

Харківський авіаційний інститут
ім М.С.Жуковського

ТАРАНЕНКО Михайло Євгенович

УДК 621.983.044

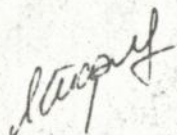
621.7.044

РОЗРОБКА РЕСУРСОВЕЗПЕЧАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ПРЕСІВ З ПРОСТОРОВО-
ЧАСОВИМ УПРАВЛІННЯМ НАВАНТАЖЕННЯМ ДЛЯ ШТАМПУВАННЯ
КРУПНОГАВАРИТНИХ ЛИСТОВИХ ДЕТАЛЕЙ

Спеціальність 05.03.05 - Процеси та машини' обробки тиском

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук



Харків - 1997



00743544 (R)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському авіаційному інституті імені М.Є.Жуковського, Міністерство освіти України.

Офіційні опоненти:

- Д.т.н., с.н.с. ЛОБАНОВ Віктор Костянтинович,
ДП "Завод імені Малишева", зав. лабораторією
- Д.т.н., професор РОГАНОВ Лев Леонідович,
Донбаська державна машинобудівна академія,
зав. кафедрою.
- Д.т.н., професор ЄВСТРАТОВ Віталій Олексійович,
Харківський державний політехнічний університет,
зав. кафедрою.

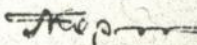
Провідна установа:

Харківський науково-дослідний інститут технологій машинобудування, Міністерство промислової політики України, м.Харків.

Захист відбудеться " 13 " марта 199 8 р. о 14,00 години на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 02.27.06 в Харківському авіаційному інституті імені М.Є.Жуковського, 310070, Харків, вул. Чкалова, 17.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського авіаційного інституту імені М.Є.Жуковського (Харків, вул. Чкалова, 17).

Автореферат розісланий " ____ " _____ 199 ____ р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради  КОРНІЛОВ Г.Л.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Основними напрямками підвищення ефективності виробництва та конкурентоспроможності продукції є удосконалення існуючих і розробка нових технологічних процесів з меншими енерго- та ресурсомісткістю, створення гнучкого та універсального устаткування, при мінімальному впливі на навколишнє середовище, що забезпечить прискорення науково-технічного прогресу.

Особливе значення це має для таких наукоємних галузей, як авіа- і автомобілебудування, де листові деталі, в тому числі з малопластичних і високоміцних матеріалів, складають 18 ...70% номенклатури деталей.

Збільшення габаритних розмірів деталей, ускладнення їх форми, зростання витрат часу та коштів на підготовку виробництва, нестаток потужних листоштампувальних пресів та інші фактори зумовили появлення і широке застосування технологій штампування на основі імпульсних джерел енергії.

У ряді технологічних процесів імпульсної металообробки одне з основних місць належить електрогідравлічному штампуванню (ЕГШ). Це зумовлено тим, що електрична енергія за доступністю, простотою накопичення і можливістю регулювання є найбільш перспективною. Електрогідравлічні преси експлуатуються практично на всіх літакобудівних заводах і підприємствах Росії, СНД і промислово розвинутих країн.

Подальша інтенсифікація ЕГШ, розширення технологічних можливостей, розробка нових технологічних процесів, зниження матеріало- і енерговитрат на одиницю продукції, підвищення якості і точності деталей неможливі без вивчення процесів, відбуваються у розрядному об'ємі, розробки їх математичних моделей і на цій основі - методів управління навантаженням при формотворенні заготовки в просторі і часі, а також відповідного устаткування.

Окремі частини цих питань включалися у загальносоюзні комплексні програми наукових проблем 0.16.03 і 0.72.06 в 1980-1990 роках, у програму Міністерства освіти України з розробки технологічних процесів та устаткування імпульсної металообробки, а також у плани робіт за договором з Міністерством машинобудування, ВПК і конверсії N 9010/07 від 26.10.92 року на 1992-1996 роки.

Викладене вище обґрунтовує актуальність теми дисертації і проблем, що в ній розглядаються.

