

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

АГАРКОВ ВІКТОР ВАСИЛЬОВИЧ



УДК 621.98.044

УДОСКОНАЛЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНО-ЗБІРНИХ
ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНИХ ШТАМПІВ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ
КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОМПОНУВАНЬ
В УМОВАХ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Спеціальність 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертація на правах рукопису.

Роботу виконано на Державному підприємстві «Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування» Міністерства промислової політики України.

Науковий керівник кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Будьонний Михайло Михайлович,
Державне підприємство «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації»,
перший радник генерального директора.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Калюжний Володимир Леонідович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»,
професор кафедри механіки пластичності
матеріалів і ресурсозберігаючих процесів;

доктор технічних наук, доцент
Кухар Володимир Валентинович,
Державний вищий навчальний заклад
«Приазовський державний технічний університет»,
доцент кафедри ковальсько-штампувального
виробництва.

Захист відбудеться «18» грудня 2013 р. о 14:30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.10 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

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

Автореферат розісланий «15» листопада 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 64.050.10



В.Г. Сукіасов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Безперервне підвищення вимог, що пред'являються до робочих параметрів виробів, конструктивна зміна форм деталей при обробленні тиском призводять до зростання обсягів роботи і витрат на технологічну підготовку виробництва.

У сучасних умовах переходу промисловості до ринкової економіки зростання випуску конкурентоспроможної продукції має бути досягнуто за рахунок підвищення продуктивності праці при мінімізації матеріальних витрат, використання більш досконалих інструментів, технологічних процесів та оснащення, розширення можливостей діючого обладнання шляхом підвищення коефіцієнта їх корисної дії, застосування універсальних засобів технологічного оснащення, засобів механізації й автоматизації виробництва.

Значна зміна трудомісткості виготовлення, металоємності та вартості штампувального оснащення пов'язана із застосуванням при їх конструюванні та виготовленні нових конструктивних матеріалів. У загальному балансі витрат на технологічну підготовку виробництва штампувальних виробів машинобудування частка витрат на виготовлення оснащення для листоштампувального виробництва становить до 34,5%.

Найбільш ефективним видом технологічного оснащення, що використовують в умовах багатомоделного виробництва з номенклатурою, що часто змінюється, та дискретно-нестабільними програмами випуску виробів, є універсально-збірні переналагоджувані штампи (УЗПШ), що збираються з комплекту стандартизованих елементів і вузлів. Таке оснащення передбачає принцип тривалої працездатності й високої оборотності елементів і знайшло широке застосування в індивідуальному та дрібносерійному виробництві.

При подальшому ефективному розширенні області застосування системи УЗПШ в умовах серійного виробництва особливого значення набуває науково обґрунтований вибір конструктивно-технологічних параметрів елементів УЗПШ, способів закріплення робочих частин, розширення складу комплектів шляхом введення до їх складу нових вузлів, що забезпечують швидке переналагодження та стійкість роботи компонувань у процесі тривалої експлуатації без втрати точності штампування деталей.

Перспективним напрямком ефективного використання комплектів УЗПШ є підвищення гнучкості й скорочення витрат і часу, пов'язаного з переналагодженням їх компонувань при переході на штампування деталей нової номенклатури. Таким чином, задача розширення технологічних можливостей УЗПШ за рахунок оптимізації конструктивно-технологічних параметрів компонувань для розділових операцій в умовах багатомоделного машинобудівного виробництва є актуальною та визначила напрям дисертаційного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконували на Державному підприємстві «Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування» відповідно до науково-дослідних робіт Міністерства промислової політики України «Розробка прогресивної автоматизованої

переналагоджуваної оснастки» (ДР № 0108U005432), а також в рамках господарського договору «Уніфікація елементів технологічного оснащення листового штампування» (ДП Харківський машинобудівний завод «ФЕД», м. Харків), де здобувач був виконавцем окремих розділів.

Мета і задачі дослідження. *Метою дисертаційної роботи є розширення технологічних можливостей універсально-збірних переналагоджуваних штампів для розділових операцій листового штампування шляхом оптимізації конструктивних параметрів компонувань в умовах багатомономенклатурного виробництва.*

Для досягнення мети роботи поставлено задачі:

- дослідити конструктивно-технологічні чинники та їх ступінь впливу на конструктивні параметри УЗПШ при виконанні розділових операцій листового штампування;
- розробити методика та структурну схему складання УЗПШ для розділових операцій листового штампування із застосуванням композиційних матеріалів для закріплення та направлення робочих елементів, направляючих колонок і втулок;
- теоретично обґрунтувати та розробити математичну модель силової взаємодії конструктивних елементів УЗПШ і визначити зусилля, що діють на робочі та базові елементи конструкції в процесі експлуатації;
- експериментально дослідити та отримати картину напружено-деформованого стану базових плит УЗПШ і визначити раціональні схеми навантаження обпирання та закріплення компонувань УЗПШ у процесі експлуатації;
- теоретично та експериментально дослідити жорсткість і міцність базових елементів конструкції з використанням композиційних матеріалів та оцінити можливість їх застосування в конструкціях УЗПШ;
- визначити раціональні схеми компонувань УЗПШ та їх оптимальні конструктивні параметри;
- розробити практичні рекомендації щодо проектування, складання й експлуатації удосконалених конструкцій УЗПШ і впровадити їх у діюче виробництво.

Об'єкт дослідження – розділові операції листового штампування з використанням універсально-збірних переналагоджуваних штампів.

Предмет дослідження – конструктивні параметри основних елементів компонувань УЗПШ та їх вплив на технологічні можливості при розділових операціях в умовах машинобудівного виробництва.

Методи дослідження. Теоретичне дослідження силової взаємодії конструктивних елементів УЗПШ виконано із застосуванням варіаційного методу скінченних елементів.

Експериментальні дослідження проводили із застосуванням методів статичного та динамічного тензометричного вимірювання, голографічної інтерферометрії як в лабораторних, так і виробничих умовах. Аналіз працездатності УЗПШ здійснювали шляхом безперервного спостереження протягом фіксованого проміжку часу, відповідного тривалості їхньої експлуатації в умовах серійного виробництва з наступним обробленням статистичної інформації на ПЕОМ. Оптимальні конструк-

тивні параметри базових елементів компонувань УЗПШ вибирали на основі результатів численних теоретичних та експериментальних досліджень.

Експериментальні дослідження проводили в лабораторних і виробничих умовах у ДП «Харківський НДІ технології машинобудування» та Харківському науково-виробничому центрі стандартизації, метрології та сертифікації.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у такому:

- отримала подальше удосконалення математична модель силової взаємодії базових і робочих елементів УЗПШ, що дозволила визначити силовий режим деформування з урахуванням впливу геометричних параметрів деталі, що штампується, та товщини матеріалу;

- науково обґрунтовано умови силового навантаження, обпирання та закріплення штампів на столах пресів, що дало можливість установити раціональні схеми експлуатації компонувань УЗПШ на основі агрегатно-модульного принципу;

- вперше на основі дослідження напружено-деформованого стану базових елементів УЗПШ визначено ступінь впливу їх геометричних параметрів на жорсткість і міцність, що дозволило отримати аналітичні залежності для їх розрахунку;

- вперше науково визначені раціональні конструктивні параметри елементів конструкцій компонувань УЗПШ із урахуванням виробничих умов експлуатації при розділових операціях.

Практичне значення одержаних результатів для технологічних процесів листового штампування полягає в розробленні компонувань і поширенні технологічних можливостей комплектів УЗПШ. Це характеризується високим рівнем уніфікації, можливістю створення широкоуніверсальних вузлів закріплення робочих елементів для підвищення їх гнучкості, скорочення непродуктивних витрат часу та трудомісткості на переналагодження. Розроблено технологію складання УЗПШ, у тому числі й для виконання операцій суміщеної та послідовної дії. Надано рекомендації щодо вибору матеріалів для виготовлення компонувань УЗПШ із застосуванням композиційних матеріалів і пластичних мас. Визначено ефективну область застосування запропонованих конструкцій УЗПШ для виконання розділових операцій листового штампування.

