

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**Кочергін Юрій Анатолійович**



УДК 621.777.01

**УДОСКОНАЛЮВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ  
ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНИХ ЗГІНАЛЬНИХ ШТАМПІВ  
В УМОВАХ ДИСКРЕТНО-НЕСТАБІЛЬНИХ ПРОГРАМ  
ВИПУСКУ ВИРОБІВ**

Спеціальність 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата  
технічних наук

Харків – 2012

Дисертація на правах рукопису.

Робота виконана в Державному підприємстві «Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування» Агентства державного майна України, м.Харків.

**Науковий керівник:**

кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
**Будьонний Михайло Михайлович,**  
Державне підприємство «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації», м. Харків,  
генеральний директор

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор  
**Тітов В'ячеслав Андрійович,**  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ,  
завідувач кафедри механіки пластичності матеріалів  
та ресурсозберігаючих процесів

доктор технічних наук, професор  
**Долматов Анатолій Іванович,**  
Національний аерокосмічний університет  
ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний  
інститут», м. Харків,  
завідувач кафедри технології авіадвигунобудування

Захист відбудеться «23» травня 2012 р. о 14<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.05.10 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий «  »                      2012 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



Сукіасов В.Г.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Одним з основних шляхів підвищення продуктивності праці та використання внутрішніх резервів виробництва в металообробній промисловості є подальше розширення області застосування холодного штампування – найбільш прогресивного, високопродуктивного та малотрудомісткого способу обробки металів тиском.

Згинання є однією з найбільш поширених формозмінювальних операцій холодного штампування, яка широко використовується для отримання різноманітних деталей з листового матеріалу, профільного прокату, труб і дроту.

Операції згинання застосовуються при виготовленні 45% деталей, що отримуються листовим штампуванням. Найбільшу групу (64%) по найменуваннях і кількості деталей цієї номенклатури представляють деталі з габаритами по довжині від 20 до 300 мм і завтовшки від 0,5 до 8,0 мм.

Деталі із заданими параметрами точності в межах 6 – 7 квалітетів складають 50...60%, 9 – 12 квалітетів – 25...36% від загальної номенклатури гнутих деталей виробів машинобудівної галузі, включаючи вироби спецтехніки; із заданими допусками на розташування поверхонь і шорсткості поверхонь відповідно 24% і 15%.

Аналіз даних застосовуваного оснащення показав, що до 80% всіх згинальних штамсів, що використовуються на підприємствах машинобудівних галузей, зокрема для виготовлення спеціальної техніки, є стаціонарними штампами нерозбірного типу, які не розраховані на повторне використання при зміні об'єктів виробництва.

Враховуючи, що витрати на проектування та виготовлення штампового оснащення в загальному балансі витрат на технологічну підготовку виробництва складають до 45%, необхідний пошук і створення нового виду технологічної оснастки для виконання операцій згинання деталей, ефективного в умовах дрібносерійного та серійного виробництва.

Складність вирішення цієї задачі полягає в тому, що стосовно питання працездатності переналагоджуваних згинальних штамсів, їх довговічності та точності штампування, дослідження, практично, повністю відсутні. Також відсутні дослідження щодо оптимізації конструктивних параметрів згинальних штамсів, стійкості конструкції в процесі експлуатації та переналагодження на виготовлення нових виробів.

У зв'язку з цим тема дисертаційної роботи, присвячена вдосконаленню спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штамсів, є актуальною в умовах дискретно-нестабільних програм випуску виробів машинобудування та визначила напрямки дисертаційного дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася на Державному підприємстві "Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування" (ДП "ХНДІТМ"), відповідно до фундаментальних та прикладних науково-дослідних робіт, згідно плану про Міністерства промислової політики України: «Розробка прогресивної автоматизованої переналагоджувальної оснастки» (ДР №0108U005432), «Розвиток верстатобудівної промисловості як основи технологічного забезпечення виробництва в умовах його структурної перебудови» (ДР № 0105U001243), а також в рамках господарчих договорів

«Уніфікація елементів технологічного оснащення листового штампування» (ДП «Завод імені Малишева», м. Харків, ДП Харківський машинобудівний завод «ФЕД», м. Харків), де здобувач був виконавцем окремих розділів.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є розширення технологічних можливостей спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штампів на основі вибору їх раціональних конструктивно-технологічних параметрів в умовах дискретно-нестабільних програм випуску виробів.

Для досягнення поставленої мети поставлені такі завдання:

- визначити та класифікувати досліджувані конструктивно-технологічні фактори та їх ступінь впливу на виконання згинальних операцій;
- визначити ефективний метод нанесення зміцнювальних покриттів для підвищення стійкості формозмінювальних елементів і розробити технологію їх нанесення;
- експериментально дослідити вплив конструктивно-технологічних чинників на працездатність спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штампів;
- отримати аналітичні залежності для оцінки зносостійкості формоутворювальних елементів спеціалізованих переналагоджуваних штампів;
- визначити техніко-економічну ефективність і області застосування розробленої технології та штампів;
- результати роботи впровадити у виробництво та розробити рекомендації по експлуатації.

*Об'єкт дослідження* – згинальна операція листового штампування.

*Предмет дослідження* – вибір раціональних конструктивно-технологічних параметрів елементів конструкції штампів.

**Методи дослідження.** Теоретичною основою дисертаційного дослідження стали спеціалізовані переналагоджувальні штампи на базі технології машинобудування, теорії обробки металів тиском, механіки тертя та зношення.

Аналітичне дослідження стійкості формоутворювальних елементів спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штампів виконане на основі аналізу результатів статистичного дослідження з використанням методу найменших квадратів. Експериментальні дослідження елементів конструкції згинальних штампів включали розробку методів і устаткування для проведення випробувань на зношення зразків з різними видами покриттів і використанням машини тертя, спеціального стендового устаткування, а також дослідження напружень і деформацій в лабораторних і виробничих умовах із застосуванням методів статичного та динамічного тензометрування. Визначення напружень і деформацій в згинальних штампах з різними кутами нахилу матрицетримача виконувалося методом моделювання на моделях з оптично чутливих матеріалів. Контроль зношування елементів конструкції здійснювався на зразках методом вимірів лінійних розмірів із застосуванням інструментального мікроскопа. Отримані результати оброблялися з використанням засобів обчислювальної техніки.

Робота проводилася в лабораторних і виробничих умовах на ДП: «Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування» та «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації».

**Наукова новизна одержаних результатів.** На основі проведених аналітичних

і експериментальних досліджень спеціалізованих переналагоджуваних штампів для виконання згинальних операцій листового штампування з урахуванням забезпечення працездатності конструкції протягом всього терміну служби:

- вперше отримано аналітичні залежності для визначення переміщення напівматриць штампів залежно від величини горизонтальної складової зусилля штампування та величини кута нахилу поверхонь матрицетримача та напівматриць, що сполучаються, що дозволило встановити їх раціональні конструктивні параметри;
- розроблено комплексний науково-обґрунтований підхід до дослідження та розробки технології нанесення зміцнювальних покриттів, що дозволило підвищити в два рази стійкість формоутворювальних елементів конструкції;
- науково обґрунтовано умови силового навантаження при П-подібному згинанні, що дозволило встановити величину зусилля, що діє, на різних стадіях формування заготовки;
- вперше отримано аналітичні залежності зносостійкості формоутворювальних елементів залежно від геометричних розмірів деталей, товщини матеріалу, величини додаткових зазорів і радіусів округлень пуансонів, що дозволяють прогнозувати пружинення деталей і зносостійкість в процесі експлуатації згинальних штампів.

