

Харківський авіаційний інститут
ім. М.С.Жуковського

На правах рукопису

КНЯЗЕВ Михайло Климович

УДК 621.7.044

ДОСЛІДЖЕННЯ, РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОЇ ШТАМПОВКИ З ЗАСТОСУВАННЯМ
БАГАТОЕЛЕКТРОДНИХ РОЗРЯДНИХ БЛОКІВ

Спеціальність 05.03.05 - Процеси і машини
обробки тиском

А в т о р е ф е р а т,
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 1995

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00553541 (N)

На правах рукопису

Івченко Михайло К.І.

005.113.014

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО
ІНСТИТУТУ ЕЛЕКТРОЛІВАННЯ ІТІАМОНОВИХ І ЗАСТОСУВАННЯ
КАТОДИЧНОЇ РОЗРІВНОЇ БІОЛІ

Спеціальність 05.03.05 - Інженер і машин

оборони тиском

А. В. Р. Ф. Р. Т.

Спеціальність 05.03.05 - Інженер і машин

оборони тиском

Харківський авіаційний інститут

ім. М.Є.Жуковського

На правах рукопису

КНЯЗЕВ Михайло Климович

УДК 621.7.044

ДОСЛІДЖЕННЯ, РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОЇ ШТАМПОВКИ З ЗАСТОСУВАННЯМ
БАГАТОЕЛЕКТРОДНИХ РОЗРЯДНИХ ЕЛОКІВ

Спеціальність 05.03.05 - Процеси і машини
обробки тиском

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 1995

Дисертація є рукопис

Роботу виконано на кафедрі технології металів і зв'язного матеріалознавства Харківського авіаційного інституту ім. М.С.Жуковського

Науковий керівник доцент, кандидат технічних наук
ЧЕБАНОВ Юрій Іванович

Науковий консультант академік Академії інженерних наук
України, доктор технічних наук,
професор

БОРИСЕВИЧ Володимир Карпович

Офіційні опоненти доктор технічних наук, професор
ДОЛМАТОВ Анатолій Іванович,

заступник директора ДП ХМЗ "ФЕД",
кандидат технічних наук

КОРЗИНКИН Сергій Дмитрович

Провідна організація Харківське державне авіаційне
виробниче підприємство

Захист дисертації відбудеться " 27 " жовтня 1995 р.

о 16 год. 00 хв. на засіданні спеціалізованої ради Д02.27.06
у Харківському авіаційному інституті ім. М.С.Жуковського за
адресою: 310070 м.Харків, вул.Чкалова,17.

Запрошуємо прийняти участь у обговоренні дисертації або
надіслати відгук на автореферат, засвідчений печаткою.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харків-
ського авіаційного інституту.

Автореферат розісланий "26" вересня 1995 р.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України
Вчений секретар

спеціалізованої ради Д 02.27.06,

доктор технічних наук, професор *Р.Л.КОРНИЛОВ*

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

1.1. Актуальність теми

Сучасний розвиток науки і техніки перш за все визначається розробкою нових високоефективних ресурсозберігаючих технологій і обладнання.

До 75% листових деталей, які входять до складу авіаційної і космічної техніки, є листоштапованими. Значна їх кількість міститься у виробах хімічного і харчового машинобудування, автомобільної, тракторної і інших галузей промисловості. За оцінками фахівців до 60% цих деталей доцільно виробляти способами імпульсної обробки тиском.

Спосіб електрогідравлічної штамповки (ЕГШ) – один з імпульсних способів. Він має ряд специфічних переваг, які дають можливість встановлювати електрогідравлічне обладнання (ЕГ-обладнання) в цехах з традиційними металорізючими верстатами.

Центральним вузлом ЕГ-обладнання є розрядна камера (розрядний блок). Саме в ній відбувається виділення накопиченої в конденсаторній батареї електричної енергії, формуються енергосилові фактори, які діють на заготовку.

Одним з останніх досягнень в області ЕГШ є ідея створення багатоелектродних розрядних блоків (БРБ), яка реалізована в розробках лабораторії ЕГШ ХАІ під керівництвом Ю.І.Чебанова. БРБ уявляє собою сукупність електродних систем направленої дії (ЕСНД), об'єднаних в один розрядний вузол. Таке конструктивне рішення значно розширює технологічні можливості ЕГ-обладнання за рахунок інтенсифікації навантаження при виникненні нелінійних ефектів взаємодії енергосилових факторів розрядів в групі ЕСНД і керування полем навантаження заготовки.

На основі застосування БРБ розроблено ряд технологічних процесів штампування авіаційних і автомобільних листових деталей, спроектована і виготовлена дослідно-промислова установка, модернізовано серійний електрогідролінійний прес, розроблено проект зверхплотужного (у сучасному розумінні) пресу з накопичуваною енергією 2700 кДж і проект модернізації гідролінійного пресу простої дії в електрогідролінійний.

Але, до цього часу не вивчені і не досліджені в достатній мірі технологічні можливості і особливості застосування БРБ, не визначені і не досліджені багато факторів, які визначають поле тиску на заготовці і процес її деформування при навантаженні БРБ, що не дозволяє коректно проектувати технологічні процеси.