Результати роботи впроваджено у виробництво на Державному підприємстві Харківський машинобудівний завод «ФЕД» (м. Харків) і ВАТ Науково-виробниче підприємство «Оснастка» (м. Краматорськ) з економічним ефектом приблизно 150 тис. грн. на рік.

Особистий внесок здобувача. Всі положення та результати теоретичних і експериментальних досліджень, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: обґрунтування та розроблення математичної моделі силової взаємодії елементів УЗПШ, виконання теоретичних та експериментальних досліджень жорсткості й міцності базових елементів конструкції штампів на основі композиційних матеріалів, розроблення математичної моделі вибору оптимальних компонувань, проведення розроблення нових схем компонувань, що розширюють технологічні можливості УЗПШ, створення практичних рекомендацій щодо складання і експлуатації розроблених конструкцій. Крім того виконано промислові випробування та впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати роботи доповідалися, обговорювалися і одержали схвалення на міжнародних науково-технічних конференціях і семінарах: «Технології ХХ століття» (Алушта, 2010 р.); Високі технології «Тенденції розвитку» (Алушта, 2011 р.); ХХІ та ХХІІ конференціях «Нові технології в машинобудуванні» (2011, 2012 рр.) (Рибаче, АР Крим); на науково-технічних семінарах кафедри оброблення металів тиском у НТУ «ХП».

Публікації. Основні наукові положення та результати досліджень за темою дисертації опубліковані у 12 наукових працях, серед яких 10 статей у наукових фахових виданнях України, 2 – у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5-ти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації становить 200 сторінок, з них 86 рисунків за текстом, 16 рисунків на 13 окремих сторінках, 37 таблиць за текстом, 165 найменувань використаних джерел на 14 сторінках, 2 додатки на 2 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, вказано зв'язок роботи з науковими програмами та планами, сформульовано мету та завдання дослідження, розглянуто об'єкт і предмет дослідження, встановлено наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів, особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію, публікації, структуру та обсяг роботи.

У першому розділі наведено аналіз різних способів закріплення робочих частин штампів, характеристику та аналіз пластмас, що застосовують для виготовлення штампувального оснащення, розглянуто існуючі методи розрахунку конструктивних елементів переналагоджуваних штампів. Систематизовано наукові розробки та визначено основні чинники, що впливають на працездатність універсально-збірних переналагоджуваних штампів (УЗПШ), а також огляд теоретичних та експериментальних досліджень, що використовуються для досягнення працездатності універсально-збірних конструкцій штампувального оснащення.

Аналіз науково-технічної літератури та патентних досліджень свідчить про те, що більшість рекомендацій з удосконалення конструкцій УЗПШ для одиничного та дрібносерійного виробництва мають як переваги, так і недоліки.

Значний внесок у вивчення процесів формоутворення деталей та удосконалення раніше відомих конструкцій штампувального оснащення зробили І.Є. Алієв, М.М. Будьонний, А.Я. Горніцький, В.А. Долгов, А.І. Долматов, В.О. Євстратов, В.Л. Калюжний, М.М. Лисов, В.П. Мещерін, О.Я. Мовшович, В.А. Огородніков, С.М. Поляк, В.П. Романовський, Є.А. Фролов, В.В. Шевелєв та ін., але рекомендації щодо удосконалення конструкції УЗПШ для багатоміністрального виробництва потребують подальших експериментальних досліджень для розширення технологічних можливостей. Перспективним є дослідження з конструювання УЗПШ для розділових операцій з використанням композиційних матеріалів, оцінювання міцності та жорсткості базових елементів конструкції та визначення їх оптимальних геометричних параметрів.

Більшість опублікованих рекомендацій щодо закріплення робочих частин штампів пластмасовими композиціями стосується штампування деталей товщиною від 0,5 до 1,5 мм.

Доцільним є дослідження з питань жорсткості та міцності конструктивних елементів штампів із пластмас, у тому числі армованих; впливу шкідливих усадкових явищ і масштабного чинника на результативну точність складання штампів. Окремі дослідження щодо міцності закріплення пуансонів і матриць пластмасою АСТ-Т при вирубуванні-пробиванні матеріалів товщиною понад 2 мм не можуть достатньою мірою підготувати рекомендації для практичного застосування в промисловості.

Потребують також розвитку дослідження з оптимізації конструктивно-технологічних параметрів УЗПШ для розділових операцій листового штампування на основі сучасних інформаційних технологій.

Встановлено, що подальше вдосконалення та підвищення ефективності штампувального оснащення в умовах серійного випуску виробів досягається шляхом створення на базі УЗПШ широкоуніверсальних конструкцій технологічного оснащення багаторазового використання шляхом оптимізації їх конструктивних параметрів.

У другому розділі наведено методику та результати експериментального дослідження умов експлуатації та навантаження елементів конструкції універсально-збірних переналагоджуваних штампів при виконанні розділових операцій листового штампування. Сутність системи УЗПШ полягає в тому, що підприємство, маючи в своєму розпорядженні комплект стандартних деталей і складальних одиниць, шляхом їх різноманітного поєднання збирає штампи різного технологічного призначення (вирубні, пробивні, для згинання та ін.). Штампи, зібрані з елементів універсально-збірних штампів (УЗШ), володіють більшістю якостей спеціальних штампів, маючи важливу перевагу – після оброблення деталей їх розбирають на складові частини та використовують для складання іншого штампувального оснащення. Елементи УЗШ постійно знаходяться в обігу: складання – експлуатація на пресах – розбирання – зберігання – складання штампів нової конструкції.

На рисунку 1 показано конструкцію універсально-збірного штампа для пробивання отворів квадратної форми в деталях товщиною 4 мм і розмірами 48×54 мм.

В основу конструкції універсально-збірних переналагоджуваних штампів покладено агрегатно-модульний принцип побудови, який забезпечує:

- можливість отримання компонувань УЗПШ багаторазового використання, які найбільш точно відповідають вирішенню конкретної технологічної задачі;
- скорочення часу та трудомісткості проектування й виготовлення шляхом високого ступеня уніфікації елементів і вузлів конструкції;
- збільшення надійності за рахунок оптимізації конструктивних параметрів основних елементів УЗПШ;
- поліпшення умов експлуатації та ремонтпридатності за допомогою зменшення різноманітності конструкції вузлів та елементів.

І, як наслідок – здешевлення виробництва УЗПШ шляхом зниження номенклатури елементів і збільшення серійності виробництва.

