

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УДК 621.73.043

ДУБАСОВ ВАСИЛЬ МИХАЙЛОВИЧ

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ОДЕРЖАННЯ БІМЕТАЛЕВОГО ПІТАМПОВОГО
ФОРМОУТВОРЮЮЧОГО ІНСТРУМЕНТУ МЕТОДОМ
ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ

Фах 05.03.05. - Процеси та машини обробки тиском

Автореферат

дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук

Луганськ - 1997

АВ 38.447

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Східноукраїнському державному університеті на кафедрі "Ковальсько-пресове виробництво та матеріалознавство" механічного факультета, м. Луганськ.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Дорошко В.І., СУДУ.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Соколов Л.М., ДДМА, м. Краматорськ;

кандидат технічних наук,

Фурса В.Г., ЦЛТМ, м. Новомосковськ.,

директор

Провідне підприємство: Донецький Фізико-технічний інститут НАН України.

Захист дисертації відбудеться о 13 годині 10 жовтня 1997 року на засіданні спеціалізованої ради К 18.02.03 при кафедрі "Ковальсько-пресове виробництво та матеріалознавство" Східноукраїнського державного університету за адресою 348034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20-а.

Довідки за телефоном: (0642) 46-67-88

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотечі Східноукраїнського державного університету

Автореферат розіслано 5 вересня 1997р.

Вчений секретар

спеціалізованої ради

кандидат технічних наук, доцент

Л.О. Рябічева

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00751236 (0)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підвищення ефективності технології машинобудування у напрямі економії матеріальних і енергетичних ресурсів є надто актуальною проблемою економіки України. Чимале місце тут займає удосконалення заготовленого і, зокрема, штампувального виробництва. У галузях машинобудування завдання ресурсозбереження вирішується утворенням прогресивних технологічних процесів обробки металів тиском, що можливо ефективно реалізувати на основі використання недорогої високостійкої штампової оснастки.

Надзвичайно ефективним шляхом зменшення витрат на виготовлення формуютьючого інструменту є використання прогресивного засобу пластичного деформування, зокрема, видавлювання, що забезпечує одержання гравюри заготовки інструменту без подальшої механічної обробки, істотну економію високолегованої сталі та у 5...10 разів дозволяє знизити трудомісткість виготовлення.

Важливим резервом зниження витрату штампових сталей є засоби виготовлення деталей інструменту, що деформують інструмент у біметалевому виконанні. Існуючі засоби виготовлення видавлюванням є достатньо ефективними та реально здійснювані в умовах ковальсько-штампувального виробництва. Крім того, важливим привілеєм цих засобів, пов'язаних із формоутворенням гравюри пластичним деформуванням, є висока якість виробів як з фізико-механічних властивостей, так і з точності геометричних розмірів, що у кінцевому результаті обумовлює підвищення стійкості штамів.

Проте матеріалосберігаючі технології виготовлення біметалевих штамів поки не знаходять широкого застосування у промисловості. Це пов'язане, перш за все, із недостатнім вивченням їх. Зокрема, для технології видавлювання гравюр у біметалевій заготовці немає рекомендацій по вибору конфігурацій та розмірів елементів біметалу, що забезпечують економічне виготовлення вихідної заготовки, рівномірний розподіл плакуючого шару у виробі та надійне сполучення його з основою. Відсутні також рекомендації з вибору низьколегованих сталей для основи та високоміцних штампових сталей для плакуючої частини, призначенню режимів сумісної термообробки біметалевих деталей штамів різноманітного призначення.

У відомих технологіях видавлювання гравюр у біметалевій заготовці не використано прогресивний засіб напівгарячого деформування, що може застосовуватися для обробки будь-яких сталей та забезпечує одержання точності геометричних розмірів виробів по 9...11 квалітетам та шерсткості поверхні $R_n \approx 0,32$ мкм.

Ефект від застосування біметалевого інструменту покладено в зменшенні витратку дорогої штампової сталі у 5... 7 разів та у підвищенні стійкості його у

2... 4 разу в зв'язку з застосуванням для плакування високоміцних і теплостійких сталей та сплавів, а також можливості їх додаткового термомеханічного зміцнення.

Таким чином, завдання поширення використання на виробництві біметалевого штампного інструменту є актуальним.

Мета роботи. Зниження видатку штампних сталей, зменшення енергетичних та трудових ресурсів на основі опрацювання та удосконалювання технології виготовлення біметалевих робочих деталей штампів.

Засоби дослідження. Теоретичні дослідження напружено-деформованого стану та зусиль при видавлюванні порожнин у складовій біметалевій заготовці базуються на законах механіки суцільного середовища, теорії пластичності, теорії обробки металів тиском та математичному моделюванні на ЕОМ.

Експериментальні дослідження засновано на фізичному моделюванні, математичному плануванні, статистичних засобах обробки експериментальних даних.

Теоретичні рішення та результати автоматизованого проектування підтверджені експериментально на реалізованих технологіях виготовлення біметалевих штампів.

Наукова новизна та особистий внесок автора. 1. Встановлен механізм та можливі схеми течії металу при видавлюванні порожнин у складовій біметалевій заготовці зі сторони плакуючого шару, складеного із надміцного матеріалу, ніж основа.