Для широкого впровадження технологій ЕГШ, основаних на застосуванні БРБ, необхідно провести комплекс досліджень їх роботи, визначити технологічні принципи їх застосування і методику проектування відповідних техпроцесів.

1.2. Мета і задачі дослідження

Мета роботи є комплексне дослідження особливостей процесів навантаження і деформування листових заготовок дією багатоелектродних розрядних блоків і розробка на основі цього дослідження наукових передумов широкого впровадження технологій ЕГШ в аерокосмічній та інших галузях промисловості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- вивчити механізм і закономірності формування навантаження на заготовці при багатоелектродному розряді;
- розробити математичну модель і алгоритм розрахунку поля навантаження плоскої листової заготовки і технологічну модель процесу формування деталі при багатоелектродному розряді.

- високовольтному розряді в БРБ;
- спроектувати і виготовити дослідно-промислово електрогідравлічну установку для проведення експериментальних робіт і виготовлення деталей з застосуванням БРБ;
 - провести теоретичні і експериментальні дослідження процесу деформування заготовки;
 - розробити практичні рекомендації для проектування технологічних процесів ЕГШ і розрядних систем БРБ для технологічних агрегатів обладнання;
 - здійснити дослідно-промислово реалізацію результатів роботи.

1.3. Методика досліджень

Розроблена в дисертаційній роботі методика дослідження полів тиску заснована на застосуванні раніш невідомих багатомісцевих мембранних датчиків з кроком розташування точок заміру тиску 12 мм. Застосування даного вимірювального пристрою дозволило одержати докладну картину розподілу тиску на перепоні в умовах реальної формовки локальних елементів при різних схемах навантаження БРБ. Для оцінки дії імпульсного тиску застосовувався критерій "еквівалентний статичний тиск", який розраховувався по прогину мембрани за відомою формулою Лапласа.

Експериментальні дослідження проводились на спеціально розробленій і виготовленій дослідно-промисловій електрогідравлічній установці УЕГШ-2.

Результати обробки експериментальних даних були застосовані для побудови математичної моделі, яка описала дію багатьох факторів і явищ на розподіл тиску на перепоні. Коректність моделі в технологічних діапазонах і її ефективність при проектуванні техпроцесів і БРБ доказана результатами по-

рівняння розрахункових і натурних експериментів.

1.4. Наукова новизна

Отримано рішення задачі визначення полів тиску при навантаженні БРБ в залежності від кількості і розташування підключених ЕСНД, орієнтації розрядних каналів та інших факторів.

Виконано експериментальне дослідження полів тиску при навантаженні БРБ плоскої жорсткої перепони.

Визначені і досліджені фактори, які визначають розподіл тиску на перпоні і властиві тільки БРБ.

Отримана експериментальна залежність величини проштампівки від параметрів навантажуючого імпульсу при формовці дуже малих елементів з великою кривизною для сталі 08кп і алюмінієвого сплаву АК4-1.

Розроблені способи штампування листових деталей з допомогою БРБ, які захищені авторськими свідоцтвами.

1.5. Практична цінність

Одержані результати теоретичних і експериментальних досліджень полягли в основу для розробки техпроцесів штамповки ряду деталей авіаційного і автомобільного класу.

Застосування методики розрахунку полів навантаження дозволяє виконувати технологічну підготовку виробництва без проведення дослідного відпрацювання техпроцесів, оцінити технологічні можливості існуючого ЕГ-обладнання і проектувати БРБ з заданими технологічними можливостями. Це веде до економії ресурсів і забезпечує високу якість виробів при низьких витратах на їх виробництво.

Розроблені рекомендації по проектуванню техпроцесів ЕГШ і БРБ для ЕГ-обладнання.

1.6. Практична реалізація робіт

Результати роботи у вигляді технологічних процесів, методу розрахунків основних конструктивних параметрів БРБ, а також алгоритмів і пакетів прикладних програм реалізуються на Харківському державному авіаційному виробничому підприємстві (ХДАВП), Савелівському виробничому об'єднанні (СВО) "Прогрес", Лубенському машинобудівному заводі "Автомаш".

Пакети прикладних програм, результати досліджень, а також розроблене обладнання застосовуються в учбовому процесі кафедри технології металів і авіаційного матеріалознавства ХАІ в курсі "Технологія обробки металів тиском".

1.7. На захист виносяться

- методика і результати експериментального дослідження полів тиску на перепоні з допомогою багатомісцевих мембранних датчиків;
- математична модель і алгоритм розрахунку полів тиску при навантаженні БРБ;
- рекомендації по штамповці локальних елементів великої кривизни способом ЕГШ з застосуванням БРБ;
- методи розрахунку параметрів технологічних процесів ЕГШ і основних конструктивних параметрів БРБ при заданому потребному розподілу тиску на заготовці.

1.8. Публікації і апробація роботи

Результати даного дослідження опубліковані у 4-х наукових статтях і 3-х тезах докладів. Практичні розробки захищені двома авторськими свідоцтвами.