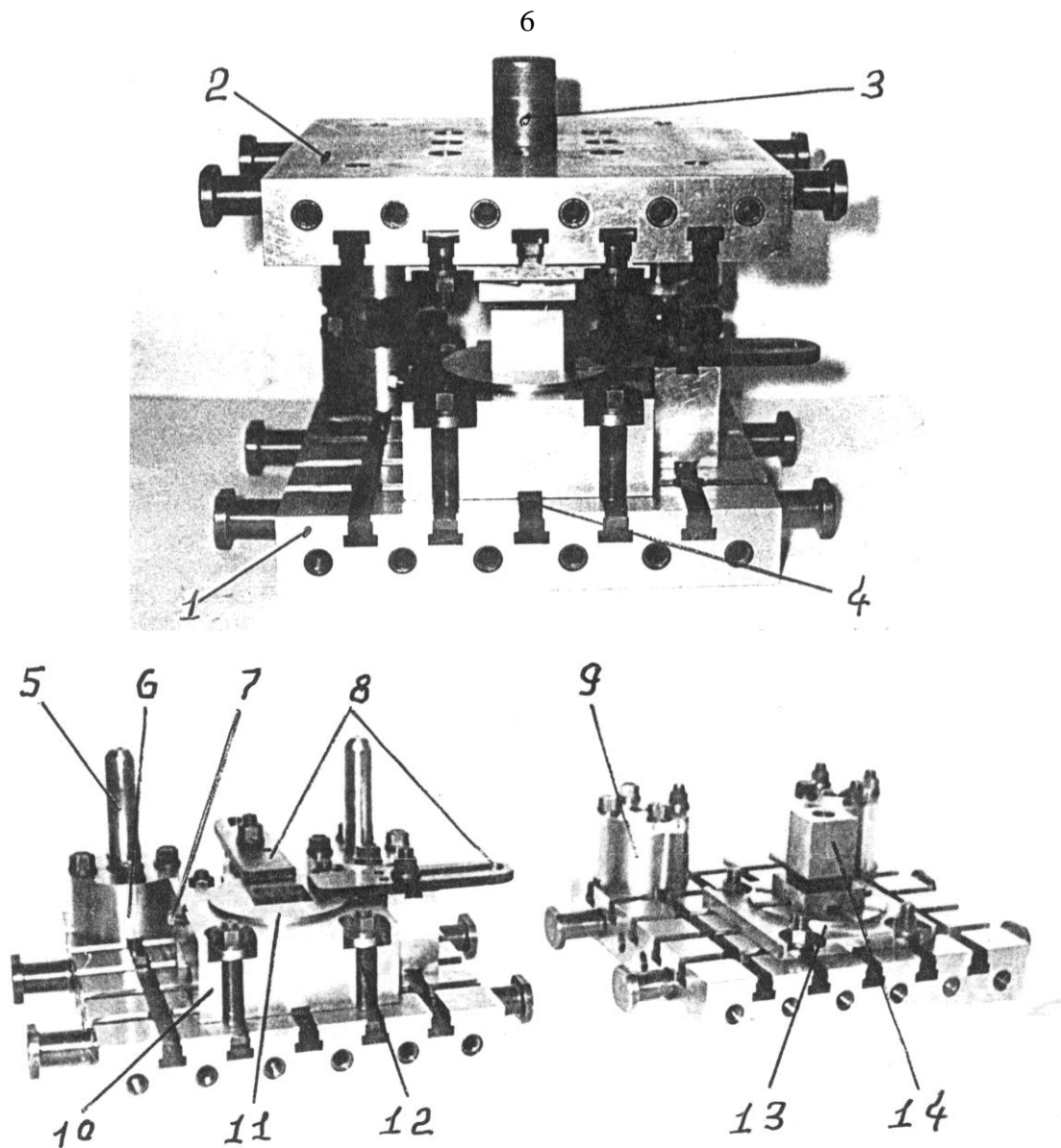


Рисунок 1 – Універсально-збірний штамп з пазами 12 мм для пробивання квадратного отвору:

1 і 2 – нижня та верхня базові плити; 3 – хвостовик, 4 – шпонка; 5 – направляюча колонка; 6 – направляюча обойма; 7 – стопорний болт; 8 – планка для фіксації; 9 – направляюча обойма; 10 – нижня державка; 11 – матриця; 12 – пазовий болт; 13 – верхня державка; 14 – пуансон

Компонування блоків і пакетів УЗПШ має свою специфіку у зв'язку із застосуванням ефективних способів виготовлення блоків із стандартизованих плит комплектів УСП-12, розміщення системи направляючих елементів у необхідних з точки зору технології виготовлення деталей місцях на базових плитах (рисунок 2).

Особливість компонування УЗПШ полягає в тому, що направляючі колонки, втулки, фіксатори закріплюють у відповідних базових деталях за допомогою композиційних матеріалів на основі епоксидного компаунда або акрилових матеріалів, що підвищує точність складання і знижує трудомісткість виготовлення.

У третьому розділі наведено методику та результати теоретичного дослідження напружено-деформованого стану базових плит і базового блока УЗПШ при виконанні розділових операцій листового штампування.

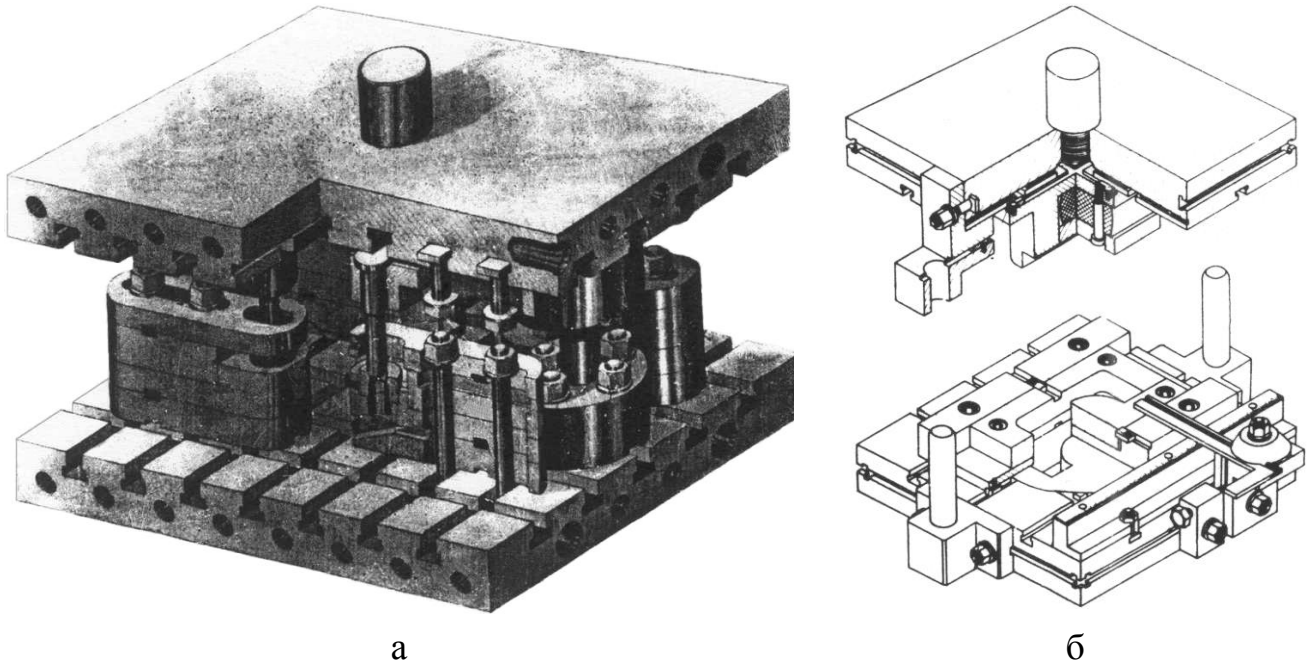


Рисунок 2 – Універсально-збірні переналагоджувані штампи:
а – для одноопераційних дій, б – для поелементного штампування

Для розроблення математичної моделі силової взаємодії конструктивних елементів УЗПШ використано систему диференціальних рівнянь Ламе в частинних похідних для механіки пружних тіл, що описує процеси в суцільному середовищі із заданими крайовими умовами:

$$P(\sigma, \varepsilon, U) = Q(x, t) \quad (1)$$

за умов $P_1(\sigma)|_{\Gamma_1} = \varphi_1(x, t); P_2(U)|_{\Gamma_2} = \varphi_2(x, t); P_3(U)|_{\Gamma_3} = \varphi_3,$

де P – лінійний диференціальний оператор теорії пружності (наприклад, рівняння Ламе); Q – вектор навантаження; Γ_1 – частина поверхні із силовими граничними умовами; Γ_2 – частина поверхні з геометричними граничними умовами; Γ_3 – частина поверхні контактної взаємодії.

Оскільки стан досліджуваного об'єкта практично не залежить від часу, то сили інерції можна не враховувати, і математична модель описується статичними рівняннями

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + \mu \cdot \Delta U + X = 0; (\lambda + \mu) \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} + \mu \cdot \Delta V + Y = 0; (\lambda + \mu) \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} + \mu \cdot \Delta W + Z = 0. \quad (2)$$

де U, V, W – переміщення точок об'єкта, що досліджується; $\varepsilon = \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z}$ – відносна зміна об'єму; $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа; $\frac{\partial^2 U}{\partial t^2}, \frac{\partial^2 V}{\partial t^2},$

$\frac{\partial^2 W}{\partial t^2}$ – складові прискорення; ρ – густина; X, Y, Z – складові об’ємної сили;

$\lambda = \frac{E \cdot \nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}$ – стала Ламе; $\mu = G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$ – модуль зсуву; E – модуль пружності; ν – коефіцієнт Пуассона.