2. Одержано аналітичне рішення для визначення енергосилових та кінематичних параметрів при формоутворенні порожнин утискуванням пуансона у напівбесконечну заготовку.
3. Розроблено методичку розрахунку зусиль при видавлюванні порожнин у біметалевій заготовці.
4. Визначено режими напівгарячого деформування ряду штампних сталей, що забезпечують одержання високої міцності та пластичності.
5. Одержано рівняння регресії, що влаштовує залежність мінімальної товщини плакуючого шару від параметрів процесу видавлювання порожнин у біметалевій заготовці.

Практична цінність та реалізація результатів роботи. Розроблено методичку автоматизованого проектування операції видавлювання у технологічних процесах одержання біметалевого штампного формоутворюючого інструменту. Створено матеріало- та енергозберігаючі технологічні процеси виготовлення напівгарячим видавлюванням біметалевих робочих деталей штампів. Розроблено засіб виготовлення біметалевих виробів. Розроблено та передано концерну "Азовбуд" м.Маріуполь технологія виготовлення біметалевих пуансонів гарячої вивадки болтів М24. Розроблено та впроваджено на ВО "Верстатнобудівельний

завод" м.Луганськ технологія виготовлення біметалевого штампового інструменту для висадочного виробництва.

Нові технології забезпечують зменшення витатку дорогої штампової сталі у 5... 7 разів та у підвищенні стійкості його у 2... 4 разу за рахунок застосування для плакування високоміцних і теплостойких сталей та сплавів, а також можливості їх додаткового термомеханічного міцнення, дозволяють знизити трудомісткість виготовлення у 4...5 разів.

Апробація роботи. Матеріали дисертації доповідалися на науково-технічних конференціях Східноукраїнського державного університету (1994-1997р.р.), на науково-технічній конференції "Проблеми розвитку науковосмних та маловідхідних процесів обробки металів тиском" (м.Краматорськ, 1997р.).

В цілому роботу обговорено та схвалено на об'єднаному науковому семінарі механічного факультету СУДУ у 1997 році.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 5 статей, одержаний 1 патент України.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, додатка. Текстовий матеріал викладено на 130 стор., таблиць по тексту 4, малюнків 28, літературних джерел 75 назв.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету роботи, її наукова та практична цінність.

Розділ 1. Стан питання та поставка завдань дослідження. Наведений аналіз основних засобів виготовлення робочих деталей штампів видавлюванням гравюри у біметалевій заготовці. Існуючі засоби виготовлення видавлюванням біметалевих робочих деталей штампів є достатньо ефективними та реально здійсненими в умовах ковальсько-штампувального виробництва, вони забезпечують нималу економію дорогих високолегованих штампових сталей. Проте, поки вони не знаходять широкого застосування у промисловості у зв'язку із недостатнім вивченням їх. Зокрема, для технологій видавлювання гравюр у біметалевій заготовці немає рекомендацій по вибору конфігурацій та розмірів елементів біметалу, що забезпечують економічне виготовлення вихідної заготовки, рівномірний розподіл плакуючого шару у виробі та надійне сполучення його з основою. Відсутні також рекомендації по вибору низьколегованих сталей для основи та високоміцних штампових сталей для плакуючої частини, призначенню режимів сумісної термообробки біметалевих деталей штампів різноманітного призначення.

У відомих технологіях видавлювання гравюр у біметалевій заготовці не використано прогресивний засіб напівгарячого деформування, що може засто-

совуватися для обробки будь-яких сталей та забезпечує одержання точності геометричних розмірів виробів по 9...11 квалітетам та шорскості поверхні $R_a \approx 0.2 \dots 0.5$ мкм, немає теоретичних засобів аналізу процесу деформування.

Наводяться теоретичні та експериментальні дослідження напружно-деформованого стану у процесах утворення порожнин видавлюванням. Розглянуто основні результати, що відносяться здебільшого до досліджень впровадженням у напівпростір пуансона на чималу глибину, що досягає діаметру пуансона та більше.

Формоутворювання порожнин за схемою впровадження пуансона у напівпростір має місце у багатьох яких випадках виготовлення робочих деталей штампів та пресформ. Відомі ряд теоретичні рішення з визначення зусиль утворення осесиметричних порожнин впровадженням пуансона у напівнескінченне тіло, одержаних різними засобами. Основними із них є рішення Н.А.Большаніной, В.К.Воронцова, А.З.Журавльова, Д.П.Кузнецова, А.В.Ляснікова, П.І.Полухіна, С.А.Попова, Л.Прандля, Г.А.Смирнова-Аляєва, М.В.Сторожева, І.Я.Тарновського, К.Е.Телмінга, А.Д.Томленова, Є.П.Унксова, Р.Хілла и др. Аналіз опублікованих розрахованих формул, виконаний А.В.Лясніковим показав, що вони дають суперечливі результати як у розмірах вогнища пластичної деформації, так і з величин необхідного зусилля, що деформує у деяких випадках для однакових умов значення розмірів вогнища пластичної деформації, обчислені з різними формулами, різняться у 2...5 разів, а зусилля, що деформує у 1, 5...2 рази.

Дані про напружно-деформований стан металу та розрахунки зусиль, що деформують для видавлювання порожнин у біметалевій заготовці у літературі немає. У літературі мається лише відомості з цих питань для пресування прямим засобом поздовжних та поперечних шарових заготовках.