**Практичне значення одержаних результатів** для металооброблювальної галузі полягає в розробці методичних та практичних рекомендації по визначенню раціональних параметрів елементів спеціалізованих переналагоджуваних штампів для згинання деталей, що забезпечують їх працездатність протягом всього терміну служби, при зниженні показників металоємності та трудомісткості виготовлення в 1,5 – 2,0 рази.

Надані рекомендації по вибору матеріалів для виготовлення елементів конструкції, призначенню класу шорсткості поверхонь, що сполучаються, та точності їх виготовлення, котрі забезпечують здатність до складання конструкції з урахуванням взаємозамінності деталей без додаткової механічної обробки:

Впроваджені у виробництво рекомендації та технологія нанесення зміцнювальних покриттів, що забезпечують підвищення стійкості формоутворювальних елементів згинальних штампів.

Результати роботи впроваджено у виробництво на: ДП «Завод імені Малишева» (м. Харків), ВАТ Науково-виробниче підприємство «Оснастка» (м. Краматорськ), ДП «Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування» (м. Харків).

**Особистий внесок здобувача.** Усі положення дисертації, винесені на захист, розроблені здобувачем самостійно. Серед них: розроблена методика та проведені експериментально-аналітичні дослідження працездатності штампів для згинання деталей, отримані аналітичні залежності для їх розрахунку; виявлені основні чинники, що впливають на стійкість формоутворювальних елементів конструкції, запропоновані матеріали, режими та технологія нанесення зміцнювальних покриттів детонаційно-газовим методом, що підвищує стійкість формоутворювальних елементів згинальних штампів, а також здійснені промислові випробування й впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертації доповідалися, обговорювалися і одержали схвалення на: Міжнародних науково-технічних конференціях і семінарах: 17 і 18 Міжнародних науково-технічних конференціях «Нові технології в машинобудуванні» (м. Харків, 2009-2010 р.); Міжнародна науково-технічна конференція Високі технології. «Тенденції розвитку» (Алушта, 2009 р.), Міжнародна науково-технічна конференція «Технології ХХ століття» (Алушта, 2010р.).

**Публікації.** Результати дисертації опубліковані в 13 наукових працях, серед яких 12 у фахових наукових виданнях України.

**Структура дисертації.** Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг дисертації складає 201 сторінку, серед них: 9 рисунків та 1 таблиця на 14 окремих сторінках, 43 рисунки та 25 таблиць у тексті, 127 найменувань використаних літературних джерел на 10 сторінках, 7 додатків на 23 сторінках.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, вказаний зв'язок роботи з науковими програмами та планами, сформульовано мету та завдання дослідження, розглянуто об'єкт і предмет дослідження, встановлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача, подано інформацію щодо апробації, публікацій, структури та обсягу роботи.

У **першому розділі** проаналізовано стан теорії та практики згинальних операцій листового штампування з погляду працездатності конструкції згинальних штампів, що визначається основними вихідними параметрами і їх допустимими значеннями: можливостями точності, зносостійкістю робочих елементів конструкції, що забезпечують їх функціонування протягом всього терміну служб штампів; конструктивно-технологічною стійкістю конструкції при безступінчатому регулюванні робочих розмірів в процесі експлуатації.

Значний внесок в пізнання фізичної суті процесів формоутворення деталей, удосконалення раніше відомих конструкцій штампового оснащення внесли: І.С. Алієв, М.М. Будьонний, О.Я. Горніцький, В.А. Долгов, В.О. Євстратов, М.Є. Зуцов, М.М. Лисов, В.П. Мещерін, О.Я. Мовшович, В.Л. Морін, Є.Н. Мошнін, В.А. Огородніков, С.М. Поляк, В.П. Романовський, В.В. Шевелєв та ін.

Більшість досліджень присвячена питанням зносостійкості при виконанні розділових операцій листового штампування. Повністю відсутні дослідження по взаємозв'язку зношування формоутворювальних елементів з параметрами точності штампування, зокрема, з пружним пружиненням деталей.

Слід також відзначити повну відсутність досліджень по підвищенню зносостійкості формоутворювальних елементів згинальних штампів шляхом застосування нового виду зносостійких покриттів на основі детонаційно-газового методу.

Проаналізовані основні напрями розвитку прогресивних конструкцій універсальних і переналагоджуваних штампів для згинання.

Виявлено, що одним із перспективних завдань при проектуванні згинальних штампів нового покоління є розробка та дослідження можливості забезпечення їх переналагодження і стійкості в процесі виготовлення широкої номенклатури деталей.

У результаті проведеного аналізу, представлених у даних роботах конструкцій згинальних штампів, встановлено, що штампи володіють рядом істотних недоліків, що знижують їх технологічні можливості. До основних з них відносяться:

- відсутність безступінчатого кутового регулювання формоутворювальних частин пуансонів при однокутовому і двохкутовому згинанні;
- штампи з розсувними напівматрицями не володіють конструктивними особливостями, що дозволяють здійснювати перегин порожнистої деталі на розрахунковий кут з одночасним їх калібруванням;
- плоскопаралельні матрицетримачі штампів з розсувними напівматрицями не забезпечують стійкості їх технологічних параметрів в процесі штампування;
- відсутність рекомендацій по вибору раціональних параметрів формоутворювальних елементів і методів підвищення їх зносостійкості.

При проектуванні штампового оснащення використовуються різні методики розрахунку, які, проте, не дозволяють виконати комплексний вибір конструктивно-технологічних параметрів елементів згинальних штампів в повному обсязі.

У **другому розділі** обґрунтовано вибір конструкції спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штампів, на основі їх техніко-економічної діяльності, надана методика їх експлуатації та складання. Наведені результати дослідження точності виготовлення та складання блоків спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штампів для згинання листових деталей.

Суть розробленого виду штампового оснащення полягає в тому, що для отримання заданої деталі або виконання необхідної технологічної операції не потрібно проектувати та виготовляти робочі частини, оскільки конструкції змінних переналагоджуваних пакетів, що встановлюються в універсальні блоки, дозволяють проводити в широкому діапазоні безступінчате налагоджування їх формозмінювальних елементів на заданий робочий розмір і кут згинання. При цьому задані параметри точності деталей, що виготовляються, забезпечуються наступними конструктивними особливостями:

- конструкцією матрицетримача, що забезпечує стійкість технологічних параметрів штампів в процесі виконання операції згинання (збереження положення розсувних напівматриць при прикладанні горизонтальної складової зусилля згинання);
- конструкцією регульованих формозмінювальних елементів штампів, що забезпечують перегин полиць деталей на розрахунковий кут, котрі враховують пружинення штампованої заготівки;
- конструкцією розсувних напівматриць і пуансонів, що забезпечують калібрування полиць деталей з урахуванням величин контактного тиску та його розподілу по зоні згину.