Дослідження НДС базових плит і блока УЗПШ проведено з використанням системи скінченноелементного моделювання (CAE система). У результаті численних розрахунків:

- встановлено значення переміщень і напружень у всіх вузлах базової плити залежно від геометричних параметрів і діючих зусиль, зокрема для базових плит з Т- подібними пазами (таблиця 1);
- встановлено, що найбільш навантаженими є області біля центрального отвору та в точках закріплення. При цьому характер напружень визначається геометричними параметрами, а величини – робочим зусиллям штампування;
- збільшення центрального отвору при зменшенні зовнішнього діаметра приводить до зміни картини НДС базових плит УЗПШ;
- визначено геометричні параметри системи напрямку, раціональні місця установлення направляючих елементів, їх кількість, а також умови закріплення та обпирання, що забезпечують ефективну експлуатацію УЗПШ в умовах серійного виробництва;
- отримано закономірність для визначення та вибору оптимальної товщини базових плит УЗПШ, що забезпечують необхідну жорсткість і міцність конструкції штампів при мінімізації їх матеріаломісткості (наприклад, рисунок 3);
- визначення впливу геометричних параметрів і розташування системи направляючих елементів штампа на жорсткість і міцність УЗПШ (наприклад, рисунок 4);
- визначено раціональні місця установлення направляючих елементів, їх кількості, умов закріплення та опору, які забезпечують ефективну експлуатацію.

Таблиця 1 – Максимальні значення параметрів НДС плит з Т-подібними пазами

Габаритні розміри плити, мм	Тип навантаження	W , мкм	σ_x , МПа	σ_y , МПа	τ_{xy} , МПа	σ_z , МПа
450×300×40	P	2,1	5,9	3,24	1,54	5,84
	M_x	1,42	4,3	4,94	1,2	4,26
	M_y	1,39	4,6	1,6	1,2	4,55
450×450×40	P	2,9	4,5	2,1	1,17	4,5
	M_x	5,8	14,1	2,1	3,7	13,97
	M_y	2,7	8,2	3,0	2,1	8,2

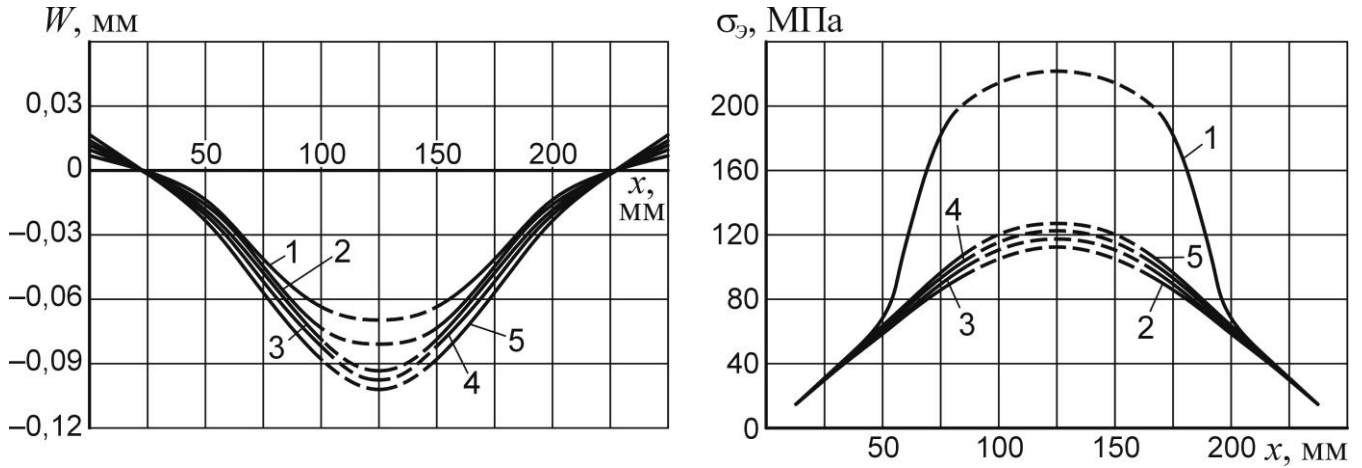


Рисунок 3 – Переміщення й еквівалентні напруження в осьовому перерізі плит з різною величиною центрального провального отвору

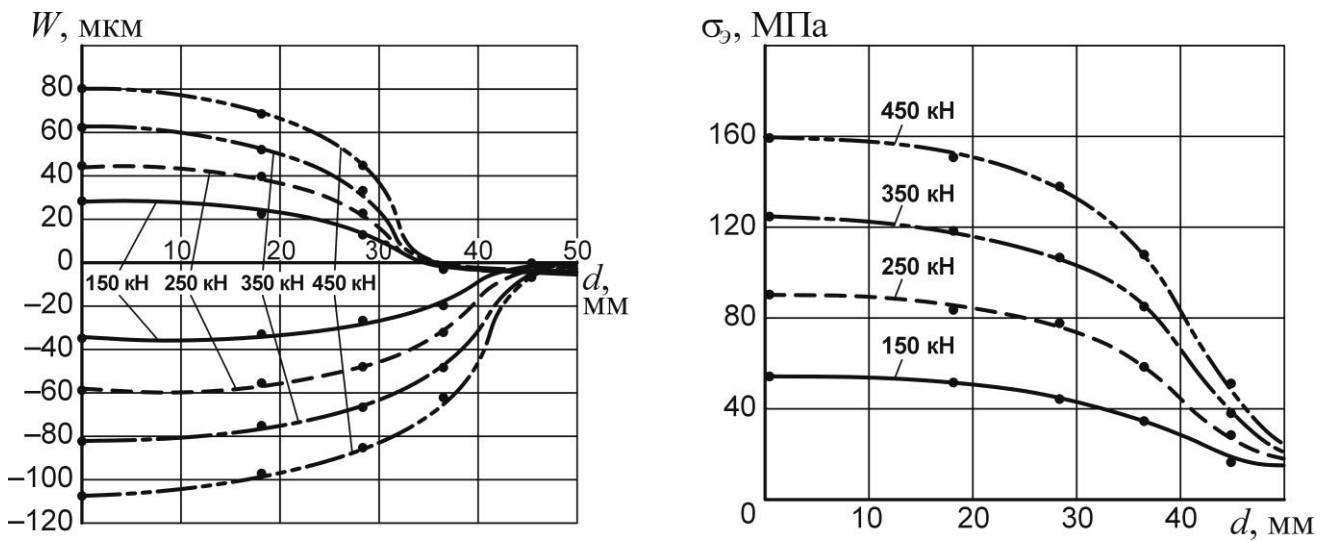


Рисунок 4 – Еквівалентні напруження і переміщення точок плит при різному зусиллі штампування залежно від діаметра направляючих колонок

У *четвертому розділі* наведено методику та результати експериментального дослідження НДС базових елементів УЗПШ на базі лабораторії ДП «Харківський НДІ технології машинобудування».

Дослідження проводили в лабораторних і виробничих умовах. Як основні методи експериментального дослідження міцності й жорсткості базових деталей штампів у роботі використані статичне тензометричне вимірювання та поляризаційно-оптичне моделювання на плоских моделях. При вивченні впливу товщини плит випробовували блоки з товщиною нижньої плити $H = 15, 30, 45, 60$ мм при дотриманні постійної величини інших конструктивно-технологічних параметрів (рисунок 5).

При дослідженні впливу діаметра провального отвору в опорній плиті на НДС нижніх базових плит його величина набувала значення 100, 140, 200 мм при товщині нижньої плити 45 мм, діаметрі направляючих колонок 28 мм. Різні розміри провальних отворів досягалися установленням змінних кілець, які були прошліфовані в складанні з плитою.

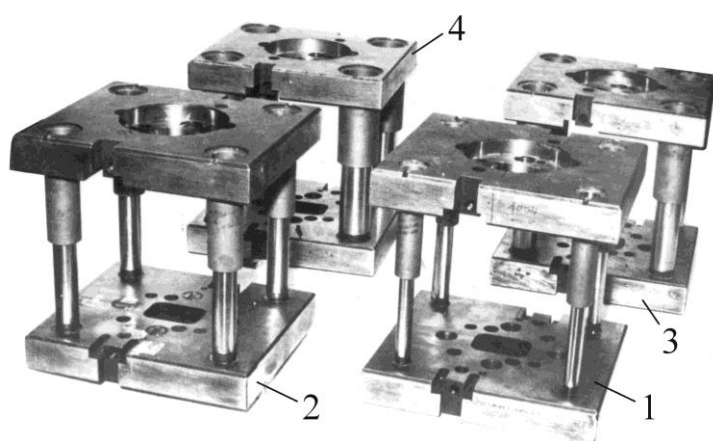


Рисунок 5 – Блоки з різними діаметрами направляючих колонок:
1 – 18 мм; 2 – 28 мм; 3 – 36 мм; 4 – 45 мм

Перевірку пропорційності між зусиллям штампування та компонентами НДС базових плит проводили на одному блоці при його навантаженні по ступенях від $P = 150$ кН до максимального $P = 600$ кН.