Мета роботи - вирішення важливої народногосподарської проблеми створення нових ресурсозберігаючих технологій штампування крупногабаритних листових деталей складної форми і електрогідравлічних пресів з просторово-часовим управлінням навантаженням, а також систем їх енергозабезпечення, контролю параметрів процесу штампування та діагностики.

Для досягнення цієї мети в роботі вирішено такі задачі:

1. На основі вивчення номенклатури листоштампованих деталей, узагальнення досвіду заготівельно-штампувального виробництва визначено групи листових деталей, які відрізняються високою трудомісткістю виготовлення і потребують великих витрат і строків на технологічну підготовку виробництва (ТПВ). Аналіз геометрії цих деталей і механізмів їх формозміни дозволив визначити шляхи розширення технологічних можливостей і скорочення енерго- та ресурсовитрат при штампуванні крупногабаритних листових деталей.

2. Розроблено схеми технологічних процесів, заснованих на кумуляції енергії для штампування визначених класів деталей і запропоновано методику розрахунку технологічних параметрів для них.

3. На основі досліджень електричних процесів у схемах комутації генераторів імпульсів струму (ГІС) розроблено метод управління місцем і енергією розрядів, визначено можливість застосування багатоконтурних ГІС з паралельним до конденсаторів розташуванням формуючого розрядника і обґрунтовано вибір параметрів для контролю та діагностики процесу.

4. Досліджено процес підводного високовольтного електричного розряду в камерах установок ЕГШ і розроблено метод управління часом початку розряду, а також математичну модель, що описує цей процес.

5. Розроблено математичну модель процесів, що спостерігаються у розрядному об'ємі багатокамерних розрядних блоків (БРБ) ЕГ-пресів. Модель дозволяє розраховувати поля гідродинамічних величин над заготовкою та вибрати конструктивні і технологічні параметри блоків та процесів.

6. Розроблено наукові основи типового проектування багатоконтурних ЕГ-пресів, які дозволили спроектувати прес, що має можливість управляти енергопотоками у часі за інтенсивністю і місцем їх прикладання. Досліджено експлуатаційні характеристики преса і ефективність його застосування.

7. Розроблено наукові основи проектування технологічних про-

цесів послідовного локального штампування крупногабаритних деталей, що виготовляються витягуванням і формуванням. Означено експлуатаційні можливості і раціональність схем управління навантаженням для одержання генеральних форм деталей та їх локальних елементів.

8. Розроблено, досліджено і реалізовано комплексну систему контролю процесу штампування та діагностування джерел енергії ЕГ-пресів.

Наукова новизна дисертації полягає в розробці наукових основ ресурсозберігаючих технологій, формотворення крупногабаритних листових деталей на електрогідравлічних пресах з просторово-часовим управлінням навантаженням.

У межах концептуального вирішення проблеми одержано такі нові наукові результати:

- розроблено методи просторово-часового управління навантаженням і синтезовано модель цих процесів;

- запропоновано нові методи штампування послідовним локальним навантаженням і на їх основі розроблено технологічні процеси, що забезпечують при мінімальних витратах енергії і матеріалів розширені технологічні можливості, мінімальну різновтовщинність та високу точність деталей;

- розроблено нові принципові схеми створення в робочому об'ємі ЕГ-преса розрядних імпульсів потрібної інтенсивності і послідовності;

- створено методи і комплексну систему оперативного та інтегративного контролю процесу штампування і діагностування джерел енергозабезпечення.

