

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинної будови
 (повне найменування інституту, факультету)
Обробки металів тиском
 (повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магистр
 (ступінь вищої освіти)

на тему Аналіз впливу параметрів каретної деформації при
виробничій біметалевій заливці

Виконав: студент(ка) VI курсу, групи M-819

Спеціальності 131 Прикладна механіка
 (код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Обладн та мех механізмів констр машин
Кіріченко П. В.
 (прізвище та ініціали)

Керівник Бель А. М.
 (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
 (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Обробки металів тиском
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність ІІІ Прикладна механіка (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Обробка металів тиском скрембл комп'ютерними методами (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 20 _____ року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Кіриченко Тамара Віталіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Вивчення впливу формових шарових деформацій при виготовленні біметалевої з'єднаної

керівник проєкту (роботи) Батько А.М.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « _____ » _____ 20 _____ року № _____

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Звіт з експериментального спостереження

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Способи виготовлення біметалевої з'єднаної та інші інші з'єднання
2. Особливості роботи машини для виготовлення проєкту ANSYS Form
3. Методику проведення дослідження
4. Матеріали розрахунків і вивчення матеріалів для біметалевої з'єднаної
5. Висновки про вплив на міцність в надформованих ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентаційний матеріал

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Бель А.М. ст. вих.		
2	Бель А.М. ст. вих.		
3	Бель А.М. ст. вих.		
4	Бель А.М. ст. вих.		
5	Немцов О.В. доцент, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання « 30 » серпня 20 20 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Способи виготовлення біометалевих з'єднань та шляхи їхнього застосування	30.08.20 - 23.09.20	
2	Особливості роботи комп'ютеру для математичного моделювання процесів ОМТ QForm	24.09.20 - 09.10.20	
3	Методика проведення дослідження	12.10.20 - 30.10.20	
4	Чисельний розрахунок комбінованих матеріалів для біометалевої з'єднань	02.11.20 - 27.11.20	
5	Оцінка ризику та безпека в надзвичайних ситуаціях	30.11.20 - 10.12.20	

Студент(ка)

Кіс

(підпис)

Кіриченко Т.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 131 с., 66 рис., 4 табл., 3 дод., 23 джерела.

Об'єкт дослідження – біметалева заготовка.

Мета роботи – оцінка вплив факторів гарячої деформації при видавлюванні біметалевої заготовки.

У проекті вирішені такі задачі:

- визначено, що таке біметал і галузь його застосування;
- визначено основні особливості програми QForm;
- визначено деякі комбінації металів, які придатні до створення шаруватої біметалевої видавленої заготовки;
- створено моделі штамп, пуансона і заготовки в програмному забезпеченні КОМПАС 3D;
- спроектовано збірний штамп.

Висновок: оцінено вплив факторів гарячої деформації при видавлюванні біметалевої заготовки. Визначено рекомендовані варіанти комбінацій матеріалів для створення біметалевої заготовки.

ГАРЯЧА ДЕФОРМАЦІЯ, ВИДАВЛЮВАННЯ, БІМЕТАЛЕВА ЗАГОТІВКА, БІМЕТАЛ, ОБ'ЄМНЕ ШТАМПУВАННЯ, КОНТЕЙНЕР, ПУАНСОН, ШТАМП, ПРЕСУВАННЯ, СТАЛЬ, ПРОКАТКА, ПОКОВКА, ШАРУВАТИСТЬ

ABSTRACT

EN: 132 p., 63 fig., 4 tabl., 3 add., 23 sources.

The object of research is a bimetallic billet.

The purpose of this work is to assess the hot deformation factors influence during extrusion of a bimetallic workpiece.

The project solved the following tasks:

- it was determined what bimetal is and its area of application;
- identified the main features of the QForm software;
- determined some combinations of metals suitable for creating a layered bimetallic extruded workpiece;
- models of the stamp, punch and workpiece were created in the KOMPAS 3D software;
- a prefabricated stamp has been designed.

Conclusion: the influence of hot deformation factors during extrusion of a bimetallic workpiece was evaluated. The recommended options for materials combinations for creating a bimetallic workpiece have been determined.

HOT DEFORMATION, EXTRUSION, BIMETALLIC BILLET, BIMETAL, FORGIND, CONTAINER, PUNCH, STAMP, PRESSING, STEEL, ROLLING, FORGING, LAMINATION

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Способи виготовлення біметалевих заготовок та галузь їхнього застосування	11
1.1 Біметал.....	11
1.2 Сфера застосування.....	15
1.3 Виготовлення біметалів.....	29
1.4 Пресування.....	32
1.5 Видавлювання.....	34
1.6 Гаряча прокатка біметалів.....	40
1.7 Інтенсивна пластична деформація при видавлюванні	47
1.8 Моделювання процесу видавлювання біметалевої заготовки	54
1.9 Особливості формозміни оболонки біметалічного електроду свічки запалення ДВЗ	58
Висновок	60
2 Особливості роботи комплексу для математичного моделювання процесів ОМТ Qform	62
2.1 Призначення програми QForm.....	63
2.2 Основні особливості системи	63
2.3 Можливості розрахункової програми	65
2.4 Робота QForm.....	68
Висновок	72
3. Методика проведення дослідження	74
4 Чисельний Розрахунок комбінацій матеріалів для біметалевої заготовки ..	79
4.1 Важкоутворювані біметалеві сполучення	79
4.2 Отримання шаруватих біметалевих заготовок видавлюванням	83
Висновок	100

5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	102
5.1 Аналіз потенційних небезпек.....	102
5.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	103
5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	111
5.4 Заходи з пожежної безпеки	114
5.5 Заходи захисту надзвичайної ситуації	115
Висновок	118
Перелік посилань.....	119
Додатки.....	122

ВСТУП

Біметал - це композит, що складається найчастіше з двох шарів, шар дешевої сталі в біметалах завжди називається основним. Шар дорогого ж матеріалу - плакуючим.

При цьому розрізняються і способи їх виробництва. Всі зростаючі вимоги промисловості до рівня властивостей використовуваних матеріалів служать каталізатором для створення нових і вдосконалення відомих економічно ефективних технологій їх виробництва.

Термобіметалічні матеріали відносяться до групи прецизійних матеріалів. Біметал застосовується:

- для карбування монет (при цьому використовуються різні спеціальні сплави);
- для виготовлення корпусів нафтохімічного і атомно-енергетичного обладнання (при цьому використовується корозійностійкий біметал);
- при виготовленні підшипників ковзання (при цьому використовуються антифрикційні біметали);
- при виготовленні вузлів ракетно-космічної техніки (при цьому використовуються біметали з особливими властивостями);
- при виготовленні біметалевих радіаторів опалення;
- в античності і середньовічі використовувалися при виготовленні мечів (в наші дні може використовуватися для декорованих ножів «під сталь»).

Виготовлення:

- одночасна прокатка;
- у разі біметалічного дроту - волочінням труби зі вкладеним всередину стрижнем з іншого металу;
- одночасне пресування;

- налив розплаву одного металу на інший, більш тугоплавкий;
- занурення в розплав;
- гальванічний спосіб;
- газотермічне напилення;
- наплавлення;
- електричним нагрівом;
- плазмовим нагрівом;
- зварювання вибухом.

Застосування новітніх технологій дозволяє виробляти сучасну техніку все більш досконалою. Для її виготовлення майже завжди використовуються шаруваті металеві композити, також використовуються у виробництві харчової, хімічної, нафтохімічної, устаткування та іншої апаратури. Їх відрізняє: висока міцність, довговічність, тепло- і електропровідність, а також стійкість до корозії.

Біметалічні конструкції застосовуються в машинобудуванні, промисловості, сільському господарстві. В галузі суднобудування з матеріалу виробляються антикорозійні частини, що не потребують додаткової міцності. Для сільського господарства з біметалів виробляється устаткування для обробки ґрунту (біметалеві деталі не потребують заточування). В галузі приладобудування використовуються різні види пластин з біметалів, з різним температурним коефіцієнтом розширення. Труби і листи з біметалу знайшли застосування в області хімічного апаратобудування. Для електромереж використовуються контактні біметали.

Виробники біметалів - великі металургійні підприємства, які в ході виробництва застосовують різні технології:

- прокатка (в гарячому і холодному стані);
- налив розплавів;
- безперервне і відцентрове лиття;
- наплавлення (електрошлакове, багатошарова);

- газотермічного наплення і ін.

Також, у побуті біметали крім ріжучого інструменту, використовуються для виробництва опалювальних мереж. В останні роки у населення користуються попитом біметалічні радіатори.

1 СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ЗАГОТОВОК ТА ГАЛУЗЬ ЇХНЬОГО ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Біметал

Сучасні технології стають дедалі складнішими, тому сировина, що використовується виробниками, повинна вмещувати матеріали найвищої якості, як правило, зі спеціальними властивостями. Наприклад, нині широко використовуються шаруваті металеві композити (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Шаруваті металеві композити [1]

Всі вони мають високу міцність, стійкість до корозії та тривалий термін служби.

Біметал - це композиційний матеріал, який зазвичай складається з двох шарів. Одним з шарів цього матеріалу, як правило, є дешева сталь. Другий же шар зроблений з дорогих кольорових або навіть дорогоцінних металів. Шар дешевої сталі в біметалах завжди називається основним. Шар дорогого ж матеріалу - плакуючим. Цей тип композиційного матеріалу зазвичай

використовують, коли необхідно надати виробу особливі властивості. Так само використання цього матеріалу в різних галузях допомагає економити на алюмінії, міді, бронзі, сріблі та ін. [1]

Виготовлятися такі композити можуть з різними цілями. При цьому розрізняються і способи їх виробництва. Всі зростаючі вимоги промисловості до рівня властивостей використовуваних матеріалів служать стимулом для створення нових і вдосконалення відомих економічно ефективних технологій їх виробництва. Серед таких технологій все більшу роль відіграють технології отримання біметалевих матеріалів, робочі шари яких забезпечують необхідні експлуатаційні характеристики виробів (зносо- і корозійностійкість, фрикційні або антифрикційні властивості та ін.). [1]

Корозійностійкі біметали. Основний матеріальний шар цього різновиду, складається з низьколегованої або низьковуглецевої сталі. Плакуючий зроблений з нержавіючої сталі. Так само шар може бути мідним, нікелевим, алюмінієвим. Такі метали використовуються у вигляді тонких і товстостінних листів, наприклад, у таких галузях, як: нафтопереробна; хімічна; харчова; суднобудування (рис. 1.2). [1]



Рисунок 1.2- Алюмінієві труби [1]

Антифрикційний. У більшості з цих матеріалів можна виготовити підшипники ковзання. Покриття антифрикційного біметалу, зазвичай є бронзовим або алюмінієвим. Такі матеріали мають гладкі розсувні поверхні. Але в той же час вони не дуже потужні. Тому в цьому біметалі низьковуглецева сталь використовується як основний шар. Цей композитний матеріал у вигляді стрічки був випущений. Надалі з цього матеріалу будуть виготовляти підшипники ковзання (рис 1.3). [1]



Рисунок 1.3-Вкладиші підшипників [1]

Інструментальні біметали. Цей тип матеріалу можна використовувати, наприклад, для виготовлення пил, ножів та інших ріжучих інструментів. Крім усього іншого, міцність і довговічність цього біметалу відрізняються. В якості основного шару використовується низьковуглецева сталь. Плакуючий при цьому виготовляється з твердих сплавів. Також іноді його роблять і з легованої хромом сталі (рис. 1.4) . [1]



Рисунок 1.4 – Різальний інструмент [1]

Електропровідні матеріали. Цей тип біметалу зазвичай використовується на високовольтних лініях електропередач у північних регіонах. Основний шар у них виготовляється зі сталі. Плакуючий при цьому роблять з металів з хорошою електропровідністю. Найпоширенішим є мідь. Також плакуючий шар електропровідних матеріалів може бути виконано алюмінію. [1]

Термічні біметали зазвичай являють собою смуги, які можна зігнути при перепадах температури. Один шар цього композиційного матеріалу, складається з металу з високим коефіцієнтом лінійного розширення. Наприклад, це можуть бути певні сплави. Кольорові метали також часто використовуються в термокомпозитах, для виготовлення таких покриттів. Другий шар матеріалів цього типу зазвичай роблять з практично нездатного до розширення сплаву нікелю і заліза. Цей біметал найчастіше використовується у виробництві різного обладнання. Це можуть бути, наприклад, термостати, захисні реле, термометри (рис. 1.5). [1]



Рисунок 1.5- Біметалічні термометри [1]

1.2 Сфера застосування

В даний час, велика різноманітність видів і складів біметалів та прагненню знайти найбільш обґрунтований спосіб виробництва для кожного виду, існує безліч способів отримання біметалів. Тисячі патентів на способи отримання різних типів біметалів зареєстровані в патентній літературі. Виробництвом біметалів зайнята велика кількість заводів. Природно, що технологія виробництва біметалу відображається обладнанням заводу, де він виробляється.[2]

Всі ці методи можна розділити на кілька категорій за їх виробничими принципами: пластична деформація, спричинена литтям, зварюванням пайкою, зварювання вибуховим, наплавлення, тощо. Методи, що використовують, які не вимагають пластичної деформації для виконання пластичної деформації, між компактними матеріалами утворюється міцний перехідний шар. [2]

У процесі пайки, щоб запобігти поверхневому окисленню під час нагрівання, поліпшити змочуваність, розподілити припой, видалити утворену оксидну плівку та забруднювачі, потік та захисне газове середовища. Пайка

не спричинить змін у структурі матеріалу (наприклад, внутрішні напруги) та механічних властивостях матеріалів, що з'єднуються.

Основними недоліками цього типу з'єднання є низька міцність при змінних вібраційних навантаженнях, відносно низька довговічність порівняно з іншими типами цілісних з'єднань і неможливість якісно перевірити міцність з'єднання без повного руйнування з'єднання. [2]

Найпоширенішими методами отримання біметалів методом заливки є відцентрове лиття та послідовна заливка металів. Даний вид з'єднання металів менш чутливий до змінних і вібраційних навантажень.

Цей метод є найдавнішим способом, що застосовується для отримання різних видів біметалічних виробів. Метод заснований, на отриманні двох або більше шарів злитків шляхом відбивання одного або декількох шарів на твердий шар іншої композиції.

Метод отримання біметалів заливкою застосовується для отримання великих злитків масою до 13 т, і дрібних злитків вагою кілька кілограмів.

Залежно від складу, форми і ваги злитка, що вимагається, способів має варіант, що який має сильне місцеве стиснення та значне сумарне стиснення. З'єднання біметалічного шару може відбуватися в процесі заливки, та під час гарячої обробки тиском. [2]

Заливка рідким металом твердої пластини, поміщеної у виливницю, застосовується для отримання багатьох видів біметалів різного призначення. Зокрема, цей спосіб застосовується для отримання корозійностійких листових біметалів сталь + нержавіюча сталь, сталь + мідь, сталь + мідні сплави, для отримання термобіметалів, у яких один шар є сплавом на основі кольорових металів, для отримання провідникових біметалів сталь + мідь, для отримання інструментального біметалу сталь + інструментальна сталь, для отримання зносостійкого смугового біметалу для відвалів плугів м'яка сталь + тверда криця, для отримання самозагострювального профільного

біметалу для плужних лемешів сталь - інструментальна сталь, для отримання двошарового круглого прокату для виготовлення суднових гребних валів.

Найбільш широко використовуваним методом є виробництво стійкої до корозії біметалевої біметалу для хімічної промисловості та виробництво зносостійкої стрічкової сталі для плугів.

При виробництві методу заливки корозійностійких товстих листів на металургійному заводі, застосовують наступну основну послідовність технічних операцій. [2]

У виливниці для відливання злитка масою 6,5-13 т поміщається спеціально підготовлений сляб з корозійностійкої сталі. Підготовка сляба полягає в його різанні з чотирьох сторін для видалення окислів (окаліни) і поверхневих дефектів, в знежиренні, в приварні вушок і штирів для монтажу сляба в виливниці, в обмазці сляба з двох сторін - з зовнішнього боку магнезитовим порошком для запобігання зварювання з металом і з внутрішньої сторони нашатирем для поліпшення зварювання з вуглецевою сталлю.

У виливниці з вміщеною в неї плитою проводиться сифонна заливка рідкої вуглецевої або низьковуглецевої сталі основного шару з мартенівської печі. Вливання металу утворює захисний шар - підливу - товщиною 50-65 мм для захисту поверхні нержавіючого сляба від окислення.

Заливка може проводитися для отримання цього тришарового біметалевого методу. У цьому випадку виливниці розміщається на двох однакових плоских пластин, у двох протилежних стінок виливниці або один сляб в центрі виливниці. [2]

Існує також спосіб, при якому дві плоскі пластини, зварені між собою по колу електрозварюванням, розміщують в центрі форми. Площині зіткнення цих слябів між собою змащені спеціальним складом для запобігання зварювання їх один з одним. В якості такого складу застосовують дрібно мелений шамот або хромомагнезит. З такого злитка

після прокатки виходять два двошарових листа. Однак через складність цього методу він не є поширеним у промисловості.

Після охолодження та виймання з форми біметалічний злиток нагрівають в колодязях до температури прокатки, яка визначається хімічним складом основного і плакуючого шарів. Нагрітий злитки прокочуються на блюмінгу на сляб з максимально можливою локальною швидкістю стігнення. Розміри сляба визначається розміром прокатування з нього листів з урахуванням різання металу. [2]

Після охолодження зі слябів автогенним різачком, сляби очищають потім нагріваються у структурованій печі та прокатують до товстолистовому прокатному стані. Прокатані листи після правки і обрізки проходять термічну обробку, повторній правки, травленню і остаточній обробці.

Недоліком цього методу є те, що між корозійно-стійкою сталеву пластину та вуглецевою сталеву пластину може утворюватися оксидна плівка, що перешкоджає правильному склеювання різнорідних металів під час процесу прокатки. [2]

Запропоновано метод, за яким виливниці з вставленим в неї сляб з корозійно-стійкої сталі поміщаються у вакуумну камеру з заливанням рідкого металу через отвір, попередньо закриту алюмінієвою платівкою, яка розплавляється при ударі струменя рідкої сталі. В процесі розливання в камері підтримується вакуум.

За іншою схемою запропоновано в вакуумну камеру поміщати і хитку піч. Цей метод хоча, цілком ймовірно, і може істотно поліпшити міцність з'єднання шарів, проте його складно застосувати при отриманні багатотонних біметалевих зливків для отримання товстолистого біметалу. Зважаючи на це він може отримати лише обмежене застосування для отримання малих виливків зі спеціальних сплавів.

Злитки після відповідної витримки для затвердіння передавалися до нагрівальних колодязів, де нагрівалися до температури 1270-1280°C. [2]

Злитки прокочували спочатку на блюмінгу 1100, а потім без проміжного нагріву на блюмінгу 900 на блюми перетином 210x210 і 180x180 мм для подальшої прокатки на коло діаметром 130-140 і 90 мм. Прокатка на готові профілі круглого перетину проводилася на великосортних дев'яти клітьовому стані 500. [2]

При виробництва круглої біметалічної сталі основна складність полягає в тому, що форма серцевини в круглому готовому профілі відрізняється від правильної круглої форми, якщо серцевину залити в злиток, відстань від кола буде більше. Це пояснюється тим, що при прокатці з кантуванням на 90° між окремими проходами деформація здійснюється в двох взаємно перпендикулярних площинах гнучо, якщо замість ящикової системи калібрування застосовувати калібрування по системі овал-коло. [2]

Основним недоліком цього методу є те, що він має високі вимоги до якості та експлуатаційних властивостей матеріалу (висока насипна щільність, висока текучість, мала питома поверхня тощо), додаткове технічне оснащення, збільшена робоча сила та додаткова вартість. Для отримання біметалів з горизонтально розташованими шарами можна використовувати методом лиття – коли рідкий метал виливається на тверду поверхню. Різновидом цього методу є плавлення більш вогнетривких компонентів на основні сталі.

Методом (зварювання тиском), заснований на поєднаній пластичній деформації, складових шарів, широко застосовується у виробництві біметалів. Ці методи в основному використовуються для виготовлення двошарових листів, смуг і стрічок. Вони також використовуються для отримання фасонних профілів, прутків і дроту. [2]

Гаряче пресування двох або більше металів і сплавів для отримання круглих або фасонних біметалевих профілів, а також труб - це метод пластичної деформації. Існує безліч варіантів цього методу.

Перший з них полягає в гарячому видавлюванні через вічко матриці складової заготовки, що має круглий або трубчастий перетин з концентричним розташуванням шарів. Витікаючими прутком захоплює матеріал шайби і відбувається плакирування в результаті спільної пластичної деформації.

Другий варіант спільного гарячого пресування для отримання БМ полягає у одночасному видавлюванні двох різних матеріалів з двох контейнерів у загальну матрицю та з'єднанні у процесі значної пластичної деформації. [2]

Третій варіант полягає в тому, щоб ввести його в вічко матриці серцевини і одночасно видавити два контейнери з іншими матеріалами в матрицю. В результаті виходить контур із складеною сорочкою в основі. Недоліком цього способу є те, що неможливість отримання виробів зі змінним поперечним перерізом при видавлюванні через одне вічко матриці або загальному прокатному шарів. До недоліків також належить великі споживання енергії та швидкий знос оснащення. [2]

Для виробництва біметалу можна використовувати різні технології. Зазвичай цей композитний матеріал виготовляють наступними методами: одночасним прокатуванням; волочінням або пресуванням; наливом розплавів; комбінованим литтям; плакуючим вибухом; наплавленням; газовотермічним розпилювачам. [2]

Відгуки про біметал, що вироблений сучасною вітчизняною промисловістю, більшість споживачів добрі. Перш за все, якість цих матеріалів різна, оскільки фабрика повинна ретельно стежити за дотримання технології виготовлення на всіх етапах виробництва.

Завдяки тісній співпраці та зв'язку між наукою та виробництвом можна виготовляти зносостійкі матеріали та вироби з біметалу.

Вони забезпечують ефективні рішення для оптимізації промислових конструкцій з використанням високим рівнем міцності і зносостійкості. [2]

Біметал застосовують для:

- захисту обладнання від зносу;
- збільшення терміну служби обладнання;
- збільшення продуктивності;
- скорочення часу простоїв обладнання, пов'язаного з його зупинкою або повною заміною;
- скорочення витрат на обслуговування і ремонти;
- зниження собівартості продукції і ін.
- застосування біметалів:
- бункери і їх футеровка;
- перевантажувальні пристрої;
- конвеєри;
- елементи випалювальних машин;
- футеровка ковшів екскаваторів (навантажувачів);
- футеровки кузовів автосамоскидів та ін.

У нафтохімічній промисловості такі композити часто використовують для корозійно-стійкого обладнання. Також у цій галузі цей композитний матеріал також використовується у виробництві компонентів з кріпленням. [1]

Біметалічні трубчасті решітки дуже часто застосовуються в атомній промисловості. Він також виготовлений з цього композиційного матеріалу: ємності для зберігання очищеної води; ємності під хімічні реагенти.