Значення напружень для плит різної товщини наведено в таблиці 2.

Характер розподілу нормальних напружень σ_x у напрямку осі y зображено на рисунку 6. Характер зміни напружень у плитах при встановленні їх на основу з різним діаметром провальних отворів зображено на рисунку 7.

Таблиця 2 – Значення величин напружень, що виникають у нижніх плитах різної товщини

Номер датчика	σ_x , МПа				σ_y , МПа			
	15	30	45	60	15	30	45	60
1	-351	-98,5	-34,3	-29,9	110,8	18,5	17,6	7
2	-465	-116	-60,7	-47,5	76,5	23,2	20,2	1,8
4	-561	-169,7	-92,6	-67,7	103,7	21,1	12,3	12,3
6	-1100	-499	-254,9	-134,5	-65,9	-61,5	3,5	31,6
8	-425,5	-94,9	-11,4	-5,5	-591,6	-156,5	-53,6	-31,6
10	-296	-77	-44	-12	-984,6	-255	-145	-97

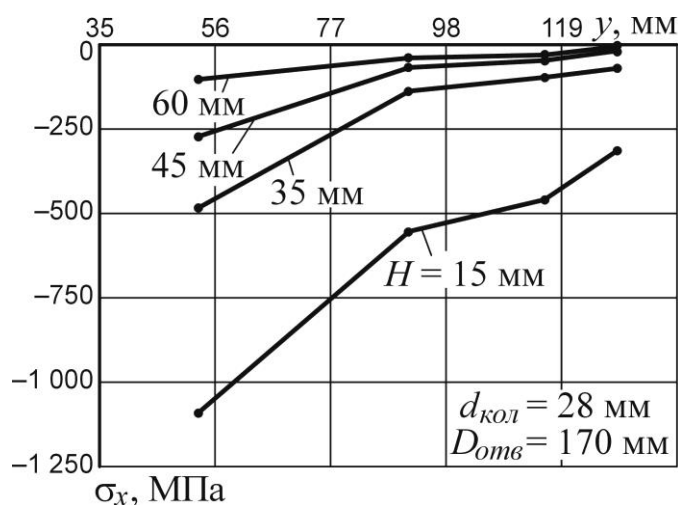


Рисунок 6 – Нормальні напруження в плитах різної товщини, отримані методом статичної тензометрії

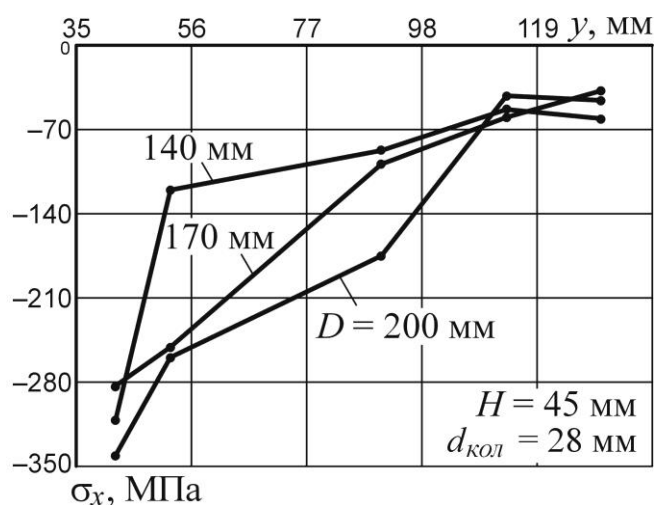


Рисунок 7 – Нормальні напруження в плитах при установленні їх на основу з різним діаметром провального отвору, отримані методом статичної тензометрії

Метод голографічної інтерферометрії оснований на реєстрації амплітудної та фазової характеристик світлової хвилі, розсіяної досліджуваним об'єктом, який може мати як прозору, так і дифузну відбивну поверхню. Залежно від властивостей поверхні процес отримання голограм проводили за двома основними схемами: в прохідному й у відбитому світлі. Пучок монохроматичного світла, джерелом якого можуть бути лазери безперервної дії ЛГ-38, ЛГН-215, лазери імпульсної дії та рубінові, розщеплюється на два пучки: об'єктний, який спрямовується на об'єкт, і опорний. Інтерференція цих двох пучків у світлочутливому шарі фотопластинки і являє собою голографічний запис досліджуваного об'єкта. Голографічний запис містить всю інформацію про об'єкт у трьох його вимірах. При відновленні голограми лазерним пучком відбувається дифракція світлових хвиль лазера на площині голограми, як на дифракційних ґратах, при цьому створюється уявне об'ємне зображення об'єкта.

Методи вимірювання полів деформацій досліджуваних об'єктів за допомогою голографічної інтерферометрії оснований на інтерференції світлової хвилі, відновленої з голограми, котра створює зображення об'єкта, та світлової хвилі, розсіяної самим об'єктом або між світловими хвилями, зареєстрованими до та після навантаження об'єкта, що досліджується. Отримана в результаті подвійної експозиції голограма несе інформацію про пружні деформації на видимих поверхнях об'єкта.

Схему дослідження блока УЗПШ методом голографічної інтерферометрії показано на рисунку 8.

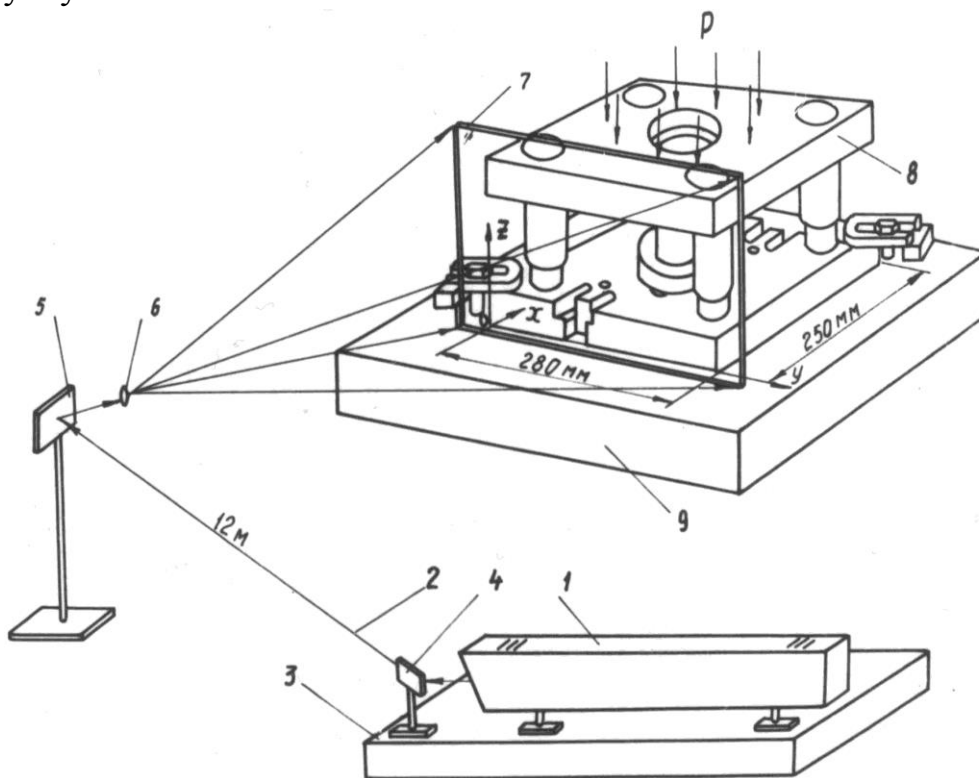


Рисунок 8 – Схема дослідження блока УЗПШ методом голографічної інтерферометрії: 1 – лазер ЛГН-125; 2 – промінь лазера, 3 – станина; 4, 5 – дзеркала; 6 – розширювач лазерного пучка; 7 – середовище для реєстрації; 8 – блок УЗПШ

В результаті розшифрування картини смуг інтерференції та перерахунку отриманих значень переміщень на максимальне для розглянутого блока зусилля штам-

пування, що дорівнює 450 кН, отримані величини прогинів нижньої базової плити по всій області, що була заголографована. На рисунку 9 показано графіки вертикальних переміщень U_z точок поверхні плити при $z = 45$ мм в різних перерізах. Умовне з'єднання деяких точок на графіках пунктиром відповідає різним отворам і вирізам, що потрапили в переріз, виконаним у досліджуваній плиті.