Практична значущість результатів досліджень полягає у створенні та впровадженні у виробництво ефективних технологічних процесів штампування листових деталей, багатоконтурного ЕГ-преса з енергією, яка запасується, понад 500 кДж із системами просторово-часового управління навантаженням та контролю процесу і діагностики режиму виділення енергії. В межах цього:

- розроблено і впроваджено ряд технологічних процесів штампування листових деталей з габаритними розмірами понад 1 м, пробивання отворів, вирубки за складним контуром і формотворення локальних елементів за допомогою кумулятивних струменів;

- синтезовано і створено систему управління просторово-часовою імпульсною дією на заготовку;

- розроблено, виготовлено, випробувано і введено до експлуа-

тації придатний для серійного виробництва багатоконтурний ЕГ-прес ПЕР-ХА1-500 з енергією, що запасається, понад 500 кДж і система його енергозабезпечення у вигляді багатоконтурного ГІС, який дозволяє управляти по заданій програмі ЕГ-розрядами;

- запропоновано та впроваджено способи і уніфіковані пристрої оперативного контролю параметрів технологічного процесу штампування і діагностування системи виділення енергії ЕГ-пресів;

- обґрунтовано практичні рекомендації та конструктивно-технологічні вирішення з модернізації існуючих гідравлічних пресів простої дії з метою розширення їх технологічних можливостей шляхом оснащення БРВ.

Достовірність результатів підтверджується застосуванням сучасного математичного апарату теорії гідродинамики, експериментальними дослідженнями і практичними результатами, досягнутими при впровадженні у дослідно-промислове виробництво, а також даними, не суперечними результатам інших дослідників.

Апробація роботи. Основні наукові і прикладні результати були викладені та обговорені на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, наукових працівників і аспірантів Харківського авіаційного інституту ім.М.Є.Жуковського у 1960-1992 роках; III і IV всесоюзних, V міжреспубліканській науково-технічних конференціях "Електричний розряд у рідині та його застосування в промисловості" у м. Миколаєві, 1984-1992 рр.; всесоюзних науково-технічних конференціях "Імпульсна обробка металів" у м. Харкові, 1985-1990 рр.; всесоюзній науково-технічній конференції "Одержання і обробка матеріалів високим тиском" у м. Мінську, 1987 р.; II всесоюзній науково-технічній конференції "Сучасні проблеми двигунів і енергетичних установок літальних апаратів" у м. Москві, 1981 р.; науково-діловій конференції "Конверсія-92" у м. Харкові, 1992 р.; науково-технічних семінарах кафедри "Технологія металів і авіаційне матеріалознавство" Харківського авіаційного інституту ім.М.Є.Жуковського, 1960-1997 рр.

У повному обсязі дисертаційну роботу було викладено, обговорено і схвалено на засіданні ІТР кафедри "Обробка металів тиском" Донбаської державної машинобудівної академії і на засіданні Вченої ради Інституту імпульсних процесів і технологій НАН України (м. Миколаїв).

Результати досліджень впроваджено на Харківському авіаційному виробничому підприємстві, в акціонерних товариствах "Темп" (м. Харків), "Автомаш" (м. Лубни), використано на Куйбишевському

авіаційному заводі, Савеловському машинобудівному ВО "Прогрес" і раді заводів України та інших держав СНД.

Загальний економічний ефект від використання результатів роботи склав 2,7 млн. карбованців у цінах 1991 р. і 1200 млн. карбованців у цінах 1995 р.

Публікації. Основний зміст роботи викладено у 24 наукових працях, в тому числі 9 одноосібних. Її розробки одержано 19 авторських свідоцтв і патентів.

Структура і обсяг роботи. Дисертація надрукована на 389 сторінках машинописного тексту. Складається з вступу, 9 розділів і висновків. Включає в себе 27 таблиць, 189 ілюстрацій і список використаних джерел з 174 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність роботи і сформульовано мету і завдання досліджень, викладено сутність основних наукових результатів та їх практичну значущість для розробки і виробництва листових деталей різних конструкцій, а також описано алгоритм та реалізацію результатів дисертації.

Відзначено великий внесок у вирішення цієї проблеми Ю.М.Алексєєва, О.Д.Антоненкова, М.О.Анучина, К.М.Чогоявленського, В.К.Борисевича, А.І.Горьковича, В.Г.Кононенко, Г.П.Кузнєцова, Б.Я.Мазуровського, К.К.Мартенса, Ю.С.Навагіна, Р.В.Піхтовнікова, Є.О.Попова, О.В.Попова, С.М.Поляка, Ю.Г.Рябініна, Ю.І.Чебанова, В.М.Чачина, Ю.Є.Шамаріна, Л.О.Юткіна.