Дослідження змін структури та властивостей вуглецевих та легованих штампових сталей після напівгарячої деформації у галузі помірно-підвищених температур $600 - 800^{\circ}\text{C}$ показує, що у них відбуваються істотні зміни. З підвищенням температури деформації спостерігається розвиток процесу прискореної сфероїдизації та зникнення рядкового цементита, що повністю завершується в усіх зернинах при 700°C . Структура набуває мілкозернисту будівлю. При температурі 800°C деформація супроводжується рекристалізацією та зростанням нових рекристалізованих зернин, а також спостерігається підвищення міцності та пластичності металу, що забезпечує підвищення експлуатаційних характеристик виробів. Існуючі у літературі відомості з цього питання відносяться до обмеженого кола марок сталей, для більшості штампових сталей такі відомості відсутні.

На підставі результатів проведеного аналізу та відповідно до мети роботи поставлено такі основні завдання дослідження:

- виконати дослідження деформованого стану матеріалу при видавлюванні порожнин у біметалевій заготовці;
- виконати теоретичний аналіз енергосилових та кінематичних параметрів при формоутворенні порожнин утискуванням пуансона у біметалеву заготовку;
- дослідити фізико-механічні властивості та структуру ряду штампових сталей для гарячого деформування після напівгарячого видавлювання;
- дослідити розподіл плакуючого шару при видавлюванні порожнин у складовій біметалевій заготовці;
- розробити методику розрахунку параметрів технології видавлювання порожнин у біметалевій заготовці;
- здійснити освоєння технологічного процесу штамповки біметалевих робочих деталей штампів.

Розділ 2. Експериментальне дослідження деформованого стану та форми вогнища деформації у процесах видавлювання порожнин у біметалевих заготовках. Експериментальне дослідження по встановленню форми вогнища пластичної деформації, а також характеру деформації виконано з використанням засобу координатної сітки. В експерименті використано складові циліндричні заготовки з площиною розняття по мередіальному перетину. У вигляді основи біметалевого взірця використано заготовки із алюмінію марки А1 зовнішнім діаметром 60 мм та висотою 45 та 35 мм. У заготовці виконувалися поглиблення (глухі отвори) діаметром 30 та 24 мм, куди розташовували вставки із заздалегідь відпаленого дуралюміна марки Д16 різноманітної висоти. На площину однієї із половинок біметалевої заготовки наносилась квадратна координатна сітка з кроком 2 мм. Зібрана заготовка розташовуване у матрицю штампі і відбувався процес видавлювання. видавлювання здійснювалося на гідравлічному пресі КІРУ - 100 зусиллям 1000 кН зі швидкістю 5...10 мм/мін у спеціальному штампі, що забезпечує соосність пуансона щодо матриці та орієнтацію заготовки. У заготовці видавлювали циліндричну порожнину пуансоном діаметром 20 мм з плоским торцем та донним радіусом 3 мм. Для дослідження форми та характеру вогнища деформації вставки виконувалися різноманітної висоти. Обробка деформованої координатної сітки вироблено за методикою Г.А.Смирнова - Аляєва.

Внаслідок експериментальних досліджень деформованого стану біметалевих заготовок установлений механізм деформації при видавлюванні порожнин зі сторони плакуючого шару, що складається із надтривкого матеріалу, ніж основа. Залежно від умов деформування, що визначить опір деформації окремих частин заготовки можливі дві схеми течії : без осьового зсуву та зі зсувом плакуючої частини у напрямі руху пуансона. При деформуванні за першою схемою на протязі всього процесу відбувається формоутворення порожнин у плакуючій частині з деформацією або тільки у плакуючій частині,

або обох частин заготовки спільно. За другою схемою спершу деформується тільки основа шляхом утискування у неї плакуючої частини, а після цього відбувається течія аналогічно першій схемі. Експериментальним дослідженням деформованого стану металу у меридіальному перетині біметалевої заготовки також показано, що при впровадженні циліндричного пуансона із плоским торцем в умовах деформації без осьового зсуву плакуючої частини, форма та розмір вогнища пластичної деформації подібні видавлюванню порожнини у монометалевій заготовці. При цьому у разі сумісного деформування частин заготовки по всій поверхні контакту елементів біметалу відносні зміщення практично відсутні.

Для теоретичного аналізу напружено-деформованого стану вогнище пластичної деформації з визначеним допущенням можна подати у вигляді об'єму, обмеженого згори та знизу сферичними поверхнями та конічною поверхнею, розміщеною між пругами пуансона та матриці.