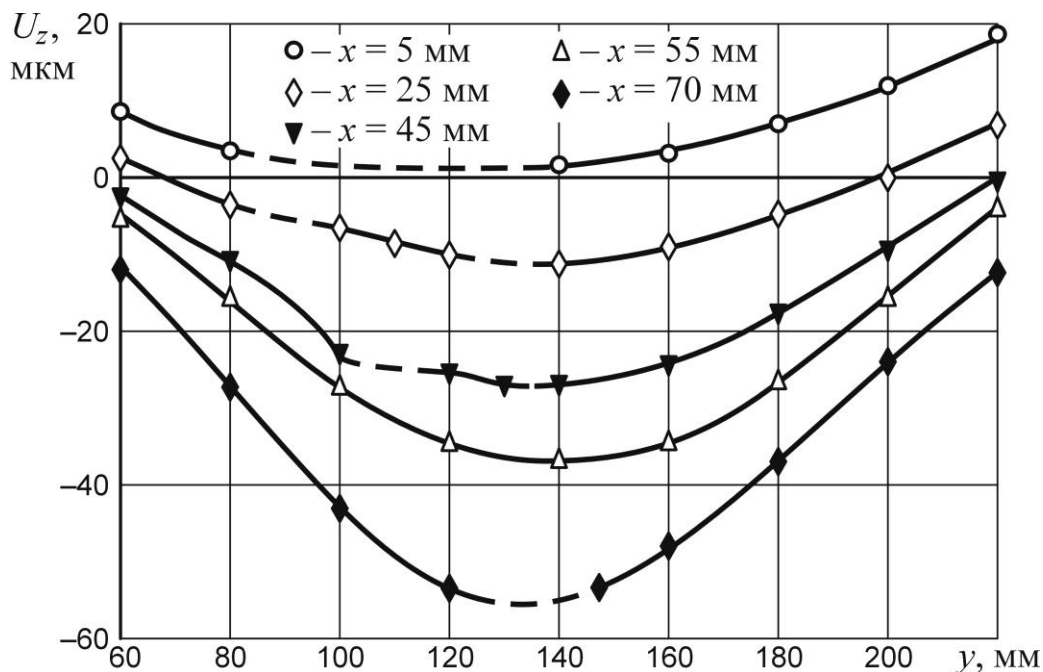


Рисунок 9 – Переміщення в напрямку осі z верхньої поверхні нижньої плити блоку

Із графіків переміщень випливає, що під дією зусилля штампування центральна область плити переміщується вниз. Величина максимального прогину, отримана при розшифруванні голограм, виявилася такою, що дорівнює 0,056 мм.

Завдяки застосуванню голографічної інтерферометрії отримані значення переміщень у площині плити U_x , U_y , які не вдалося отримати теоретично та іншими експериментальними методами.

Як видно з графічних залежностей (рисунок 10), переміщення верхньої поверхні плити в напрямку осі y відбувається до центру плити, про що свідчать протилежні знаки переміщень точок плити, які лежать праворуч і ліворуч від центральної осі плити: $y = 140$ мм і рівність нулю переміщень в області цієї осі.

Таким чином, в результаті проведених досліджень:

- визначено характеристики жорсткості базових плит УЗПШ. Встановлено, що збільшення габаритних розмірів базових плит приводить до незначного збільшення рівня переміщень і напружень;

- отримані експериментальні залежності для визначення товщини базових плит від зусилля штампування, фізико-механічних характеристик матеріалу та лінійних розмірів;

- встановлено, що збільшення розмірів центрального провального отвору в базових плитах приводить до різкого зростання їх напружено-деформованого стану;

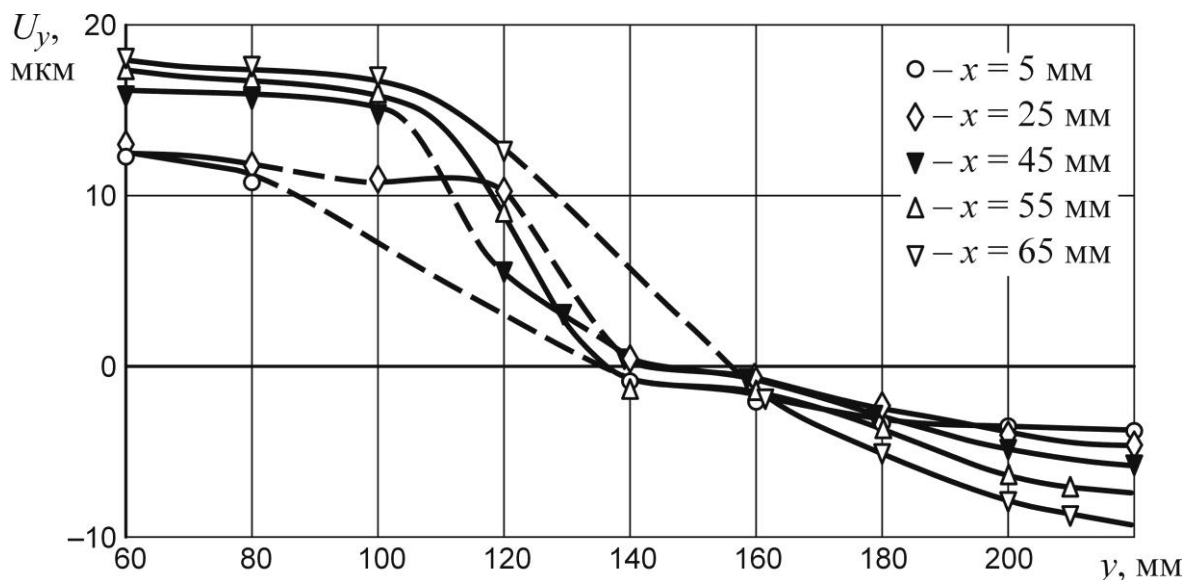


Рисунок 10 – Переміщення верхньої поверхні плити в напрямку осі y

– методом голографічної інтерполяції отримані уточнені залежності розподілу переміщень характерних точок у досліджуваних елементах;

– встановлено, що оптимальною для конструкцій штампів, що запропоновані, є товщина тримачів із композиційних матеріалів, що дорівнює 20...25 мм;

– встановлено, що на технологічні властивості композиційних матеріалів великий вплив робить масштабний чинник, величина якого має бути максимально допустимою;

– встановлено, що максимальна жорсткість і міцність блоків із композиційних матеріалів досягається при армуванні об'ємним металевим каркасом;

– досліджено тимчасову усадку конструктивних елементів із армованих пластмасових композицій залежно від їх виду та способу армування;

– встановлено, що найменша усадка спостерігалася в пластмасовій композиції АСТ-Т-М-Н при армуванні її об'ємним металевим каркасом;

– результати експериментальних досліджень якісно та кількісно узгоджуються (розбіжності 8...12%) із розрахунковими даними, що свідчить про адекватність розроблених розрахункових схем.

У н'ятому розділі наведено результати виробничих випробувань УЗПШ, розрахунок техніко-економічної ефективності використання УЗПШ і результати їх промислового впровадження для розділових операцій листового штампування.

Для виконання виробничих експериментів із перевірки, уточнення та коригування результатів теоретичних досліджень, лабораторних випробувань моделей і дослідних натурних зразків основних несучих деталей і розроблених конструкцій в цілому найбільш ефективним методом є динамічна тензометрія, що дозволяє реєструвати величини виникаючих деформацій та напружень безпосередньо в процесі штампування.