В електрохімічній промисловості такі метали зазвичай використовують у хлорі, що отримується електролізом, для очищення води.

У суднобудуваній промисловості можуть бути використані такі типи композиційних матеріалів: в інженерних комунікаціях; палубних надбудовах; при виготовленні обводів судів, що контактують з льодом і снігом. [1]

Тому біметал, широко використовується в промисловості.

У повсякденному житті, крім різних ріжучих інструментів, цей тип матеріалу також може використовуватися, наприклад, для теплових мереж. В даний час біметалічні радіатори стали дуже популярними серед населення. Цей акумулятор виготовлений з двох металів. Основним шаром цієї конструкції є сталь. Плакують ж при цьому виготовляється з алюмінію. До переваг цього типу радіаторів особливо належать тривалий термін служби, висока міцність і висока надійність. Головна перевага цих акумуляторів полягає в тому, що їх можна використовувати в мережах з високим тиском в мережі, а якість теплоносія не дуже хороша. Алюмінієвий шар в біметалічному радіаторі розташований зовні. Цей матеріал має високу теплопровідність і може нагріватися в найкоротші терміни. До того ж алюміній виглядає дуже сучасно і привабливо. Біметалічні радіатори зазвичай ідеально вписуються всередину будинків і квартир. Основний шар композиційного матеріалу, що використовується для виготовлення таких радіаторів, зазвичай складається з антикорозійної сталі. Цей матеріал міцний і не буде ржавіти через наявність повітря та різних домішок в теплоносії (рис. 1.6). [1]



Рисунок 1.6 – Радіатор [1]

Загальний обсяг споживання товстолистового корозійностійкого біметалу орієнтовно становить 20-30 тис. м² на рік. На 70-80% вона

задовольняється за рахунок імпортової продукції з Німеччини, Франції та США, вартість якої в 1,5-2 рази перевищує вартість аналогічної продукції вітчизняного виробництва при однаковій якості товару. [3]

Використання біметалу може підвищити довговічність і надійність різних деталей та обладнання. Оскільки це дозволяє економити дорогі кольорові метали (Ni, Cr, Cu, Mo, Ti і ін.) Вартість його виробництва зменшується. Використання шаруватих композицій сприяє розробці більш досконалих дизайнерських рішень при створенні сучасних машин, обладнання. В даний час біметали є найважливішою групою матеріалів з широким спектром властивостей.

Використання біметалічних листів, металевих проводів, багат шарових стрічок та двошарової інструментальної сталі може значно заощадити мідь, нікель, вольфрам та інші рідкісні метали. У галузях електротехніки та електроніки біметали використовуються як провідники та деталі для безконтактних пристроїв. Як правило, металеві композиції поєднують високі електричні та міцні властивості з мінімальним споживанням дорогих і дефіцитних провідних матеріалів (Cu, Ag, Al і ін.). Встановлено, що біметалічні провідники, як правило, мають нижчу якість та вищу корозійну стійкість. Через високу провідність міді найпоширенішим провідним біметалом є біметал з мідною обшивкою. [3]

Біметалічні контакти (Ti + Cu, сталь + Al, Cu + Al і ін.) Використовують для ряду процесів практичної електрохімії, при цьому значно підвищується термін служби струмоведучих деталей і суттєво знижується перехідний опір контакту.

Застосування шаруватої металеві композиції не тільки дозволяє підвищити надійність і довговічність великої деталей та обладнання, але також можна значно заощадити дорогі кольорові метали. Основною частиною шаруватої композиції є біметал, який складається з двох металів.

Основне завдання при створенні біметалевої технології виробництва – забезпечити міцний зв'язок між шарами без зміни їх початкових властивостей. [3]

Ґрунтообробна машина виготовлена з біметалічних матеріалів для сільського господарства. Біметалеві частини не потрібно заточувати, тому використання в цій галузі буде розширено в майбутньому. У виробництві приладів, використовуються різні типи біметалевих пластин. Різниця між ними полягає в різних температурних коефіцієнтах розширення металів. Для отримання біметалу використовують метод прокатки або пресування одночасної різних сплавів або металів. [3]

Біметалічні труби, пластини та інші компоненти дуже важливі в галузі хімічного машинобудування. Біметалічна сталь титан – це корозійностійкий матеріал. Він стійкий до азотної кислоти, хлору та морської води. В агресивних середовищах неможливо використовувати інші метали, крім титану. Біметалевий титан може продовжити термін служби виробів на десятиліття або навіть сотні років. Контактний біметал використовується в електромережі. Застосування біметалу не завжди є економічно вигідним рішенням. Для об'єктивної оцінки необхідно врахувати витрати на переробку та виготовлення біметалу. Врешті-решт, ця робота пов'язана з пайкою, зварюванням, плавкою або пресованою посадкою (рис 1.7, рис 1.8). [4]



Рисунок 1.7- Багатошарова стрічка [4]



Рисунок 1.8 – Біметалеві листи [4]

На сьогодні біметал є найважливішою групою промислових матеріалів з широким спектром властивостей. Застосування біметалу може значно покращити ефективність виробництва різних деталей та обладнання в хімічній, нафтовій, сільській, транспортній, енергетичній та інших галузях промисловості. [5]

Використання біметалічних листів, металевих проводів, багат шарових стрічок та двошарової інструментальної сталі може значно заощадити мідь, нікель, вольфрам та інші рідкісні метали (рис.1.9). [5]



Рисунок 1.9 - Біметалічна стрічка [5]

Одним із напрямків де метали захищаються та ефективно використовуються, є багат шарове виробництво. Це дозволяє зменшити

витрату в рідкісних металів і скористатися основною технічною перевагою біметалу – здатністю поєднувати різні експлуатаційні характеристики в одному матеріалі. Важливими властивостями біметалів є теплопровідність і технологічність (здатність зварювати, згинати, штампувати). Висновок, зроблений з цієї роботи, полягає в тому, що ті самі корозійно-стійкі сталі та метали, що використовуються у вигляді однорідних металів у подібних середовищах, широко використовуються як плакуючого шару у вітчизняній та зарубіжній практиці. Сюди входять: хромонікелеві сталі з добавкою титану або ніобію, хромисті сталі, хромонікельмолібденові сталі з титаном або міддю і титаном; мідні сплави (латунь, бронза і томпак); нікелеві сплави (нікель, молібден); чисті метали (мідь, нікель, срібло, титан, алюміній) (рис.1.10). [5]



Рисунок 1.10- Антикоровійний шар [5]

В статті показано, що корозійна стійкість біметалів у даному середовищі визначає сферу його застосування. Корозійна стійкість визначається матеріалом плакуючого шару. Двошарова сталь із покриттям з аустенітних хромонікелевих сталей типу 08X18H10T, що використовується для виготовлення обладнання, що працюють в більшості органічних сполуч та середовищ (таких як азотна кислота, сірчана кислота і хлоридні солі, сірчисті і вуглекислі гази) . Плаковані хромонікельмолібденові пластини використовуються для виготовлення обладнання, що працює в умовах

агресивного середовищах: розчинів сірчаної і фосфорної кислот, при високих температурах. Хімічна і нафтохімічна техніка споживає велику кількість корозійностійких біметалів. [5]

Було показано, що в зносостійкому біметалі використовується сталь і сплави з високою зносостійкістю до плакуючого шару, а низьковуглецева сталь зазвичай використовується як базовий шар. Поєднання твердого сталевого шару з більш м'яким сталевим шаром може не тільки продовжити термін служби зносостійкого біметалевого листа, але і зробити виготовлені з них леза новою характеристикою - самозаточування. Біметалеві двошарові і тришарові листи і смуги широко використовуються у ріжучих інструментах (рис.1.11).



Рисунок 1.11- Біметалічний ріжучий інструмент [5]

Завдяки широкому використанню біметалів значно легуються високолеговані сталі з недостатньою кількістю легуючих елементи (таких як хром, вольфрам, ванадій тощо). [5]

Одна з ефективних застосувань біметалів є виготовлення підшипників ковзання. У сучасних машинах через малі розміри та вміст металу, а також завдяки високим характеристикам виробу використання підшипників ковзання, як правило, краще ніж використання підшипників кочення.

Сировиною підшипника є біметалічний пояс або біметалічний пояс з плакучим шаром із низьковуглецевої сталі та покриттям з антифрикційного сплаву.

Антифрикційний матеріал для плакування повинен мати хороші технологічні властивості, досить високу втому міцності при робочій температурі підшипника та високу стійкість до корозії масла при робочій температурі підшипника (рис.1.12). [5]



Рисунок 1.12- Термобіметалевий датчик [5]

Широке використання біметалів у промисловості вимагає досліджень щодо формування деталей, виготовлених із цих сплавів. У роботі було встановлено, що при різанні біметалу плакування може бути пошкоджено введенням основного шару в плакуючий. Однак аналізована робота не передбачає способу обробки біметалів, який дозволяє уникнути внесення покриття в основний корпус і забезпечує точність та якість обробленої робочої поверхні. [5]

1.3 Виготовлення біметалів

Біметал в основному виготовляється шляхом одночасного прокатування (або пресування) двох різних металевих (або сплавних) заготовок. Поширені також заливка легкоплавкого металу по тугоплавки і занурення тугоплавкого металу в розплавлений легкоплавкий метал. При методі гальванічного покриття шар більш цінного металу покривається електролітом. Більш тверді (дорогі та рідкісні) сплави, осідають на електротехнічній сталі (використовується для виготовлення ріжучих інструментів, штампів та ін.) (рис. 1.13). [6]

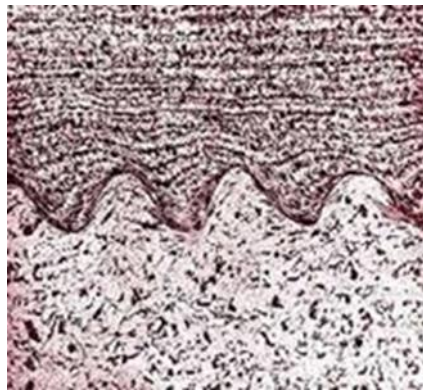


Рисунок 1.13 – Процес виготовлення біметалів [6]

Найбільш перспективним процесом, який дозволяє виготовляти біметалічні заготовки та вироби майже необмеженого розміру з різноманітних металів та сплавів, є зварювання вибухом. [6]

Визначення «технології зварювання вибухом» відносяться до процесу з'єднання поверхонь двох металевих пластин, що відбувається під час швидкісного зіткненні. Зіткнення металів відбувається при метанні плакуючого металу на лист основного металу вибухом заряду вибухової

речовини (ВР). Важливим аспектом є процес підготовки, прозорість якого необхідна для зварювання вибухом та отримання високоякісних біметалічних листів. [6]

Існуючі способи виготовлення порошку біметалу та виробів з нього шляхом формування робочого шару на пористій заготовці можна розділити на такі основні групи: отримання поверхневого шару напиленням або наплавленням на поверхню пористої заготовки; вибухове пресування, різні способи дифузійній зварювання в процесі спікання або припікання; просочення поверхневого пористого шару заготовки розплавом необхідного складу; введення в пори поверхневого шару підвищеної пористості необхідної порошкової шихти різними способами. Перспективний метод заснований на методі введенні необхідних компонентів у поверхневі пори зануренням розплаву на певну глибину під час насичення поверхневого шару спечених або твердих спечених частинок заготовки. [7]

Крім того, оскільки в процесі гарячого пресування утворюються цілісні з'єднання порошкового елемента та частини деталей, виготовлених із стандартної конструкції сталі, можна отримати біметалеві вироби.

Для виготовлення біметалевих деталей широко використовується метод випалювання порошкового шару або оболонок в щільну основу. Цей метод добре зарекомендував себе при виготовленні матеріалів з робочими шарами з антифрикційними або спеціальними властивостями. [7]

Основна перевага полягає в тому, що може бути отриманий пористий робочий шар, який може бути просочений різними мастилами, так що ефективність проти тертя може бути покращена в широкому діапазоні. Цей спосіб має недоліки: фізико-механічні властивості робочого шару відносно низькі через наявність залишкових пір та посилення масляних включень, а тому його використання обмежене лише в легко завантажених деталях.

Отримання БМ найбільш часто використовуваний метод гарячого пресування для БМ. [7]

При отриманні біметалу, в якому обидва шари є порошком, проблема зрощування шарів не така серйозна, як при використанні монолітної підкладки. Механічне змішування шарів матеріалу в зоні стикування та наявність великої кількості джерел дифузії забезпечують досить надійне з'єднання шарів. Однак існує ще одна проблема, пов'язана з необхідністю герметизації підкладки. У тому випадку, коли температура плавлення основного матеріалу та робочого шару приблизно на одному рівні, ГШ забезпечує ущільнення у всьому обсязі заготовки ВМ. Також можна просочити заготовку плавкими компонентами. [7]

Існують труднощі при отриманні біметалу, в яких температура плавлення і термічна деформація шарів суттєво відрізняються. У пропонованому способі отримання біметалу з порошковим шаром типу "сталь-бронза". У процесі холодного формування заряд сталевий підкладки спочатку заповнюється в матрицю і надходить під тиск; потім насипається бронзовий порошок і, нарешті, формується колекція. Після цього заготовку спікають і штампують гарячим поперечним штампом (клиноподібний пуансон). Ця технологія забезпечує міцне з'єднання шарів.

Однак очевидно, що цей спосіб можна застосовувати лише в тому випадку, якщо бронза має досить високу температуру плавлення $T_{950^{\circ}\text{C}}$. При нижчому $T_{\text{пл}}$ деформація та ущільнення сталевий основи погіршуватимуться. [7]

Неможливо отримати біметалеві заготовки з використанням зовнішніх легкоплавких металів (таких як мідь). Неможливо отримати внутрішній шар з високим вмістом вуглецю та внутрішній шар з дуже низьким вмістом вуглецю методом лиття. Беручи до уваги фактичний індивідуальний діаметр, після відливання заготовку потрібно обертати і свердлити, що призведе до певних труднощів у масовому виробництві та призведе до збільшення втрат металу. Очевидні коливання розміру заготовки небажані для подальшого

перерозподілу. Відлиті біметалеві заготовки більшості металевих комбінацій можуть бути успішно використані для їх перерозподілу в труби. [7]

1.4 Пресування

Пресування - процес видавлювання металу із закритої порожнини контейнера через корпус основи. Площа отвору корпусу основи менша, ніж площа поперечного перерізу вихідної заготовки. [8]

Пресування - це процес, при якому попередньо розігріта заготовка, поміщена у форму, видавлюється через отвір з перетином, меншим, ніж у вихідної заготовки. Пресування робить виробу різного перерізу складними контурами. В якості вихідного матеріалу для реалізації цього способу зазвичай використовують заготовки або злитки кольорових металів та їх сплави. [8]

Наразі у виробництві використовували два способи пресування металу: прямий і зворотний (рис. 1.14) .

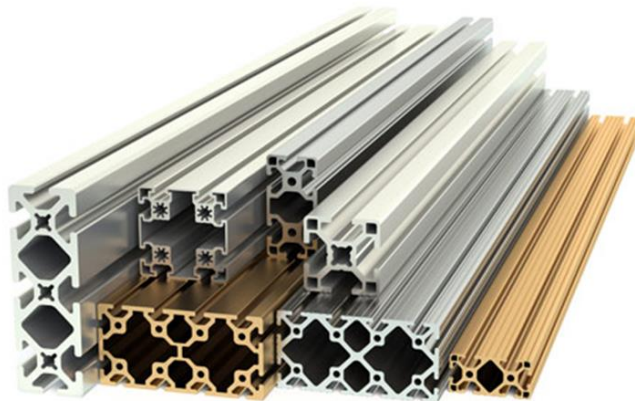


Рисунок 1.14 – Біметалічні прутки [8]

Безпосередній спосіб пресування металу полягає в розміщенні заготовки, нагрітої до певної температури, у закритій порожнині спеціальної ємності. Тиск передається йому через пуансон через пуансон. В результаті метал видавлюється через отвори, розташовані в матриці.

Для методу зворотної пресування металу використовується ємність, один кінець ємності закривається прокладкою, а на заготовку здійснюється тиск через пуансон і матрицю. Отже, виявляється, що метал рухається в тому напрямку, де основа стикається з пуансоном. [8]

На практиці метод прямого пресування є більш поширеним, тоді як метод зворотного пресування застосовується рідко. Справа в тому, що він демонструє більш високі показники та забезпечує дуже хорошу якість поверхні готового продукту. У багатьох випадках методи прямого пресування металу можуть скласти конкуренцію прокатці.

Шляхом пресування сучасні промислові компанії виготовляють трубки і стрижні з різними контурами. У цьому випадку для виготовлення труби використовується лише метод прямого пресування, а в більшості випадків використовується протилежний метод. [8]

Для виконання процесу пресування найчастіше використовують вертикальні або горизонтальні гідравлічні преси. Як правило, горизонтальні труби використовують для виготовлення великогабаритних стрижнів і труб, тоді як вертикальні труби використовують для виготовлення тонкостінних труб довжиною 3 метри і діаметром до 40 мм, а також стрижнів малого діаметру.

Перевагами пресування є те, що:

- під час пресування матеріал набуває вигляду напруженого стану, в результаті чого пластичність металу істотно підвищується, і тому його можна обробляти з високими ступенями деформації;
- цей метод дозволяє дуже швидко перенастроювати устаткування на виробництво деталей інших форм і розмірів;

- пресування дає можливість випускати профілі найскладніших обрисів і профілі суцільні;
- пресування дозволяє отримувати менші допуски лінійних розмірів напівфабрикатів.

До недоліків пресування слід віднести:

- істотні втрати матеріалу на відходах, обумовлені пресуванням;
- значна нерівномірність тих механічних властивостей, які виріб має за поперечним перерізом і довжині;
- відносно невисока продуктивність процесу в порівнянні з прокаткою.

[8]

Пресування металу - основний процес, що використовується для виробництва невеликих, але великих партій профілів, прутків і труб. [8]

1.5 Видавлювання

Видавлювання металу є процесом, в ході якого виробляються порожнисті, об'ємні вироби при використанні методу видавлювання металу з замкнутих, закритих форм крізь отвір відповідного діаметру. Найчастіше для обробки за цією технологією використовуються такі матеріали як сталь і кольорові метали. [9]

Даний метод обробки металів за допомогою тиску є досить поширеним. Технологія гарячого штампування передбачає нагрів металевих заготовок в залежності від складу сплаву і умов подальшої обробки. Метал деформується за допомогою спеціального інструменту. В результаті отримують поковки - заготовки для подальшої механічної обробки (рис.1.15). [9]

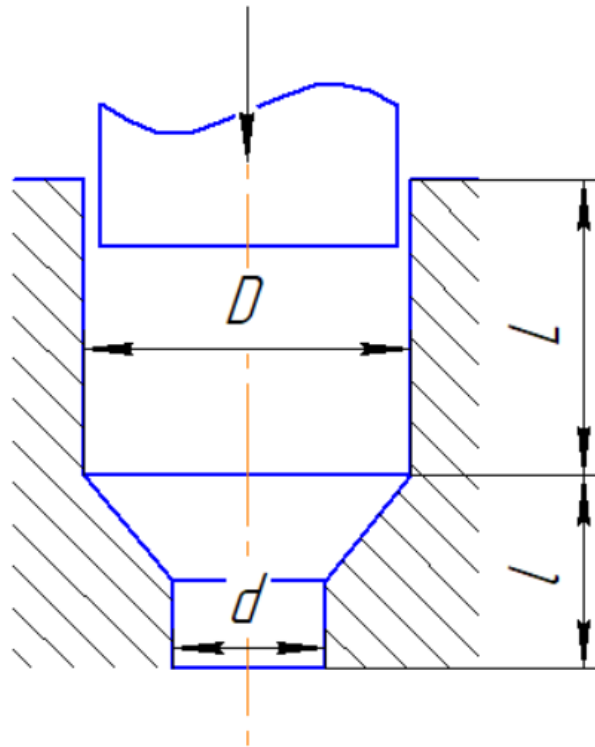


Рисунок 1.15 - Схема прямого видавлювання

Об'ємна гаряче штампування затребувана на великих виробництвах, де завжди необхідно:

- підвищувати і підтримувати продуктивність праці,
- скоротити обсяг відходів металу,
- забезпечити відмінну якість поверхні кінцевого продукту.

Ця технологія дозволяє виробляти великими тиражами металеві вироби, що відрізняються складною формою, що неможливо при використанні вільного кування. [10]

При штампуванні видавлюванням відбувається витікання металу, укладеного в замкнуту порожнину, через отвір в ній, форма якого визначає поперечний переріз видавленого ділянки деформованої заготовки. [11]

Штампування видавлюванням застосовують для отримання поволок з формою стрижня (циліндричного, конічного, ступеневої та т.п.) з

потовщенням на одному кінці його. Видавлюванням отримують стрижневі елементи такі поковок. [11]

Штамування видавлюванням принципово не відрізняється від процесів пресування. Останні вже давно широко поширені для виробництва прутків, профілів і труб з різних матеріалів. Цим пояснюється, що більшість досліджень присвячено саме процесам пресування. Засновниками робіт в галузі фізики процесу пресування є Н.С. Курнаков і С.Ф. Перловий. Найцінніші експериментальні і теоретичні дослідження проводив С.І. Губкін. Великі узагальнюючі роботи за технологією пресування належить П.С. Істоміна. І.М. Павлов вивчав вплив додаткових напружень в процесі видавлювання і створив оригінальну теорію, яка пояснює утворення тріщин (ялинки). Фундаментальний узагальнюючий і оригінальна праця по теорії пресування створив І.Л. Перлин. Безпосередньо штампуванню видавлюванням ряд робіт присвятили А.В. Ребельский і Л.А. Шофман .