- Основні результати роботи докладалися і обговорювалися:
 - на Всесоюзній науково-технічній конференції "Імпульсна обробка металів" (м.Харків, 1990 р.);
 - на Всесоюзних науково-технічних конференціях "Електричний

розряд у ріднині і його застосування у промисловості" (м. Миколаїв, 1988, 1990 р.);

- на науково-технічних конференціях Харківського авіаційного інституту (1986-1994 р.);

- на науково-технічних семінарах кафедри технології металів і авіаційного матеріалознавства ХАІ (1986-1995 р.);

- в лабораторії ЕГШ ХАІ (1986-1995 р.);

- на науково-технічних нарадах ХДАВП, СВО "Прогрес", Лубенському заводі "Автомаш".

1.9. Структура і обсяг роботи

Реферована робота складається з вступу, п'яти розділів, закінчення, викладених на 129 сторінках машинописного тексту.

Робота загальним обсягом 223 сторінки містить 9 таблиць, 92 малюнка, список використаних джерел з 113 найменувань.

2. ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність обраного напрямку досліджень, підкреслюється наукова новизна, народно-господарче значення проблеми, відзначається економічна необхідність проведення дослідних робіт.

У першому розділі дисертації технологія ЕГШ аналізується як об'єкт дослідження з застосуванням системного підходу. Виробництво на базі використання технології ЕГШ розглядається як технологічна система (Т-система), яка включає до себе об'єктну, суб'єктну, функціональну та інформаційну складові. Основним системостворюючим відношенням такої Т-системи є процес перетворення листових матеріалів у штамповані напівфабрикати способом ЕГШ.

У розділі виконано огляд літературних джерел і аналіз

розвитку і стану функціональної складової (власно технологічного процесу перетворення заготовок у вироби) і суб'єктної складової (ЕГ-обладнання, розрядний вузол), а також їх взаємозв'язки з об'єктною (листова заготовка) та інформаційною складовою (сукупність знань про функціонування і структуру Т-системи і її складових).

Визначено, що основними проблемами при реалізації процесов ЕГШ є відносно низькі інтенсивність навантаження і керуваність полем навантаження заготовки. Розглянуто ряд розрядних вузлів ЕГ-обладнання і гідродинамічні процеси, які відбуваються в них при розряді. На основі аналізу у якості одного з варіантів рішення проблем ЕГШ запропоновано застосовувати БРБ, які уявляють собою сукупність ЕСНД і мають у зв'язку з цим принципово нові якості. Ідея БРБ народилась і реалізувалась у стінах ХАІ на кафедрі технології металів і авіаційного матеріалознавства в лабораторії ЕГШ під науковим керівництвом Ю.І.Чебанова.

Проведений аналіз визначив мету і задачі дослідження.

У другому розділі викладені методика і результати експериментальних досліджень полів тиску при навантаженні БРБ. Дослідження проводились на дослідно-промисловій установці УЕГШ-2. Методика проведення експериментів передбачала застосування нового вимірального пристрою – багатомісцевого мембранного датчика. З його допомогою одержані докладні карти полів тиску на відносно великій площі (щільність розміщення точок (міст) заміру 3600 шт./м^2).

Результати експериментів підтвердили припущене раніше явище інтенсифікації навантаження за рахунок взаємодії енергосилових факторів від розрядів у кількох близько розташованих ЕСНД. Визначено раніш не досліджений ефект зміщення

точки максимального тиску на перепоні відносно осі ЕСНД при невісесиметричному розташуванні каналу електророзряду (КЕР) у порожнині ЕСНД. У якості специфічних факторів, які впливають на поле і інтенсивність навантаження визначені кількість і взаємне розташування підключених ЕСНД, відстань від БРБ до перепони, взаємна орієнтація КЕР у порожнинах ЕСНД, наявність направляючих порожнин ЕСНД, наявність жорстких стінок в зоні навантаження, перетікання енергії поміж контурами в багатоконтурному розрядному ланцюзі генератора імпульсних струмів (ГІС).

Експерименти проведені для однієї, двох, трьох, п'яти і семи підключених ЕСНД. Відстань до перепони H_3 прийнята 50, 80 і 130 мм. Для розрядів з заданою орієнтацією КЕР розташування розрядних каналів визначалося при допомозі ініціюючих дротинок.

Запропоновано величину імпульсного тиску оцінювати величиною еквівалентного статичного тиску по прогину мембрани. Еквівалентний статичний тиск (далі тиск) розраховувався за відомою формулою Лапласа

$$P = 2 \sigma_B \delta / R .$$

Радіус сферичної лунки визначали з виразу

$$R = (h^2 + r^2) / 2h ,$$

де h - прогин мембрани;

r - радіус отворів у корпусі багатомісцевого мембранного датчика.

Результати експериментів надаються у нормованому вигляді. У якості загальної норми по тиску була застосована величина максимального тиску від однієї ЕСНД для відстані до перепони 50 мм

$$\bar{P} = P / P_{HO} .$$

Результати експериментів приведені у вигляді карт полів тиску (мал.1), таблиць, графіків і емпіричних залежностей. На картах полів тиску суцільними лініями нанесені ізобари, ділянки перепони з різним рівнем тиску мають різну штриховку.