Розділ 3. Теоретичне дослідження напружено-деформованого стану та зусиль при видавлюванні порожнини у біметалевій заготовці. Висловлюється рішення для зусиль впровадження циліндричного пуансона з плоским торцем у напівнескінченну заготовку, одержане засобом балансу потужностей усіх сил на кінематично можливих швидкостях. Згідно з прийнятою розрахунковою схемою (рис.1) у процесі впровадження відбувається витиснення металу з-під пуансона та течія назустріч його руху. Вважаємо межею, що поділить деформований та недеформований метал тіла, умовну циліндричну поверхню з радіусом R_y . Приймаємо, що деформування симетричне, вогнище пластичної деформації обмежене конічною та двома сферичними поверхнями радіусом r_1 та r_2 , центри яких знаходяться у точці на осі симетрії. Положення цієї точки залежить від куту α , значення якого змінюється при зміні параметрів процесу, таким чином, щоб потрібна потужність була мінімальною. Радіус умовної межової поверхні R_y для наданих параметрів визначається по мінімуму зусилля, що деформує, існування, що обумовлює область процесу впровадження пуансона у напівпростір. Деформований матеріал поділено на чотири зони, у кожній із яких статі швидкостей безперервне. Зони 1, 3, 4 є жорсткими, у них швидкості постійні та мають одну компоненту чи рівну нулю. Для схеми течії, наведеної на рис.1 ліворуч від осі, швидкості перемішування мають такі значення. Зона 1 - нерухома ($V_1=0$); зона 3, яка становить зону "мертвого металу", переміщує вниз зі швидкістю пуансона $V_n=V$ (від'ємна величина). Зона 4 переміщує нагору зі швидкістю V_4 , величина якої визначається із умови постійності об'єму.

При використанні енергетичного засобу балансу потужності слушно використати радіальне поле швидкостей течії металу у вогнищі деформації. Для побудови радіального поля швидкостей у вогнищі деформації (зона 2), скористаємось прийомом, ствердженням Б.Авицуром та ін. Якщо вирахувати V_4 із

всіх швидкостей, зазначених на рис. 1 ліворуч від осі, то осьова швидкість у зоні 4 та що складає швидкості, перпендикулярна межі між зонами 2 та 4, стануть рівними нулю, тобто у такому випадку відпадає необхідність роздвигати течію металу із зони 2 у зону 4 та статі швидкостей у вогнищі деформації стає радіальним. При цьому змінюються тільки абсолютні швидкості, відносні швидкості на поверхні розриву залишаються такими ж.

Внаслідок зазначеного перетворення схеми процесу приймає вигляд, зображений на рис. 1, праворуч від осі. При описі поля у вогнищі деформації скористуємось сферичною системою координат r, θ, φ , т.к. припускається, що течію симетричне відносно осі обертання, то складові швидкості у

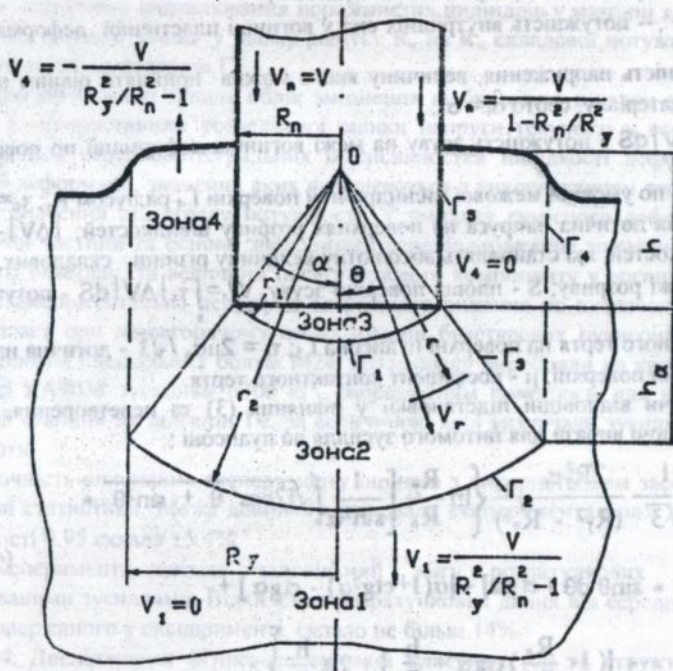


Рис. 1. Розрахункова схема впровадження пуансона у напівпростір.

напрямку осей θ та φ (V_θ та V_φ) дорівнюють нулю. Радіальну що складає V_r , визначимо інтегруючи рівняння постійності об'єму:

$$V_r = \frac{r_1^2}{r^2} * \frac{V \cos \theta}{1 - R_n^2 / R_y^2} \quad (1)$$

Використовуючи (1) та відомі формули для швидкостей деформації, знаходимо інтенсивність швидкостей деформації:

$$\varepsilon_i = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot V \cdot \frac{r_1^2}{r^3} \cdot \frac{1}{1 - R_n^2 / R_y^2} \cdot \sqrt{12 \cos^2 \theta + \sin^2 \theta} \quad (2)$$

Рівняння балансу потужності для процесу впровадження пуансона у напівпростір записується у вигляді:

$$W_p = W_i + W_c + W_t \quad (3)$$

де $W_p = q_{\text{ср}} (\pi d_n^2) / 4$ - потужність, що розвивається зусиллям деформування; $q_{\text{ср}}$ - середнє питоме зусилля на пуансоні;

$W_i = \int_V \sigma_i \varepsilon_i dV$, -- потужність внутрішніх сил у вогнищі пластичної деформації; σ_i - інтенсивність напруження, величину якого можна прийняти рівним напрузі текучості матеріалу, себто $\sigma_i = \sigma_s$;

$W_c = \int_S \tau_c |\Delta V| dS$ - потужність зсуву на межі вогнища деформації по поверхнях

$\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$ та по умовній межовій циліндричній поверхні Γ_4 радіусом R_y ; $\tau_c = \sigma_s / \sqrt{3}$ - максимальна дотична напруга на поверхнях розриву швидкостей; $|\Delta V|$ - розриви швидкостей, які становлять абсолютну величину різниці, складових, паралельних межі розриву; S - площа поверхні зсуву; $W_t = \int_S \tau_k |\Delta V| dS$ - потужність сил контактного тертя на поверхні пуансона Γ_5 ; $\tau_k = 2\mu\sigma_s / \sqrt{3}$ - дотична напруга на контактній поверхні; μ - коефіцієнт контактного тертя.