Із зарубіжних дослідників успішно займалися пресуванням Х. Ункель, Г. Закс та В. Ейсбейн, Е. Зібель, Е. Фангмайер. Надалі до вивчення процесів пресування був застосований метод ліній ковзання (Р. Хілл, В. Прагер і Ф. Ходж, А.Г. Грін і Д.Ф.В. Бішоп). Пізніше В. Джонсон, Х. Кудо, а також Ш. Кобаяші розробили метод верхніх оцінок; Е. Томсен застосував метод візіопластичності. [11]

Штамування видавлюванням протікає при яскраво вираженій схемі нерівномірного всебічного стиснення, що забезпечує металу високу пластичність. [11]

Штамування видавлюванням, не відрізняючись принципово по схемі напружено-деформованого стану від процесу пресування прутків, профілів і труб, проте має свої характерні особливості. [11]

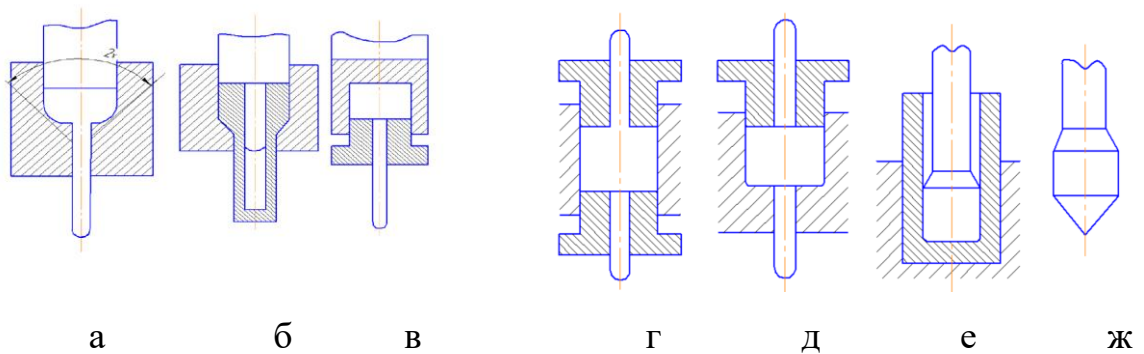
При штампуванні видавлюванням:

- відстань від торця пуансона до дна матриці в кінці робочого ходу обумовлено заданим розміром елемента поковки, а не товщиною мінімально допустимого прес-залишку;

- довжина стрижневої частини поковки визначається її конструкцією, але в той же час можливість виконання стрижневої частини обмежена параметрами преса;

- кування витягується з штампа при зворотному ході преса за допомогою поршня, а не відділяється від прес-залишку, як пруток при пресуванні. [11]

Початкова швидкість деформування на кривошипному пресі набагато менше, ніж у молота. Разом з тим, зменшення цієї швидкості протягом робочого ходу протікає значно повільніше, що дозволяє отримувати на пресах окремі, що мають форму відростків, елементи поковок видавлюванням - витісненням значної частини металу заготовки з порожнини закритого струмка через робочий отвір. В струмок для видавлювання надходить вихідна заготовка, рідше - після обтиску на фігурних бойках. Таке обтиснення застосовують для надання заготівлі форми, необхідної для її розміщення в струмку. Видавлюванням можна отримати готові поковки або фасонні заготовки під остаточним штампування будь-яким способом на тому ж пресі або під подальшого на іншому обладнанні. Таким чином, струмки для видавлювання можуть бути заготівельними і штампувальними (рис.1.16). [12]



а, б - пряме видавлювання; в - зворотнє видавлювання; г - зворотнє видавлювання в двох протилежних напрямки; д - комбіноване прямого і зворотного видавлювання; е - закрыта прошивка; ж - конічний пуансон.

Рисунок 1.16 – Штампування видавлюванням

Розрізняють два основних способи видавлювання - пряме і зворотнє. При прямому видавлюванні (рис. 1.16, а і б) порожнині, в яку укладають заготовку, розміщується в матриці; при штампуванні метал пуансоном витісняється з порожнини матриці крізь наявні в ній робочий отвір. При цьому весь обсяг заготовки переміщається до робочого отвору і тертя металу об стінки порожнини приводить до значної неоднорідності деформації. При зворотному видавлюванні (рис. 1.16, в) порожнині, в яку укладають заготовку, розміщується в пуансоні; при штампуванні метал з порожнини пуансона витісняється матрицею крізь наявні в ній робочий отвір. При цьому в кожен даний момент процесу деформується лише частина заготовки, що знаходиться в безпосередній близькості до робочого отвору, а інша її частина залишається недеформованої. Відзначимо, що процес видавлювання може бути прямим або зворотним незалежно від взаємного розташування пуансона і матриці (пуансон зверху, а матриця знизу або навпаки) і від того, яка частина рухлива (пуансон рухливий, а матриця нерухома або навпаки). Можливо одночасно видавлювання кількох відростків прямим і зворотним способами, а при вільному переміщенні контейнера 1 (рис. 1.16, г) - зворотнє

видавлювання в двох протилежних напрямках. Успішно здійснюється комбінування прямого і зворотного видавлювання (рис. 1.16, д). [12]

Різновидом видавлювання є закрита прошивка (рис. 1.16, е). При закритій прошивці оброблюваний метал впливає в кільцеву зазор між пуансоном і матрицею.

Зворотне видавлювання вимагає менше зусиль і забезпечує більш однорідну деформацію тому, що при зворотному видавлюванні доводиться долати тертя об стінки матриці тільки близько робочого отвору. При прямому видавлюванні напрямок і характер металу в матриці до надходження його в робочий отвір, а також ступінь неоднорідності деформації різко змінюються в залежності від коефіцієнта контактного тертя і інших умов деформації, а також від властивостей і стану деформованого матеріалу. [12]

Процес видавлювання сталі був детально вивчений Л.В. Прозоровим.

Процес видавлювання протікає при різко вираженій схемі всебічного нерівномірного стиснення, що забезпечує високу пластичність металу. При цьому процес вимагає дуже високого тиску, що знижує стійкість матриць. Це зобов'язує застосовувати хороше мастило і змушує зменшувати швидкість деформування. [12]

Тому нестандартні кривошипні гаряче штампувальні преси, спеціально призначені для штампування видавлюванням, на відміну від звичайних роблять зі зменшеними в 1,5 – 2,0 рази число ходів в хвилину. Крім того, у них дещо збільшені хід повзуна і закрита висота штампового простору і значно збільшений хід нижнього поршня. Останній в цих випадках має не механічний, а пневматичний або гідравлічний привід.

При штампуванні поковок процес видавлювання починається зазвичай не відразу. Оскільки розміри поперечного перерізу вихідної заготовки менше відповідних розмірів порожнини струмка, її деформація, як і при інших способах штампування в закритих струмках, протікає в три стадії і

починається зазвичай з опадку до зіткнення бочкоподібної заготовки з бічними стінками порожнини (контейнера), заповнення порожнини металом і видавлювання металу в отвір. Залежно від співвідношення діаметра заготовки і отворів під стрижень стрижнева частина заготовки може утворитися і в усіх трьох стадіях. [12]

При штампуванні із закритою прошивкою процес починається з відкритої прошивки, поки не заповниться вся порожнина матриці під пунсонів, і тільки після цього відбувається видавлювання. [12]

Оскільки для відкритої прошивки необхідне зусилля менше, ніж для закритої, то для зниження навантаження на інструмент іноді йдуть на зменшення товщини заготовок з тим, щоб закриту прошивку по можливості замінити відкритою прошивкою і виробляти її не видавлюванням, а роздачою металу в сторони при збереженні висоти заготовки або навіть при деякому її зменшенні. Велику роль при цьому відіграє форма пуансона. Поки порожнині матриці не заповнена, конічний пуансон (рис. 1.16, ж) сприяє роздачі металу в сторони і тим самим полегшує прошивку, але зате наступне потім видавлювання за допомогою конічного пуансона вимагає більшого зусилля, ніж за допомогою плоского пунсона (рис. 1.16, е). [12]

1.6 Гаряча прокатка біметалів

Одним з основних промислових способів отримання широкого класу біметалів є спільна гаряча прокатка, зокрема, так звана пакетна прокатка, використовується для отримання корозійностійких біметалевих листів. При цьому способі складові пакет з двох або більше шарів різних металів у вигляді пластин або профілів піддається гарячій деформації на профіль. Конструкція біметалічного пакета визначається рядом факторів: кількістю

шарів в багатошаровому прокаті, хімічним складом шарів, технічними можливостями обладнання для гарячої пластичної деформації, необхідним сортаментом готових профілів прокату і так далі. [13]

Незважаючи на велику різноманітність технологічних процесів отримання плакованих металів способом спільної пластичної деформації, принципова схема способу зводиться до наступних операцій:

- підготовка заготовок (злитки, сляби, фасонні профілі) з металу основного шару;
- підготовка пластин, листів і профілів з металу плакуючого шару;
- складання і зварювання пакетів;
- нагрів і деформація пакетів;
- термічна обробка та оздоблення готової біметалічною продукції.

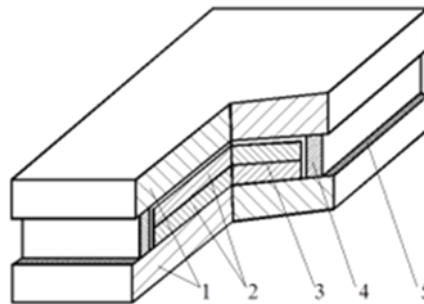
У процесі прокатки між контактними поверхнями металів відбувається схоплювання - науки металевих зв'язків. Для успішного перебігу цього процесу необхідно, щоб на контактних поверхнях шарів, що підлягають з'єднанню, спеціально готують. Зазвичай сляби і плити з металу основного шару піддають різанню і фрезеруванням. Іноді застосовують абразивну зачистку або дробеструйну обробку поверхні. [13]

Підготовка контактної поверхні пластин плакуючого металу визначається тим, який метал використовується в якості плакуючого шару. Для корозійностійкого плакуючого шару в більшості випадків використовують хромонікелеві і хромисті сталі. Оксиди хрому погіршують схоплювання і перешкоджають міцному зчепленню шарів. Захист контактної поверхні нержавіючої сталі від окислення здійснюють по-різному. [13]

У деяких випадках на контактну поверхню плакуючих пластин електролітичним способом або методом газової або електролітичної металізації наносять шар нікелю або наплавляють тонкий шар маловуглецевої сталі. Іноді для захисту поверхні плакуючих листів від окислення їх покривають рівним шаром флюсу або хлористим амонієм.

Проміжний шар між основним і плакуючим металами використовують не тільки для захисту від окислення контактних поверхонь, але і як засіб проти взаємної дифузії елементів з одного шару в інший, коли вона небажана. У цих випадках застосовують прокладки з фольги або електролітичні покриття з найрізноманітніших металів і сплавів: нікелю, міді, ніобію, кобальту, сплавів ніобію і кобальту з високим вмістом фосфору, залізо-кременистих сплавів. Відомо також застосування в якості проміжного шару суміші порошків чистого заліза і нікелю з добавкою флюсу. При нагріванні і стисненні суміш спікається і утворює прошарок легованої сталі. [13]

Для отримання корозійностійких плакованих металів найбільшого поширення набули симетричні чотиришарові пакети (Рис. 1.18).



1 - основні шари; 2 – плакуючі шари; 3 - розділовий шар; 4 - сполучна планка; 5 - зварений шов.

Рисунок 1.17 - Конструкція чотиришарового біметалічного пакета [13]

Верхній і нижній сляби основного металу 1 з'єднуються через планки вуглецевої сталі 4, що укладені по периметру пластин плакуючого металу 2. Зварні шви 5 забезпечують міцність і герметичність пакета. Між планками і пластинами є зазори, що компенсують різницю в розширенні металу плакуючого і основного шарів.

У процесі гарячої прокатки виникає міцне зчеплення шарів по контактних поверхнях слябів і пластин, найчастіше через проміжні сполучні підшари, а також утворюється однорідний кант з вуглецевої сталі по периметру пакета за рахунок зварювання з'єднувальних планок з верхнім і нижнім слябами. Між пластинами плакуючого металу не відбувається схоплювання завдяки роздільному шару 3. [13]

Розділовий шар наносять товщиною 1 мм на боку пластин плакуючого металу, протилежній контактній поверхні. Зазвичай розділову пасту складають на основі магнезиту, оксиду хрому, оксиду алюмінію, діоксиду марганцю, суміші нітролаку або целюлозних лаків і оксиду магнію. Як правило, склад розділового шару підбирається експериментальним шляхом і є предметом патентування.

Склад розділового шару, його товщина і рівномірність мають велике значення, так як ці параметри визначають якість поверхні плакуючого шару. Особливо важливі вогнетривкі якості розділового шару. При температурах нагріву під гарячу прокатку шар не повинен плавитися або розм'якшуватися, так як це призводить до його витікання або видавлювання при деформації пакета. Слід зазначити, що операції нанесення розділового шару досить важко механізувати, незважаючи на їх простоту. [13]

Для отримання двошарових листів, плакованих легко окислювальними металами: титаном, цирконієм, застосовують вакуумування пакетів або продування інертним газом. Відкачування газів з пакета здійснюється або в процесі нагрівання, або перед нагріванням пакетів. Крім того, для запобігання контактних поверхонь від окислення протягом всього періоду нагріву в пакеті здійснюється циркуляція аргону.

Радикальним вирішенням проблеми поліпшення з'єднання легко окислювачів металів є прокатка біметалів в вакуумі. Підготовлений пакет із з'єднаних металів поміщають в піч вакуумного прокатного стану. У печі пакет нагрівають до температури прокатки, витримують протягом деякого

часу і прокочують в валках з обтисненням, що забезпечує повної дифузійної зварювання. [13]

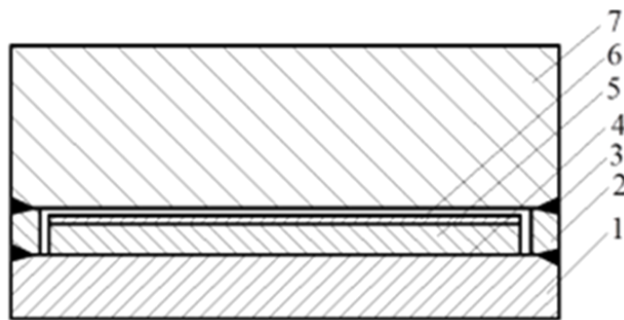
Широке поширення симетричного чотиришарового пакета і аналогічних йому конструкцій пакетів з великою кількістю шарів пояснюються рядом переваг. Симетричне розташування шарів з різним опором деформації відносно горизонтальної площини прокатки в принципі виключає вигин розкату в прокатних валках. Поверхня плакуючого шару знаходиться всередині і захищена від впливу пічних газів, прокатних валків.

Так як плакуючий шар не має окалини, двошарові листи, отримані з таких пакетів, здебільшого не потребують травленню. Симетричний пакет володіє більш високою міцністю, оскільки рівномірна деформація верхньої і нижньої половин пакета знижує (хоча і не виключає повністю) напруги в зоні зварних швів. [13]

Недолік симетричного пакета полягає в обмеженні верхньої межі товщини двошарових листів. Оскільки розкат, отриманий з симетричного чотиришарового пакета, складається з двох листів, товщина кожного з них дорівнює половині товщини розкату. Отже, при обмеженні товщини і маси вихідної заготовки (пакета) можливостями прокатного обладнання товщина і габарити двошарових листів будуть удвічі менше, ніж одинарних листів, які прокочуються в цих же умовах. Інше обмеження викликано тим, що для отримання досить міцного зчеплення шарів при прокатці пакета потрібно 5-7-кратне висотне обтиснення. Вихідна товщина чотиришарового пакета для отримання листів товщиною понад 100 мм складає більше 1000 мм, що перевершує можливості більшості існуючих листових станів і неприйнятно з інших міркувань (велика нерівномірність деформації, труднощі рівномірного нагріву). Ці обставини послужили причиною створення спеціальних конструкцій пакетів для прокатки особливо товстих листів. [13]

Одна з таких конструкцій є двошаровий несиметричний пакет з кришкою, що складається з товстого сляба вуглецевої сталі, на який

розміщується плита нержавіючої сталі з нанесеними на її поверхню захисним і розділовим підшарами. На плиту корозійностійкої сталі укладається кришка на вуглецеві сталі, яка приварюється до слябів через сполучні планки (рисунок 1.18).



1 - кришка; 2 - з'єднувальні планки; 3 - зварні шви; 4 - розділовий шов; 5 – плакуючий шар; 6 - проміжний підшар; 7 - основний шар

Рисунок 1.18 - Конструкція несиметричного пакета [13]

Після прокатки такого пакета, яку, як правило, здійснюють кришкою вниз, кришка видаляється. Однак розкати з несиметричного пакета в процесі прокатки згинаються, а листи, отримані з таких пакетів, схильні до викривлення. [13]

Для отримання товстих двошарових листів з симетричного чотиришарового пакета запропонований спосіб подвійного (комбінованого) плакування. Спочатку прокочують звичайний за конструкцією симетричний чотиришаровий пакет, що складається з двох слябів нержавіючої сталі, між якими розміщені два листи з вуглецевої сталі. Після обрізки крайок отримують два листи нержавіючої сталі, кожен з яких плакованих з одного боку тонким шаром вуглецевої сталі. Ці листи поміщають в новий пакет таким чином, щоб до поверхні сляба була звернена поверхня нержавіючої пластини, плакирована вуглецевою сталлю. Для міцного зчеплення

поверхонь двох однакових металів (вуглецевої) потрібно відносно невеликій сумарній обтиснення. За рахунок зниження обтиснення при одній і тій же товщині пакета можна отримувати більш товсті двошарові листи. [13]

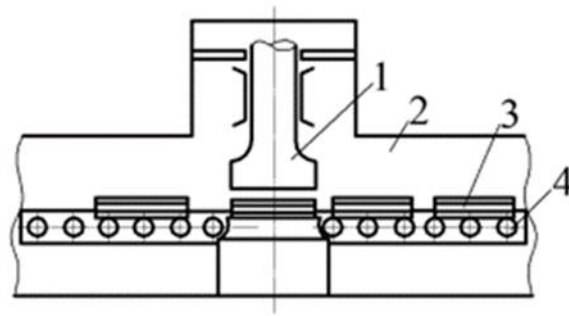
Для отримання товстих двошарових листів з симетричного чотиришарового пакета запропонований спосіб подвійного (комбінованого) плакуванням. Спочатку прокочують звичайний за конструкцією симетричний чотиришаровий пакет, що складається з двох слябів нержавіючої сталі, між якими розміщені два листа з вуглецевої сталі. Після обрізки крайок отримують два листа нержавіючої сталі, кожен з яких плакованих з одного боку тонким шаром вуглецевої сталі. Ці листи поміщають в новий пакет таким чином, щоб до поверхні сляба була звернена поверхня нержавіючої пластини, плакуюча вуглецевою сталлю. Для міцного зчеплення поверхонь двох однакових металів (вуглецева) потрібно відносно невеликій сумарній обтиснення. За рахунок зниження обтиснення при одній і тій же товщині пакета можна отримувати більш товсті двошарові листи. [13]

Пакунок зазвичай нагрівають в колодязях, камерних або методичних печах і прокочують на товстолистових станах. Режим нагріву і деформації залежать від матеріалу плакуючого шару біметалевих листів. Після прокатки листи піддають термічній обробці і подальшій обробленню.

Осаджування пакетів в гарячому стані

Гаряча осаджування пакетів застосовується для отримання біметалевих листів або смуг невеликих розмірів. При великому розмірі заготовки для забезпечення необхідної для міцного з'єднання шарів деформації потрібно прес дуже великої потужності.

Пакет, зібраний з пластин різних сталей, сплавів або металів, що підлягають з'єднанню, нагрівають до температур гарячої обробки тиском і осаджують під бойками потужного гідравлічного преса (рис. 1.19).



1 - бойок преса; 2 - робочий простір печі; 3 –біметалеві пакети; 4 – рольганг

Рисунок 1.19 - Схема установки для потокової осаджування біметалевих пакетів в печі [13]

В процесі осаджування у результаті впливу великих питомих тисків, високої температури і внаслідок особливої підготовки поверхонь дотику відбувається міцне з'єднання шарів біметалу. [13]

Отриману поковку прокочують в гарячому стані для отримання листів або смуг необхідних розмірів. Однак цей метод не отримав широкого промислового застосування внаслідок того, що для його здійснення в промислових масштабах потрібні потужні кувальні преси. Крім того, внаслідок значної нерівномірності деформації шарів при осіданні (через вплив підпирання сил тертя) виходить нерівномірне співвідношення шарів. [13]

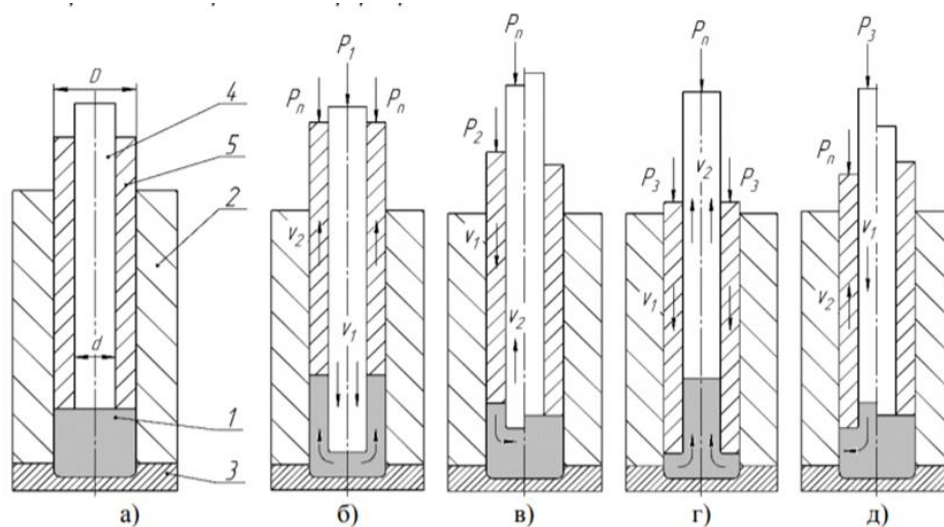
1.7 Інтенсивна пластична деформація при видавлюванні

Значне подрібнення структури металів і сплавів, аж до виникнення наноструктурних станів, може бути забезпечено інтенсивній пластичній деформацією (ПД). [14]

Наведені технологічні схеми ПД мають ряд переваг. По-перше, можна виготовити масивні зразки для проведення механічних випробувань. По-друге, в одержуваних з порошків матеріалах може бути істотно знижена залишкова пористість. По-третє, ці методи можна використовувати для отримання наддрібнозернистої структури не тільки в модельних, але і в промислових сплавах, що дозволяє говорити про перспективи промислового застосування.

До числа таких методів можна віднести і перспективний спосіб обробки металів ПД видавлюванням для подрібнення структур. [14]

Основні технологічні етапи цього методу (рис. 1.20) :



а - вихідний стан; б - зворотне видавлювання «склянки»; в - утворення вихідної форми радіальним видавлюванням з «склянка»; г - зворотне видавлювання стрижня з потовщенням; д - утворення вихідної форми радіальним видавлюванням з стрижня з потовщенням; 1 - заготовка; 2 - матриця; 3 - плита підкладна; 4 - суцільний пуансон; 5 - порожнистий пуансон; $P_1 - P_3$ - сили видавлювання на різних стадіях; P_n - сила протитиску ($0 \leq P_n < P_2$, $0 \leq P_n < P_3$); D, d - діаметри пуансонів; v_1, v_2 - швидкості руху інструментів.

Рисунок. 1.20. - Схема процесу ПД видавлюванням [14]

Заготівлю 1 поміщають в матрицю 2, встановлену на спеціальній плиті 3. Висота матриці перевищує висоту заготовки. На заготовку встановлюють суцільний 4 і порожнистий 5 пуансони, які по черзі здійснюють деформування.