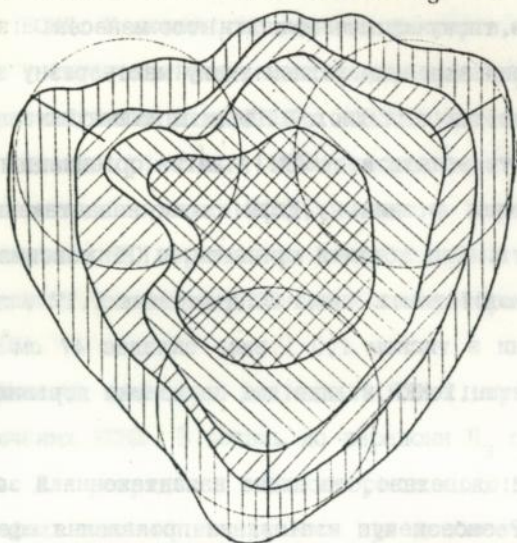
Показано, що для двох ЕСНД (мінімальної кількості, при якій виникають ефекти взаємодії) зміна орієнтації КЕР приводить до значної різниці у формі зони навантаження та його інтенсивності. При збіжній орієнтації КЕР максимальний тиск у зоні взаємодії поміж двома ЕСНД досягає 1,17, площа ділянок перепони з тиском 1,0 і вище складає 47 см². При розбіжній орієнтації КЕР відповідні показники дорівнюють 2,85 і 55 см².

У роботі доведено, що схема навантаження з збіжною орієнтацією КЕР забезпечує мінімальне проявлення ефектів взаємодії, а схема з розбіжною орієнтацією – максимальне. Схеми навантаження з будь-якою довільною орієнтацією створюють проміжну інтенсивність у зоні взаємодії поміж мінімальною і максимальною.

На мал.2 приведені графічні залежності максимального тиску від кількості підключених ЕСНД для різних виконань БРБ. Явно, що для кількості ЕСНД 3-7 величина \bar{P}_m досягає свого насичення. Збільшення кількості підключених ЕСНД не приведе до помітного зростання максимального тиску. При цьому криві, що описують залежність \bar{P}_m для схем навантаження з збіжною і розбіжною орієнтацією КЕР, обмежують діапазон можливих значень \bar{P}_m для розрядів з довільною орієнтацією КЕР для БРБ з направляючими порожнинами.

Встановлено, що ефекти взаємодії для БРБ без направляючих порожнин проявляються сильніше, ніж у БРБ з наявністю таких вже для двох-трьох підключених ЕСНД. Хоч інтенсив-

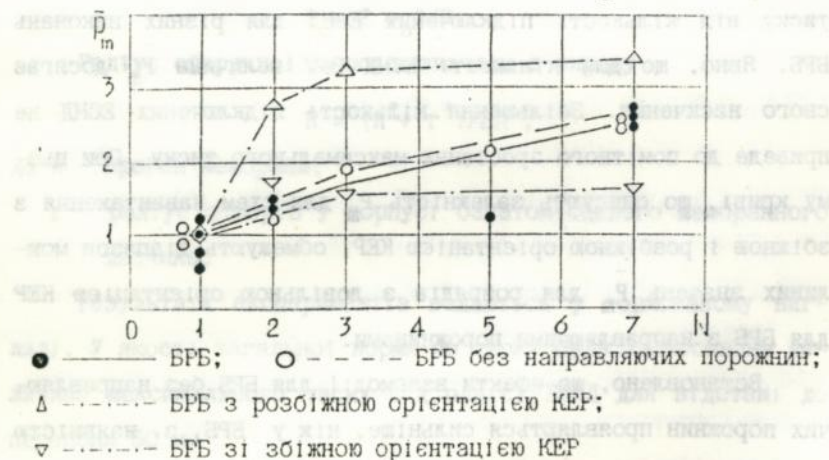
Карта поля тиску для трьох ЕСНД
з розбіжною орієнтацією КЕР для $H_3 = 50$ мм



||||| $0,1 \leq \bar{P} < 0,5$; ///// $0,5 \leq \bar{P} < 1,0$;
 \\\\\\\ $1,0 \leq \bar{P} < 2,0$; xxxxx $2,0 \leq \bar{P} \leq 3,36$;

Мал.1

Залежність максимального тиску
від кількості підключених ЕСНД для $H_3 = 50$ мм



Мал.2

ність навантаження однією ЕСНД без направляючої порожнини помітно нижче, ніж у ЕСНД з такою.

Концентрація навантаження оцінювалася за допомогою зведеного тиску. Цей показник розраховувався за формулою

$$P_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n ((P_i + P_{i+1}) S_i) / 2S_0,$$

де P_i і P_{i+1} - тиск на ізобарах;

S_i - площа, яка обмежена ізобарами P_i і P_{i+1} ;

S_0 - площа ефективного навантаження, яка обмежена ізобарою 0,1;

n - кількість ізобар.

Ізобара $n+1$ уявляє собою точку максимального тиску на карті поля тиску. Концентрація навантаження різко зростає із збільшенням кількості підключених ЕСНД до трьох і досягає насиченості при 3-7 ЕСНД.

У роботі також приведені карти полів тиску, які ілюструють ефект підвищення тиску біля жорсткої стінки і нерівномірність розподілу тиску при перетіканні енергії поміж розрядними контурами. Встановлено, що рівень тиску біля стінки, віддаленої від зони навантаження на відстань, яка дорівнює 2-3 діаметрам ЕСНД (D_H), може досягати максимального тиску у самій зоні навантаження. Показано, що рівень максимального тиску в зоні навантаження ЕСНД може зменшитись до 0,1-0,5 через перетікання енергії.