Роблячи відповідні підстановки у рівняння (3) та перетворення, одержуємо наступні вирази для питомого зусилля на пуансоні:

$$q_{\text{ср}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{2R_y^2 \sigma_s}{(R_y^2 - R_n^2)} \left\{ \ln \frac{R_y}{R_n} \left[\frac{1}{\sin^2 \alpha} \int \sqrt{12 \cos^2 \theta + \sin^2 \theta} \cdot \right. \right. \\ \left. \left. + \sin \theta d\theta + \text{ctg} \alpha \right] + [\alpha (1 + \text{ctg}^2 \alpha) - \text{ctg} \alpha] + \right. \\ \left. + \left[\left(1 - \frac{R_n}{R_y} \right) \text{ctg} \alpha + \frac{h}{R_y} \right] + 2\mu \frac{h}{R_n} \right\} \quad (4)$$

Величина питомого зусилля, обчислена за формулою (4) залежить від куту α , що визначить розмір вогнища деформації (зона 2) При цьому має оптимальний кут, що забезпечує мінімум зусилля. Значення $\alpha_{\text{опт}}$ для прийнятих значень глибини впровадження, коефіцієнту тертя та радіусу умовної граничної

поверхні R_1 знаходять із необхідних умов мінімуму q : рівність нулю похідної питомого зусилля по α .

У вислові (4) залежної змінної також є радіус граничної межевої поверхні R_1 . Його величина визначає умови реалізації процесу впровадження пуансона у напівпростір. Значення цього радіусу пропонується знаходити із умови мінімуму питомого зусилля q_{\min} , диференціюючи (4) по R_1 при оптимальному значенні α , прирівнюючи похідну нулю.

Практична реалізація рішення рівняння (4) за висловленою схемою може бути здійснена чисельним засобом на ЕОМ.

Використовуючи вираз (4), одержано формулу для обчислення питомого зусилля зворотного видавлювання порожнистих циліндрів у матриці з радіусом, рівним R_1 , шляхом заміни у ньому радіусу R_1 на R_0 складової потужності пластичного зсуву на поверхні Γ_1 .

При обчисленні зусиль облік зміщення відбувається шляхом уточнення рішень з використанням усередненої оцінки напруги текучості у вогнищі деформації для середньоінтегральних інтенсивностей швидкості деформації та кінцевої деформації, значення яких визначаються з використанням теореми про середні значення інтегралу потужності. У випадку сумісного деформування плаваючої частини та основи знаходиться середньозважене значення напруги текучості біметалу, та величини обсягу кожного компоненту у вогнищі деформації. Експериментальна перевірка одержаного рішення по визначення зусиль вироблялася при напівгорячому видавлюванні біметалевих пуансонів для висадки головок спеціальних болтів М24. Штамповку виробляли на кривошипному пресі КА9038 зусиллям 6300 кН, спорядженим пристроєм для виміру деформації станини на довжині 1 м, за величиною якої визначали зусилля, що деформують.

Точність виконання експерименту оцінено з використанням засобу математичної статистики. Межа довірчого інтервалу експериментальних даних для імовірності 0.95 склала $\pm 5.4\%$.

Експеримент показав задовільний збігу розрахункових даних з вимірюваними зусиллями. Відхилення розрахункових даних від середнього значення, одержаного у експерименті, склало не більш 14%.

Розділ 4. Дослідження фізико-механічних властивостей та структури елементів біметалевих деталей штампів після напівгорячого видавлювання та термічної обробки. Приведені результати дослідження механічних властивостей та структури сталей 5Х3В3МФС (Ді23), 4Х5МФС, 7Х3 та 45Х після напівгорячого видавлювання та термічної обробки. Видавлювання здійснювали на гідравлічному пресі, що має швидкість робочого ходу 15 мм/с. Із заготовки діаметром 40 мм прямим засобом видавлювали образи із ступенем деформації

40%. Із таких заготовки одержували стандартні образи на розтяг з діаметром робочої частини 5мм.

Режими інтервалу температур 600...800° С, які досліджували можна розподілити на три групи :

- 1.Пластична деформація при температурах , нижчих критичної точки A_1 ;
- 2.Пластична деформація із течею фазових утворювань у інтервалі температур A_1 - A_3 ;
- 3.Пластична деформація при температурах вище критичної точки A_3 .

Процес деформування за першим режимо: збільшення температури приводить до зниження міцності та підвищення пластичності виробів за рахунок процесів повернення та рекристалізації, які відбуваються. Характерною особливістю другого режиму є істотне підвищення міцності після видавлювання у порівнянні з деформацією по першому режиму. Після деформації при 800° С сталей 5Х3В3МФС та 7Х3 у аустенітно-ферітном стані $\sigma_0.2$ збільшилося відповідно на 180 та 110МПа у порівнянні з видавлюванням при 600° С, причому пластичність тут незначно знижується та залишається на достатньо високому рівні ($\Psi=30...40\%$).