На рис. 1.21 представлений алгоритм, який демонструє різні комбінації деформування при інтенсивній пластичній деформації видавлюванням.

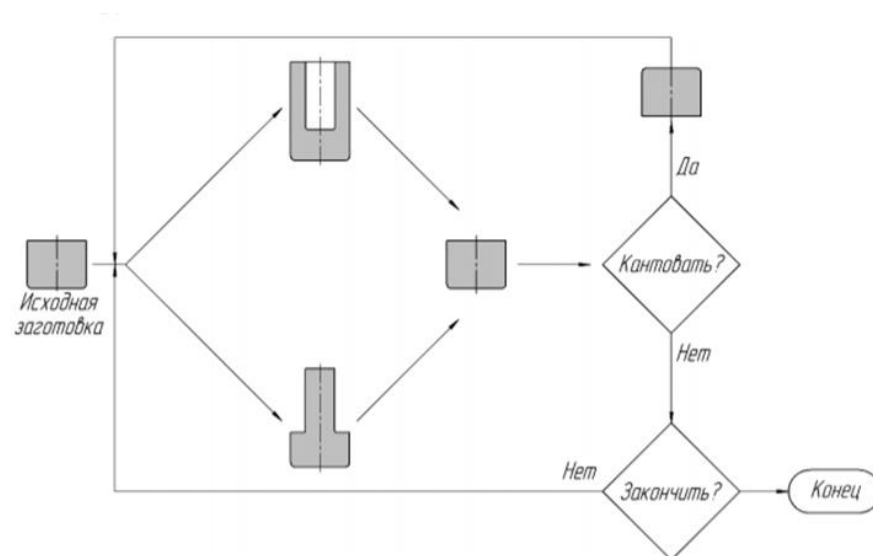


Рисунок 1.21- алгоритм комбінації деформування [14]

На основі розробленого алгоритму сформована матриця різних варіантів (табл. 1.1) процесу ПД видавлюванням, де 0 і 1 - булеві змінні, відповідні виконання деформування 1 або невиконані 0.

Таблиця 1.1 - Морфологічна матриця варіантів ПД витискуванням [14]

№ варіанта	 Исходная заготовка	 Обратное выдавливание «стакана»	 Обратное выдавливание стержня с утолщением	 Радиальное выдавливание с получением исходной формы	 Кантовка			
1	1	1	0	1	0	0	0	0
2	1	0	1	1	0	0	0	0
3	1	1	0	1	0	0	1	1
4	1	0	1	1	0	1	0	1
5	1	1	0	1	1	1	0	1
6	1	0	1	1	1	0	1	1
7	1	1	0	1	1	0	1	1
8	1	0	1	1	1	1	0	1

Процес може починатися зі зворотного видавлювання «склянки» (деформацією інструментом 4) або стрижня з потовщенням (деформацією інструментом 5). Потім здійснюють деформування інструментом 5, або деформування інструментом 4, до отримання вихідного контуру заготовки (наприклад, варіанти 1 і 2 табл. 1.1).

Специфіка структуроутворення і деформаційного зміцнення при переході до інтенсивних пластичних деформацій, вперше була відзначена і систематично вивчена в роботах В.І. Трефілова, Ю.І. Мільмана і С.А. Фирстова. В.І. Трефілов і С.А. Фирстов з співробітниками виявили, що з ростом деформації в матеріалі формується якісно новий вид дислокаційної структури - сильно зорієнтовати осередки.

Основна їх особливість - це безперервне збільшення кутів зорієнтувати з ростом деформації при слабкому зменшенні поперечних розмірів. Як потім виявилось, подібна еволюція структури притаманна й іншим металам. В.І. Трефілов з співробітниками запропонували оцінювати деформаційне зміцнення при інтенсивних деформаціях з позицій зменшення розміру зерна -

в граничному випадку до розміру сильно зорієнтувати осередки. Його точка зору про радикальну зміну механізму зміцнення отримала численні підтвердження і в даний час визнається багатьма вченими. [14]

Виходячи зі сказаного, можна зробити висновок, що спрямований і безперервний в процесі пластичної деформації рух дисклінацій повинен призводити до фрагментації структури металу, тобто розбиття його на мікрообласті, зорієнтувати на кути порядку декількох градусів. Чим більше буде ступінь пластичної деформації, тим дрібніше повинні бути фрагменти і більше їх розворот щодо один одного (рис.1.22).

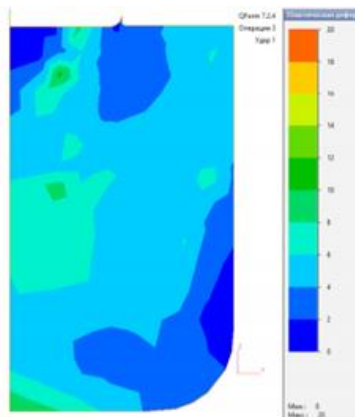


Рис. 1.22- Розподіл пластичної деформації при витискуванні [14]

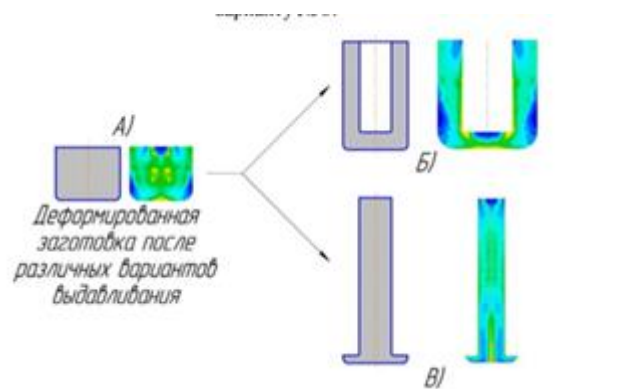


Рисунок 1.23 - Алгоритм формування результатів згідно рис. 1.24 а) заготівля з накопиченим ступенем деформації після реалізації одного з варіантів видавлювання; б) напівфабрикат типу «склянка»; в) напівфабрикат типу «стрижень з потовщенням». [14]

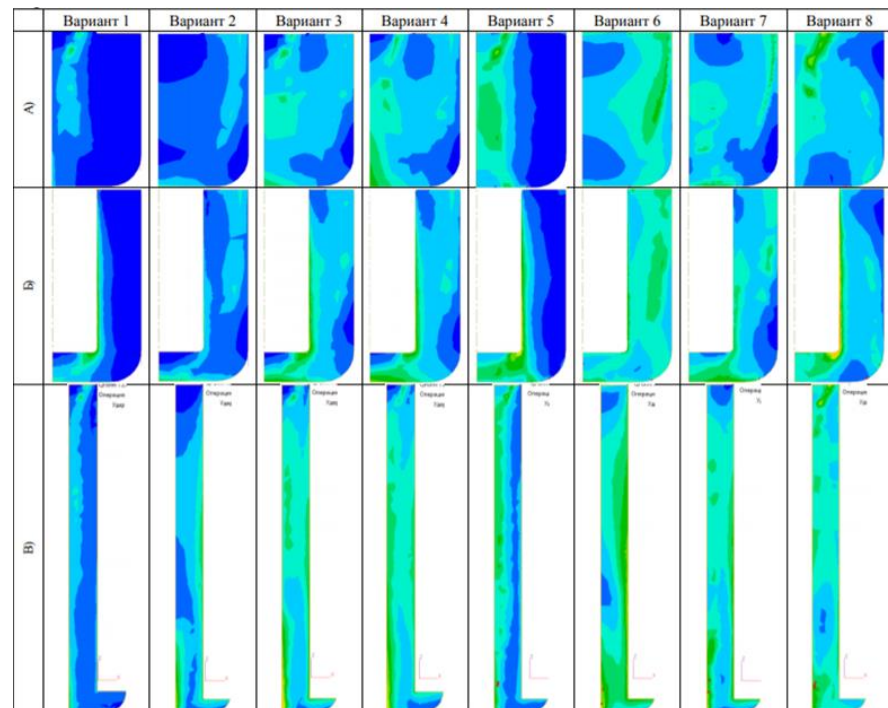


Рисунок 1.24 – Імітаційне моделювання по різних варіантів витискування [14]

Аналізуючи рис. 1.24 з результатами імітаційного моделювання після різних варіантів видавлювання, можна зробити висновок, що:

1) інтенсивність деформацій по перерізу циліндричної заготовки розташовано нерівномірно і використання її в подальшій обробці неперспективне. Можливе застосування окремих варіантів, наприклад, варіант №5 ($\epsilon_{\text{ср}} = 7$), коли деформація в основному сконцентрована в центральній частині на осі Z (зняття певної верстви на токарному верстаті з подальшим використанням міцної серцевини в різних деталях). Для

використання накопичених деформацій найбільш раціонально пропонується видавлювати циліндричні заготовки зміцнені різними варіантами видавлювання за алгоритмом наведеним на рис. 1.23.

2) для отримання зміцнених трубних заготовок або циліндричних напівфабрикатів з міцною стінкою пропонується використовувати варіант №6 з додатковим видавлюванням металу на останній операції в «стакан» - деформації при такій схемі видавлювання розподіляються найбільш рівномірно по всьому перетину напівфабрикату ($\epsilon_{cp} = 8$).

3) для отримання різних зміцнених по всьому перетину стрижневих заготовок необхідно використовувати варіанти видавлювання № 3, 4, 7, 8 з видавлюванням на останній операції «стрижня з потовщенням» ($\epsilon_{cp} = 7$). Якщо необхідні стрижневі заготовки з міцною серцевиною і м'яким зовнішнім шаром, то необхідно використовувати варіант №5 з видавлюванням на останній операції «стрижня з потовщенням» ($\epsilon_{cp} = 5$).

Можливе отримання стрижнів зі зміцненою периферичною частиною і м'якою серцевиною, для цього необхідно провести деформування за варіантом № 2 або 6 з видавлюванням на останній операції «стрижня з потовщенням» ($\epsilon_{cp} = 7 \div 9$). [14]

Висновки:

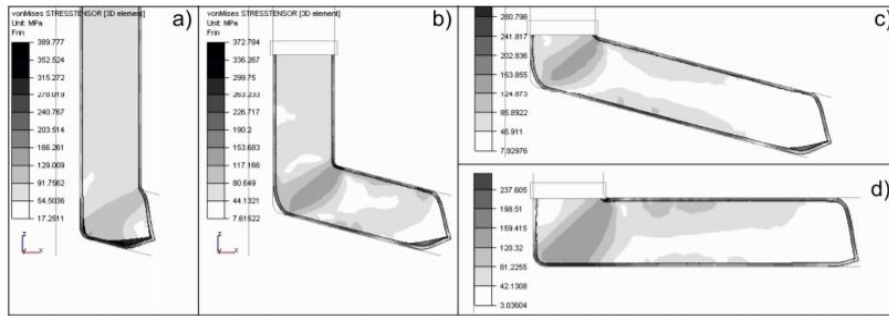
1. Розглянутий спосіб перспективний для здійснення ПД в великогабаритних заготовках, в тому числі з інтерметалідів і інших матеріалів.
2. Напружено-деформований стан дозволяє забезпечити інтенсивні пластичні деформації заготовок без руйнування і дефектів.
3. Зіставлені результати імітаційного моделювання і ПД в заготовках з можливим застосуванням цих результатів для отримання заготовок або напівфабрикатів.

1.8 Моделювання процесу видавлювання біметалевої заготовки

Стосовно біметалевих дротів і прутків, для яких характерним є плакуючий шар виконаний з міді і стрижня з алюмінію, застосовується електропровідність міді і невеликі вагу алюмінію. Біметали Al-Cu широко застосовуються в різних галузях промисловості, головним чином в електротехніці, електроніці та телекомунікації. [15]

У першому етапі мало місце розтягування шарів біметалу, яке спричинило виникнення поперечних тріщин приповерхневих шарів, попередньо зміцнених під час підготовчих операцій. Тріщини призводять до відкриття чистого металу і внаслідок впливу великого тиску між шарами (виступаючого внаслідок кінематики процесу видавлювання) призводять до наближення до атомної відстані. Із цього випливає, що для з'єднання видавлювальних металів слід правильно розтягувати з'єднувальні шари, до моменту виникнення мікротріщин і призвести до великого одиничного тиску між сполучаються шарами. [15]

На першому етапі деформації в матрицях під кутом нахилу $\varphi=105^\circ$, найбільша напруга виступає в місці, де шар стержня є у контакті з дном горизонтального каналу, тоді практично цілий тиск штемпеля буде спрямований в цю зону. На цьому етапі велика інтенсивність напруги з'являється також в зоні внутрішньої кутової частини, що викликано раптовою зміною напрямку течії металу, головна частина якого переміщається у бік горизонтального каналу (рис 1.25 а).



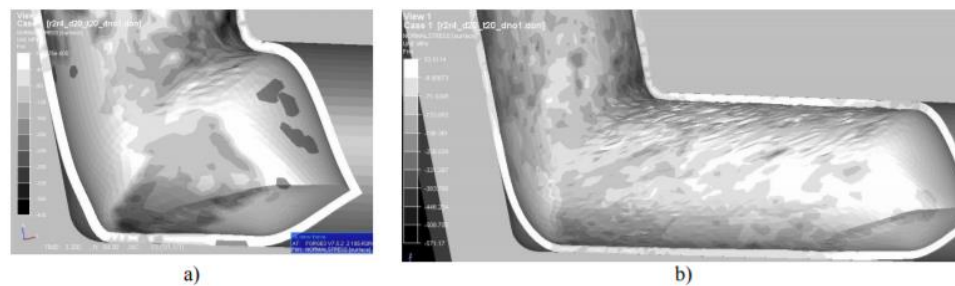
а - I етап (початковий), б - II етап (встановлена течія), в - III етап (кінцевий); і для матриці під кутом $\varphi = 105^\circ$: г - III етап

Рисунок 1.25 - Інтенсивність напруги для біметала що деформується в матриці під кутом $\varphi = 90^\circ$ [15]

Для цього етапу характерним є невстановлений характер течії шарів, шари пристосовуються до зони деформації. У зв'язку з меншою пластичністю плакіра, можна спостерігати відшаровування шару плакіра від стержня в області зовнішньої кутової частини матриці головної частини заготовки (рис. 1.25, а). На другому етапі формується зона пластичної течії, яка у зв'язку з низьким коефіцієнтом тертя, є несиметричною і пересунутою у бік горизонтального каналу. На цьому етапі найбільша інтенсивність напруги виступає в плакуючі шарі, в області внутрішньої кутової частини матриці, тому що в цьому місці з'являється найбільша розтягуюча напруга уздовж напрямку течії металу. У зоні деформації можна спостерігати незаповнення зовнішньої кутової частини матриці металом, яке має місце до кінця процесу (рис. 1.25, б). На останньому етапі характер течії шарів в зоні пластичної деформації змінюється. Зате значення напруги підлягають уніфікації уздовж перерізу горизонтального каналу, найбільші значення виступають в нижньому шарі плакіра, де напруга рівномірно розміщена уздовж цього шару, а найменші значення виступають на осі стержня (рис. 1.25, в). [15]

Під час витискування біметала в матриці під кутом нахилу $\varphi=90^\circ$ можна помітити загальне збільшення напруги після відношення до матриці

під кутом нахилу 105° , в усьому перерізі, в усіх етапах процесу, що очевидно у зв'язку з великою мірою деформації заготовки. Тільки на першому етапі процесу, в матриці $\varphi=105^\circ$ виступає значна концентрація напруги на дні каналу, їх максимальні значення трохи більше, чим для матриці 90° , для якої напруга рівномірно розміщена уздовж стіни горизонтального каналу. У зв'язку з рівномірно розміщеною напругою в цій зоні і загальним збільшенням сили витискування, не спостерігається розшарування в головній частині заготовки. Після входу обох шарів в горизонтальний канал, має місце встановлена течія, де найбільша напруга виступає в зоні проникнення каналів, в плакуючі шарі, особливо у внутрішній кутовій частині і при нижній стіні горизонтального каналу (мал. 1.25, г). З точки зору можливості з'єднання шарів під час процесу рівно канальне кутове пресування істотним чинником є розміщення нормальної напруги на межі шару під час усього процесу. (рис. 1.26) [15]



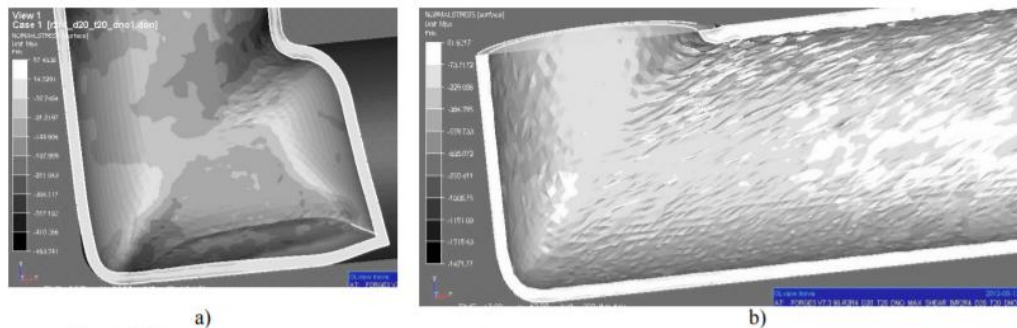
а) на початковому (невстановленому); б) на встановленому етапі деформації в матриці під кутом $\varphi = 105^\circ$

Рисунок 1.26 - Розміщення нормальної напруги на поверхні плакуючого шару [15]

На першому етапі можна спостерігати локальну концентрацію нормальної зрізуючої напруги на поверхні плакуючим шару (рис. 1.26, а). Найбільші значення напруги з'являються при внутрішнім кутовій частині

матриці перед входом шару в зону пластичної деформації, зате при зовнішній кутовій частині матриці, велика концентрація напруги виступає в місці контакту з дном горизонтального каналу. Значення напруги в цих зонах становлять біля - 300 МПа.

У інших місцях стику між шарами заготовки, з'являється менша зрізуюча напруга. У області зовнішньої кутової частини і головної частини заготовки, шари розшаровуються, що є наслідком присутності плюсової розтягуючої напруги (р.с. 1.26, а і рис. 1.25, а). У наступному етапі має місце встановлена течія шарів про локальні максимум розміщені на тих же областях, але при значно збільшених значеннях. Максимальні значення складають біля - 500 МПа на встановленому етапі (рис. 1.27, б), до - 700 МПа на кінцевому етапі. [15]



а) на початковому (невстановленому); б) на встановленому етапі деформації в матриці під кутом $\varphi = 90^\circ$

Рисунок 1.27 - Розміщення нормальної напруги на поверхні плакуючого шару [15]

У матриці $\varphi=90$ необхідність робити великі сили витискування для деформації заготовки, призводить до кращого виконання зовнішньої кутової частини на першому етапі процесу (рис. 1.27, а). Найбільша напруга на цьому етапі виступає в тих же областях, що в матриці $\varphi=105^\circ$, максимальних

значень досягають - 450 МПа. На другому і третьому етапі виступає повне виконання кутової частини матриці і однорідність напруги в горизонтальному каналі, значення під час цих етапів збільшуються до – 1000 МПа (рис. 1.27, б). Можна помітити, що нормальна напруга в зоні зовнішньої кутової частини перед входом в зону пластичної деформації має невеликі значення біля – 100 МПа а після входу біметалу в зону горизонтального каналу, вони піддаються різкому стисканню і вони досягають максимального значення, яке виступає від початку горизонтального каналу до головної частини зразку. [15]

1.9 Особливості формозміни оболонки біметалічного електроду свічки запалення ДВЗ

Широке поширення в автомобільній техніці отримали іскрові свічки запалення з біметалічним центральним електродом. Такий електрод істотно покращує технічні характеристики свічки запалення і підвищує її надійність.

Біметалічний електрод виготовляють прямим витісненням складених заготівель з поперечною або подовжньо-поперечною шаруватістю. Найбільш широке застосування для виготовлення електроду знайшли заготівлі з поперечною шаруватістю (рис. 1.28, а). [16]

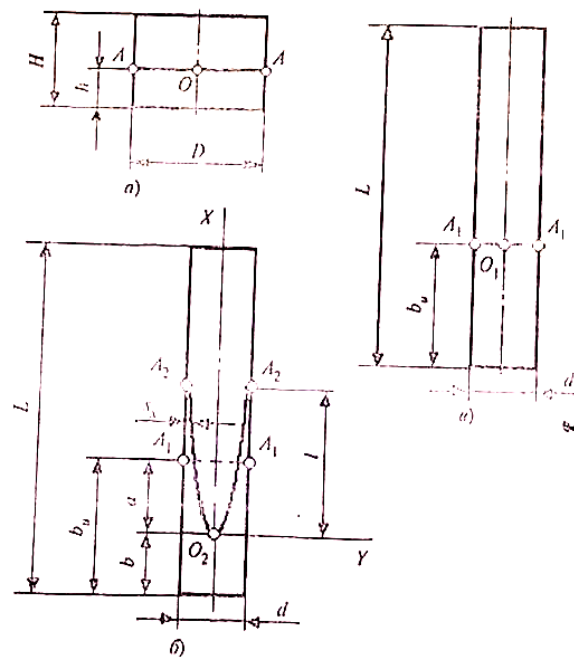


Рисунок 1.28 - Вихідна біметалічна заготівка з поперечно шаруватістю (а) та отриманим з неї реальній (б) та ідеалізований (в) пруток [16]

Електрод, отриманий із заготівлі, є біметалічним прутком (рис. 1.28, б), розміри оболонки якого грають визначальну роль в забезпеченні необхідних теплофізичних властивостей електроду і, як наслідок, в досягненні необхідного рівня технічних характеристик і надійності свічки. Тому актуальним являється встановлення закономірностей зміни розмірів оболонки електроду залежно від зміни умов деформації.

Огляд вітчизняних і зарубіжних літературних джерел показав, що відомостей з цього питання недостатньо. Матеріали, опубліковані в зарубіжній патентній і іншій науково-технічній літературі, носять дуже обмежений інформативний характер і не містять відомостей, що стосуються особливостей формозмінення оболонок електроду при його виготовленні. У вітчизняних наукових виданнях також дуже мало даних з цього питання. Тільки у декількох роботах показана можливість застосування даного способу спільного витискування для виробництва подібних виробів. [16]

Мета даної роботи - дослідження змін розмірів оболонки біметалічного електроду, отриманого прямим витисненням із заготівлі з поперечною шаруватістю, залежно від товщини нижнього шару початкової заготівлі - головного чинника, що має найбільший вплив на зміну розмірів оболонки.

Початкова біметалічна заготівля з поперечною шаруватістю має діаметр D , висоту H і товщину h нижнього шару (рис. 1.28, а). Отримані з неї методом прямого витискування з одним і тим же коефіцієнтом витягу реальний і такий, що ідеалізується прутки представлені на рис. 1.28, б і в. [16].