Пакет містить деталі багаторазового користування конструктивного характеру (рис. 1): матрицетримач 1; розсувні напівматриці 2, що дозволяють проводити безступінчате регулювання робочого розміру; вкладиші 3 напівматриць 2, що забезпечують можливість застосування будь-якого з чотирьох робочих радіусів; пересувні установлювальні планки 4 і фіксуючі рамки 5 для орієнтації заготовок, спеціальні регульовальні гвинти 6, стяжні болти 7 із затискними гайками 8, виштовхувач-притискач 9, сполучений з штовхачами 10, що діють від буферного пристрою преса, утримувач 11. Фіксація

паketу на базових плитах блоку проводиться за допомогою установлювальних шпонок 12, 19.

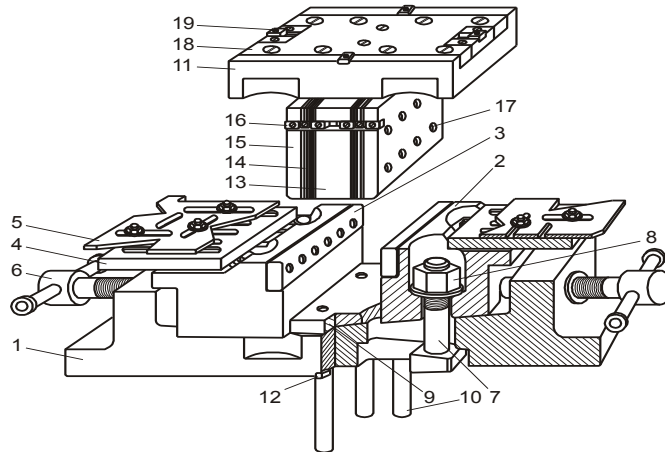


Рис.1. Базова конструкція змінного переналагоджуваного пакету

Відмінною особливістю конструкції є те, що контактуючі поверхні напівматриць 2 та матрицетримача 1, а також поверхні головок стяжних болтів 7 і опорні поверхні, що сполучаються з ними, обмежують пази матрицетримача, виконані похилими з кутом нахилу  $6^\circ$ . При цьому напівматриці 2 зберігають в процесі штампування своє первинне положення не тільки за рахунок сил тертя між їх опорними поверхнями та матрицетримача 1, але і за рахунок опору стяжних болтів розтягуванню.

До складу базової конструкції змінного переналагоджуваного пакету входить набірний пуансон, що закріплюється в утримувачі 11. Пуансон складається з наступних основних елементів: основа 13, набору змінних регулювальних пластин 14, бічних пластин 15. Фіксуються пластини за допомогою шпонок 16, а закріплення їх на основі проводиться гвинтами 17. Регулювальні пластини 14 пуансона мають десять виконань по товщині (від 0,3 до 2,5 мм), а бічні пластини 15 відрізняються різними виконаннями (від 1 до 5 мм) робочих радіусів. Закріплення основи пуансона 13 в утримувачі проводиться за допомогою притискної пластини 18. Для встановлення пуансонів різних виконань в утримувачі передбачені змінні перехідні вставки.

Змінний пакет для двохкутового згинання, в якому конструкція напівматриць та пуансона дозволяє здійснювати перегин полиць деталі на розрахунковий кут з одночасним їх калібруванням, показаний на (рис. 2).

Від базової конструкції пакет відрізняється наявністю встановлених в напівматрицях 1 додаткових робочих елементів виконаних у вигляді вкладишів 2, кожний з яких контактує з напівматрицею по двох опорних циліндрових концентричних поверхнях.

Поворот вкладишів при перегині деталей здійснюється виштовхувачем-притиском 3, що взаємодіє в кінці ходу повзуна преса з кулачками вкладишів 2. На бічних поверхнях вкладиша є пази, що обмежують його хід за допомогою обмежувачів 4.

Утримувач 7 використовується для установки універсального пуансона 8, що



забезпечує можливість перегину полиць деталей з урахуванням кута пружинення штампованого матеріалу.

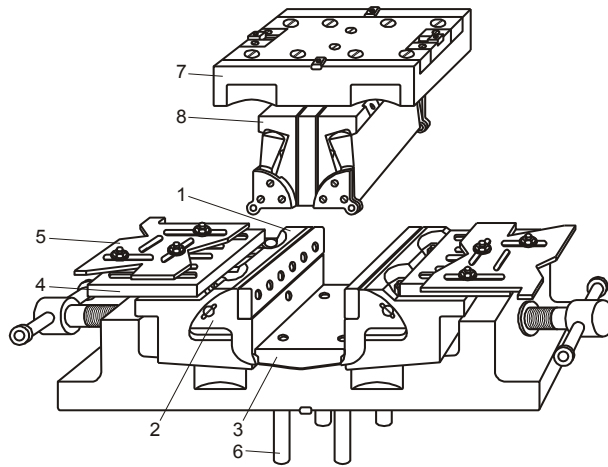


Рис.2. Змінний переналагоджуваний пакет для двохкутового згинання деталей із заданими параметрами точності

Нормальна експлуатація блоків багато в чому залежить від точності їх виготовлення і складання. Розрахунок допусків розмірів базових і направляючих елементів конструкції проводився теоретико-імовірнісним методом.

Для спрощення розрахунку просторові розмірні ланцюги розглядалися як плоскі. Погрішності ланок, що їх становлять, приймалися взаємно незалежними і розраховувалися по наступних формулах:

$$\delta_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{\sum A_i^2 \cdot K_i^2 \cdot \delta_i^2}; \quad (1) \quad \Delta_{\Sigma} = \sum A_i (\Delta_i + \alpha_i \cdot \delta_i) - \alpha_{\Sigma} \cdot \delta_{\Sigma}, \quad (2)$$

де  $\delta_{\Sigma}$  – половина поля розсіювання погрішностей замикаючої ланки;  $\Delta_{\Sigma}$  – координата середини поля розсіювання погрішностей замикаючої ланки;  $A_i$  – передавальне відношення, що визначає вплив погрішності  $i$ -ої складової ланки на замикаючу ланку;  $K_i$ ,  $K_{\Sigma}$  – відповідно коефіцієнти відносного розсіювання погрішностей складових і замикаючої ланки розмірного ланцюга;  $\delta_i$  – половина поля допуску  $i$ -ої складової ланки;  $\Delta_i$  – координата середини поля допуску  $i$ -ої складової ланки;  $\alpha_i$ ,  $\alpha_{\Sigma}$  – відповідно коефіцієнти відносної асиметрії складових і замикаючих ланок розмірного ланцюга.

Розрахунок розмірних ланцюгів зводився до визначення величин  $\delta$ ,  $\alpha$  та  $K$ .

Величини полів розсіювання зазору  $\delta_{z_1}$ ,  $\delta_{z_2}$ ,  $\delta_{z_3}$  дорівнюють:

$$\delta_{z_1} = \frac{1}{K_{z_1}} \sqrt{K_{66}^2 \cdot \delta_{66}^2 + K_{\kappa}^2 \cdot \delta_{\kappa}^2}; \quad (3)$$

$$\delta_{z_2} = \frac{1}{K_{z_2}} \sqrt{K_n^2 \cdot \delta_n^2 + K_{\kappa}^2 \cdot \delta_{\kappa}^2}; \quad (4)$$

$$\delta_{z_3} = \frac{1}{K_{z_3}} \sqrt{K_n^2 \cdot \delta_n^2 + K_{вн}^2 \cdot \delta_{вн}^2}, \quad (5)$$

де  $\delta_{z_1}$ ,  $\delta_{z_2}$ ,  $\delta_{z_3}$  – відповідно замикаючі ланки сполучень: колонка – втулка, колонка – плита нижня; втулка – плита верхня.