Виконані мікроструктурні дослідження та їх аналіз показують, що одержання високих міцних та пластичних властивостей сталей після напівгорячої штамповки у аустенітно-ферітному стані при оптимальній температурі досягає за рахунок сформованої у процесі деформації мілкозернистої перлітно-ферітної структури, що має дисперсні, сфероїдизовані та орієнтовано розміщені карбідні частки у перліті та тонку субзерену структуру у феріті. Структурні зміни поготив чималі, чим більше легована сталь. Одержана внаслідок напівгорячої деформації раціональна структура сталей стійка, вона успадковується при нагріванні під термічну обробку та виявляє позитивний вплив на властивості після термообробки.

Розділ 5. Експериментальне дослідження розподілу плакуючого шару при видавлюванні порожнини у біметалевій заготовці. Технологічний процес, який пропонує одержання біметалевих матриць, що пропонує та передбачає видавлювання гравюрн у складовій циліндричній заготовці, яка складається із основи із соосної порожнини, у яку вставлено циліндричний вкладиш. Процес формозмінювання такої заготовки характеризується нерівномірністю деформації, внаслідок чого розподіл плакуючого шару є нерівномірним. Ця нерівномірність залежить від режимів технології, а також від геометричних розмірів вкладишу (плакуючого шару) та об'єми (основного матеріалу).

Експериментальні дослідження по виборі мінімальних розмірів вкладишу та достатньої для експлуатації товщини плакуючого шару виконані з математичним плануванням. В основу незалежних змінних обрано: відносна товщина вкладишу - $h_{\text{вкладишу}} / h_{\text{порожнини}}$, його відносний діаметр - $d_{\text{вкладишу}} / d_{\text{порожнини}}$,

співвідношення міцності компонентів біметалу при температурі 700°C - b_2 вкладишу / b_1 обойми, а також температура нагріву заготовки. Залежною змінною є мінімальна товщина плакуючого шару, що одержується після видавлювання. Інтервали варіювання обрано за результатами проведених раніше експериментів та результатів аналізу конструкцій робочих деталей штампів та даних про зношеність їх гравюри. У вигляді матеріалу обойми використалася сталь 40X, а для вкладишу 40X та 4X5MFC. Варіювання перших двох чинників здійснювалося зміною розмірів вкладишу.

Видавлювання здійснювалося одним пуансоном діаметром 30 мм на глибину 20 мм у заготовці з зовнішнім діаметром 70 мм та висотою 40 мм, що мають вкладиш з розмірами діаметр 54 мм та 36 мм, висоту 32 мм та 10 мм. Штампівка здійснювалася на кривошипному пресі, підсиленням 1000кН. Заготовка нагрівалася у електричній печі опору у деревному вугіллі для запобігання утворення окисної плівки на сполучних поверхнях вкладишу та обойми. Було становлено повний чотирьохфакторний експеримент, який включав 16 дослідів (кожний дослід повторювався 3 рази), з варіюванням чинників на двох рівнях. Внаслідок обробки експерименту одержано рівняння регресії, яке показало залежність мінімальної товщини плакуючого шару у виробу у вигляді неповного квадратичного полінома, що адекватно описує експериментальні дані, згідно якому і збільшенням всіх чинників мінімальна товщина плакуючого шару зростає. При цьому найбільший вплив на величину мінімальної товщини плакуючого шару виявляє товщина вкладишу, найменшим - температура нагріву заготовки. Використовуючи одержану модель, було визначено співвідношення розмірів заготовки, яке покладено у основу створеного засобу виготовлення біметалевих виробів.

Розділ 6. Проектування операцій видавлювання та освоєння технологічних процесів видавлювання біметалевих штампів. На основі результатів виконаних досліджень розроблено методикку автоматизованого проектування технології виготовлення видавлюванням біметалевих робочих деталей штампів. У основу алгоритму покладено математичну модель обчислення енергослових параметрів при видавлюванні порожнини циліндричним пуансоном, а також впроваджено підхід до обчислення підсилення видавлювання порожнини у двошаровій заготовці, складено із різноманітних матеріалів. Аспект, який лежить у основі методики є обчислення та рівняння розмірів вогнища деформації та зусиль, необхідних для деформування елементів біметалевої заготовки окремо та спільно із зворотним видавлюванням та впровадженням пуансона у напівпростір на етапах перемішування пуансона. Вихідними даними для проектування є: розміри елементів заготовки, інструменту та порожнини, коефіцієнт тертя, апроксимація кривих зміцнення матеріалів заготовки, швидкість руху порожни-преса та температура штампівки. Алгоритм проектування збудований та-

ким чином, що для заданих умов обробки у автоматичному режимі визначаються розміри вогнища деформації, засіб деформування, що деформує зусилля та величину зсуву плакуючої частини заготовки на етапах деформування із заданим кроком переміщення пуансона. Розрахунки ведуться до тих пір, доки глибина впровадження пуансона у плакуючу частину не досягне величини рівної глибини порожнини деталі. Результати розрахунків вводяться у вигляді таблиці значень зусиль, що деформують, глибини порожнин та величини осьового зсуву плакуючої частини для всіх етапів деформування. Після оцінки результатів проєктування може бути продовжено з метою пошуку найкращих параметрів технології. При цьому параметрами, що управляються є розміри елементів біметалевої заготовки, умови контактного тертя, температура та швидкість деформування. Результати, одержані у роботі, покладено в основу розроблених та освоєних технологічних процесів виготовлення біметалевих штампів. Для метизного виробництва спеціальних болтів М24.