У першому розділі проаналізовано номенклатуру штампованих листових деталей, найбільш значних споживачів таких деталей: літакобудівного - (в літаку ТУ-134 близько 15 000 найменувань) і автомобільного (листоштампувального виробництва НТЦ ВАЗ). Розглянуті деталі класифіковано за геометричними і технологічними ознаками. В результаті аналізу встановлено, що штампування жолобчатих деталей складної форми, деталей класів "рифти" і "жорсткості" найбільш трудомістке, потребує великих витрат і терміну ПТВ. При збільшенні габаритних розмірів деталей на 0,2...0,3 м трудомісткість їх виготовлення зростає на 50...100%. Це зумовлено необхідністю застосування кількох комплектів оснащення, використання метало- і енергомісткого обладнання, а також докладання відносно великої кількості ручних робіт для доведення, що визначає об'єкт досліджень, яким є технологічні процеси штампування крупногаба-

ритних деталей складної форми і преси для їх виготовлення.

Аналіз геометрії деталі як оболонки певної генеральної форми з накладеними локальними елементами показує, що формотворення генеральної форми не потребує інтенсивних енергопотоків. Головним чином вони необхідні для формотворення локальних елементів. Тому, при можливості управління інтенсивністю енергопотоків у просторі над заготовкою можна знизити потрібні енергетичні витрати. Попередні дослідження по зміні часу і навантаження заготовки показали, що в цьому випадку можна управляти напружено-деформованим станом (НДС) листової деталі і одержувати залежно від поставлених завдань рівнотовщинні деталі підвищеної точності або деталі заданої геометрії із заготовок з невисокими пластичними можливостями. Крім розширення технологічних можливостей штампування і поліпшення якості деталей використання управління навантаженням забезпечує і інші переваги процесу: скорочуються енерговитрати на деталь, зменшуються необхідні розміри заготовок, знижуються навантаження на оснащення і прес, скорочується час циклу штампування і поліпшуються експлуатаційні характеристики устаткування.

Деталі номенклатури, що розглядається, залежно від характеру і оснащення виробництва виготовляють різними методами. Аналіз технологічних можливостей і експлуатаційних характеристик використовуваного устаткування показує переваги електрогідравлічних пресів для штампування деталей з габаритними розмірами більш ніж 1 м і товщиною заготовки до 2 мм із сталі, титанових і кольорових сплавів.

Проведений аналіз способів штампування осесиметричних дниць, жолобчатих деталей складної форми, деталей типу "жорсткості" показав переваги послідовного локального навантаження заготовки.

Розгляд існуючих технологічних схем розподілення силового впливу на заготовку приводить до висновку, що найбільш перспективним є застосування схем, в яких використовується ефект кумуляції енергії, та ЕГ-пристроїв для одержання затоплених струменів рідини, за допомогою яких відбувається штампування.

Проведено аналіз конструкцій ЕГ-пресів, які виготовлено в СРСР, США і Японії, та їх основних вузлів, пропонується шляхи удосконалення їх конструкції.

З урахуванням викладеного вище сформульовано мету і завдання досліджень.

У другому розділі досліджуються можливості використання кумуляції енергії для збільшення і перерозподілу потоків енергії на

заготівку. Такі методи доцільно використовувати для штампування деталей таких видів:

- з локальними елементами, осесиметричними в плані з габаритними розмірами 5...60 мм;
- з локальними елементами тих же поперечних розмірів, але довжиною, що перевищує ширину більше ніж у 5 разів;
- з дрібними локальними елементами, розташованими близько одне від одного.

Для виготовлення деталей першого виду рекомендовано використовувати попередньо відформовані кумулятивні порожнини, які встановлюють на заготовку.