Висновок

У біметалі шари мають різні функції і називаються - основний і наплавлений. Основний шар переймає на себе механічні навантаження, наплавлений шар має високу зносостійкість і виконує захисну функцію. Максимальна зносостійкість досягається за рахунок застосування власної запатентованої технології виробництва, яка має на увазі повну автоматизацію процесу наплавлення, що дозволяє контролювати усі його параметри: величину зварювального струму, напругу на дузі, виліт електроду, стабільність швидкості наплавлення, температурний режим шару, що наплавляється, швидкість поперечного переміщення електродів.

Перевагою двошарового металу є можливість виготовлення з нього готових виробів практично будь-якої форми, з урахуванням вальцювання і гнучкі. Складання, з'єднання і закріплення біметалічних виробів на поверхні, що захищається, робиться або за допомогою зварювання, або за допомогою болтових з'єднань, шпильок і т. д.

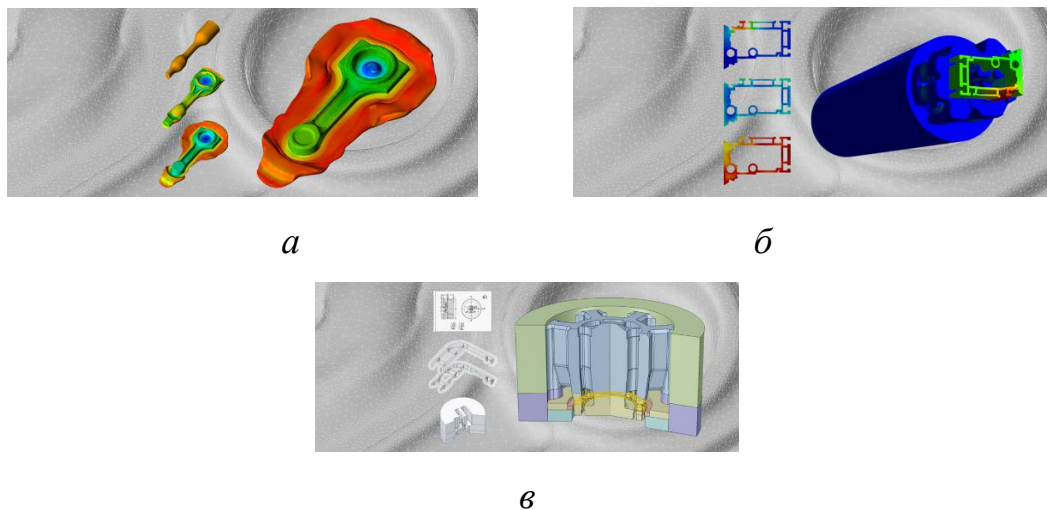
Сфери застосування біметала самі різні. Цей матеріал дозволяє підприємствам захистити виробниче устаткування або устаткування на інжиніринговому обслуговуванні, що піддалося зносу і що потребує збільшення терміну експлуатації. Біметал активно використовується при виготовленні реакторів, колон, теплообмінного устаткування і різних місткостей.

2 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОМТ QFORM

QForm 2D/3D - програмний комплекс для моделювання і оптимізації процесів обробки металів тиском. Програма ґрунтована на методі кінцевих елементів, розробляється фірмою "QuantorForm" (Великобританія).

Сфера застосування QForm включає процеси об'ємного штампування (холодної і гарячої), кування, пресування, вальцювання, розкочування, плющення і тому подібне.

Qform - професійне технічне програмне забезпечення, використано для моделювання, аналізу і оптимізації металевих процесів формування, що забезпечують чудову надійність (рис. 2.1) . [17]



а- об'ємна штамповка; б-пресування; в-штамп

Рисунок 2.1- Моделювання металу [18]

2.1 Призначення програми QForm

Програми комп'ютерного моделювання процесів ОМТ7 призначені для аналізу великих деформацій металу (ми часто говоримо "течії металу") в технологічних процесах типу штампування, пресування, плющення та ін. При цьому моделюється власне формозмінення металу, розподіл температури, деформацій і напруги, як в заготовлі, що деформується, так і в робочих інструментах (штампах, вальцях, матриці пуансоні), які випробовують значні навантаження. [19]

Поняття точності припускає хорошу відповідність результатів, отриманих моделюванням, реальним процесам як по формозміненню (заповнення штампів, можливе утворення складок і інших дефектів), так і за іншими параметрами (температура, зусилля деформації і так далі). [19]

2.2 Основні особливості системи

QForm є повнофункціональним об'єктно-орієнтованим додатком Windows. Простий і інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс робить систему доступною і легкою у використанні навіть для початкових користувачів персональних комп'ютерів. Завдяки наявності анімаційної системи допомоги і підказки система зручна у вивченні. [20]

Повністю інтегрована архітектура QForm забезпечує синхронне виконання робіт будь-якої частини програми. Немає ніякого жорсткого розділення системи на препроцесори і постпроцесори. Візуалізація процесів формозмінення відбувається одночасно з розрахунком, що дозволяє негайно

інтерпретувати отримувані результати і вносити в технологію необхідні зміни. [21]

При підготовці початкових даних користувач оперує виключно технологічними поняттями і спілкується з системою на звичній мові конструктора-технолога, а майстер підготовки початкових даних в режимі "питання-відповідь" дозволяє швидко і легко ввести усі необхідні для розрахунку параметри. [20]

QForm забезпечує автоматичне формування розрахункових моделей (розбиття на кінцеві елементи), що дозволяє забезпечити високу точність розрахунку, не залежну від кваліфікації користувачів.

QForm дозволяє проаналізувати увесь технологічний ланцюжок отримання поковки, включаючи нагрів, охолодження і пластичну деформацію на усіх переходах, зміну властивостей матеріалу. Імітаційне моделювання такого технологічного ланцюжка виконується автоматично і дає можливість користувачеві швидко і ефективно проаналізувати декілька різних варіантів за принципом "що, якщо". [20]

З усіх перерахованих особливостей найбільш суттєва відмінність системи QForm від аналогів полягає в її граничній простоті для користувачів. Це абсолютний рекорд, який "КванторФорм" тримає на ринку САЕ- систем моделювання пластичної деформації вже декілька років. Програма зрозуміла і доступна будь-якому технологіві як з вищою освітою, так і без неї.

Аналіз об'ємного штампування в системі QForm може бути виконаний в одній площині, коли форма штампованої деталі є тілом обертання. В цьому випадку досить ефективно виконується аналіз в подовжньому перерізі, що проходить через вісь деталі. Такий же ефективний аналіз в перерізі для випадку, коли тіло має витягнуту в одному напрямі форму (наприклад, балка). Тут розрахунок виконується для поперечного перерізу. Якщо деталь по довжині має змінний переріз, то досліджується де що найбільш характерних перерізів. І третій, найбільш складний випадок - коли

штампована деталь не має яскраво виражених площин перерізу. В цьому випадку вирішується тривимірне завдання, яке досі у всьому світі вважається найбільш складним і, на жаль, поки не має задовільного рішення. [20]

Аналіз процесів пластичної деформації з використанням методу кінцевих елементів істотно відрізняється від міцного аналізу. Однією з важливих особливостей в міцності аналізі є припущення про несуттєвий формозміненого навантаженого виробу, тому для виконання міцного аналізу в розрахунковій моделі досить побудувати тільки одну звичайно-елементну сітку. При аналізі процесів пластичної деформації необхідно простежити і проаналізувати усю історію формозмінення від заготівлі до готової поковки.

Тому доводиться вирішувати сотні і навіть тисячі нелінійних завдань, перш ніж користувачеві буде видано рішення кінцевої конфігурації. До речі, це одна з головних причин, по яких рішення тривимірних завдань в області штампування істотно відстає від рішення тривимірних завдань в області міцного аналізу. [20]

2.3 Можливості розрахункової програми

Робиться розрахунок холодного, теплого і гарячого об'ємного штампування. Кількість інструментів може бути задана до 20 з довільним напрямом руху. Висока точність розрахунку течії металу. Передбачається виникнення різних штампувальних дефектів, таких як незаповнення гравюри, затиски і простріли. Характер течії металу може бути оцінений по Лагранжевих лініях, що розраховуються, в заготівлі. Передбачено також трасування розрахункової інформації у будь-якій матеріальній точці заготівлі в процесі формозмінення. [17]

Геометрія інструменту і заготівлі в процесі розрахунку течії металу апроксимується квадратичними поверхневими кінцевими елементами. Сітка усередині заготівлі і інструментів створюється на основі лінійних тетраєдрів. Для 3D розрахунку початкові геометричні дані імпортуються в QShape - тривимірний графічний модуль QForm, з CAD систем користувача у форматі *.STEP/IGES. Для 2D розрахунку плоскі геометричні дані імпортуються в QDraft - двовимірний графічний модуль QForm, з CAD систем користувача у форматі *.DXF. Повністю автоматичне створення первинної адаптованої звичайно-елементної сітки. В процесі розрахунку сітка перебудовується автоматично без втручання користувача. Процес покрокового розрахунку здійснюється з повним автоматичним налаштуванням кроку і приросту. Заготівля розглядається як жорстко-пластичне тіло, що деформується в неізотермічних умовах. Можливий розрахунок порошкових (пористих) матеріалів в 3D. Охолодження/нагрів може бути розрахований як термопружне завдання. [17]

Наприклад, після гарячого штампування можна розрахувати зміну форми і порахувати виниклу напругу в тілі після охолодження. Інструмент розраховується як пружно-пластичне тіло в ізотермічних умовах. Можливий розрахунок переміщення заготовки під дією гравітації з урахуванням впливу тертя і інерції, а також визначення її положення перед штампуванням в інструменті із складною поверхнею.

Опір деформації матеріалу заготівлі залежить від деформації, температури і швидкості деформації. Інші властивості матеріалу, такі як щільність, теплопровідність, теплоємність, модуль Юнга, межа плинності, залежать від температури. У базі даних QForm містяться більше 1000 марок сталей, а також інші сплави на основі кольорових металів. Технологічний процес штампування розглядається як технологічний ланцюжок, який може складатися з 2D і 3D операцій, між якими заготівля передається автоматично. На заготівлі можливе завдання до 3 площин симетрії. [17]

Між вертикальними площинами симетрії може бути будь-який кут. Можливий розрахунок з ротаційною симетрією, наприклад штампування валетом. Програма забезпечує розрахунок варіантів в пакетному режимі. Заготовка може бути відновлена з частини до цілого при розрахунку технологічного ланцюжка. Робиться оцінка зносу інструменту в процесі штампування. Враховується вплив бандажних кілець при розрахунку напруги і деформацій в 3D інструменті. При розрахунку 2D інструменту може розглядатися складений інструмент з проміжками і натягом. Деформація заготовки може бути порахована на механічному, ексцентриковому або кривошипному пресах, молотах, як шаботних так і бесшаботних гвинтових і гідравлічних пресах. [17]

Параметри процесу (час, кінцеве положення інструментів, температура і т. д.) задаються за допомогою інтуїтивно-зрозумілого помічника завдання початкових даних, що забезпечує повноту [17] даних і оберігає від помилок.

Можливості програми

- моделювання кування
- моделювання об'ємного штампування (холодної та гарячої)
- моделювання вальцювання і плющення
- моделювання процесів розкочування
- моделювання екструзії (пресування профілів)
- моделювання термообробки
- моделювання зміни мікроструктури під час технологічного процесу

Переваги [17]

- можливість імпорту геометричних даних з більшості CAD;
- просте завдання початкових даних в майстрові;
- редаговані бази матеріалів, мастил і устаткування

Недоліки [17]

Відсутня можливість написання призначених для користувача підпрограм для постобробки даних, що обмежує можливості використання програми в дослідних цілях.

В новій версії програми QForm 7 ця функція була додана.

2.4 Робота QForm

Наприклад, при виборі гарячого об'ємного штампування заготовка має бути нагріта до заданої температури (наприклад, для сталі нагрів матеріалу заготівлі здійснюється до 1200° С). У печі вона нагрівається рівномірно за усім обсягом. У момент витягання заготовки з печі починається процес її охолодження на повітрі. Тому першим етапом є моделювання охолодження рівномірно нагрітої заготовки після виходу з печі. [20]

На цьому етапі вводяться вже готові дані по геометрії заготовки, з бази даних вибирається її матеріал, задаються температура нагрітої заготовки і час її охолодження на повітрі.

Наступний етап аналізу - охолодження частини нагрітої заготовки, що є у контакті з нижньою частиною штампу. Початковий стан заготовки наслідуює з попереднього переходу. Користувач задає тільки час охолодження заготовки на нижній частині штампу до моменту її зіткнення з верхньою частиною штампу, а також такі параметри, як тип мастила (наприклад, графіт з водою) і температура штампу (наприклад, 200°С- типова температура нагріву штампу для гарячого об'ємного штампування).

У разі коли поковку передбачається отримувати за один перехід, призначається завершальний етап - безпосередній процес пластичного формозмінення заготовки. В якості початкових даних користувач з бази даних вибирає прес (наприклад, механічний), задає відстань між верхньою і

нижньою частинами штампу в закритому стані (фактично це товщина облоя). Дані про інструмент і заготовку автоматично передаються з попереднього переходу. [20]

На цьому побудова ланцюжка фізичного перетворення заготовки закінчується, і програма запускається на розрахунок. Ні на одному з етапів від користувача не було потрібно якісь спеціальні знання, окрім чисто технологічних. Усю роботу, пов'язану з побудовою звичайно-елементної сітки і з її подальшою модифікацією в процесі виконання розрахунку, програма виконала автоматично непомітно для самого користувача. Проте, якщо подивитися на автоматично згенеровану сітку, можна побачити, що вона неоднорідна і має найбільшу щільність там, де відбуваються найбільш інтенсивні деформації (рис. 2.3). На кожному кроці деформації будується своя звичайно-елементна сітка, з таким розрахунком, щоб складові її елементи за формою були як можна ближчі до рівносторонніх трикутників (відомо, що якщо елемент спотворений, наприклад сильно витягнутий, то точність апроксимації істотно падає). Автоматична перебудова сітки на кожному кроці деформації - дороге задоволення, але якщо цього не робити, то на наступному кроці аналізу витягнуті кінцеві елементи приведуть до істотного зниження точності оцінки. Творцям QForm за десять років роботи в області моделювання процесу пластичного моделювання вдалося розробити ефективний алгоритм швидкої і якісної перебудови сіток. На це йдуть всього частки секунди на кожному кроці деформації. [20]

Кожен етап процесу моделювання користувач може спостерігати як після закінчення розрахунку, так і під час виконання комп'ютерного аналізу. Зокрема, він може спостерігати:

- як змінюється температура поковки (з точною її оцінкою у будь-якій точці досліджуваного перерізу, що цікавить його);
- конфігурацію так званих лагранжевих ліній, які з фізичної точки зору є не що інше, як волокна макроструктури матеріалу;

- як розподіляються накопичені деформації усередині і на поверхні поковки;
- в якій послідовності заповнюються порожнини інструменту і так далі.

На кожному етапі можлива побудова різних графіків. Наприклад, залежність зміни зусилля від часу на етапі пластичної деформації.

Отримана в результаті чисельного моделювання поковка може бути віддана додатковому аналізу на предмет її подальшої механообробки. [20]

Відомо, що однією з переваг застосування об'ємного штампування при виготовленні деталей в порівнянні з литтям є забезпечення більш високої якості виробу. Це пов'язано з тим, що кристалізація металу у міру охолодження відливання йде від центру до її поверхні, і хаотична орієнтація кристалічних зерен усередині матеріалу частенько залишає бажати кращого по відношенню до напрямку дії основних навантажень, що сприймаються деталлю. Використання операції штампування дозволяє досягти в цілому більш високих властивостей металу, забезпечити необхідну орієнтацію волокон і тим самим додатково підвищити міцність деталі.

Але тут є один нюанс, який також слід враховувати. Річ у тому, що в переважній більшості випадків форма поковки відрізняється від форми деталі, що виготовляється, тому її віддають механообробки. В результаті деякі волокна виявляються такими, що підрізають. Щоб це візуально контролювати, QForm показує зображення контура деталі, накладене на зображення поковки.

Крім того, властивості матеріалу за об'ємом поковки будуть неоднаковими в силу нерівномірної деформації і, отже, зміцнення (рис. 2.2).

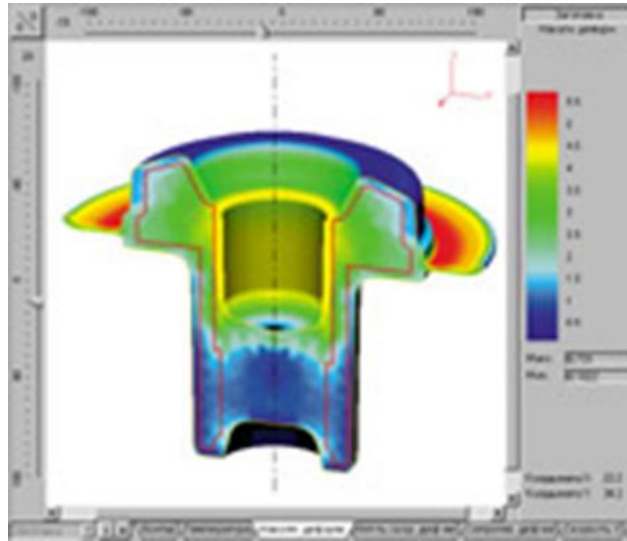


Рисунок 2.2 - Контур деталі, накладений на поковку із зображенням течії (ліворуч) і з розподілом накопиченої степені деформації [20]

Інформація по розподілу деформації також представляє інтерес для фахівця з термообробки. Проаналізувавши усі дані по накопиченій деформації, він може призначити які-небудь режими подальшої термообробки деталі, що особливо важливо для холодного об'ємного штампування.

І останнє, на що слід звернути особливу увагу, - це виконання аналізу напруженого стану деформованого інструменту. Тут за допомогою системи QForm користувач має можливість враховувати пружні деформації інструменту, поковки, що призводять до відхилення форми, від заданої, прогнозувати появу пластичної деформації в критичних зонах інструменту (рис. 2.3, рис. 2.4), що при великій кількості циклічних навантажень призводить до утворення тріщин. [20]

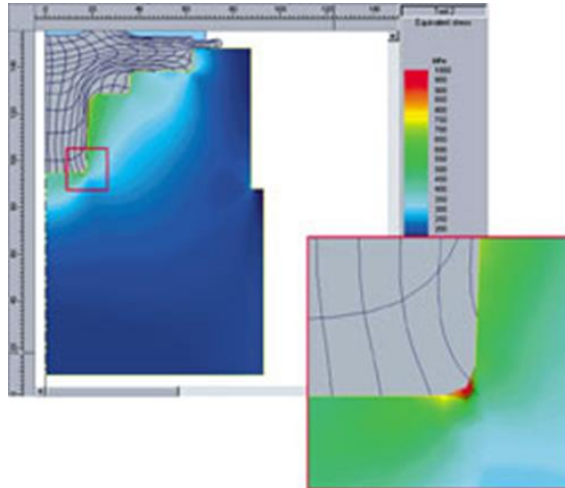


Рисунок 2.3 - Інтенсивність напруги в деформуючому інструменті [20]

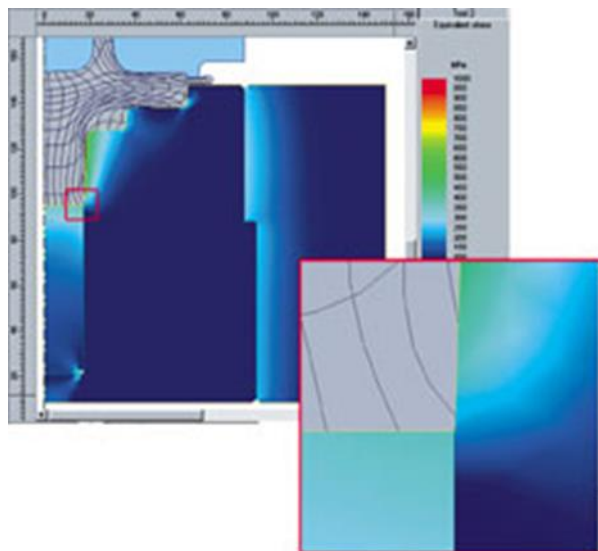


Рисунок 2.4 - Застосування складеного інструменту забезпечує зникнення пластичної зони [20]

Висновок

Основним завданням QForm є заміна натурального експерименту комп'ютерним моделюванням. Технологу пропонується інструмент, за

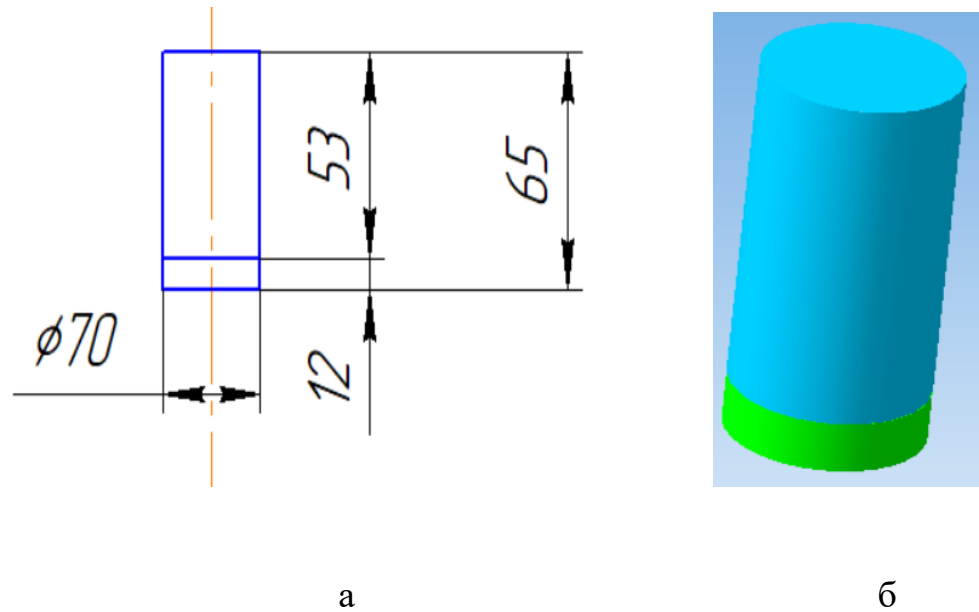
допомогою якого він міг би проектувати штампи і поковки, проводити дослідження не виходячи в цех до штампу, а перебувати за комп'ютером, вивчаючи процеси пластичної деформації і вносити всі необхідні зміни.

QForm універсальний комплекс для математичного моделювання процесів обробки металів тиском. У програмі вдається поєднати унікальний інтерфейс з широкою функціональністю, завдяки цьому, моделювання стає легшим.