Третій розділ присвячений теоретичному аналізу і узагальненню експериментальних даних, побудові математичної моделі полів тиску при навантаженні БРБ, розробці алгоритму і пакету прикладних програм для розрахунків полів тиску на ЕОМ.

В математичній моделі полів тиску був прийнятий принцип суперпозиції. Тиск в будь-якій довільній точці j на перепоні

являє собою суму трьох складових. В якості самостійних джерел навантаження розглядаються ЕСНД, а також зони взаємодії поміж ними і зони концентрації енергосилових факторів біля жорсткої стінки

$$\bar{P}_j = \sum_{i=1}^n k_{ді} \bar{P}_i + \sum_{l=1}^m \bar{P}_{вл} + \sum_{\nu=1}^v \bar{P}_{г\nu},$$

де \bar{P}_i - тиск, створений 1-ю ЕСНД;

$\bar{P}_{вл}$ - тиск, створений 1-ю зоною взаємодії;

$\bar{P}_{г\nu}$ - тиск, створений ν -ю зоною концентрації;

$k_{ді}$ - коефіцієнт, залежний від кількості підключених ЕСНД;

n - кількість підключених ЕСНД;

m - кількість зон взаємодії;

v - кількість зон концентрації.

Залежність $\bar{P}_i = f(\bar{r})$ запропоновано шукати у вигляді експоненціальної функції

$$\bar{P}_i = \bar{P}_{mi} \exp(-a_{ij} \bar{r}_{ij}^2),$$

де \bar{P}_{mi} - максимальний тиск на перепоні, який розвива 1-а ЕСНД;

\bar{r}_{ij} - відстань від точки максимального тиску (центру зони навантаження) 1-ої ЕСНД до точки j ;

a_{ij} - коефіцієнт, який враховує концентрацію навантаження 1-ої ЕСНД в залежності від напрямку на точку j .

Вказаний вигляд функції одержаний шляхом апроксимації експериментальних кривих розподілу тиску, побудованих для однієї ЕСНД в двох перпендикулярних площинах. Встановлено, що ізобари мають форму, яка близька до еліпсу. Центр зони навантаження (еліптичних ізобар) зміщений відносно осі ЕСНД на величину $\bar{\Delta}_p = 0,23 + 0,36(\bar{N}_3 - 0,625)$, де $\bar{N}_3 = \bar{N}_3 / \bar{D}_H$.

Визначено, що для еліптичної ізобари з рівнем тиску 0,1 розміри великої A і малої B осей описуються емпіричними залежностями

$$\bar{A} = 1,4 + 0,64(\bar{H}_3 - 0,625) ; \quad \bar{B} = 1,12 + (\bar{H}_3 - 0,625) .$$

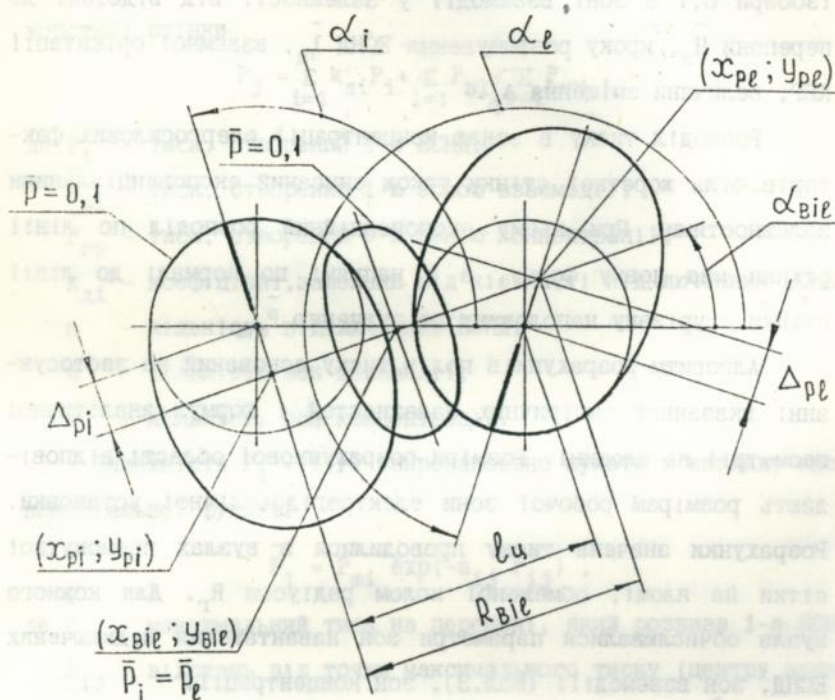
Більш складні емпіричні вирази одержані для описування ізобари 0,1 в зоні взаємодії у залежності від відстані до перепони \bar{H}_3 , кроку розташування ЕСНД $l_{ц}$, взаємної орієнтації КЕР, величини зміщення $\bar{\Delta}_p$.

Розподіл тиску в зонах концентрації енергосилових факторів біля жорсткої стінки також описаний експоненціальними залежностями. При цьому експоненційний розподіл по лінії стінки має повну форму, а в напрямі по нормалі до лінії стінки – урізану наполовину по значенню $\bar{P}_{гм}$.