Для створення кумулятивних порожнин, що застосовують при штампуванні деталей другого виду, досліджувалась можливість одержання цих порожнин методом наддування. Технологічні експерименти виконували на електрогідравлічному пресі ПЕТ-25. За результатами експериментів зроблено висновок про те, що використання такого методу одержання порожнин енергетично виправдане, але при цьому переважає перетікання повітря вдовж порожнини, що подовжує цикл штампування.

Особливу складність викликає штампування деталей третього виду - з дуже вузькими і часто розташованими локальними елементами. Такі умови реалізуються при вирубуванні вузьких деталей, пробиванні щілин, чеканенні, формуванні псверхонь з дрібними опуклостями.

Проблема раціонального навантаження вирішується шляхом концентрації енергії тільки над поверхнею заготовок і зменшення її частки, що припадає на оснащення. Це реалізується шляхом використання кумулятивних порожнин, виконаних з матеріалу, який легко деформується (рис.1).

Течія рідини над поверхнею кумулятивної порожнини описується рівнянням Коші-Лагранжа. При цьому хвильова картина взаємодії ударної хвилі з границями не розглядається. Вважається, що утворення і переміщення кумулятивного струменя спостерігається тільки під дією гідропотоку, що викликається розширенням парогазової бульби.

Для вирішення цього рівняння використовують метод скінчених різниць. Відшукування потенціалу при вирішенні рівняння Лапласа здійснюється методом електрогідродинамічної аналогії. Тиск і швидкість на границях парогазової порожнини приймали такими, що дорівнюють аналогічним параметрам у її центрі. При вирішенні

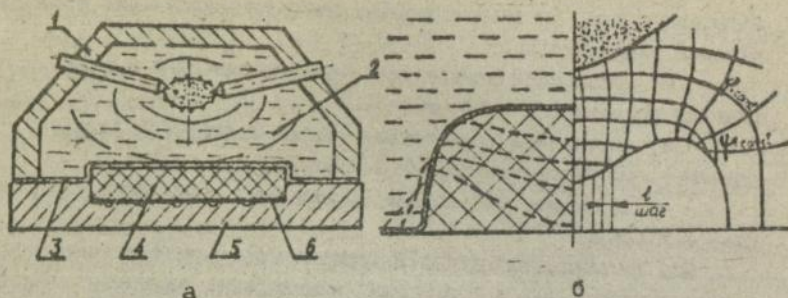


Рис. 1. Технологічна схема штампування з використанням ефекту кумуляції енергії (а) та картина течії рідини при цьому (б): 1 - розрядна камера; 2 - передавальне середовище (вода); 3 - еластична діафрагма; 4 - середовище, що легко деформується; 5 - матриця; 6 - заготовка; пунктирні лінії - послідовні положення границі "вода - діафрагма"

приймалось припущення про миттєве виділення енергії і нульові початкові умови для меж кумулятивної порожнини. Математично гранична умова для поверхні кумулятивної порожнини записують у вигляді

$$-\frac{d\varphi}{dt} + \frac{1}{2} v^2 = \frac{1}{\rho} \left[\rho_{об} \cdot \delta_{об} \cdot \frac{d^2 y_{об}}{dt^2} + Q(y) \right],$$

де φ , v , ρ - потенціал швидкостей, швидкість і щільність передавального середовища;

$\rho_{об}$, $\delta_{об}$ - щільність матеріалу і товщина оболонки;
 $d^2 y_{об}/dt^2$ - прискорення точки зведення, нею прийнято центральну точку на верхній поверхні оболонки;

$Q(y) = \alpha_n P_{об}^0 (Wl/Wj)^{2j} \gamma$ - опір (реакція) кумулятивної порожнини обтисканню в довільний момент часу;

α_n - експериментальний коефіцієнт, що дорівнює 2...14;

$P_{об}^0$, W - початковий тиск в оболонці та її об'єм;

l , j - індекси відстані за часом;

γ - показник адіабати.

Для поверхні парогазової бульби гранична умова приймається у вигляді:

$$\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} + \frac{1}{2} (gr \pm i \varphi)^2 = \frac{P(t)}{\rho},$$

де $P(t)$ - тиск у парогазовій бульбі.