Коефіцієнт відносного розсіювання деталей ланок-зазорів

$$K_z^2 = \frac{3}{8} \left( \frac{\Delta_z}{\delta_z} + 1 \right)^2, \quad (6)$$

$K_z$  – приймаємо рівномірним в будь-якій точці поля зазору.

Коефіцієнти відносної асиметрії приймаємо рівними

$$\alpha_{\text{вв}} = \alpha_{z_i} = \alpha_k = \alpha_n^h = \alpha_n^g = \alpha dy = 0. \quad (7)$$

Особливість складання блоків полягає в тому, що направляючі колонки, втулки та пазові фіксатори закріплюються у відповідних базових і тримаючих деталях шляхом їх заливки епоксидним компаундом ЭД-5, ЭД-6, що скорочує трудомісткість їх виготовлення, забезпечує високий ступінь співвісності та необхідну міцність.

У зв'язку з цим, зазори  $z_2$  и  $z_3$  є технологічними, дозволяють компенсувати погрішність складання системи напряму. Величина двосторонніх зазорів знаходиться в межах 0,5...0,8 мм.

Точність виготовлення формоутворювальних елементів відповідає 5 – 6 квалітетам точності. Направляючі колонки та втулки виконуються по посадці  $H6/h5$ . Допуски паралельності базових поверхонь плит блоків і допуски на перпендикулярність колонок й втулок не повинні перевищувати 0,01 на довжині 200...250 мм.

У **третьому розділі** проведено вибір матеріалів і методу нанесення зміцнювальних покриттів, приведена математична модель, технологія і оптимізація режимів детонаційно-газового зміцнення формоутворювальних елементів конструкції.

Показано, що перспективним напрямом підвищення зносостійкості та працездатності штампів для виконання згинальних операцій є використання детонаційно-газового методу нанесення зміцнювальних покриттів їх робочих поверхонь.

Виходячи з навантажень, що діють на робочі поверхні деталей штампів, визначено необхідні характеристики зміцнювальних покриттів: твердість покриття – не менше 600 HV, адгезійна міцність – не нижче 200 МПа, міцність на зріз –  $\tau_{зр} = 500$  МПа, товщина покриття – 200...300 мкм.

За сукупною оцінкою службових характеристик оптимальними зміцнюючими покриттями є ВК-20, ПТ-19Н-01. Перспективними матеріалами для виготовлення формоутворювальних елементів згинальних штампів в цьому випадку можуть бути вуглецева якісна сталь 45 і низьковуглецева конструкційна сталь 40Х.

При визначенні параметрів продуктів детонації та частинок порошку прийняті наступні допущення:

- тиск створюється тільки газом, впливом частинок нехтуємо;
- у будь-якому поперечному перетині всі параметри постійні;
- масообмін між газом і порошком відсутній;

- обміном, який займають частинки, можна знехтувати;
- температура по всьому обміну постійна;
- гравітаційними і електричними силами можна знехтувати.

Таким чином за результатами теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що розроблена технологія та режими нанесення зміцнюючих покриттів детонаційно-газовим методом. Також встановлено, що оптимальною є глибина за- грузки 0,4 м, товщина одиначної плями запилення 10,8 мкм, міцність зчеплення по- верхонь з основою – 40 МПа.

Розроблена математична модель процесу детонаційно-газового нанесення по- криттів дозволила різко скоротити зону пошуку його раціональних режимів.

Раціональним слід рахувати режим детонаційно-газового напилювання для по- рошків ВК-20, ПТ-19Н-01: розмір частинок – 30...60 мкм, глибина завантаження порош- ку – 0,4 м, початкове положення контактної границі – 1,1...1,2 м, розбавлення горю- чої суміші флегматизуючим газом 25...30%, дистанція напилювання – 70 мм, скоро- стрільність – 4...8 пострілів в секунду, товщина одиначної плями напилювання – 10...11 мкм, склад горючої суміші –  $C_2H_2 + 1,1O_2$ .

Технологія детонаційно-газового напилювання включає: в себе

- режим напилювання одиначної плями покриття;
- режим обстрілу поверхні деталі що зміцнюється одиначною плямою – напилювання одиначного шару покриття;
- режим формування багатошарового покриття;
- режим охолодження деталі з покриттям.

У **четвертому розділі** приведені результати дослідження впливу конструкти- вних параметрів спеціалізованих переналагоджуваних штампів на технологічну стійкість процесу згинання.

Аналіз силових дій на елементи переналагоджуваних згинальних штампів по- казав, що горизонтальна складова зусилля штампування, що викликає перекидаю- чий момент і що зрушує напівматриці, набуває максимального значення в другій стадії процесу двохкутового згинання.

Розрахунок проводився для випадку стаціонарного значення горизонтальної складової зусилля двохкутового згинання в статичній постановці (рис. 3).

Умова неможливості руху напівматриці по матрицетримачу вгору має вигляд

$$S \geq P \cdot \frac{\cos \alpha - k \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha + k \cdot \cos \alpha} \quad (8)$$

При будь-якому скільки завгодно малому  $P$  і скільки завгодно великому  $S$  та- ка нерівність можлива у випадку, якщо

$$\frac{\cos \alpha - k \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha + k \cdot \cos \alpha} < 0. \quad (9)$$

$k$  – коефіцієнт тертя.

Для  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$  витікає, що  $\cos \alpha - k \cdot \sin \alpha < 0$ , тобто  $\operatorname{tg} \alpha > 1/k$ .

Тоді при  $k = 0,1$  отримаємо  $\alpha > 84^\circ 18'$ .

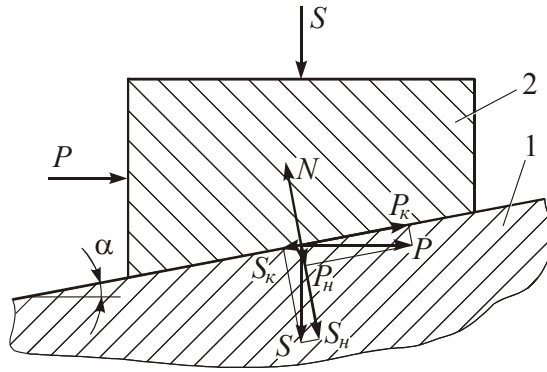


Рис.3. Розрахункова схема вузла кріплення напівматриці: 1 – матрицетримач; 2 – напівматриця

Умова неможливості руху напівматриці по матрицетримачу вниз при великій величині стискаючої сили  $S$  і малій величині горизонтальної складової зусилля штампування  $P$  має вигляд

$$P \geq S \cdot \frac{\sin \alpha - k \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha + k \cdot \sin \alpha}, \quad (10)$$

звідки

$$\sin \alpha - k \cdot \cos \alpha < 0, \text{ т.е. } \operatorname{tg} \alpha < k. \quad (11)$$

Для  $k = 0,1$  отримаємо  $\alpha > 5^\circ 54'$ .