QForm поставляється з великою базою даних деформованих матеріалів, інструментальних матеріалів, обладнання та мастил. Завдяки всім цим особливостям, програма популярна не тільки серед дослідників, але і серед інженерів-технологів.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вихідні данні (рис. 3.1) відповідає гарячій штамповці видавлювання на механічному пресі



а – ескіз біметалевої заготовки; б – 3D-модель заготовки

Рисунок 3.1 - Вихідна заготовка

Вихідна дані до розрахунку:

Механічний прес – 25 МН

Мастило для верхнього і нижнього інструментів – машина олива і графіт.

Матеріал інструменту – 5ХНМ

Технологічні параметри процесу:

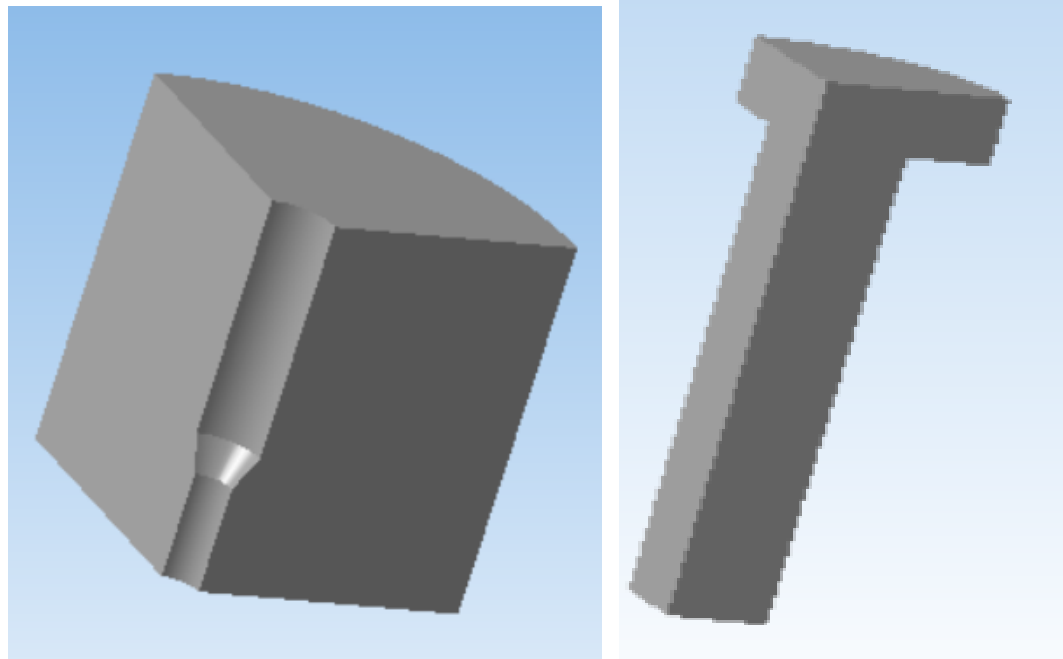
Температура інструменту і штампа – 100°C

Час транспортування заготовки від печі до пресу – 3 с

Час охолодження заготівки в штампі – 2 с

Кінцева відстань між інструментами – 5 мм

На першому етапі підготовки були створені моделі штампа і заготовки в програмному забезпеченні КОМПАС 3D V14 (Рис.3.2)



а

б

а – контейнер; б – пуансон;

Рисунок 3.2 – Отримання моделей для подальшого використання

На наступному етапі зберігаємо моделі у форматі *.STEP або *.IGES, після того відкриваємо в програмі QShape, яка розроблена для підготовки об'єктів геометрії для подальшого моделювання у QForm.

Геометричні моделі складаються з геометричних об'єктів, що відображають у вигляді структури у відповідних вікнах зображених на (рис.3.3).

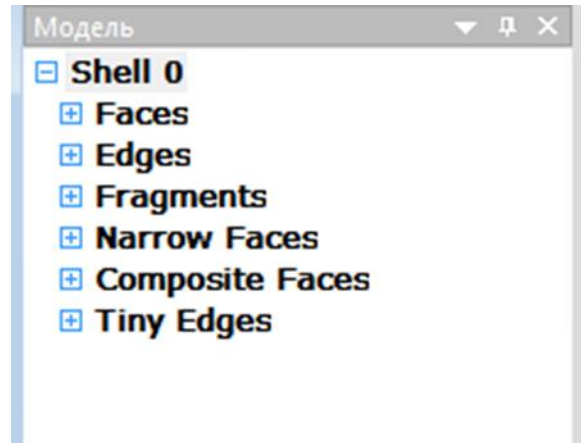
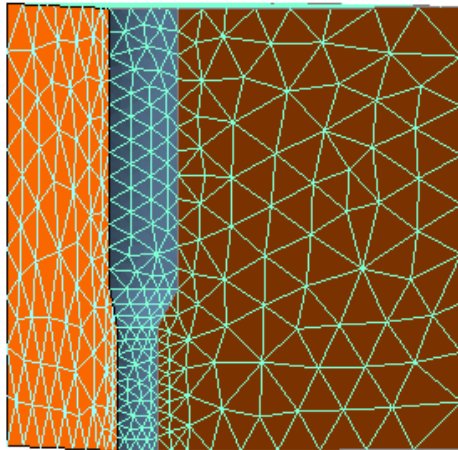


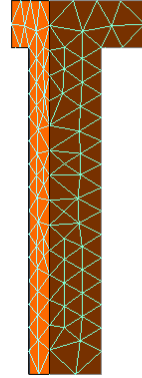
Рисунок 3.3 - Типи геометричних об'єктів в QShape

Об'єкти, зображені на рис. 3.3 це: поверхні, ребра, ланцюжки і границі. У списку Faces знаходяться всі поверхні, з яких складається тіло. У Edges- ребра, NarrowFaces - вузькі поверхні, TinyEdges- малі ребра. Проводимо виправлення і видалення дрібних дефектів поверхонь.

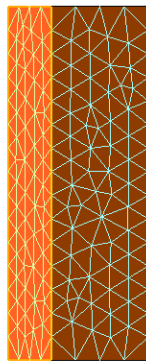
Вибираємо об'єкт Shell і генеруємо сітку, після чого його поверхні розбиваються на трикутні кінцеві елементи В місцях де великий градієнт деформації, великий температурний градієнт, сітка автоматично подрібнюється (рис. 3.4). Після розбиття задаємо імена нашим об'єктам.



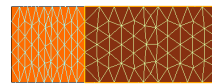
a



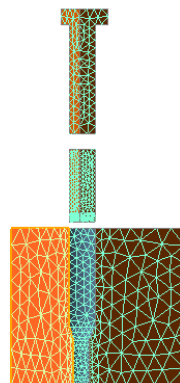
б



в



г



д

а – контейнер; б – пуансон; в – верхня деталь; г – нижня деталь; д – штамп

Рисунок 3.4 – Позиціонування об'єктів

Для подальшого моделювання в QForm зберігаємо наш файл, з позиціонувати об'єктами, в форматі *.SHL, призначений для моделювання деформації заготовки та розрахунку напружень в інструментах. На цьому підготовка необхідних даних завершена.

Головною задачею QForm є прогнозування також оптимізація процесів обробки металів тиском, натурного досвіду в комп'ютерній прогнозування.

Присутність підготовці початкових відомостей оперує тільки науково-технічні міркуваннями також контактує з концепцією в звичайному стилі конструктора-технолога, але Спеціаліст підготовки початкових відомостей у порядку "проблема-відповідь" дає можливість стрімко також просто впровадити всі без винятку необхідні відомості з метою розрахунку.

QForm гарантує механічне розвиток обчислених модифікацій, то що дає можливість гарантувати значну достовірність розрахунку, ніяк не підходить з кваліфікації користувачів.

QForm - тільки одна програма прогнозування пресування профілів, яка розраховує загальну деформаційних проблему. Множинні індустріальні дослідження виявили, то що деформування приладу здатний породжувати області негативних також позитивних ухилів в окремих складових спочатку безпосереднього недеформованого паска, то що призводить до суттєвих змін в швидкості напрямки використаного матеріалу.

4 ЧИСЕЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК КОМБІНАЦІЙ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ БІМЕТАЛЕВОЇ ЗАГОТОВКИ

Розглянувши деякі комбінації металів при моделюванні процесу видавлювання біметалевої заготовки в програмі QForm, визначили вплив факторів гнучкої деформації на перебіг процесу.

Під час розрахунків було виявлено поєднання, які неможливо утворити в заданій моделі деформування, а також поєднання, рекомендовані до виконання.

4.1 Важкоутворювані біметалеві сполучення

В ході роботи було проведено декілька дослідів, які показали що сприятливим для формоутворення біметалевої заготовки при видавлюванні є західний кут матриці, рівний 60° . При видавлюванні із кутом 120° спостерігаються значні мертві зони, які гальмують процес деформації.

Наведені технологічні схеми мають низку особливостей:

1. Матеріал верхньої частини заготовки Ст.45;

Матеріал нижньої частини заготовки М1;

Температура нагріву заготовки $t=800^\circ\text{C}$;

Західний кут матриці 120° ;

Температура нагріву інструменту $t_{\text{інстр}}= 100^\circ$

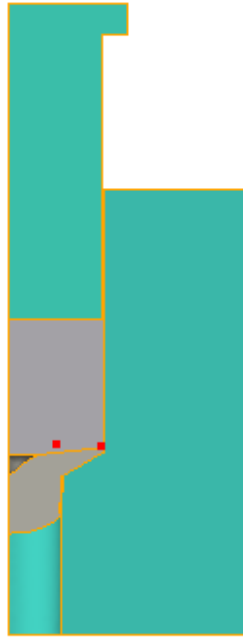


Рисунок 4.1 - Процес розшарування

2. Матеріал верхньої частини заготовки Д16;
Матеріал нижньої частини заготовки М1;
Температура нагріву заготовки $t=500^{\circ}\text{C}$;
Західний кут матриці - 120° .



Рисунок: 4. 2 - Процес розшарування

3. Матеріал верхньої частини заготовки Ст.10;
Матеріал нижньої частини заготовки М1;
Температура нагріву заготовки $t=900^{\circ}\text{C}$;
Західний кут матриці 60° .



Рисунок: 4. 3 – Процес розшарування

Таблиця 4.1 – Варіанти комбінацій важкоутворюваних біметалевих сполучень

Варіанти	Матеріал верхньої частини	Матеріал нижньої частини	Західний кут матриці	t° нагріву заготовки	t° нагрів. інструменту
1	Ст 45	М1	120°	800°C	100°C
2	Ст 45	М1	120°	900°C	100°C
3	ХН75МБТЮ	М1	120°	900°C	100°C
4	Д16	М1	120°	500°C	100°C
5	Ст 45	Д16	60°	300°C	100°C
6	Ст 45	М1	60°	900°C	100°C
7	Ст 45	Д16	60°	300°C	100°C
8	40ХН2М2	М1	60°	950°C	100°C
9	Ст 10	М1	60°	900°C	100°C
10	Ст 10	Д16	60°	300°C	100°C
11	Ст 10	М1	60°	250°C	100°C

Висновок. Рекомендовано виконувати західний кут матриці величиною 60°. При великому західному куті (120°) спостерігаються зони застою, де метал заготовки значно вистигає. Було розглянуто комбінації твердого і м'якого металів, які при видавлюванні розшаровуються. Це пояснюється тим, що механічні характеристики міді та сталі, цілковито різні. Мідь більш пластична при вказаній температурі нагрівання і тече швидше, ніж вуглецева сталь. Центральні шари знаходяться під дією деформаційного розігріву і їхня пластичність вища, а зовнішні шари дещо охолоджуються через контакт з інструментом. Враховуючи таку схему деформації, відбувається розшарування металів біметалічної заготовки в передбачуваній зоні з'єднання. При комбінації міді з алюмінієм (4 варіант), виявили, що

відбувається ковальське зварювання матеріалів при видавлюванні. Це пояснюється схожими механічними характеристиками матеріалів. Але процес повністю здійснити не вдалося через геометричну модель штампу. Тому рекомендовано для такого варіанту з'єднання використовувати матрицю із меншим західним кутом та меншим відношенням діаметрів заготовки до готового виробу ($D/d < 2$).

4.2 Отримання шаруватих біметалевих заготовок видавлюванням

Під час проведення досліджень було виявлено комбінації матеріалів та рекомендовану геометрію штампного інструменту, які забезпечують утворення біметалевої заготовки.

Розглянемо, технологічні схеми деформації:

1. Матеріал верхньої частини заготовки Д16;

Матеріал нижньої частини заготовки М1:

Температура нагріву заготовки $t = 500^\circ\text{C}$;

Західний кут матриці 60° ;

Температура нагрівання інструмента $t_{\text{інстр}} 100^\circ\text{C}$.

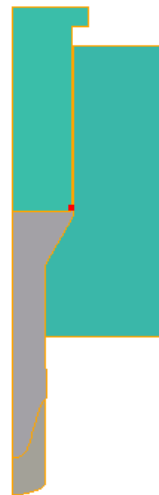


Рисунок 4.4 – Формоутворення біметалевої заготовки, комбінація Д16-М1

В зоні контакту заготовки з інструментом температура знижується через втрати тепла, на кінцевій частині заготовки спостерігаємо підвищення температури, що пояснюється високою теплопровідністю міді та деформаційним розігрівом (рис. 4.5).

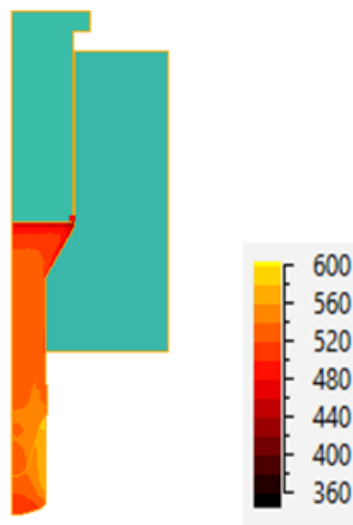


Рисунок 4.5 – Діапазон температур заготовки, комбінація Д16-М1

Швидкість деформації рівномірна, тільки в західній частини матриці спостерігаються деякі збільшення (рис. 4.6).

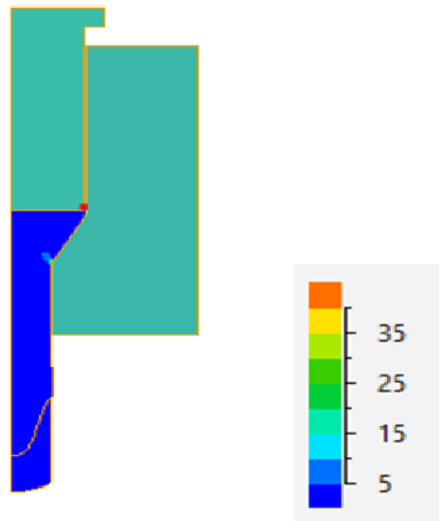


Рисунок 4.6 – Діапазон швидкості деформації, комбінація Д16-М1

Пластична деформація відносно рівномірна, дещо знижена у зоні контакту пуансона з заготовкою, що характерно для даного процесу. В кінцевій частині заготівки пластична деформація також знижена – це пояснюється вистиганням заготівки (рис. 4.7).

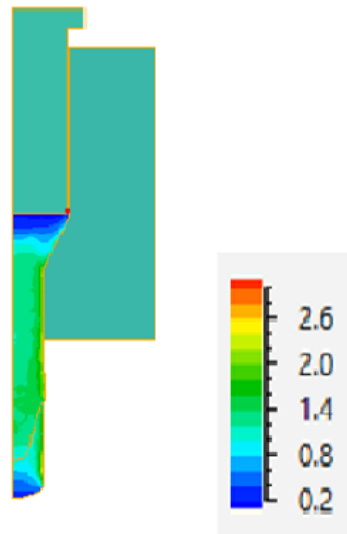


Рисунок 4.7 – Діапазон пластичної деформації, комбінація Д16-М1

Максимально інтенсивність напруження спостерігається в активній зоні деформації, що пояснюється збільшеною швидкістю деформації через градієнт перерізів заготовки; в стрижневій частині заготовки – відносно рівномірно (рис.4.8).

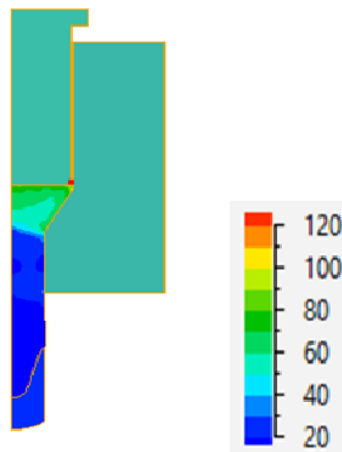


Рисунок 4.8 - Діапазон інтенсивності напруження, комбінація Д16-М1

В активній зоні деформації спостерігається напруження стиснення з характерними від'ємними значеннями. В стрижневій частині напруження змінюються на позитивні розтягуючі (рис. 4.9).

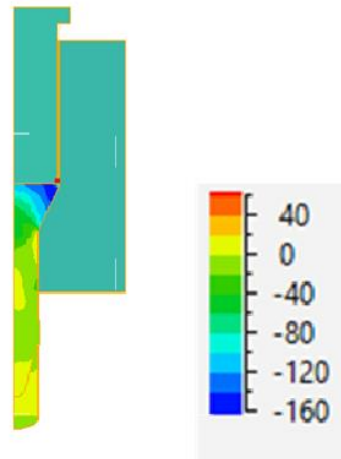


Рисунок 4.9 – Діапазон середньої напруга, комбінація Д16-М1

Аналізуючи розподіл вектора швидкості деформації, можна сказати, що у верхній частині заготовки (в активній зоні деформації) метал тече повільніше, а у стрижневій частині – швидше. Це пояснюється градієнтом перерізів заготовки (рис. 4.10).

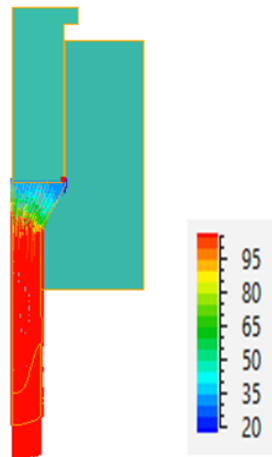


Рисунок 4.10 – Діапазон вектору швидкості, комбінація Д16-М1

В ході розрахунків, було обчислено розподіл температурного поля інструменту в зоні його контакту із нагрітою заготовкою. Температура інструменту 100°C , а температура заготовки - 500°C . У зоні контакту спостерігається теплообмін та деяке підвищення температури (рис. 4.11).

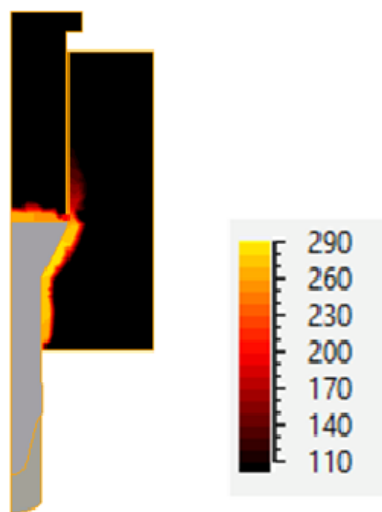


Рисунок 4.11 – Діапазон сумісного температурного поля заготовки та інструменту, комбінація Д16-М1

Було побудовано графік залежності зусилля деформації видавлювання від часу перебігу процесу (рис. 4.12). Максимальне зусилля деформації становит 0,506 МН і спостерігається в момент входження заготовки у західний отвір матриці.

Инструмент 1 - Усилие, МН

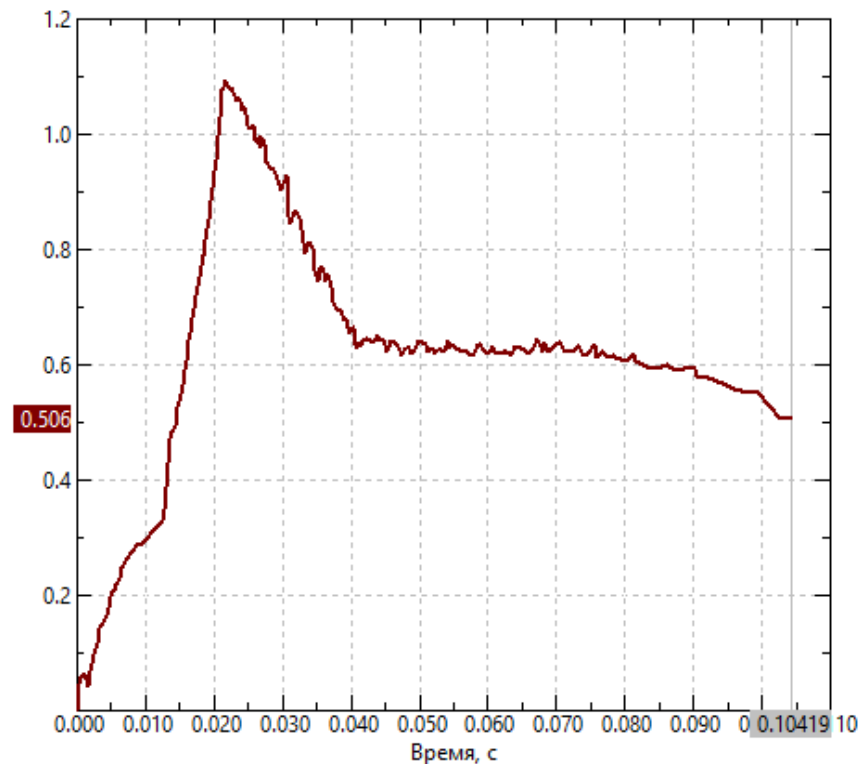


Рисунок 4.12 – Графік залежності зусилля деформації від часу, комбінація Д16-М1

2. Матеріал верхньої частини заготовки Mg;
- Матеріал нижньої частини заготовки М1;
- Температура нагріву заготовки $t=250^{\circ}\text{C}$;
- Температура нагрівання інструменту $t_{\text{інстр}} - 80^{\circ}\text{C}$;
- Західний кут матриці - 60° .

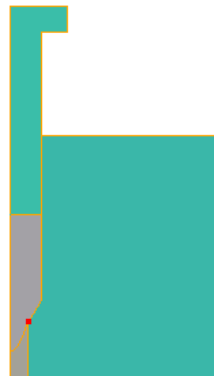


Рисунок 4.13 – Формоутворення біметалевої заготовки , комбінація Магній-М1

В зоні контакту заготовки, $t_{\text{інст}}=60^\circ$, а температура заготовки 250°C , йде теплообмін вниз на контактній заготовки, що пояснюється низькою теплопровідністю. (рис. 4. 14)

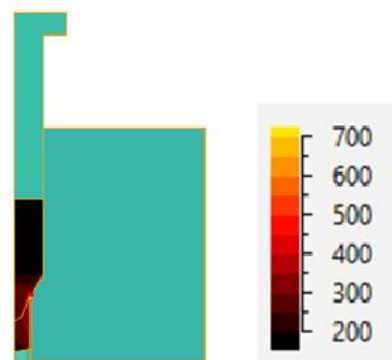


Рисунок 4.14 – Діапазон температури заготовки , комбінація Магній-М1

Швидкість деформації по всій заготівки рівномірна, тільки в західній частині кута спостерігається деякі зміни (500 МПа) (рис. 4.15).