В результаті вирішення задачі одержано залежності коефіцієнта концентрації енергії, який дорівнює відношенню енергій, що припадають на задану площину при наявності і відсутності кумуляції, від висоти порожнини і товщини її оболонки. Щільність потоку енергії на площинах дії кумулятивного струменя у випадку, що розглядається, змінюється в 1790...3500 кДж/(м²·розряд).

Одержані результати були використані при відпрацюванні технологічних процесів вирубування площинних спіральних нагрівників розмірами 380x105 мм із матеріалу Х20Н30Т лист 0,2 і підвісок оптичних приладів із нікелевого сплаву, а також тонких пелюток контактів. Високі значення щільності потоку енергії, що одержуються при використанні кумулятивних струменів, дозволили відштампувати "жорсткості" з матеріалів 3ХН10ЕМ лист 0,1 і 12Х18Н10Т лист 0,3 з дуже дрібними рифтами і опуклостями.

В цілому розроблені технологічні процеси відрізняються повнішим використанням запасу пластичних властивостей заготовок, збільшенням ККД, зменшенням навантаження на оснащення і елементи преса.

У третьому розділі досліджуються електричні процеси і схеми комутації в ЕГ-установках. Традиційно процес ЕГ-розряду розглядається у двох стадіях: передпробійній і каналній. Відомі теоретичні описи першої стадії не дають реальної оцінки її тривалості. Для її визначення були проведені експерименти по знаходженню статистичної залежності часу передпробійної стадії від величини міжелектродної відстані для конкретних конструкцій електродних систем (ЕС). Дослідження здійснювалися на пресі ПЕГ-25 і лабораторній установці ХА1 у діапазоні робочої напруги 15...30 кВ і міжелектродних відстанях 14...25 мм. При цьому записувалися осцилограми розрядної напруги і струму. Одержані дані (вибірки з 150 і 65 значень) були статистично оброблені на ПЕОМ за допомогою "Інтегрованої системи статистичної обробки і графічної візуалізації даних ("Статграфік")". Залежність часу t_{np} передпробійної стадії від зарядної напруги U_0 і міжелектродної відстані l_{me} була знайдена у вигляді:

$$t_{np} = B_0 l_{me}^{B_1} / U_0^{B_2}$$

де B_0 , B_1 , B_2 - коефіцієнти регресії, які при електропровідності води 1...10 Ом/м дорівнюють відповідно: для аксіальних ЕС 0,035; 2,3; 4,2; для коаксіальних ЕС 0,03; 2,0; 4,0. Тут прийнято:

$[t_{пр}] = \text{сек}; [I_{тв}] = \text{мм}; [U_0] = \text{кВ}.$

При зміні конструкції електродної системи, електропровідності води і умов розряду одержана залежність зберігається, але змінюються коефіцієнти регресії.

У загальному випадку процес виділення енергії при ЕГ-розряді складається з кількох фаз. В початковий момент на кому. ланці розрядник подається сигнал на виділення енергії. За перебігом часу затримки спрацьовування розрядника t_p відбувається подача напруги на робочі електроди, і основна частка енергії виділяється після закінчення часу передпробивної стадії $t_{пр}$. Таким чином, час початку виділення енергії можна визначити як суму:

$$t_e = t_p + t_{пр}$$

Отже, змінити t_e можна, змінюючи час затримки спрацьовування розрядника і час передпробивної стадії. Діапазон розкидання значень t_p великий і залежить від типу розрядника робочої напруги та інших факторів. Використати цей параметр для управління часом початку виділення енергії важко. Найкраще управляти параметром t_e за допомогою $t_{пр}$.

Канальна стадія процесу розряду вивчена рядом авторів більш повно. Процеси, що відбуваються на цій стадії, описуються системою нелінійних диференціальних рівнянь, яка піддається аналітичному вирішенню. Аналіз відомого вирішення, що записується у вигляді:

$$I = I_m e^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi),$$

де I_m - амплітудне значення розрядного струму;

δ - коефіцієнт затухання;

дозволив вибрати параметри для контролю за перебігом виділення енергії. У випадку застосування багатоконтурних ГІС як цей параметр можна використати амплітуду і тривалість першого пієперіоду розрядного струму або декремент загасання.