Чисельне значення сили  $P_0$ , починаючи з якого порушується рівновага системи і відбувається зрушення напівматриці відносно матрицетримача, визначається по формулі

$$P_0 = S \cdot [(\sin \alpha + k \cdot \cos \alpha) / (\cos \alpha - k \cdot \sin \alpha)]. \quad (12)$$

Перевірка достовірності величини кута нахилу матрицетримача, отриманої розрахунково-аналітичним шляхом, проводилася експериментально методом електро-тензометрування. При цьому вирішувалися завдання по визначенню напружень і переміщень напівматриць при різних кутах їх нахилу.

Найбільше переміщення напівматриць ( $U_x = 223$  мкм) зафіксоване при куті нахилу матрицетримача  $\alpha = 3^\circ$ .

Із збільшенням  $\alpha$  відбувається різке зниження величини відхилення напівматриць (відповідно при  $\alpha = 6^\circ$  та  $\alpha = 15^\circ - \delta = 157$  мкм и  $\delta = 142$  мкм), що дозволяє зробити висновок, що зменшення величини відхилення напівматриць від початкового положення відбувається при збільшенні кута нахилу матрицетримача до  $6^\circ$ . Це підтверджує правильність кута нахилу  $\alpha = 5^\circ 54'$ , отриманого розрахунково-аналітичним шляхом.

Для отримання аналітичних залежностей, що визначають величини контактного тиску і його розподілу по зоні гнугття при формозміни заготовки, було розглянуто її кінцеве деформований стану

Встановлено, що зміна кута згинання при однокутовому згинанні в діапазоні

60...90°, не впливає на розподіл контактного тиску.

**П'ятий розділ** присвячений експериментально-аналітичному дослідженню зносостійкості формуювальних елементів спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штамів, статистичній обробці їх результатів та аналізу.

Для проведення досліджень зношення формуювальних елементів спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штамів був виготовлений комплект змінних формуювальних елементів.

Випробування проводилися при штампуванні П-подібних деталей, як з добре обробленої сталі Ст3, так і з тяжкодеформованої сталі 1X18H10T.

В якості матеріалу для формуювальних елементів використовувалася інструментальна конструкційна сталь У8А, термічно оброблена до твердості 54...62 HRC. Товщина матеріалу, що штампувався, варіювалася в межах 4...8 мм.

Радіус згину  $r_2$  змінюється за рахунок набору пластин до згинального пуансона в межах 4...40 мм.

На (рис. 4) показана залежність зношення вкладишів матриць і пластин пуансонів від товщини матеріалу при штампуванні деталей із сталі Ст3.

Обробка і аналіз отриманих даних дали підставу зробити наступні висновки:

1. При штампуванні тонколистової ( $S = 0,5...4,0$  мм) конструкційної вуглецевої сталі звичайної та підвищеної якості з  $\sigma_{\sigma} = 320...420$  МПа зношення формуювальних елементів спеціалізованих згинальних штамів в межах критерію зношення при 12,0 тис. робочих ударів преса не спостерігалось.

2. Для сталі  $S = 6...8$  мм зношення формуювальних елементів почало виявлятися при 6,0 тис. робочих ударів преса.

У початковий період роботи спостерігалось підвищене зношення вкладишів матриць спеціалізованих згинальних штамів. Цей період при штампуванні деталей з вуглецевої конструкційної сталі  $S = 4...8$  мм,  $\sigma_{\sigma} = 320...420$  МПа складав 6...7 тис. робочих ударів преса.

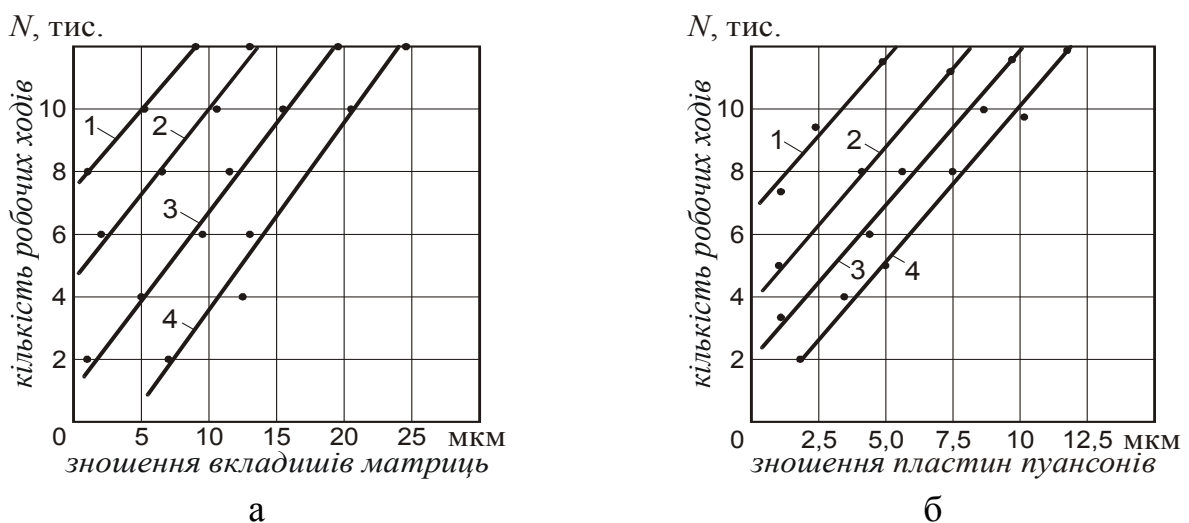


Рис.4. Залежність зношення вкладишів матриць (а) і пластин пуансонів (б) від товщини матеріалу та кількості робочих ходів преса при штампуванні деталей із сталі Ст3: 1 –  $S = 4$  мм; 2 – 5 мм; 3 – 6 мм; 4 – 8 мм

Так при штампуванні Ст3 товщиною 5 мм період інтенсивного зношування склав 20...25% від зносостійкості до настання критичної величини зношення. Для сталі товщиною 6...8 мм цей період скорочувався до 2...3 тис. робочих ударів і складав до 12...18%. Це пояснюється збільшенням робочого зусилля згинання та питомого тиску на робочих поверхнях формоутворювальних елементів спеціалізованих згинальних штампів.

Далі збільшення зношення стабілізувалося та наступив період нормального зношення, який спостерігався при 7...12 тис. робочих ударів і складав до 75...80% від загального циклу штампування до настання критичної величини, після якої було потрібне відновлення або заміна формоутворювальних вкладишів згинальної матриці.

Відзначимо, що збільшення товщини матеріалу приводить до підвищення зношення формоутворювальних елементів спеціалізованих згинальних штампів.

При зміні товщини матеріалу з 4 до 5 мм, тобто в 1,25 рази, спостерігалось підвищення зносу формоутворюючих елементів спеціалізованих згинальних штампів в 1,8 рази, при зміні товщини матеріалу з 4 до 6 мм, тобто в 1,5 рази, знос збільшився в 2,9 рази, при зміні товщини матеріалу з 4 до 8 мм, тобто в 2 рази, знос збільшився в 3,57 рази.

Встановлено, що зміна зношення відбувається непропорційно зміні товщини матеріалу, що штампується. Із збільшенням товщини матеріалу зношення формоутворювальних елементів збільшувалося. Особливо різке збільшення зношення вкладишів згинальних матриць спостерігалось при збільшенні  $\sigma_e$  матеріалу, що штампується.