У процесі виготовлення дослідної партії перевірялися теоретичні рішення, різноманітні підходи у вибіру пар сталей біметалу, режими деформації та термообробки. Досліді взірці біметалевих пуансонів перевірили на стійкісним іспитам у серійному виробництві заготовки метізів.

Нова технологія передбачає видавлювання у режимах напівгорячої обробки, що дозволяє одержати точність геометричних розмірів у межах ІІквалітета та шорсткість поверхні у межах $R_a \approx 0.8 \mu\text{км}$; виключаючи наступну доводку гравіюри слюсарною обробкою. Стійкість біметалевих пуансонів у порівнянні із пуансонами, які застосовуються у виробництві із сталі 7Х3 підвищилася у 1,5...2 разів. Для висадочного виробництва ВО "Верстатобудівельний завод " м.Луганська розроблено та завпроваджено технологію виготовлення біметалевого штампового інструменту.

Технико-економічні показники нових технологій : зменшення видатку дорогої штампової сталі у 5...7 разів, зниження трудоемкості виготовлення штампового інструменту у 5...8 разів, підвищення стійкості його у 2...4 раза.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Установлений механізм деформації при видавлюванні порожнин у біметалевій заготовці з боку розміщення плакуючого шару, що має міцність більше, ніж основа. Залежно від співвідношення опору деформації частин заготовки можливі дві схеми течії : без осьового зсуву та зі зсувом плакуючої частини у напрямі руху пуансона. При деформуванні без осьового зсуву на протязі всього процесу відбувається формоутворювання порожнин у плакуючій частині з деформацією або тільки у плакуючій частині, або обох частин заготовки спільно.

2. Виконаний теоретичний аналіз енергосилових та кінематичних параметрів у процесі утворення порожнин впровадженням циліндричного пуансона у напівнескінчну заготовку. Одержано формули для розрахунку зусиль впровадження циліндричного пуансона у напівпростір та зворотного видавлювання циліндричних порожнин, у яких зусилля пов'язано з розмірами порожнини та інструменту, опором деформації матеріалу та коефіцієнтом контактного тертя.

3. Розроблено методіку обчислення зусилля формотворення порожнин складової біметалевої заготовки, що врахує засіб деформування, схему течії та зміцнювання елементів біметалу, що дає відхилення у результатах розрахунку та експерименту не більш 14%.

4. Визначено режим ч напівгарячого видавлювання сталей 5ХЗВ3МФС, 4Х5МФС, 7Х3, що забезпечують одержання високої міцності та пластичності. Показано, що це досягається деформуванням у інтервалі температур фазових перетворень за рахунок сформованої у процесі деформації дрібнозернистої перлітно-ферітної структури, що має дисперсні рівномірно розподілені, сфероїдизовані та орієнтовано розміщені карбідні частки у перліті та тонку субзерну структуру у феріті. Структура стійка, вона успадковується при нагріві під термічну обробку та виявляє позитивний вплив на властивості термообробленої сталі.

5. Одержано рівняння регресії, яке виявляє залежність мінімальної товщини плакуючого шару у порожнистих біметалевих виробках, одержаних видавлюванням від розмірів плакуючої частини заготовки та порожнин, співвідношення міцності компонентів біметалу та температури нагріву заготовки. Знайдено співвідношення розмірів заготовки, що покладено в основу створеного засобу виготовлення біметалевих виробів.

6. Розроблено методику автоматизованого проектування операції видавлювання порожнин у біметалевій заготовці, що дозволить визначити на етапах обробки основні характеристики процесу (засіб деформування, схему течії, зусилля, величину зсуву плакуючої частини), виробляти корегування параметрів технології та здійснювати вибір найкращих їх значень для конкретних умов виробництва.

7. Розроблено та впроваджено матеріало- та енергосберігаючі технологічні процеси виготовлення видавлюванням біметалевих робочих деталей штамів для висалочного виробництва. Нові технології забезпечують зниження витратків штампової сталі у 5...7 разів, 5-8 кратне підвищення продуктивності у інструментальному виробництві, збільшення стійкості робочих деталей штамів у 2...4 раза за рахунок застосування надтривких сталей для плакуючого шару та міцності матеріалу внаслідок напівгарячої деформації.

Основні положення дисертації викладені у роботах

1. Дорошко В. И., Семеняка Л. И., Дубасов В.М. Исследование выдавливания гравюр биметаллических штампов // Вестник Восточнoукраинского государственного университета. Серия машиностроение.- 1996. – с. 50-52.

2. Дорошко В. И., Дубасов В. М. Алгоритм расчёта параметров технологии выдавливания биметаллических рабочих деталей штампов. // Вісник Східноукраїнського державного університету. Ресурсосберігаючі технології одержання та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні.- 1997.- N 1 (5). с.161.

