як правило, застосовуються 2 – 3 штампування з проміжними операціями нагріву, обрізання облог, труїння, зачистки) і завданнями по вдосконаленню металозберігаючих технологій.

2. Застосування вальцювання заготовок в умовах ізотермічного і наближеного до нього деформування, дасть можливість максимально використовувати його переваги, оскільки деформація нагрітих заготовок проводиться інструментом, нагрітим до температур деформації (або близько до них), що дозволяє понизити зусилля деформації за рахунок підвищення

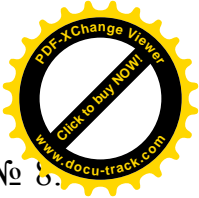
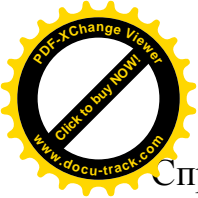


пластичності оброблюваного металу, яке відбувається із-за повнішого протікання розмінюючих процесів. Рівномірна деформація заготовки, при відсутності зон утрудненої деформації і локального перегріву, забезпечує хороше опрацювання структури, і, як наслідок, зменшує розкид властивостей в об'ємі заготовки. При цьому, для кожного сплаву необхідно обирати термомеханічні параметри деформації, що забезпечують отримання якісного виробу, як по геометричній формі, так і по механічних властивостях і макроструктурі.

3. В даний час опубліковано мало робіт по дослідженню можливостей вальцювання заготовок в умовах ізотермічного і наближеного до нього деформування. Тому проведення досліджень по впливу температури, швидкості деформації, ступені деформації на технологічні параметри вальцювання заготовок в умовах ізотермічного і наближеного до нього деформування, є актуальним завданням, вирішення якого приведе до поліпшення пластичності і зниження зусиль деформації, підвищення якості напівфабрикатів.

Список літератури

1. Скрыбин С.А. Технология горячего деформирования заготовок из алюминиевых сплавов на ковочных вальцах. Винница: 2007. 284 с.
2. *Свяжинский Г.Я.* Технология и особенности деформирования заготовок из алюминиевых сплавов в условиях сверхпластичности //Авиационная промышленность. – 1988. - № 8. – С. 2 – 4.
3. *Рабинович М.Х. Кайбышев О.А. Трифонов Ф.Г.* Сверхпластичность промышленных алюминиевых сплавов // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 1981. - № 9. – С. 2 – 6.
4. Influence of a material and the technological factors on improvement of operating properties of machine parts by reliefs and film coatings // *Posviatenko E., Budyak R., Paladiichuk Y., Shvets L.Hryhoryshen V / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* № 5/12 (95), 2018. P. 48-56.
5. Проектирование штампованных заготовок в самолетостроении.



Справочник США: В 3 Т / под общей редакцией Г.Б. Строганова. Серия № 8: “Технологические процессы”. М.: Министерство авиационной промышленности СССР, 1978. Т. 1., 325 с.; Т. 2. , 326 - 645 с.; Т. 3., 646 – 962 с.

6. Shvets L. Визначення параметрів при гарячому вальцюванні алюмінієвих сплавів / The 2-nd International scientific and practical conference “Innovative development of science and education” (April 26-28, 2020) ISGT Publishing House, Athens, Greece. 2020.

7. Матеріалознавство і технологія конструктивних матеріалів. Навчальний посібник / Будяк Р.В., Посвятенко Е.К., Швець Л.В., Жученко Г.А. Вінницький національний аграрний університет, 2020. 240 с.

8. Extension value, with hot rolled aluminum alloy specimens, round section in smooth rollers. Monography // Shvets L. / Scientific foundations of modern engineering. ISBN 978-1-64871-656-0, Boston (USA), 2020.

9. Characteristics and thermomechanical modes of aluminum alloys hot deformation /M. Pulupec, L. Shvets // ISSPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, Ternopil Ivan Puluj National Technical University and Scientific Publishing House «SciView». ISSN: 978-966-305-101-7, Ternopil, 2019. pp 195-204.

10. Формообразование тонкостенных ребристых поковок из алюминиевых сплавов /И.В. Костарев, К.Н. Соломонов, А.О.Харитонов. – М.: Изд – во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 96 с

11. Матеріалознавство і технологія конструктивних матеріалів. Навчальний посібник / Будяк Р.В., Посвятенко Е.К., Швець Л.В., Жученко Г.А. Вінницький національний аграрний університет, 2020. 240 с.