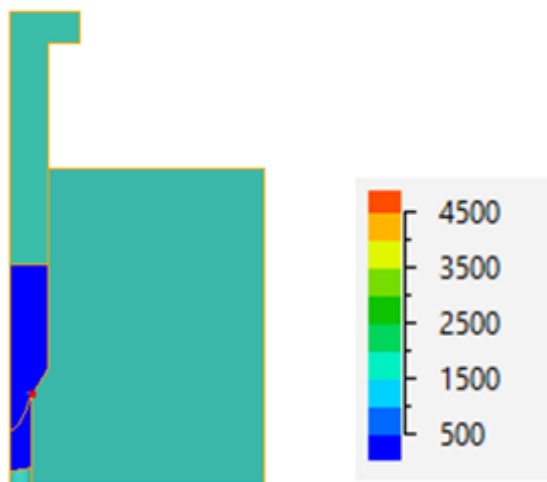


Рисунок 4.15– Діапазон швидкості деформації, комбінація Магній-М1

Пластична деформація відносно рівна, але трішки збільшена в зоні взаємодії пуансона на заготовку, що не дуже характерно для цього процесу в кінцевій частини заготовки. Також визначили, що відбувається вистигання заготовки після деформації (рис. 4.16).

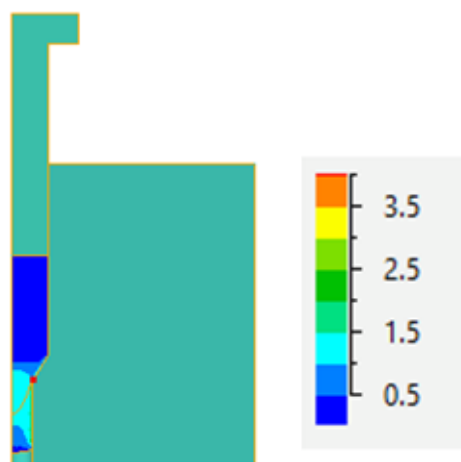


Рисунок 4.16 – Діапазон пластичної деформації , комбінація Магній-М1

В зоні заготовки спостерігається постійне змінення інтенсивність напруження 40-280 МПа (рис. 4.17).

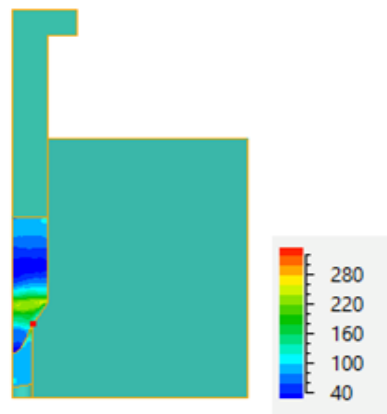


Рисунок 4.17 - Діапазон інтенсивного напруження, комбінація Магній-М1

В активній зоні деформації спостерігається стиснення із характерними позитивними значеннями порядку 500 МПа, а розтягування 100 МПа (рис. 4.18).

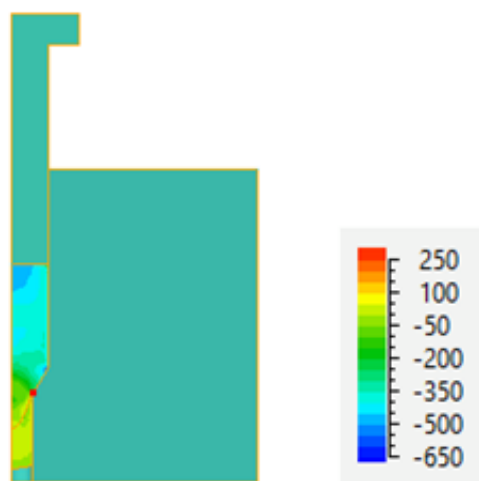


Рисунок 4.18 – середня напруга – діапазон, комбінація Магній-М1

В зоні деформації, спостерігаємо, підвищення швидкості витікання металу в стрижневій частині заготовки, в порівнянні із активної зони деформації (рис. 4.19).

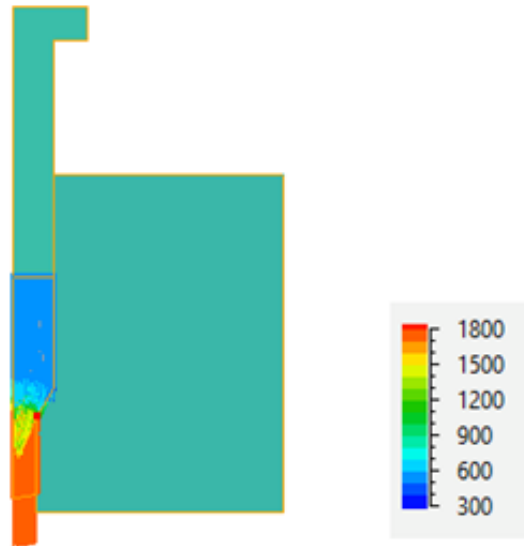


Рисунок 4.19 – вектор швидкості – діапазон, комбінація Магній-М1

В зоні контакту, при $t_{\text{інстр}}=60^\circ$, а при температурі нагріву заготовки 250°C , відбувається збільшення температури.

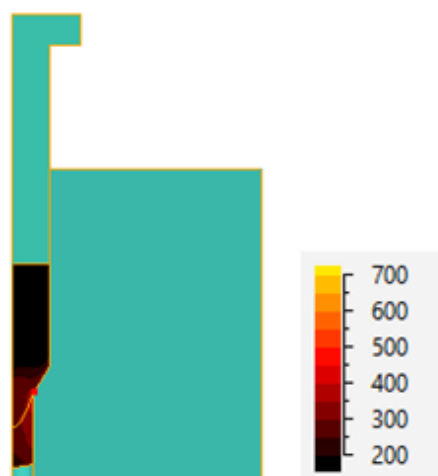


Рисунок 4.20 – Діапазон сумісного температурного поля заготовки та інструменту, комбінація Магній-М1

Було побудовано графік залежності зусилля деформації видавлювання від часу перебігу процесу (рис. 4.20). Максимальне зусилля деформації становит 0,0500 МН і спостерігається в момент входження заготовки у західний отвір матриці

Инструмент 1 - Усилие, МН



Рисунок 4.21 - Графік залежності зусилля деформації від часу, комбінація Магній-М1

3. Матеріал верхньої частини заготовки М1;

Матеріал нижньої частини заготовки нікелевий сплав (НПА1);

Температура нагріву заготовки $t=950^{\circ}\text{C}$;

Температура нагрівання інструмента $t_{\text{інст}}-100^{\circ}$;

Західний кут матриці 60°

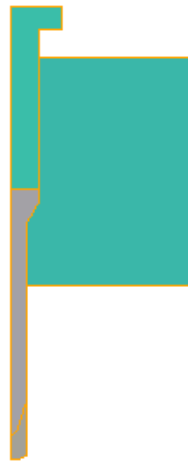


Рисунок 4.22 – Формоутворення біметалевої заготовки , комбінація мідь (М1) - нікелевий сплав (НПА1)

В зоні контакту заготовки відбувається збільшення температури, тому в стрижневій частині заготовки температура збільшується, це пояснюється тим, що метал тече швидше (рис. 4.23).

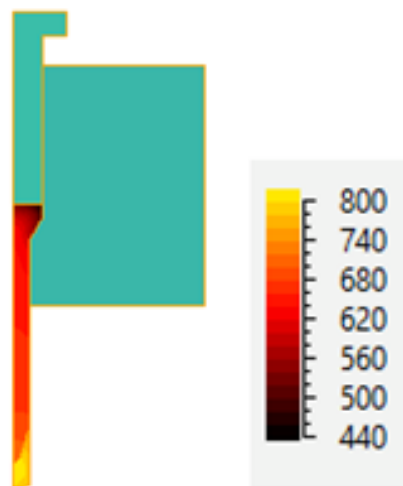


Рисунок 4.23 – Діапазон температури заготовки, комбінація мідь (М1) - нікелевий сплав (НПА1)

Швидкість деформації по всій заготовці рівномірна, і становить близько 10 мм / с (рис. 4.24).

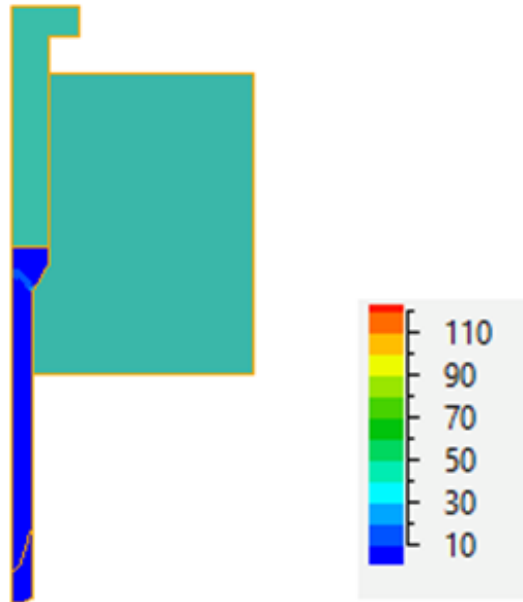


Рисунок 4.24 – Діапазон швидкості деформації, комбінація мідь (M1) - нікелевий сплав (НПА1)

В зоні контакту пуансона із заготовкою, спостерігається дещо менші значення пластичної деформації (0, 2 МПа) в порівнянні із західної частини матриці (2,0 МПа), де саме відбувається інтенсивність деформації (рис. 4.25).

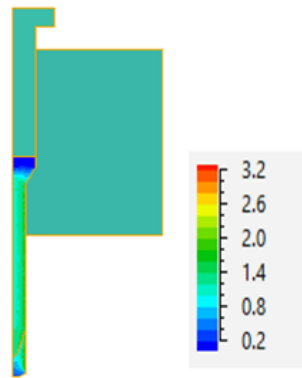


Рисунок 4.25 – Діапазон пластичної деформації, комбінація мідь (M1) - нікелевий сплав (НПА1)

В стрижневій частині заготовки інтенсивність напруження відносно рівномірна і становить 20 МПа. В активній зоні деформації інтенсивність напруження становить 50...110 МПа (рис. 4.26).

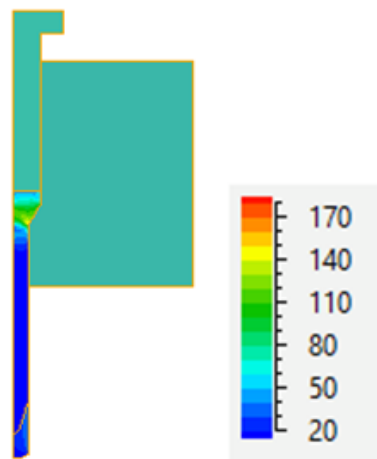


Рисунок 4.26 - Діапазон інтенсивності напруження, комбінація мідь (M1) - нікелевий сплав (НПА1)

В активній зоні деформації спостерігається напруження стиснення із характерними позитивним значеннями (рис.4.27).

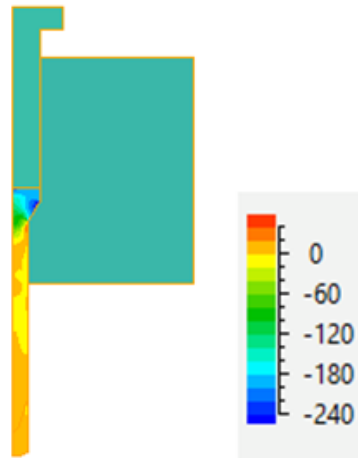


Рисунок 4.27 – Діапазон середньої напруги , комбінація мідь (М1) - нікелевий сплав (НПА1)

В активній зоні деформації метал тече повільно, а в стрижневій частині швидкість збільшення, що пояснюється градієнтом перерізу (рис. 4.28).

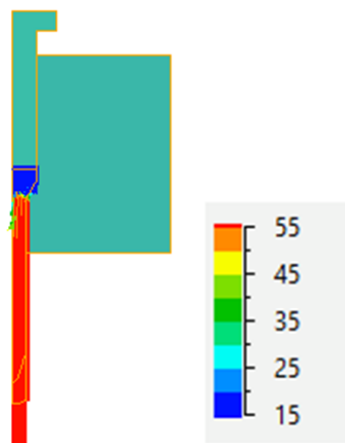


Рисунок 4.28 – Діапазон вектора швидкості, комбінація мідь (М1) - нікелевий сплав (НПА1)

Температура $t_{\text{інстр}}=100^{\circ}\text{C}$, а температура заготовки 950°C . В зоні контакту заготовки відбувається збільшення температури (рис. 4.29).

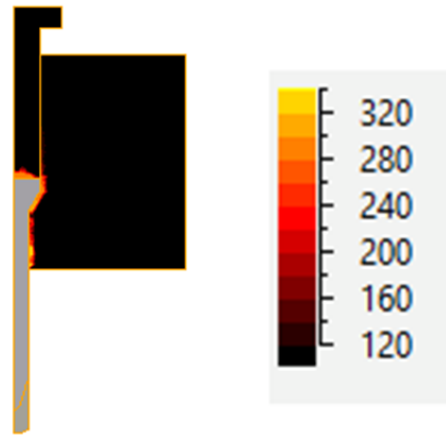


Рисунок 4.29 – Діапазон сумісного температурного поля заготовки та інструменту, комбінація мідь (М1) - нікелевий сплав (НПА1)

Було побудовано графік залежності зусилля деформації видавлювання від часу перебігу процесу (рис. 4.29). Максимальне зусилля деформації становит 0,02211 МН і спостерігається в момент входження заготовки у західний отвір матриці

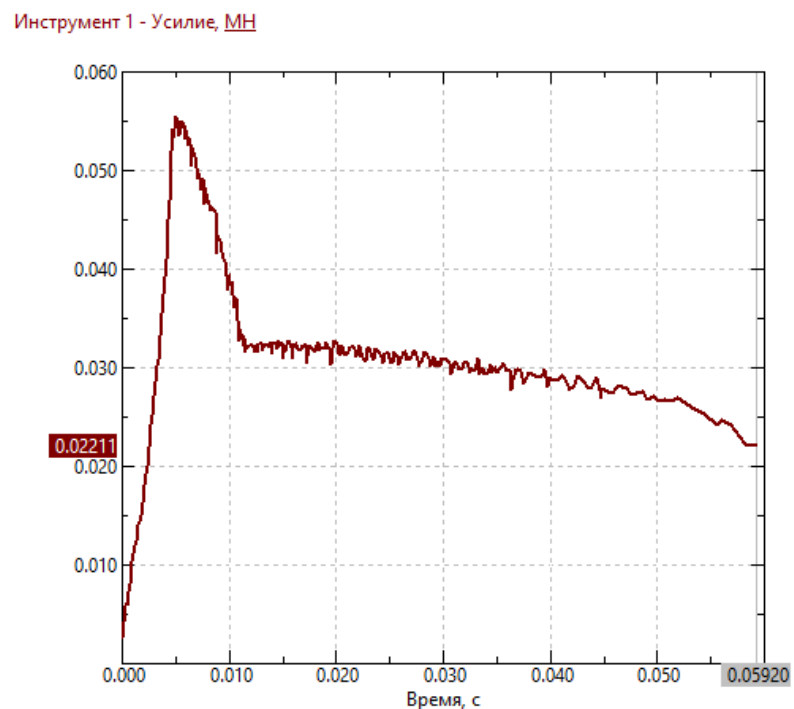


Рисунок 4.30 - Графік залежності зусилля деформації від часу, комбінація мідь (М1) - нікелевий сплав (НПА1)

В таблиці 4.2. наведені варіанти комбінації матеріалів для отримання біметалевих матеріалів.

Таблиця 4.2 – Варіанти комбінації матеріалів для отримання біметалевої заготовки видавлюванням

Варіанти	1	2	3
Матеріал верхньої частини	Д16	Mg	M1
Матеріал нижньої частини	M1	M1	Ni
Західний кут матриці	60°	60°	60°
t° нагріву заготовки	500 °	250°	950°
t° нагрівання інструмента	100°	80°	100°

Висновок

Розглянувши деякі комбінацій, дійшли висновку, що процес видавлювання протікає ефективніше при зменшенні західного кута матриці до 60°. При цьому зменшується зона застою металу та змінюється вектор сили тертя і пластична деформація. Також виявлено рекомендоване відношення діаметрів заготовки до видавленої деталі $D/d \leq 1,7$.

Найбільш вдалим комбінаціями металу виявилися, алюміній – мідь (та їхні сплави), магній – мідь (та їхні сплави), нікель – мідь (та їхні сплави). Це

пояснюється спорідненою природою матеріалів та їхніми близькими механічними характеристиками. Так як при спробі деформації різновидних матеріалів (твердий сплав – м'який сплав) спостерігається руйнація заготовки, можна зробити висновок, що для розглянутої моделі деформації можна рекомендувати використовувати споріднені за механічними характеристиками матеріали. Це може бути сталь-сталь або м'який сплав-м'який сплав.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці при дослідженні факторів гарячої деформації при видавлюванні біметалевих заготовок.

5.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Порухення вимог інструкції, правил, норм і стандартів з охорони праці, що може призвести до випадку травматизму або професійних захворювань; [24]

б) Можливість ураження електричним струмом, внаслідок порушення правил з електробезпеки, несправності енергоспоживаючого обладнання, відсутності групових або індивідуальних засобів захисту, що може призвести до електричних травм або летального наслідку;

в) Можливість отримання механічних травм, внаслідок наявності частин технологічного обладнання, які рухаються та обертаються;

г) Несправність технологічного обладнання, внаслідок порушення правил експлуатація або порушення регламентів огляду, що може призвести до аварійної ситуації [22].

г) Незадовільна підготовка робочого місця ПК, внаслідок порушень регламентів роботи, що може призвести до механічних травм;

д) Небезпеки які пов'язані із обробкою результатів досліджень із використанням ПК, зокрема ушкодження кістково-м'язового апарату внаслідок довготривалої роботи в однотипній позі, що може призвести до зниження працездатності та розвитку професійних захворювань.

е) Незадовільні параметри мікроклімату які повинні відповідати фізіологічним потребам організму працюючих, із врахуванням енергетичних витрат на виконувану роботу згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» внаслідок неефективної роботи систем опалення та повітрообміну, що може призвести до загальних захворювань.

є) Невідповідність вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» освітлення робочих зон дослідницької лабораторії внаслідок виходу з ладу освітлювальних приладів або хибного розрахунку їх кількості та потужності, що може призвести до погіршення зору. [21]

ж) Можливість загоряння внаслідок порушень правил пожежної безпеки, які зазначені в НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні», а саме хибне визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння відносно категорій приміщень с пожежної безпеки, що може привести до пожежі.

з) Небезпеки, які пов'язанні з умовами праці під час надзвичайної ситуації.

5.2 Заходи по забезпеченню безпеки

а) Згідно вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» передбачено:

усі працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з питань охорони праці відповідно до «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Роботодавець повинен забезпечити повну і вичерпну інформацію працівників з питань охорони праці як відносно підприємства в цілому так і відносно специфіки виконуваних робіт на робочих місцях, де зазначені

можливі небезпечні ситуації та заходи для їх запобігання. Найбільш ефективним є проведення відповідних інструктажів (вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий). [21]

вимоги до облаштування робочих зон передбачають справний робочий стан устаткування і захисних пристроїв, сприяння безпечних умов для усунення виявлених несправностей, які можуть негативно вплинути на безпеку і здоров'я працівників, можливість регулярного контролю і перевірок здатності функціонування захисних засобів і пристроїв, призначених для запобігання небезпеці або їх усунення.

б) з метою не допущення випадків ураження електричним струмом, згідно з правилами улаштування електроустановок, передбачається:

Організаційні заходи:

усі працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з електробезпеки, та отримати 2 чи 3 групу;

усі ремонтні роботи, повинні виконувати тільки спеціальні персоналом; періодично, але не рідше ніж 2 рази/рік, перевіряється справність електроз'єднань та опір захисного заземлення. Цілісність заземляючого контура повинна перевірятися щоденно.

Технічні заходи:

ізоляція струмно провідних мереж, повинна бути подвійная, класу не менше P44;

розташування струмо ведучих мереж виконання на недоступній висоті (при напрузі до 1000 Вт не менше 3,5 м, а при напрузі більше 4000 Вт не менше 6 м);

в) Основними причинами травматизму при гарячому деформуванні є порушення технологічного процесу, тому фахова компетенція виконавців, бездоганне виконання вимог як самого технологічного процесу, так і з охорони праці, є запорукою виключення випадків травматизму. [21]

До найбільш важливих заходів можна віднести наступне:

подача нагрітих заготовок від нагрівальної печі до пресу або молоту повинно здійснюватись тільки з використання спеціальних захватів і тільки за визначеними маршрутами, уникаючи проходів та робочих зон іншого обладнання; перед виконанням першого удару слід переконатися у належному розміщенні нагрітої заготовки на нижньому бойку або на посадочній площадці, відсутності сторонніх предметів в зоні деформування. Перший удар повинен бути менш потужним; не допускати ударів бойка по ручному інструменту, а положення інструменту повинно бути з боку тулуба; дотримуватись температурного режиму деформування: кування перегрітих заготовок або заготовок, що мають недостатню температуру неприпустимо; нахил заготовки при куванні в положення на себе неприпустимий; при обрубці задирок положення поковки повинно забезпечити виліт задирок в сторону, де виключено травмування людей. [21]

Особливе значення має використання індивідуальних засобів захисту, наприклад:

для попередження механічних травм при виготовленні зразків необхідно працювати на справному обладнанні, своєчасно проводити заміну деталей, термін експлуатації яких вже закінчився та використовувати захисні окуляри (ГОСТ 12.0.003-74) та рукавиці (ГОСТ 12.0.003-74);

для виключення травмування органів зору передбачено застосування захисних окулярів, які служать для захисту очей від ушкоджень частками твердих тіл, що летять попереду, знизу і збоку. Ці окуляри оснащені фігурними боковинами, що відкидаються. Застосовувати прозорий екран для захисту очей робітника від поранень частками, що відлітають;

попередженню небезпек які пов'язані з обробкою отриманих результатів досліджень з використанням персональних комп'ютерів та іншої спеціалізованої техніки. [21]

г) Для автоматичної зупинки роботи пресу у разі відхилення від нормального режиму (заклинювання пуансону, потрапляння в зону

штамбування сторонніх об'єктів, подвійний удар) передбачені запобіжні пристрої. До таких пристроїв належать: - обмежувачі ходу, упори, кінцеві вимикачі, гальмівні пристрої; - елементи конструкції обладнання типу «слабка ланка», зокрема, зрізні штифти, шпонки, фрікційні муфти, плавкі запобіжники; - блокуючі пристрої, які можуть бути механічними, електромеханічними, фотоелектричними; - сигналізуючі пристрої, які надають інформацію про виконання процесу або у разі прояву

відхилень вказують на місце їх прояву. Такі пристрої зазвичай є частиною електричних схем ланцюгів управління обладнанням. Одними з розповсюджених випадків порушень є розміщення в матриці двох заготовок одночасно, спроба корегувати положення заготовки в матриці під час опускання пуансону, штучне блокування запобіжних пристроїв. Попереджувальними заходами можуть бути постійний контроль збоку керівників та представників профспілок, стимулювання бездоганного виконання правил з охорони праці. [21]

г) Необхідно враховувати, що будь-який персональний комп'ютер, допоміжне обладнання та периферійні пристрої які експлуатуються разом з ним (принтер, сканер, модем) є електроустановками які живляться напругою до 1000 В й на них і на все, що пов'язано з їх експлуатацією в повній мірі поширюються вимоги електробезпеки. Тому з метою забезпечення безпеки, як користувачів, так і обслуговуючого персоналу комп'ютерів, при їх експлуатації в приміщеннях (лабораторіях) обладнаних комп'ютерами, повинні бути повністю дотримані вимоги електробезпеки. Таким чином, основними причинами погіршення здоров'я користувачів ПК, є: незадовільні ергономічні характеристики моніторів і санітарно-гігієнічних умов праці, а також неправильна організація робочих місць користувачів ПК. Обладнання і організація робочих місць користувачів ПК повинні здійснюватися з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності, а також ергономічних вимог до конструкції всіх елементів робочого місця та їх

розміщення. Конструкція робочого місця користувача ПК має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози. Робочі місця з ПК слід так розташовувати відносно вікон, щоб природне світло падало збоку переважно зліва. Робочі місця з ПК повинні бути розташовані на відстані не менш ніж 1,5 м від стіни з вікнами та не менше 1 м від інших стін. Недопустиме розташування ПК, при якому працюючий повернений обличчям або спиною до вікон або до задньої частини ПК, в яку монтуються вентилятори.