3. Дорошко В. И., Дубасов В. М. Определение усилия образования полости внедрением цилиндрического пуансона в полубесконечную заготовку. // Вісник Східноукраїнського державного університету. Ресурсосберігаючі технології одержання та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні.- 1997.- N 1 (5). с.44.

4. Дорошко В.И., Карташова Л.И., Дубасов В.М. Исследование влияния полугорячей пластической деформации на структуру и свойства легированных сталей. // Вісник Східноукраїнського державного університету. Ресурсосберігаючі технології одержання та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні.- 1997. - N 1(5). с.28.

5. Патент 17078A, Украина, МКИ В 21 К5 / 20. Спосіб виготовлення биметалевих виробів / В. І. Дорошко, Л. І. Карташова, Л. І. Семеняка, В. М. Дубасов (Україна). – Заяв. 27.11.95., Опуб. 18.03.97.

6. Дорошко В. И., Дубасов В. М. Исследование энергосиловых параметров при выдавливании полостей в биметаллической заготовке. /Восточнoукраинский государственный университет. – Луганск, 1997, – 19 с. : ил. – , Библиограф. . 9 назв. – Рус. Деп. в УкрИНТЭИ. 13.01.97. №21 – У197.

АНОТАЦІЯ

Дубасов В. М. Розробка та дослідження технології одержання биметалевого штампового формоутворюючого інструменту методом пластичного деформування.- Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.03.05. – процеси та машини обробки тиском, Східноукраїнський державний університет, Луганськ, 1997.

Захищаються 5 наукових праць та 1 патент, які містять в собі експериментальні дослідження деформованого стану та форми вогнища деформування у

процесах видавлювання порожнин у біметалевих заготовках теоретичні дослідження енергосилових, кінематичних параметрів та зусилля при видавлюванні порожнин у біметалевій заготовці. Виконано дослідження фізико-механичних властивостей та структури металу елементів біметалевих деталей штампів після напівгарячого видавлювання та термічної обробки. Знайдено економічні засоби одержання надійного сполучення елементів біметалу з рівномірним розподілом шлакованого шару. На підставі результатів дослідження розроблено методіку автоматизованого проектування операцій видавлювання та освоєно технології видавлювання біметалевих штампів.

Ключові слова: біметал, штамп, напівгаряче видавлювання, вогнище деформування, порожнина, енергосилові параметри, плакуючий шар, термічна обробка, механічні властивості, ресурсозберігання.

АННОТАЦИЯ

Дубасов В.М. Разработка и исследование технологии получения биметаллического штампового формообразующего инструмента методом пластического деформирования.- Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.05 - процессы и машины обработки давлением, Восточно-украинский государственный университет, Луганск, 1997.

Защищаются 5 научных работ и 1 патент, которые содержат в себе экспериментальные исследования деформированного состояния и формы очага деформации в процессах выдавливания полостей биметаллических заготовках теоретические исследования энергосиловых, кинематических параметров и усилия при выдавливании полостей в биметаллической заготовке. Выполнено исследование физико-механических свойств и структуры металла элементов биметаллических деталей штампов после полугорячего выдавливания и термической обработки. Найден экономические способы получения надежного соединения элементов биметалла с равномерным распределением плакирующего слоя. На основе результатов исследования разработана методика автоматизированного проектирования операции выдавливания и освоены технологии выдавливания биметаллических штампов.

Ключевые слова: биметалл, штамп, полугорячее выдавливание, очаг деформации, полость, энергосиловые параметры, плакирующий слой, термическая обработка, механические свойства, ресурсосбережения.

ANNOTATION

Dubasov V.M. Development and investigation of the tehnology of producing bimetallic forming die tools by plastic deformation. - Manuskript

The thesis on competition of Candidate Science Degree on a speciality 05.03.05 - Processes and equioment of plastic metal working. East-Ukrainian State University, Lugansk, 1997.

Five scientific works and one patent are presented to defend a thesis. The papers contain the experimental investigation of strain state and deformation site shape as well as the theoretical study of the power-force parameters, kinematic conditions and forces in the process of cavity extrusion in the bimetallic blank. The study of physical-mechanical forming die tools parts' elements has been carried out after semi-hot extrusion and heat treatment. The economical methods of producing a reliable joint of bimetal's elements with clad layer uniform distribution have been found. On the base of the investigation results extrusion operations has been developed and the extrusion tehnologies of bimetallic forming die tools have been introduced to the manufacture.

Key words: bimetal, forming die tools, semi-hot extrusion, deformation site, cavity, power-force parameters, mechanical relations, mechanical form, heat treatment, energy saving.

Підписано до друку 1.09.97. Формат 60x90 1/16, 1 д. а.

Тираж 100 екз. Заказ № 354

Ротопрінт СУДУ, 349034, м.Луганськ, кв.Молодіжний, 20-а

1888

1888

AB 38 JULY
AB 38.447

The Board of Education of the State of California, in and through its Board of Directors, acting through its Board of Directors, has adopted the following resolution:

The Board of Education of the State of California, in and through its Board of Directors, acting through its Board of Directors, has adopted the following resolution:

The Board of Education of the State of California, in and through its Board of Directors, acting through its Board of Directors, has adopted the following resolution:

The Board of Education of the State of California, in and through its Board of Directors, acting through its Board of Directors, has adopted the following resolution:

Approved by the Board of Education of the State of California, acting through its Board of Directors, on this 15th day of July, 1976.