Аналіз конструкції розрядних камер ЕГ-пресів показав, що в багатьох точках зор. найефективнішими є розрядні камери малого обсягу. Однак при їх застосуванні спостерігаються підвищені витрати електричної енергії. Для їх зниження запропоновано електрично ізолювати внутрішні і зовнішні камер. Це скоротує витрати енергії на передпробивній стадії за рахунок витоків і дозволяє використати електроди з більш довгою оголеною часткою. Експериментальна перевірка цього припущення показує, що витрати енергії скорочуються з 22...40% до 5...8% і відповідно приводить до збільшення розрядного струму за аналогічних умов в 1,6...2,0 рази і дозволяє

рівно підвищити стійкість високовольтної ізоляції електродів.

Для комутації розрядних контурів багатоконтурних установок відомі дві схеми: з формуючими розрядниками в кожному контурі та з одним формуючим розрядником, установленим паралельно джерелу живлення. Їх аналіз приводить до висновку про перспективність використання другої схеми. До її переваг слід віднести: 1) більшу простоту і меншу вартість у зв'язку з відсутністю індивідуальних розрядників і системи їх синхронізації; 2) підвищену точність часу початку виділення енергії, що обумовлено одночасним подаванням високої напруги на робочі електроди; 3) можливість управління місцем виділення енергії. Недоліком цієї схеми є недосліджені можливості застосування у багатоконтурних ГІС.

З метою визначення синхронності спрацювання контурів при комутації за другою схемою, залежності цього параметра від відмінності електричних параметрів окремих контурів, оцінки величини перетікань енергії між контурами, можливості управління часом розряду і дослідження методів контролю за енергією, що виділяється, були проведені експерименти на розробленому і створеному 7-контурному лабораторному ГІС і 12-електродному технологічному Єюці. Експерименти провадилися за спеціально розробленою методикою. Одночасність (синхронність) розрядів оцінювалася за осцилограмми сумарного струму часом між крайніми шпильками, що відповідають окремим розрядам. Критерієм синхронності вибрано значення відношення цього часу до часу першого півперіоду розрядного струму в одному контурі, виражене в відсотках.

В результаті експериментів встановлено:

- при однакових електричних параметрах контурів синхронність розрядів досягає 70%, тобто ця кількість розрядів відбувається протягом першого півперіоду розрядного струму в одному контурі; міжконтурні перетікання енергії практично відсутні;

- при відмінності ємності контурів у 3 рази і однаковій індуктивності 56% розрядів відбуваються синхронно; підключення до однієї ЄС кількох контурів дозволяє управляти енергією розряду;

- як параметри, що контролюються, у багатоконтурних ГІС доцільно використовувати амплітуду і тривалість "сумарного" струму, що перебігає у кабелі, який з'єднує розрядник із розрядним блоком.

Відносно висока синхронність розрядів у багатоконтурних ГІС пояснюється зміною потенціалу масового електрода під час розряду.

На зсув розрядів у часі найсильніше впливає міжелектродна відстань. Так, при зміні $l_{ме}$ з 25 до 20 мм час $t_{пр}$ зменшується на

80 мкс і характер розряду при цьому не змінюється. Експериментальна оцінка можливості управління часом розряду у багатоконтурному ГІС показала діапазон 0...200 мкс. За цей час можна одержати пакет в 10...20 імпульсів.

В цілому проведені досліді виявили можливість застосування схеми з паралельним розташуванням розрядника для кому ації у багатоконтурних ГІС. Управління часом між розрядами дозволяє використовувати такі генератори, як джерела потужних акустичних сигналів з керованою шпаруватістю у широкому діапазоні.

У четвертому розділі дисертації дано опис методики експериментів, використаного устаткування, датчиків і приладів.