Експериментально встановлено, що пластини пуансонів із збільшенням товщини штампувало матеріалу зношуються в 1,8 - 2,5 рази менше, ніж вкладиші матриць. Це впливає з умов роботи формотворчих елементів спеціалізованих згинальних штампів.

Бічні поверхні вкладишів матриці двічі ковзають по заготівлі (при робочим хід та виштовхуванні деталі з матриці), в той же час бічні поверхні пластин пуансона тільки один раз стикаються із заготівлею (під час робочого ходу). При виштовхуванні деталі з матриці, при виконанні зворотного ходу, деталь у зв'язку з пружиненням матеріалу, як правило, сама зісковзує з пуансона.

В процесі проведення експериментів встановлено, чим вище межа міцності  $\sigma_e$  матеріалу, що згинається, чим менше товщина матеріалу  $S$  і чим більше внутрішній радіус згину, тим більше пружинення за інших рівних умов.

Зношення формоутворювальних елементів конструкції приводить до збільшення зазору  $z$  між формоутворювальними елементами конструкції, що робить істотний вплив на величину пружинення, збільшуючи його кут.

В результаті проведених досліджень встановлено коефіцієнт зміни величини кута пружинення з урахуванням зносу формоутворювальних елементів конструкції, товщини матеріалу, радіусу згинання  $r_z$  при П-подібному згинанні деталей.

По результатам експериментів побудована діаграма для визначення кутів пружинення для різних матеріалів з урахуванням товщини матеріалу, зношення фо-

рмоутворювальних елементів згинального штампу та радіусу згинання  $r_2$ . Величина  $r_2$  визначалася за допомогою безрозмірного коефіцієнта  $r_2/S$ . У разі П-подібного згинання найменша величина кута пружинення спостерігалася при  $r_2/S = 1 \dots 2$ .

При дослідженні зношення формоутворювальних елементів спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штамсів як матеріал випробовувалися інструментальні сталі У8А, Х12М, ШХ15, термічно оброблені до твердості 54...62 НРС. Матеріал, що штампується – сталь Ст3, товщина – 8 мм.

Аналіз отриманих результатів показує, що сумарне зношення пластин пуансонів, виготовлених із сталі Х12М, в 1,6 рази менше, ніж із сталі У8А і в 1,35 раз менше, ніж із сталі ШХ15.

Іншим показником, що характеризує інтенсивність зношення формоутворювальних елементів згинальних штамсів, є питома зношення

$$\Delta_{зн.} = C_T \cdot n' / N_0, \quad (13)$$

де  $\Delta_{зн.}$  – питома зношення пуансона (матриці), мкм;  $C_T$  – сумарне зношення пуансона (матриці), мкм;  $n'$  – коефіцієнт сумарного зношення при досягненні критичної величини, мкм;  $N_0$  – кількість робочих ходів преса, для яких визначається питома зношення інструменту.

З порівняння усереднених величин питомого зношення формоутворювальних елементів спеціалізованих згинальних штамсів, виготовлених із різних сталей витікає, що найінтенсивніше зношуються вкладиші матриць, виготовлені із сталі У8А – 1,21 мкм на 1000 робочих ходів преса. Найменше інтенсивно зношуються матриці, виготовлені із сталі Х12М і ШХ15 – відповідно 0,8 мкм і 0,98 мкм на 1000 робочих ходів преса.

Функціональна залежність зносостійкості формоутворювальних елементів спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штамсів виведена шляхом математичної результатів обробки 12 експериментів методом найменших квадратів у вигляді

$$C_T = 2,322 \cdot S^{1,5} \cdot \sigma_a^{1,2} \cdot k_0 \cdot k_i. \quad (14)$$

де  $C_T$  – зміна зносостійкості формоутворювальних елементів спеціалізованих згинальних штамсів, мкм;  $S$  – товщина матеріалу, що штампується, мм;  $\sigma_a$  – межа міцності матеріалу, що штампується, МПа;  $a$  – постійний коефіцієнт;  $m$ ,  $n$  – показники степені;  $k_0$  – поправочний коефіцієнт, що враховує величину партії штампованих деталей;  $k_m$  – коефіцієнт, що враховує матеріал формоутворювальних елементів

У шостому розділі приведені результати виробничих випробувань, розрахунок техніко-економічної ефективності і результати промислового впровадження спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штамсів.

Встановлено, що розподіл і максимальні величини напружень, що виникають в матрицетримачі змінних пакетів при згинанні заготовок різних геометричних параметрів і товщини в 2,2 – 2,4 разу нижче за їх значення, котрі допускаються, що забезпечує необхідну міцність конструкції штамсів. Виконання поверхонь матрицетримача та напівматриць похилими дозволяє зберігати тривалу стабільність техно-

логічних параметрів при виготовленні деталей із конструкційних і легованих сталей товщиною до 8 мм в межах 15...25 тис. циклів.

Визначено, що встановлення регулювальних гвинтів матрицетримача в якості опорних не впливає на зміну напружено-деформованого стану конструкції в процесі тривалої експлуатації у виробничих умовах.

Запропонований метод підвищення зносостійкості формоутворювальних елементів спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штампів шляхом нанесення покриттів на основі ВК-20 детонаційно-газовим способом приводить до зменшення їх зношення в 1,8 – 2,4 разу порівняно з виготовленими елементами традиційним способом.

Дистанція напилювання залежно від типу порошкового матеріалу для напилювання та режимів напилювання знаходиться в межах 35...200 мм. Підшарове і основне покриття необхідно наносити з однієї установки пошарово.

У результаті виробничих випробувань встановлено, що в процесі виготовлення партії деталей в кількості 15 тис. штук із сталі Ст3 завтовшки 4 мм зношення робочих поверхонь змінних пластин згинальних пунсонів і змінних вкладишів згинальних матриць зміцнених порошковим матеріалом ВК-20 не спостерігалось.

При цьому зміна сумарної величини зазору між формоутворювальних елементами було незначним (в межах 1...1,5 мкм) і не робило істотного впливу на параметри точності (пружинення матеріалу) при згинанні.

Встановлено, що використання при штампуванні розроблених технологічних рекомендацій забезпечує якість і задані параметри точності, як по геометрії, так і по шорсткості деталей, що виготовляються.

Розроблена методика розрахунку економічної ефективності при впровадженні спеціалізованих згинальних штампів залежно від кількості найменувань деталей, закріплених за одним пакетом, річної програми та числа запусків однойменних деталей у виробництво.

Таким чином, проведені виробничі випробування спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штампів показали високу збіжність (погрішність не перевищує 12...17%) їх результатів з теоретичними і експериментальними дослідженнями.

Результати роботи, практичні рекомендації та висновки упроваджені у виробництво на трьох підприємствах машинобудівного комплексу.

## **ВИСНОВКИ**

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-практичних завдань щодо вдосконалення спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штампів, пов'язаних з розширенням номенклатури деталей, що штампуються в галузі їх застосування, шляхом вибору раціональних параметрів конструкції, що забезпечують високу працездатність і точність, гнучкість і можливість широкого переналагодження в умовах дискретно-нестабільних програм випуску виробів.