При розміщенні робочих столів з ПК слід дотримуватись таких відстаней:

між бічними поверхнями ПК (моніторів) – 1,2 м;

від тильної поверхні одного монітора до екрана іншого – 2,5 м.

Монітор повинен бути встановлений так, щоб, його екран знаходився на оптимальній відстані від очей користувача – 600- 700 мм, але не ближче 600 мм з урахуванням розміру алфавітноцифрових знаків і символів, а верхній край екрану знаходився на рівні очей. [21]

д) Робота користувача ПК вимагає тривалого статичного напруження м'язів спини, шиї, рук і ніг, що призводить до втоми і специфічних скарг. Можливе ушкодження хребта, в результаті недостатнього рівня ергономічності робочого місця користувача, тобто якщо крісло неправильно підтримує згин хребта. При цьому плечі і шия напружені і затікають, внаслідок неприродного положення, тому виникають болі в області шиї, спини і голови. В середньому працівник, який використовує ПК, просиджує в такому положенні за все своє життя до 80000 годин (8 років).

Найбільш небезпечним є те, що внаслідок концентрації уваги на екрані монітора притуплюється своєчасне попередження про болі, які є тривожним сигналом для тіла. Захворювання рук і кистей рук спостерігається у працюючих за ПК у 7-12 разів частіше, ніж у інших, і досить часто помилково діагностується як запалення сухожилів.

З урахуванням характеру діяльності при роботі з ПК для 8-ми годинної денної зміни встановлюються наступні внутрішньозмінні режими праці та відпочинку:

для розробників програм із застосуванням ПК слід призначати регламентовану перерву для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожен годину роботи;

для операторів із застосуванням ПК слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години;

для операторів комп'ютерного набору слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 10 хвилин після кожної години роботи за ПК. У всіх випадках, навіть коли виробничі обставини не дозволяють застосувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ПК не повинна перевищувати 4 години. [21]

е) Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату (температури, вологості, швидкості переміщення і чистоти повітря) в приміщеннях з ПК повинні бути передбачені системи вентиляції, кондиціонування та опалення, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Таблиця 5.1 - Норми мікроклімату для приміщень з комп'ютерною технікою [21]

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря °С, не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	Легкая -1 а	22-24	40-60	0,1
	Легкая -1 б	21-23		0,1
Тепла	Легкая – 1 а	23-25		0,1
	Легкая – 1 б	22-24		0,2

У теплу пору року для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату можуть використовуватися побутові кондиціонери. При їх виборі необхідно врахувати площу приміщення. При виборі системи вентиляції, необхідно врахувати, що в приміщеннях з комп'ютерною технікою повинен бути забезпечений 3-х кратний повітрообмін за годину.

Для підтримки оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів в повітрі приміщень, обладнаних комп'ютерною технікою, рекомендується використовувати біполярні коронні аероіонізатори. [21]

є) Приміщення, обладнані ПК з ВДТ повинні мати природне і штучне освітлення. Оскільки при недостатньому освітленні різко знижується продуктивність праці користувачів ПК, спостерігається швидка їх стомлюваність, а також можливе виникнення короткозорості.

Вимоги до природного та штучного освітлення приміщень, обладнаних ПК з ВДТ, визначаються згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».

Природне освітлення має здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ або північний схід і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхнях дисплеїв і клавіатури, повинні бути передбачені сонцезахисні пристрої на вікнах (жалюзі або штори). Задовільний природне освітлення легше забезпечити в невеликих приміщеннях на 5-8 робочих місць. [21]

Штучне освітлення в приміщеннях з ПК повинно здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях, у разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення. Тобто крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення. Якщо значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використання

місцевого освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрану, а освітленість екрана має не перевищувати 300 лк.

Система загального освітлення має становити суцільні або переривчасті лінії світильників, розташованих збоку від робочих місць (переважно ліворуч), паралельно лінії зору працюючих.

Для загального освітлення допускається використання світильників наступних класів світлорозподілу:

«П» – прямого світла;

«ПРО» – переважно відбитого світла.

У приміщеннях з ПК необхідно передбачити обмеження прямих і відбитих відблисків на робочих поверхнях від джерел природного та штучного освітлення (екран, стіл, клавіатура). [21]

ж) Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки та вимогами ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», визначають ступінь вогнестійкості приміщення цеху (дільниці, підстанції).

Засоби виявлення займань та пожеж передбачаються згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту». В даний час можуть використовуватися:

охоронно-пожежна сигналізація (ОПС) неадресного типу;

порогова охоронно-пожежна сигналізація;

адресно-порогова охоронно-пожежна сигналізація.

Максимальну відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу визначають згідно СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания»

Для організації пожежної сигналізації, зазвичай в системі застосовується мережевий контролер – пульт «С2000М» (або «С2000»). Пульт може виконувати функції відображення подій, що відбуваються в

системі, управління реле. Залежно від типу підключених пожежних сповіщувачів, при програмуванні конфігурацій приладів шлейфам може бути присвоєно один з типів:

- пожежний димовий з розпізнаванням подвійного спрацювання;
- пожежний комбінований однопороговий;
- пожежний тепловий двохпороговий. [21]

5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці визначаються відповідно до вимог Державних санітарних норм і правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу».

Санітарний клас виробництва і розміри його санітарно-захисної зони визначаються з урахуванням наявних шкідливих виробничих факторів, згідно вимог ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів». [21]

Параметри мікроклімату і чистоти повітря визначають згідно вимог ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», в залежності від категорії фізичних робіт, для певних робочих місць (постійних і непостійних).

Постійне робоче місце – це місце, на якому працюючий знаходиться понад 50% робочого часу або більше 2-х годин безперервно. Якщо при цьому робота здійснюється в різних пунктах робочої зони, то постійним робочим місцем вважається вся ця зона.

Непостійне робоче місце – це місце, на якому працюючий знаходиться менше 50% робочого часу або менше 2-х годин безперервно.

Необхідно враховувати, що:

для постійних робочих місць визначаються оптимальні та допустимі параметри мікроклімату в холодний та теплий період року;

для непостійних робочих місць визначаються тільки допустимі параметри мікроклімату в холодний та теплий період року.

в холодний період року на постійних робочих місцях: температура оптимальна 18-20 °С, допустима 17-23 °С; відносна вологість: оптимальна 40-60 %, допустима 75 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,2 м/с, допустима не більше 0,3 м/с;

в холодний період року на непостійних робочих місцях допустима температура: 15-24 °С; допустима відносна вологість: 75 %; допустима швидкість переміщення повітря: не більше 0,3 м/с;

в теплий період року на постійних робочих місцях: температура оптимальна 21-23 °С, допустима 18-27 °С; відносна вологість: оптимальна 40-60 %, допустима 40-60 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,3 м/с, допустима не більше 0,2-0,4 м/с;

в теплий період року на непостійних робочих місцях допустима температура 17-29 °С; допустима відносна вологість: 65 % при температурі 26 °С; допустима швидкість переміщення повітря: 0,2-0,4 м/с.

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», визначається оптимальний склад і тип систем вентиляції, кондиціонування та опалення, які забезпечують підтримку передбачених параметрів мікроклімату і чистоти повітря. [21]

При необхідності, передбачається колективний та індивідуальний захист від впливу шкідливих речовин, які знаходяться в повітрі. Захист від шкідливих газів, паро- та пило-виділень передбачає обладнання місцевої витяжної вентиляції для відсосу отруйних речовин безпосередньо від місць їх утворення. Місцеві відсоси влаштовують конструктивно вбудованими та

зблокованими з обладнанням так, що агрегат не можна запустити при виключеному відсосі.

При роботі з отрутними і забруднюючими речовинами використовують спецодяг – комбінезони, халати і фартухи;

для захисту від лугів і кислот – гумове взуття і рукавички;

для захисту шкіри рук, обличчя та шиї застосовують захисні пасти: антитоксичні, маслостійкі та водостійкі;

очі від можливих опіків і подразнень захищають окулярами з герметичною оправою, масками та шоломами;

для захисту органів дихання використовують фільтруючі та ізолюючі прилади (протигази і респіратори).

Продуктивність природної вентиляції (приплив або витяжка повітря)

$$L = k \cdot V_n, \text{ м}^3/\text{год}$$

де k – кратність повітря обліку ($k=2$);

V_n – об'єм приміщення, м^3 ;

$$V_n = 900 \cdot 7 = 6300 \text{ м}^3$$

$$V_n = 2 \cdot 6300 = 12600 \text{ м}^3/\text{год}$$

Необхідний повітря обмін в приміщенні, де виділяється надлишкове тепло, розраховується за формулою

$$L = l \cdot n, \text{ м}^3/\text{год}$$

Де l – мінімальна подача повітря на одного працівника до санітарних норм (до $20 \text{ м}^3 - 1 = 30 \text{ м}^3/\text{год}$; $> 20 \text{ м}^3 - 1 = 20 \text{ м}^3/\text{год}$)

n – кількість працівників у приміщенні.

$$V = 6 \cdot 7,5 = 210 \text{ м}^3$$

$$V = 210 : 18 = 11,6 \text{ м}^3$$

$$L = 30 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 18 = 540 \text{ м}^3$$

5.4 Заходи з пожежної безпеки

«Заходи з пожежної безпеки» розробляється відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Розробку заходів з пожежної безпеки починають з аналізу речовин і матеріалів, що використовуються при роботі на об'єкті, з метою визначення класу можливої пожежі (А, В, С, D, F, E) згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» та категорії його пожежної небезпеки, відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания». Тобто потрібно вказати до якої категорії виробництва з пожежної небезпеки (А, Б, В, Г, Д) належить об'єкт (дослідницька лабораторія, конструкторське бюро, дільниця, підстанція, цех, тощо). [22]

Відповідно до визначеної категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», вказати ступінь вогнестійкості приміщення об'єкта (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, дільниці, підстанції, цеху, тощо).

Зазначити наявність засобів виявлення загорянь і пожеж згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту»:

автоматичних сигналізаторів про пожежу;

системи пожежної сигналізації;

виробничі приміщення можуть бути обладнані стаціонарними установками автоматичного пожежогасіння.

З огляду на пожежну небезпеку, передбачити первинні засоби пожежогасіння (вогнєгасники різних видів), відповідно до вимог «Правил

експлуатації та типових норм належності вогнегасників», зареєстрованих в МЮ України 23.02.2018 р. за № 225/31677. [21]

5.5 Заходи захисту надзвичайної ситуації

У першу чергу вирішуються завдання щодо термінового захисту населення, запобігання розвитку чи зменшення впливу НС і завдання з підготовки та виконання рятувальних та інших невідкладних робіт. З цією метою виконуються:

сповіщення населення про небезпеку чи загрозу небезпеки;

евакуація людей та тварин із небезпечних зон, використання засобів профілактики захворювань, травматизму, надання медичної чи іншої допомоги;

локалізація аварій, зупинка чи зміна технологічного процесу, попередження і гасіння пожеж;

приведення в готовність органів управління, сил і засобів для рятувальних робіт, ведення розвідки в осередках ураження, оцінки ситуації, що склалася.

Рятувальні та інші невідкладні роботи починаються одразу ж у міру готовності сил засобів для їх проведення, ведуться безперервно з необхідною заміною рятувальників і ліквідаторів при дотриманні техніки безпеки та заходів перестороги. Наступними, вирішуються завдання щодо забезпечення життєдіяльності населення в районах, що постраждали внаслідок аварії, катастрофи чи стихійного лиха. Проводиться відновлення зруйнованого житла, спорудження тимчасових будівель (намети, землянки, навіси тощо), відновлення енерго- та водозабезпечення, ліній зв'язку, об'єктів комунального обслуговування. Також здійснюються санітарне очищення

осередку ураження, забезпечення людей продуктами харчування, предметами першої необхідності та ін. Одночасно розпочинаються роботи з відновлення функціонування уражених об'єктів. Сутність рятувальних та інших невідкладних робіт – це усунення безпосередньої загрози життю та здоров'ю людей, відновлення життєзабезпечення населення, запобігання або значне зменшення матеріальних збитків. Рятувальні та інші невідкладні роботи включають також усунення пошкоджень, які заважають проведенню рятувальних робіт, створення умов для наступного проведення відновлювальних робіт. РІНР поділяють на рятувальні роботи і невідкладні роботи. [21]

До рятувальних робіт відносяться:

Розвідка маршруту руху сил, визначення обсягу та ступеня руйнувань, розмірів зон зараження, швидкості і напрямку розповсюдження зараженої хмари чи пожежі; локалізація та гасіння пожеж на маршруті руху сил та ділянках робіт; визначення об'єктів і населених пунктів, якими безпосередньо загрожує небезпека; визначення потрібного угруповання сил і засобів запобігання і локалізації небезпеки; пошук уражених та звільнення їх з-під завалів, пошкоджених та палаючих будинків, із загазованих та задимлених приміщень; розкриття завалених, захисних споруд та рятування з них людей; надання потерпілим першої допомоги та евакуації їх (при необхідності) у лікувальні заклади; вивід або вивід населення із небезпечних місць у безпечні райони; організація комендантської служби; охорона матеріальних цінностей і громадського порядку; відновлення життєздатності населених пунктів і об'єктів; пошук, розпізнання і поховання загиблих; санітарна обробка уражених; знезараження одягу, взуття, засобів індивідуального захисту, територій, споруд, а також техніки; соціально-психологічна реабілітація населення. [21]

До невідкладних робіт відносяться:

Прокладання колонних шляхів та улаштування проїздів (проходів) у завалах та на зараженій території; локалізація аварій на водопровідних, енергетичних, газових і технологічних мережах; ремонт та тимчасове відновлення роботи комунально – енергетичних систем і мереж зв'язку для забезпечення рятувальних робіт; зміцнення або руйнування конструкцій, які загрожують обвалом і безпечному веденню робіт;

Рятувальні та інші невідкладні роботи здійснюються у два етапи. На першому етапі вирішуються завдання: щодо екстреного захисту населення; запобігання розвитку чи зменшення впливу наслідків; підготовки до виконання РІНР. [21]

Основними заходами щодо екстреного захисту населення є: оповіщення про небезпеку; використання засобів захисту; додержання режимів поведінки; евакуація з небезпечних у безпечні райони; здійснення санітарно – гігієнічної, протиепідемічної профілактики і надання медичної допомоги; локалізація аварій; зупинка чи зміна технологічного процесу виробництва; попередження (запобігання) і гасіння пожеж.

На другому етапі проводяться: пошук потерпілих; витягання потерпілих з-під завалів, з палаючих будинків, пошкоджених транспортних засобів; евакуація людей із зони лиха, аварії, осередку ураження; надання медичної допомоги; санітарна обробка людей; знезараження одягу, майна, техніки, території; проведення інших невідкладних робіт, що сприяють і забезпечують здійснення рятувальних робіт. [21]

ВИСНОВОК

В роботі дано визначення біметалу - це композит, що складається найчастіше з двох шарів матеріалу. Подана його класифікація та розглянуто існуючі способи виробництва заготовок. Позначено основні сфери застосування біметалів. Матеріал активно використовується при виготовленні реакторів, колон, теплообмінного устаткування і різних місткостей, що показано у [22, 23].

Для моделювання процесу деформації було застосовано програму QForm, основним завданням якого є заміна натурального експерименту комп'ютерним моделюванням. Спрогнозовано та оптимізовано процес видавлювання шаруватої біметалевої заготовки.

Розглянувши процес деформації, можна зробити наступні рекомендації:

- західний кут матриці має становити 60° ;
- відношення діаметрів заготовки до видавленої деталі $D/d \leq 1,7$;
- рекомендовано наступні поєднання матеріалів - алюміній – мідь (та їхні сплави), магній – мідь (та їхні сплави), нікель – мідь (та їхні сплави)

В розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях розроблено відповідні заходи

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Что такое биметалл где он применяется? [Электронный ресурс]. – Промышленность. Режим доступа: <https://fb.ru/article/426779/chto-takoe-bimetall-i-gde-primenyaetsya>
2. Голованенко С.А. Производство биметаллов. Метод получения биметаллов: уч. изд. / С.А.Голованенко, Л.В.Меандров: под общ. ред. Р.М. Голубчик; Москва, изд. Металлургия, 1966 -303 с.
3. Макаровская С.В. Биметаллы, применение в машиностроение / С.В. Макаровская, А.Перевозников, К. Семин // индив. проект. Иркутск, 2016. – с 5-6
4. Применение биметаллов.[Элетронный ресурс] . Технологии. Режим доступа: <http://him-apparat.ru/bemetall/>
- 5.Сиротенко Л.Д. Применение биметаллических материалов в машиностроение. / Л.Д. Сиротенко, Е.С.Шлыков, Т.Р. Абляз // Электронный научный журнал. Современные проблемы науки и образования. – 2015 - №2 – часть 1
6. Биметаллические листы, биметаллические ленты. [Электронный ресурс]. Биметалл. Режим доступа: <http://www.supplysteel.ru/bimetall.php>
7. Энциклопедия по машиностроению XXL. Производство биметаллов. [Электронный ресурс]. – М.: Большая рос. Энцикл. – 1967. Режим доступа: <https://mash-xxl.info/info/57132/>
8. Технология прессования. Прессование металлов. [Электронный ресурс]. – Машиностроение. Режим доступа: <http://gk-drawing.ru/line-module/metalworking/metals-pressing.php>
9. Статья о металле. Черная металлургия. [Электронный ресурс]. - Выдавливание металла. – 2015. Режим доступа: <http://metall4all.ru/articles/chernaya-metallurgiya/vydavlivanie-metalla/>

10. Охрименко Я.М. Технология кузнечно – штамповочного производства. Штамповка выдавливанием: учебник для вузов / Я.М. Охрименко. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1976. – 560 с.

11. Сторожев М.В. Теория обработки металлов давлением. Выдавливание: учебник для вузов / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. - Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение» 1977. - 423 с.

12. Брюханов А.Н. Ковка и объемная штамповка. Особенности штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах: учебное пособие для машиностроительных вузов. / А.Н. Брюханов. - Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1975. – 408 с.

13. Товароведение. Получение биметаллов ОМД. [Электронный ресурс]. Прокатка биметаллических материалов в горячем состоянии. Режим доступа: https://studbooks.net/1422105/tovarovedenie/poluchenie_bimetallov

14. Техническая энциклопедия. Биметаллы. [Электронный ресурс]. – Доп. том – 1936. Режим доступа: <https://azbukametalla.ru/entsiklopediya/b/bimetically.html>

15. Дыя Г.И. Инновационные технологии интенсивной пластической деформации. / Г.И. Дыя, Ш.Г. Берски, К.С. Сехман // - «Моделирование процесса выдавливания биметаллических заготовок AL-CU Через угловой канал. Институт обработки металлов давлением и инженерии безопасности. - Польша. – 2015. – с. 685-689

16. Медведев Е.Б. Особенности формоизменения оболочки биметаллического электрода свечи зажигания ДВС, полученного прямым выдавливанием из заготовки с поперечной слоистостью. / Е.Б. Медведев, А.Н. Абрамов, А.Е. Медведев // Кузнечно штамповочное производство. – 2008. - №12 – с. 43-47

17. Свободная энциклопедия. QForm 2D/3D. [Электронный ресурс]. – Энциклопедия википедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/QForm_2D/3D

18. Software for simulation and optimization of metal forming processes and metal profile extrusion. [Електронний ресурс]. – Moscow. - 2020. Режим доступа: <https://qform3d.com>

19. Биба Николай. QForm для университетов: синтез отечественной науки и образования / Николай Биба. – науч. изд. МГТУ им Н.Э. Баумана. - Москва. - 2007

20. Андрей Мазурин. Информационное моделирование объектов. Моделирование холодной и горячей объемной штамповки QForm. Российской компании «Квантор-Софт». – 2000. – № 8

21. Методичні вказівки до розділу «Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Обладнання та технології пластичного формування конструкції машинобудування» усіх форм навчання/ Укл.: О.В. Нестеров – Запоріжжя, 2020 – 30 стор.

22. Бень А.М. Типи біметалів та способи їхнього отримання/ А.М.Бень, Т.В. Кіріченко//Міжнародна наук.-техн.конфер. 20-22 жовтня; тези доповідей. – Запоріжжя, 2020 – 66 с.

23. Бень А.М. Методи отримання біметалів [Електронний ресурс] / А.М.Бень, Т.В.Кіріченко // Тиждень науки: щоріч: наук.-практ. конфер., 13-17 квітня 2020 р; тези доп. / Редкол.: В.В.Наумник (відпов.ред) Електрон.дані. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020 – с. 80-81 – 1 електр. опт. диск (DVD-ROM) – назва з тит. екрана

ДОДАТКИ