На основі аналізу конструктивних особливостей УЗПШ, специфіки їх використання, а також необхідності досягнення необхідної точності експериментальних результатів розроблено методику проведення виробничих випробувань дослідних зра-

зків створених конструкцій із застосуванням методу динамічної тензометрії та відповідних приладів та апаратури.

У результаті проведення комплексу тензометричних вимірювань у процесі виробничих випробувань УЗПШ отримано характеристики напруженого стану, що виникає в нижніх базових плитах у процесі штампування, що підтверджують результати теоретичних й експериментальних досліджень. Це свідчить про працездатність і надійність запропонованих конструктивних рішень.

Відповідно до методики розрахунку економічної ефективності використання УЗПШ замість спеціальних штампів встановлено, що річний економічний ефект від впровадження розроблених конструкцій становить 125,9 тис. грн. при значному розвантаженні інструментальних виробництв підприємств, що оснащуються УЗПШ.

Конструкції УЗПШ, розроблені для оснащення листоштампувальних комплексів, відповідають вихідним вимогам, що пред'являють до штампувального оснащення даного типу, пройшли лабораторні, виробничі випробування, показали високу працездатність, надійність, необхідну точність деталей, що штампуються. Результати роботи, практичні рекомендації та висновки впроваджені на підприємствах машинобудівного комплексу України. Впровадження в листоштампувальне виробництво комплектів УЗПШ істотно підвищує техніко-економічні показники штампувальних виробництв, особливо при освоєнні нових виробів.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-практичних завдань з удосконалення універсально-збірних переналагоджуваних штампів для розділових операцій листового штампування, пов'язаних з розширенням номенклатури деталей, шляхом вибору раціональних конструктивних параметрів компонувань, що забезпечують високу працездатність, точність, гнучкість і можливість широкого переналагодження в умовах машинобудівного виробництва.

Отримані такі результати:

1. Встановлено на підставі аналізу експлуатації і проведених досліджень існуючих видів штампувального переналагоджуваного оснащення для виконання розділових операцій листового штампування, що основними чинниками підвищення ефективності УЗПШ при багаторазовому використанні в машинобудівному виробництві є досягнення максимальної жорсткості та міцності конструкції при мінімальній їх металоємності й трудомісткості виготовлення залежно від умов їх експлуатації, режимів навантаження та геометричних розмірів.

2. Розроблено методику та структурну схему складання УЗПШ для розділових операцій листового штампування суміщеної, послідовної та комбінованої дії із застосуванням композиційних матеріалів для закріплення та направлення робочих елементів, направляючих колонок і втулок. Запропоновано рекомендації щодо вибору матеріалів, встановлено норми точності та класи шорсткості поверхонь елементів компонувань.

3. Визначено основні навантаження на нижні базові плити на основі розробленої математичної моделі силової взаємодії базових деталей та отримано розрахункові схеми, що враховують всі основні експлуатаційні та технологічні зусилля, а також

встановлено ступінь впливу конструктивних параметрів на жорсткість і міцність базових плит і розраховано їх найбільш раціональні геометричні параметри.

4. Експериментально досліджено методом голографічної інтерферометрії напружено-деформований стан базових плит і отримано картини розподілу переміщень, які добре узгоджуються з результатами теоретичних досліджень, і визначено раціональні схеми навантаження обпирання та закріплення компонувань УЗПШ в процесі експлуатації.

5. Досліджено жорсткість і міцність базових елементів конструкції з використанням композиційних матеріалів та оцінено можливість їх застосування в конструкціях УЗПШ.

6. Отримано залежності для визначення радіальних, тангенціальних та еквівалентних напружень і деформацій від товщини тримачів й обсягу пластмаси, що заливається. Встановлено, що максимальна жорсткість компонувань УЗПШ досягається шляхом використання пластмаси АСТ-Т-М-Н, армованої металічним каркасом, причому дані експериментальних і теоретичних досліджень добре узгоджуються між собою, похибка не перевищує 8...12%, а точність листових деталей товщиною 0,5...6 мм, що штампуються, відповідає 8 – 9-му квалітетам точності.

7. Встановлено оптимальні конструктивні параметри компонувань і визначено їх раціональні схеми.

8. Ефективність УЗПШ досягається шляхом застосування даного виду оснащення, зниження трудомісткості виготовлення та металоємності її конструкції в 2 – 2,5 раза, термінів виготовлення штампів і технологічної підготовки виробництва нових виробів. Висновки та рекомендації за результатами дисертаційної роботи впроваджено у виробництво на державних підприємствах Харківський машинобудівний завод «ФЕД» (м. Харків) і ВАТ Науково-виробниче підприємство «Оснастка» (м. Краматорськ).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Агарков В.В. Оценка надежности универсально-сборных штампов в условиях дискретно-нестабильных программ выпуска изделий / А.Я. Мовшович, Н.К. Резниченко, Г.И. Ищенко, В.В. Агарков // Машинобудування. – Харків: УПА. – 2010. – Вип. 6. – С. 133 – 142.
Здобувачем проведено аналітичні та експериментальні дослідження надійності роботи компонувань одноопераційних універсально-збірних переналагоджуваних штампів.
2. Агарков В.В. Универсально-сборные переналаживаемые штампы для листовой штамповки / Н.К. Резниченко, Г.И. Ищенко, В.В. Агарков, А.Я. Мовшович // Вісник інженерної академії України. – Київ: ІАУ. – 2011. – Вип. 3. – С. 95 – 98.
Здобувачем розроблено технологію складання універсально-збірних переналагоджуваних штампів для розділових операцій в умовах серійного виробництва.
3. Агарков В.В. Разработка математических моделей силового взаимодействия базовых элементов универсально-сборных штампов / Е.А. Фролов,

А.Я. Мовшович, В.В. Агарков // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ им. Н.Е.Жуковского «ХАИ». – 2011. – Вип. 49. – С. 208 – 215.

Здобувачем запропоновано математичну модель взаємодії базових деталей універсально-збірних переналагоджуваних штамтів.

4. Агарков В.В. Унификация и стандартизация технологической оснастки – важнейшее условие ускоренной технологической подготовки производства / А.Я. Мовшович, М.Е. Федосеева, В.В. Агарков // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2011. – Вип. 40. – С. 13 – 18.

Здобувачем запропоновано агрегатно-модульну систему оборотного штампувального оснащення.

5. Агарков В.В. Исследование влияния Т-образных пазов базовых плит универсально-сборных штампов на прочность и жесткость / Е.А. Фролов, А.Я. Мовшович, В.В. Агарков // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – 2011. – Вип. 52. – С. 49 – 55.

Здобувачем проведено дослідження впливу Т-подібних пазів базових плит з різними геометричними параметрами на жорсткість і міцність штампувального оснащення.

6. Агарков В.В. Исследование влияния геометрических параметров блоков универсально-сборных штампов на прочность и жесткость / Е.А. Фролов, В.В. Агарков, В.К. Кадневский, И.И. Федченко // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УДАЗТ. – 2011. – Вип. 125. – С. 87 – 92.

Здобувачем проведено дослідження впливу геометричних параметрів блоків універсально-збірних переналагоджуваних штамтів на міцність і жорсткість.

7. Агарков В.В. Экспериментальное исследование напряженного состояния блоков универсально-сборных переналаживаемых штампов методом голографической интерферометрии / Е.А. Фролов, В.В. Агарков, С.В. Корнеев // Обработка материалов давлением. – Краматорск: ДГМА. – 2012. – № 3 (32). – С. 218 – 222.

Здобувачем проведено експериментальні дослідження напруженого стану блоків універсально-збірних переналагоджуваних штамтів.

8. Агарков В.В. Моделирование процессов силового нагружения базовых элементов универсально-сборной переналаживаемой оснастки / А.Я. Мовшович, В.В. Агарков, С.А. Григоренко // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Харків: НАКУ ім. М.Є. Жуковського «ХАИ». – 2013. – № 3/100. – С. 42 – 46.

Здобувачу належить побудова математичної моделі та аналіз силового навантаження базових плит штамтів.