Отримано результати:

1. Розроблена класифікація конструкторсько-технологічних факторів та визначена ступінь їх впливу на виконання згинальних операцій.



2. Розроблена технологія та режими нанесення зміцнюючих покриттів детонаційно-газовим методом. Встановлено, що оптимальною є глибина загрузки 0,4 м, товщина одиничної плями запилення 10,8 мкм, міцність зчеплення поверхонь з основою – 40 МПа.

3. Експериментально встановлено, що досягнення стійкості технологічних параметрів штампування забезпечується з використанням матрицетримача і полуматриць виконаних похилими, з направленням нахилу до поперечної осі штампа. Аналітично визначено, що раціональним кутом нахилу сполучених поверхонь є кут  $\alpha = 5^{\circ}54'$ .

4. Отримана аналітична залежність для визначення максимальної зносостійкості формоутворювальних елементів від товщини та межі міцності матеріалу, що штампується, матеріалу формоутворювальних елементів і величини партії деталей.

5. Застосування спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штампів запропонованої конструкції ефективно в умовах серійного виробництва при дискретно-нестабільних програмах випуску виробів.

В умовах дрібносерійного виробництва на 25% розширена номенклатура високоточних деталей, що штампувалися раніше в спеціальних штампах. При цьому відпала необхідність у виготовленні спеціальних штампів.

6. Висновки та рекомендації за результатами дисертації упроваджено у виробництво: на ДП «Завод імені Малишева» – встановлено, що спеціалізовані переналагоджувальні згинальні штампи забезпечують мобільність технологічної підготовки виробництва при зміні продукції, що випускається, за рахунок можливості їх переналадки з використанням всіх основних елементів конструкції; на ВАТ НВП «Оснастка» – запропоновані конструкції ефективні в умовах дрібносерійного і серійного виробництва; на ДП «Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування» – встановлено, що застосування даного виду оснащення істотно скорочує трудомісткість виготовлення та металоємність конструкції, скорочується в 1,5-2,05 рази строки виготовлення штампів при технологічній підготовці виробництва нових виробів.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:**

1. Кочергин Ю.А. Обратимые штампы для листоштамповочного производства / А.В. Виноградов, Ю.А. Кочергин // Оборонная техника. – М. – 1994. – № 12. – С. 35 – 37.

*Здобувачем запропонована агрегатно-модульна побудова оборотного штампового оснащення*

2. Кочергин Ю.А. К вопросу влияния конструктивно-технологических факторов на усилие штамповки при П-образной гибке / А.Я. Мовшович, Ю.А. Кочергин, М.М. Буденный // Високі технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2009. – № 2(19). – С. 110 - 116.

*Здобувачем визначені основні конструктивно-технологічні чинники та ступінь їх впливу на зусилля штампування при П-подібному згинанні*

3. Кочергин Ю.А. Обоснование возможности применения упрочняющих покрытий для повышения износостойкости гибочных штампов / Ю.А. Кочергин // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ. – 2009. – № 110. – С. 92 – 100.

4. Кочергин Ю.А. Исследования влияния угла наклона матрицедержателя на устойчивость специализированных гибочных штампов / А.Я. Мовшович, Ю.А. Кочергин // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2009. – № 31. – С. 50 – 55.

*Здобувачем проведені аналітичні дослідження по визначенням величини кута нахилу матрицетримача та його впливу на стійкість технологічних параметром спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штампів*

5. Кочергин Ю.А. Некоторые аспекты унификации обратной оснастки для металлорежущего оборудования / А.Я. Мовшович, М.М. Буденный, Ю.А. Кочергин // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – Харків: ТОВ «ПСЕК «СВЕКО» – 2010. – № 1 (71). – С. 66 – 70.

*Здобувачем вирішено задачі підвищення ефективності оснащеності виробництва за рахунок уніфікації складальних одиниць оборотного оснащення*

6. Кочергин Ю.А. Исследование влияния технологических факторов на износостойкость формообразующих элементов гибочных штампов / Ю.А. Кочергин, Е.А. Фролов, А.Я. Мовшович // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ. – 2010. – № 113. – С. 111 – 115.

*Здобувачем експериментально досліджено вплив основних технологічних чинників на зносостійкість формоутворювальних елементів згинальних штампів*

7. Кочергин Ю.А. Конструкции и технологические возможности специализированных переналаживаемых гибочных штампов / А.Я. Мовшович, Ю.А. Кочергин // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – К.: НТУУ «КПІ». – 2010. – № 60. – С. 250 – 254.

*Здобувачем запропоновано конструкцію та визначено технологічні можливості спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штампів*

8. Кочергин Ю.А. Прочность клеевого соединения направляющих элементов технологической оснастки / Г.И. Ищенко, А.Я. Мовшович, Н.К. Резниченко, Ю.А. Кочергин // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – №24. – С.89-94.

9. Кочергин Ю.А. Обратимая технологическая оснастка для многооперационного оборудования и гибких производственных систем / А.Я. Мовшович, В.Н. Белик, Ю.А. Кочергин // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – Харків: НАКУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ». – 2010. – № 3(63). – С. 141 – 148.

*Здобувачем розроблені основні модульні вузли конструкції оборотного штампного оснащення*

10. Кочергин Ю.А. Исследование точности изготовления и сборки блоков специализированных переналаживаемых штампов для гибки деталей / А.Я. Мовшович, Н.Д. Жолткевич, Н.К. Резниченко, Ю.А. Кочергин, М.М. Буденный // Вісник Націо-

нального технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – № 43. – С. 136 – 140.

*Здобувачем оцінено вплив погрішності виготовлення формоутворювальних елементів згинальних штампів на параметри точності деталей, що штампуються*

11. Кочергин Ю.А. Повышение технологических возможностей штамповой оснастки и точности деталей при П-образной гибке / Ю.А. Кочергин, А.Я. Мовшович, Е.А. Фролов // Обработка материалов давлением. – Краматорськ: ДДМА. – 2010. – № 3 (24). – С. 92 – 97.

*Здобувачем розроблено конструкції універсально-збірних переналагоджуваних штампів для згинання та діаграма пружинення деталей з урахуванням розмірів формоутворювальних елементів*

12. Кочергин Ю.А. Исследование влияния упрочняющего детонационно-газового метода обработки формообразующих элементов гибочных штампов на их износостойкость / Е.А. Фролов, С.С. Тимофеев, И.И. Федченко, Ю.А. Кочергин // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ. – 2010. – № 119. – С. 128 – 132.

*Здобувачем оцінено ступінь впливу детонаційно-газового покриття на зносостійкість формоутворювальних елементів згинальних штампів і якість штампованих деталей*

13. Кочергин Ю.А. Управление качеством рабочих поверхностей тяжело нагруженных деталей машин / Ю.А. Кочергин, М.М. Буденный, А.Я. Мовшович // Матеріали 9 Міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика». – Київ: АТМ України. – 2009. – С. 80-85.

#### АНОТАЦІЇ

Кочергін Ю.А. Удосконалювання спеціалізованих переналагоджуваних згинальних штампів в умовах дискретно-нестабільних програм випуску виробів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2012.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню ефективності створення спеціалізованих переналагоджуваних штампів для гнуття на основі вибору раціональних конструктивно-технологічних параметрів їх елементів, що забезпечують високу працездатність конструкції, гнучкість переналагодження, необхідну точність виготовлення деталей в умовах дискретно-нестабільних програм випуску виробів.