Алгоритм розрахунків полів тиску оснований на застосуванні вказаних емпіричних залежностей і формул аналітичної геометрії на площині. Розміри розрахункової області відповідають розмірам робочої зони електрогідравлічної установки. Розрахунки значень тиску проводилися в вузлах прямокутної сітки на площі, обмеженої колом радіусом R_p . Для кожного вузла обчислювалися параметри зон навантаження підключених ЕСНД, зон взаємодії (мал.3), зон концентрації.

Розроблений пакет прикладних програм ПЕОМ передбачає роботу у діалоговому режимі. Початковими даними для розрахунків є : радіус стінки робочого об'єму R_p , відстань до перепони H_3 , номери підключених ЕСНД, величина максимального тиску на перепоні для кожної ЕСНД \bar{P}_{mi} , розміри виділеної ділянки розрахункової області. Для конструкторських розрахунків основних параметрів БРБ задаються також діаметр вихідних отворів ЕСНД D_n , крок розташування ЕСНД $l_{ц}$. Інформація виводиться у вигляді цифрових кодів від 0 до 9, кожний з них відповідає своєму діапазону значень тиску (мал.4).

Встановлено, що різниця між експериментальними даними і результатами розрахунків по величині максимального тиску,



l_u - відстань між осями ЕСНД; α_1, α_1 - кути орієнтації КЕР;
 Δ_{p1}, Δ_{p1} - зміщення центрів зон навантаження ЕСНД; R_{B11} -
відстань між центрами зон навантаження; α_{B11} - кут нахилу
відрізку R_{B11} відносно центру зони взаємодії; координати :
 $(X_{p1}; Y_{p1}), (X_{p1}; Y_{p1})$ - центрів зон навантаження ЕСНД;
 $(X_{B11}; Y_{B11})$ - центру зони взаємодії двох ЕСНД; КЕР - канал
електророзряду

зведеного тиску, площі ефективного навантаження для більшості випадків не перевищує 20%. В окремих випадках розходження по величині зведеного тиску може досягати 27,5%, площі ефективного навантаження - 39%.

У четвертому розділі викладені результати експериментального дослідження процесу формовки локальних важкостворюваних елементів та його теоретичне уявлення. По матеріалах публікацій приводяться аргументи, які підтверджують, що існує зв'язок між жорсткістю елемента деталі і параметрами імпульсу навантаження: максимальним (піковим) тиском P_m і характерним часом θ . Описана методика і приведені результати експериментів по формовці сферичних пукльовок діаметром 2,5-22,0 мм імпульсом тиску з заданими параметрами.

В роботі прийнято оцінювати долю енергії факторів навантаження, яку сприймає заготовка у вигляді енергії її деформування, величиною тиску $P_{\text{деф}}$, котрий розраховується за формулою Лапласа.

У розділі приведені графічні залежності тиску, як показника енергії деформування, і прогину заготовки від діаметру матриці у відносних величинах $\bar{P}_{\text{деф}} = f(\bar{d}_m)$, $\bar{h} = f(\bar{d}_m)$, де $\bar{d}_m = d_m/\delta$, $\bar{h} = h/d_m$. На графіках також приведені теоретичні криві для випадків навантаження імпульсами тиску з збільшеним часом θ при $P_m = \text{const}$, меншій інтенсивності P_m при $\theta = \text{const}$.

Показано, що для невеликих розмірів елементів великої жорсткості $\bar{d}_m < (5-7)$ і малим часом деформування ($t_{\text{деф}} < \theta$) реалізуються умови квазістатичного деформування. Із збільшенням часу θ збільшується відносний прогин заготовки \bar{h} і, відповідно, сприйнята заготовкою енергія ($\bar{P}_{\text{деф}}$). Для значень $\bar{d}_m > (10-12)$ крива описує процес деформування з урахуванням інерційності заготовки ($t_{\text{деф}} > \theta$). На початковому етапі заготовка роз-

ганяється під дією ударної хвилі, а потім рухається по інерції з виникненням кавітаційних явищ. В зоні максимумів кривих $\bar{P}_{\text{деф}}(\bar{d}_m)$, $\bar{h}(\bar{d}_m)$ реалізуються проміжні механізми деформування.

Залежності $\bar{P}_{\text{деф}}(\bar{d}_m)$, $\bar{h}(\bar{d}_m)$ одержані для сталі Овкп і алюмінієвого сплаву АК4-1 і у подальшому були використані при проектуванні техпроцесів ЕГШ з застосуванням БРБ.

У п'ятому розділі приведені рекомендації по проектуванню техпроцесів ЕГШ з застосуванням БРБ, результати дослідного штампування ряду авіаційних і автомобільних листових деталей, рекомендації по визначенню основних конструктивних параметрів БРБ з застосуванням ПЕОМ, оцінка економічної ефективності БРБ за витратами електроенергії.

Рекомендований наступний порядок розрахунків режимів штампування листової деталі. На початковому етапі заготівка має невелику жорсткість. Розрахунки режимів ведуться з застосуванням відомих співвідношень. Розташування підключених ЕСНД відповідає конфігурації порожнини матриці в плані, за винятком тих ділянок, де технологічно недоцільно виконувати навантаження заготівки чи де її немає. Навантаження ведеться на "м'яких" режимах роботи ГІС, які забезпечують високий к.к.д. перетворення накопиченої електроенергії в енергію деформування заготівки.