9. Агарков В.В. Исследование параметров точности сборки универсально-сборной переналаживаемой оснастки / А.Я. Мовшович, Е.А. Фролов, В.В. Агарков, О.В. Бондарь // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов

давленням. – М.: ООО «Тисо Принт». – 2013. – № 5. – С. 36 – 39.

Здобувачем визначено параметри точності складання УЗПШ із використанням композитів.

10. Агарков В.В. Исследование прочности и жесткости конструктивных элементов универсально-сборных переналаживаемых штампов из композиционных материалов / В.В. Агарков // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – 2013. – Вып. 59. – С. 204 – 219.

Здобувачем визначено параметри жорсткості та міцності основних конструктивних елементів штампів.

11. Агарков В.В. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния базовых элементов универсально-сборных штампов для разделительных операций / Е.А. Фролов, В.В. Агарков // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: тези доповіді третьої міжнар. наук.-техн. конф. 11 – 12 квітня 2013 р. – Полтава: ПНТУ; Білгород: НДУ «БілДУ»; Харків: ДП «ХНДІ ТМ»; Київ: НТУ; Кіровоград: КЛА НАУ. – 2013. – С. 72.

12. Агарков В.В. Научно-технологические аспекты конструирования гибких производственных систем для автоматизированных производств / Е.А. Фролов, О.В. Бондарь, В.В. Агарков // Современные направления и перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении «Механообработка. Севастополь – 2013»: тезисы доклада междунар. науч.-техн. конф. 20 – 24 мая 2013 г. – Севастополь, 2013. – С. 53 – 54.

АНОТАЦІЇ

Агарков В.В. Удосконалення універсально-збірних переналагоджуваних штампів шляхом оптимізації конструктивних параметрів компонувань в умовах машинобудівного виробництва. – 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» Міністерства освіти і науки України, Харків, 2013.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі підвищення ефективності універсально-збірних переналагоджуваних штампів для розділових операцій листового штампування на основі оптимізації конструктивних параметрів їх компонувань, які забезпечують в умовах серійного багатоменклатурного машинобудівного виробництва високу працездатність конструкції, гнучкість переналагодження та необхідну серійність виготовлення деталі.

Розділові операції є одним із найбільш поширених видів операцій листового штампування для отримання деталей різної конфігурації та форми з листового матеріалу.

На основі досліджень умов експлуатації штампів розроблено математичну модель силової взаємодії базових і робочих елементів конструкцій і встановлено раці-

ональні схеми експлуатації переналагоджуваних компонувань.

Вперше науково обґрунтовано та визначено ступінь впливу геометричних параметрів базових елементів переналагоджуваних штампів на жорсткість і міцність, що дозволило розробити систему багатокритеріального вибору їх оптимальних компонувань.

Розроблено конструкції нових елементів для розширення технологічних можливостей переналагоджуваних штампів із застосуванням композиційних матеріалів і пластичних мас і визначено ефективні області їх застосування.

Дисертація містить результати теоретичних та експериментальних досліджень.

Результати роботи впроваджено у виробництво на державних підприємствах Харківський машинобудівний завод «ФЕД» (м. Харків) та ВАТ Науково-виробниче підприємство «Оснастка» (м. Краматорськ).

Ключові слова: листове штампування, розділові операції, універсальні збірні переналагоджувані штампи, точність, міцність, жорсткість, напружено-деформований стан, навантаження, гнучкість.

Агарков В.В. Совершенствование универсально-сборных переналаживаемых штампов путем оптимизации конструктивных параметров компоновок в условиях машиностроительного производства. – 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» Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2013.

Диссертационная работа посвящена решению важной научно-практической задачи повышения эффективности универсально-сборных переналаживаемых штампов для разделительных операций листовой штамповки на основе оптимизации конструктивных параметров их компоновок, которые обеспечивают в условиях серийного многономенклатурного машиностроительного производства высокую работоспособность конструкции, гибкость переналадки и необходимую серийность изготовления детали.

Разделительные операции являются одним из наиболее распространенных видов операций листовой штамповки для получения деталей различной конфигурации и формы из листового материала.

Для дальнейшего эффективного расширения области применения системы УСПШ в условиях среднесерийного и серийного производств особое значение приобретает научно обоснованный выбор конструктивно-технологических параметров оснастки, силового закрепления рабочих частей и устойчивость работы в процессе длительной эксплуатации.

В основу конструкций УСПШ положен агрегатно-модульный принцип построения, обеспечивающий возможность получения компоновок оснастки многократного использования путем крепления базовых и держащих деталей и компоновок с помощью композиционных материалов. Точность сборки – по 6 – 7-му уровням, позволяющая получать детали по 8 – 9-му уровням точности.

Теоретически исследовано напряженно-деформированное состояние базовых

плит и базового блока УСПШ, позволившее определить рациональные места установки направляющих элементов, их количество, а также условия закрепления и опирания. Получены аналитические зависимости для определения и выбора толщины базовых плит, обеспечивающих необходимую жесткость и прочность конструкции штампов при минимизации их металлоемкости.

По результатам экспериментальных исследований базовых элементов УСПШ определены характеристики жесткости базовых плит с использованием метода голографической интерполяции и уточнены распределения перемещений базовых элементов. Установлено, что на технологические свойства композиционных материалов большое влияние оказывает масштабный фактор, причем максимальная жесткость и прочность блоков из композиционных материалов достигается при армировании объемным металлическим каркасом.

Результаты экспериментальных исследований качественно и количественно согласуются (расхождение – 8...12 %) с расчетными данными.

На основании современных методов исследования и разработанных математических моделей силового взаимодействия получены расчетные схемы, учитывающие все основные эксплуатационные и технологические усилия, необходимые для конструирования УСПШ различной конфигурации для применения в серийном производстве.

Разработанные конструктивно-технологические рекомендации и выводы внедрены на двух предприятиях машиностроительного комплекса. Экономический эффект от внедрения составил 150 тыс. грн.

Ключевые слова: универсальные сборные переналаживаемые штампы, разделительные операции, точность, прочность, жесткость, напряженно-деформированное состояние, нагружение, гибкость.

V. V. Agarkov. Improving universal modular readjustable stamps through the optimization of design parameters arrangements in machinery production. – With manuscript rights.

Ph.D. Thesis in the field of technical sciences for specialization 05.03.05 – the processes and machines of plastic working. – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» of Ministry Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2013.

The thesis is devoted to solving the robot an important theoretical and practical problem of increasing the effectiveness of universal modular re-adjustable dies for sheet metal forming separation operations by optimizing the design parameters of their layouts, which provide a serial multiproduct engineering manufacture high efficiency design, flexibility and the necessary readjustment of mass-produced parts.

Isolating operations are one of the most common types of sheet metal forming operations for parts of various configurations and shapes of sheet material.

Based on studies of the operating conditions of stamps, a mathematical model of force interaction of basic structural elements and workers and installed rational schemes of operation re-adjustable configurations.

For the first time in a scientifically sound and to determine the effect of geometrical

parameters of the basic elements of the stamps on the re-adjustable stiffness and strength that allowed the development of a system of multi-select their optimal configurations.

Designs of new elements to extend the possibilities of technological re-adjustable dies of composite materials and plastics and the efficiency of their application.

The thesis contains the results of theoretical and experimental research.

The results introduced in production by state-owned enterprises Kharkov machine-building factory «FED» (Kharkiv) and Scientific-Production Enterprise «Equipment» (Kramators'k).

Key words: versatile modular reconfigurable stamps, separation operation, accuracy, durability, hardness, stress-strain state, loading, flexibility.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'S. K.', located in the lower right quadrant of the page.

Агарков Віктор Васильович

УДОСКОНАЛЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНО-ЗБІРНИХ
ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНИХ ШТАМПІВ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ
КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОМПОНУВАНЬ
В УМОВАХ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА

АВТОРЕФЕРАТ

Відповідальний за випуск:
д.т.н., професор Фролов Є.А.

Підп. до друку 11.11.2013 р. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.
Друк – різнографічний. Ум. друк. арк. 0,9. Гарнітура Таймс.
Наклад 100 прим. Замовлення № 087013

Надруковано у СПД ФО Ізрайлев Є.М.
Свідоцтво № 24800170000040432 від 21.03.2001 р.
61024, м. Харків, вул. Фрунзе, 16