Гнуття є однією з найбільш поширених операцій листового штампування, широко використовуваного для отримання різноманітних деталей з листового матеріалу, профільного прокату, труб і дроту.

Відмітними особливостями конструкції є те, що змінні переналагоджувані пакети дозволяють проводити в широкому діапазоні безступінчатого настроювання їх формоутворювальних елементів на заданий робочий розмір і кут гнуття. При цьому контактуючі поверхні напівматриць і матрицетримача, а також поверхні головок стягнутих болтів і опорні поверхні, що сполучаються з ними, виконані похилими з ку-

том нахилу  $6^\circ$ , і як результат, зберігають своє первинне положення не тільки за рахунок сил тертя, але і за рахунок опору стягнутих болтів. Тим самим забезпечена стійкість технологічних параметрів штампування протягом всього періоду експлуатації.

Математична обробка результатів експериментально-аналітичних досліджень вперше дозволила отримати функціональну залежність зносостійкості формуювальних елементів спеціалізованих переналагоджуваних штампов для гнуття від товщини матеріалу, що штампується, межі міцності, матеріалу формуювальних елементів, величини партії деталей, що штамнуються.

*Ключові слова: спеціалізовані переналагоджувані штампи для згинання, згинання, зносостійкість, точність, пружинення, детонація, зміцнення, стійкість, напівматриця, пуансонотримач, матрицетримач.*

Кочергин Ю.А. Совершенствование специализированных переналаживаемых гибочных штампов в условиях дискретно-нестабильных программ выпуска изделий. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.05 – процессы и машины обработки давлением. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2012.

Диссертационная работа посвящена повышению эффективности создания специализированных переналаживаемых гибочных штампов на основе выбора рациональных конструктивно-технологических параметров их элементов, обеспечивающих высокую работоспособность конструкции, гибкость переналадки, требуемую точность изготовления деталей в условиях дискретно-нестабильных программ выпуска изделий.

Гибочные операции применяются при изготовлении до 45% деталей, получаемых холодной штамповкой

Учитывая, что затраты на проектирование и изготовление штамповой оснастки в общем балансе затрат на технологическую подготовку производства составляет до 45%, необходим поиск и создание новых видов штампов для выполнения гибочных операций эффективных в условиях мелкосерийного и серийного производств.

Отличительными особенностями конструкции является то, что сменные переналаживаемые пакеты позволяют производить в широком диапазоне бесступенчатую настройку их формообразующих элементов на заданный рабочий размер и угол гибки.

Для получения заданной детали или выполнения необходимой технологической операции не требуется проектировать и изготавливать рабочие части.

Установлено, что точность изготовления и сборки специализированных переналаживаемых гибочных штампов и их работоспособность характеризуется погрешностями изготовления и сборки.

Разработанные специализированные переналаживаемые гибочные штампы представляют собой конструкции высокой точности (8 – 9 квалитет), позволяющие

получать детали по 9 – 12 квалитетам точности.

Перспективным направлением повышения износостойкости формообразующих элементов конструкции является нанесение упрочняющих покрытий на их рабочие поверхности методом детонационно-газового упрочнения.

Разработаны математическая модель процесса напыления, технология и режимы нанесения покрытий на основе порошковых материалов ВК-20 и ПТ-19Н-01.

Установлено, что доминирующее влияние на работоспособность конструкции и параметры точности штампуемых деталей оказывают: износостойкость формообразующих элементов, геометрические размеры деталей и толщина штампуемого материала, физико-механические характеристики материала.

Проведенные экспериментально-аналитические исследования позволили установить зависимость износа формообразующих элементов от толщины материала и его прочностных характеристик, количества рабочих ходов пресса, а также влияние материала формообразующих элементов на их износостойкость.

Впервые установлен коэффициент изменения величины угла пружинения с учетом износа формообразующих элементов конструкции, толщины материала, радиуса гибки для наиболее широко применяемых конструкционных материалов при П-образной гибке.

Получены аналитические зависимости для определения величины контактного давления, необходимого для получения заданных параметров шероховатости поверхностей изготавливаемых деталей.

Проведенные производственные испытания специализированных переналаживаемых гибочных штампов показали высокую сходимость полученных результатов (погрешность не превышает 12...17%) с результатами теоретических и экспериментальных исследований.

Разработанные конструкторско-технологические рекомендации и выводы по диссертационной работе внедрены в производство на трех предприятиях машиностроительного комплекса. Экономический эффект от внедрения составил 150 тыс. грн.

*Ключевые слова: специализированные переналаживаемые гибочные штампы, гибка, износостойкость, точность, пружинение, детонация, упрочнение, устойчивость, полуматрица, пуансондержатель, матрицедержатель.*

Yu. A. Kochergin. Improvement of Engineered Reconfigurable Bending Dies Under Discretely Unstable Production Program Conditions. – Manuscript.

Thesis for Academic Degree of Candidate of Technical Sciences in Specialty 05.03.05 – Pressure Forming Processes and Machines. – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, 2012.

This thesis deals with the increase of efficiency of production of engineered reconfigurable bending dies on the basis of selection of rational engineering parameters of their elements ensuring high structural performance capability, flexibility of reconfiguration, required accuracy of parts production under discretely unstable production program conditions.

Bending is one of the most common operations of sheet-metal stamping widely used for production of various parts from sheet material, shaped bars, pipes and wires.

A distinctive structural feature is that the replaceable reconfigurable packages enable a wide range for smooth adjustment of their shape elements for the desired operational size and bending angle. The contact surfaces of counterdies and die holder, the surfaces of tie bolt heads and adjacent bearing surfaces have a  $6^\circ$  tilt, thus retaining their initial position not only due to friction forces but also due to resistance of tie bolts. This ensures die stamping process stability during the entire period of operation.

Mathematical processing of experimental and analytical research results enabled for the first time to obtain functional dependence of wear resistance of shape elements of engineered reconfigurable bending dies from the thickness of processed material, ultimate strength, material of shape elements, the size of stamped parts batch.

*Key words: engineered reconfigurable bending dies, bending, wear resistance, accuracy, spring return, detonation, reinforcement, stability, counterdie, punch holder, die holder.*

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end, positioned in the lower right quadrant of the page.

**Кочергін Юрій Анатолійович**

**УДОСКОНАЛЮВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ  
ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНИХ ЗГИНАЛЬНИХ ШТАМПІВ  
В УМОВАХ ДИСКРЕТНО-НЕСТАБІЛЬНИХ ПРОГРАМ  
ВИПУСКУ ВИРОБІВ**

АВТОРЕФЕРАТ

Відповідальний за випуск:  
к.т.н., Марченко А.В.

Підписано до друку 17.4.2012 р. Формат 60×84/16. Папір офсетний.  
Офс. друк. Ум. авт. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Замовлення № \_\_\_\_\_  
Безкоштовно

---

Державне підприємство «Харьковский региональный научно-производственный  
центр стандартизации, метрологии и сертификации»  
61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21  
[http://www.\\_\\_\\_\\_\\_](http://www._____)

Видавничий центр «ХП»  
61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21  
\_\_\_\_@\_\_\_\_\_