На стадії формовки локальних елементів визначається величина \bar{d}_m , кількість і розташування підключених ЕСНД. По графікам $\bar{P}_{\text{деф}}(\bar{d}_m)$ і $\bar{h}(\bar{d}_m)$, які приведені в дисертації, визначаються параметри імпульсу навантаження і електричні параметри розрядних контурів. Навантаження ведеться на "жорстких" режимах з поступовим збільшенням зарядної напруги. При цьому забезпечується деформування з високим к.к.д. в зоні

максимумів $\bar{P}_{\text{дефmax}}$, \bar{h}_{max} .

Приведено розрахунки режимів обробки деталей "днище", "обтічник", викладено досвід їх штампування, а також ряду кузовних деталей мікроавтобуса "Сула". Встановлено, що кількість розрядів, потрібних для штамповки деталі "обтічник", у 1,5 раза менше у БРБ без направляючих порожнин, ніж у БРБ з такими.

Запропоновано розрахунки основних конструктивних параметрів БРБ вести шляхом їх попереднього завдання і виконання перевірочних розрахунків на ПЕОМ.

Показана економічна ефективність застосування БРБ у зрівнянні з розрядною системою, яка містить одну ЕСНД з механізмом її переміщення для обробки всієї поверхні заготовки. Зменшення витрат електроенергії на обробку одиниці виробів може досягти 58 разів без врахування витрат на переміщення ЕСНД.

3. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- 3.1. Виконані дослідження доказують високу ефективність спільної роботи кількох близько розташованих ЕСНД за рахунок явища взаємодії енергосилових факторів при груповому підводному розряді, на застосуванні якого була запропонована конструкція БРБ, що суттєво розширила технологічні можливості установок ЕГШ.
- 3.2. Проведені системні експериментальні дослідження основного складу факторів, які визначають параметри і розподіл тиску на перепоні при навантаженні БРБ: кількість і розташування підключених ЕСНД, відстань від БРБ до перепони, наявність направляючих порожнин ЕСНД та інші. Одержані емпіричні залежності, які описують дію цих факторів, котрі дають змогу з достатньою точністю керу-

вати поле навантаження заготовки.

3.3. Виявлено недосліджений раніш фактор навантаження ЕСНД - невісесиметричність розподілу тиску на перепони, яка визначається орієнтацією КЕР в порожнині ЕСНД. Максимальний тиск в зоні взаємодії двох ЕСНД при розбіжній взаємній орієнтації КЕР у 2,5 рази перевищує такий при збіжній орієнтації.

3.4. Досліджені експлуатаційні і технологічні можливості виготовленої дослідно-промислової електрогідравлічної установки УЕГШ-2 з БРБ, який містить 19 ЕСНД, з габаритами робочої зони 600x700 мм, накопичуваною енергією 240 кДж (аналогів у світовій практиці немає). Установа забезпечує високі щільність енергії, яка виділяється, і інтенсивність навантаження на усій поверхні великогабаритної заготовки, можливість керування полем навантаження, які недосяжні для обладнання з традиційними розрядними системами.

3.5. На основі виконаних експериментальних досліджень і вивчення явищ при навантаженні БРБ створена математична модель процесу навантаження і поля тиску на заготовці, розроблені алгоритм і пакет прикладних програм для розрахунків полів тиску, котрі підтвердили свою коректність при порівнянні результатів розрахункових і натурних експериментів і проектуванні техпроцесів.

3.6. Проведені технологічні експериментальні дослідження формостворення локальних елементів на листових заготовках з характерними розмірами від 2,5 до 22,0 мм в залежності від параметрів імпульсу навантаження (максимального тиску і характерного часу), які дозволили встановити ефективні технологічні режими штамповки складних

деталей на електрогідравлічних установках з БРБ.

- 3.7. Розроблені рекомендації по проектуванню техпроцесів ЕГШ на основі застосування БРБ з виконанням перевірочних розрахунків на ПЕОМ, які дозволяють ув'язати процеси навантаження і її деформування в єдиний комплекс.
- 3.8. Розроблені техпроцеси і виконане дослідне штампування ряду листових деталей для авіаційної і автомобільної галузей промисловості.
- 3.9. Розроблена методика розрахунків основних конструктивних параметрів БРБ з застосуванням ПЕОМ з метою створення ЕГ-обладнання, яке забезпечить виготовлення листових деталей заданого класу з високою ефективністю.
- 3.10. Технології з застосуванням БРБ забезпечують зменшення витрат електроенергії у десятки разів у порівнянні з існуючими технологіями ЕГШ великогабаритних листових деталей.

СПИСОК РОБІТ З ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Тараненко М.Е., Чебанов Ю.И., Князев М.К., Перский Е.Г. Новый энергонасыщенный электрогидравлический пресс // Кузнечно-штамповочное производство. 1992. №2, с.30-31.
2. Тараненко М.Е., Князев М.К., Перский Е.Г. Технология изготовления кузовных деталей легковых автомобилей // Кузнечно-штамповочное производство. 1993. №8, с.23-25.
3. Тараненко М.Е., Князев М.К., Зимнева Т.М. Исследование работы многоконтурных генераторов импульсных токов в многоэлектродных электрогидравлических установках. В кн.: Обработка металлов давлением в машиностроении. Вып.27, 1991, с.92-97.
4. А.с.1718436 Способ электрогидравлической штамповки. Тараненко М.Е., Чебанов Ю.И., Перский Е.Г., Князев М.К., Зимнева

- Т.М. (СССР). - Заявлено 14.11.89, зарегистрировано 8.11.91.
5. А.с.1772965 Способ импульсной штамповки. Тараненко М.Е., Чебанов Ю.И., Перский Е.Г., Соломянный А.У., Зимнева Т.М., Шкалова А.В., Князев М.К. (СССР). - Заявлено 14.06.89, зарегистрировано 1.07.92.
6. Тараненко М.Е., Чебанов Ю.И., Князев М.К. Управление напряженно-деформированным состоянием и процессом нагружения при тонколистовой штамповке // Электрический разряд в жидкости и его применение в промышленности: Тез. докл. - Николаев, 1988, с.133.
7. Зимнева Т.М., Князев М.К. Исследование электрических характеристик многоконтурных ГИТ // Импульсная обработка металлов: Тез. докл. - Харьков, ХАИ, 1990, с.121.
8. Князев М.К., Зимнева Т.М. О синхронности работы многоконтурных разрядных систем ЭГИ-оборудования // Импульсная обработка металлов: Тез. докл. - Харьков, ХАИ, 1990, с.122.
9. Тараненко М.Е., Перский Е.Г., Князев М.К. Опыт эксплуатации и технические возможности высокоэнергетического электрогидравлического пресса ПЭГ-ХАИ-500: Харьк. авиац. ин-т. - Харьков, 1992. - 9с.: ил. - Библиогр.: 2 назв. - Рус. - Деп. в ГНТБ Украины 21.06.93г. N 1179 УК93.

АННОТАЦИЯ

Князев М.К. Исследование, разработка и внедрение технологических процессов электрогидравлической штамповки с применением многоэлектродных разрядных блоков. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.05 - процессы и машины обработки давлением. Харьковский авиационный институт им. Н.Е.Жуковского. 1995.

Исследованы технологические возможности электрогидравлического оборудования, оснащенного новой разрядной системой

- многоэлектродным разрядным блоком (МРБ). Изучены факторы, определяющие распределение давления на плоской преграде при нагружении МРБ. Разработана методика измерения полей давления с помощью многоместных мембранных датчиков. Получено теоретическое решение задачи определения полей давления для различного числа источников нагружения. Оценена точность полученных результатов. Предложена методика расчета технологических процессов и основных конструктивных параметров МРБ.

ABSTRACT

Knyazev M.K. The research, design and introduction of manufacturing methods of electrohydraulic stamping with application of multielectrode discharge blocks. Thesis for an academic degree of a candidate of technical sciences of the speciality 05.03.05 - processes and equipment of manufacturing under pressure. Kharkov aviation institute, 1995.

Technical features of electrohydraulic equipment, advanced by a new discharge system - multielectrode discharge block (MDB), are researched. The factors, which define the pressure distribution on the plain wall while MDB working, are investigated. The measurement pressure field procedure with application of multiposition membrane gauge is designed. The theoretic solution of the problem of pressure field definition for various quality of loading sources is received. The accuracy of obtained results is evaluated. The design procedures of manufacturing methods and MDB main dimensions are proposed.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Електрогідрравлічна штамповка, багатоелектродний розрядний блок, імпульс навантаження, ефект взаємодії, поле тиску, багатомісцевий мембранний датчик.

Ав 33.143

Подписано к печати 22.09.1995 г. Формат 60x90 1/16.
Усл. печ. л. 1,63. Уч. изд. л. 1,26. Тираж 70 экз. Зак. 1047.

Типография завода "ФЭД" 310023 г. Харьков,
ул. Сумская, 132.

360391

использования электродов. Исследованы методы измерения параметров электродов и системы многослойных мембран. Получены теоретическое решение задачи определения электродных параметров в случае многократного нагружения, теория расчета производных результатов. Предложена методика расчета теоретических параметров и основных конструктивных параметров МЭП.

ABSTRACT

Курбанов М.К. The research, design and characteristics of manufacturing methods of electrohydrostatic steering with application of multiposition discharge electrodes. Thesis for an academic degree of a candidate of technical sciences of the speciality 05.03.05 - processes and equipment of manufacturing under pressure, Kharkov aviation institute, 1996.

Technical features of electrohydrostatic equipment, advanced as a discharge system - multiposition discharge electrodes, are researched. The factors, which define the pressure distribution on the plain wall while MDS working, are investigated. The measurement pressure field procedure with application of multiposition membrane gauge is designed. The theoretic solution of the problem of pressure field definition for various quality of loading sources is received.

The accuracy of obtained results is evaluated. The developed

methodology is used for the design of electrohydrostatic equipment

with application of multiposition discharge electrodes.

The accuracy of obtained results is evaluated.

The developed methodology is used for the design of electrohydrostatic equipment with application of multiposition discharge electrodes.