Для виміру імпульсних параметрів було вібрано 4-канальний комплекс, в якому використані запам'ятовувальні осцилографи С8-13, датчики струму - пояси Роговського і ємнісно-омічні дільники напруги. Для реєстрації імпульсних тисків застосовано розроблені на каф. 208 ХАІ хвилеводні п'єзокерамічні датчики тиску. Швидкісна кінозйомка здійснюється за допомогою апаратури ПСР-2М і тіньового приладу ІАВ-451. Виміри акустичних характеристик процесів провадилися за допомогою стандартного прецизійного імпульсного шимоміра 00017 (PFT, НДР).

Основні експерименти із дослідження багатоконтурних установок здійснювалися, на технологічному блоці лабораторної ЕТ-установки ХАІ. Під час експериментів були визначені залежності полів тиску, що виникають на жорсткій перешкоді, від ступеня синхронізації групових розрядів. Порівняльні експерименти провадилися за аналогічних умов при поодинокому розряді. Поля тисків визначалися рядом встановлених датчиків тиску з кроком 40 мм. Лінія їх розташування орієнтувалася по осі розрядниці порожниці або по лінії, що проходить між ними. Паралельно з вимірами тиску осцилографувалися значення розрядного струму.

Одержані дані статистично оброблялися на ПЕОМ із застосуванням програми "Статграфік". В результаті обробки були одержані графічні та емпіричні залежності тиску і його імпульсу від радіуса при окремому і групових розрядах.

За результатами виконаних експериментів сформульовано такі висновки:

- при груповому розряді в БРБ тиск підвищується у середньому в 1,5 рази, а його імпульс - в 1,0 рази порівнянні з відповідними величинами за аналогічних умов при окремому розряді;

- максимальне підвищення тиску і його імпульсу реалізується

при високій синхронності розрядів; при тривалості групового розряду більш ніж 2,5 значення півперіоду розрядного струму в одному контурі може відбуватися зниження тиску, що розвивається, і його імпульсу.

Ці особливості одержаних осцилограм повністю пояснюються механізмом виникнення і поширення навантаження.

П'ятий розділ присвячено опису досліджень картини виникнення енергосилових потоків рідини і їх взаємодії із заготовкою при локальному деформуванні.

У першій частині експерименти проходилися на тіньовому приладі з використанням поодиноких розрядних камер різної геометрії, які розміщувалися в об'ємі, заповненому рідиною. При розряді фіксувалися напрям і швидкість поширення ударних хвиль і гідропотоків рідини, а також механізм їх взаємодії із заготовкою.

У другій частині досліджувалося деформування заготовки під дією затопленого струменя рідини і для порівняння - цей же процес при вільному розряді. Експерименти здійснювалися при різних дистанціях, енергіях розряду (швидкостях деформування), діаметрах вихідного перерізу камери та різних матеріалах заготовки.

Дослідження показали, що при ЕГ-розряді у порожниці невеликого обсягу виникає парогазова бульба, яка розганяється у межах камери і виштовкує рідину поперед себе через вихідний отвір. Далі цей струмінь рідини розповсюджується в передавальному середовищі і діє на заготовку. При локальному навантаженні тонколистової заготовки виникає локальна пластична деформація визначеної її зони. Розмір цієї зони, прогинання і розподіл деформацій залежать від інтенсивності навантаження, розмірів вихідного отвору камери, її дистанції відносно заготовки, а також товщини і габаритних розмірів останньої. Одержано експериментальні залежності, що пов'язують ці параметри.

Послідовне локальне навантаження заготовки дозволяє управляти її НДС і змінювати форму з раціональною послідовністю. Цей фактор, як показано на прикладах штампування рифтів (рис.2), дозволяє повніше використовувати запас пластичних властивостей заготовки.

У закінченні розділу описуються використані в експерименті матеріали, що штампуються, та їх характеристики.

У шостому розділі розроблено математичну модель процесів, які відбуваються у рідині в БРБ. Для опису гідродинамічних полів у багатоканальній системі розглядається така схема (рис.3).

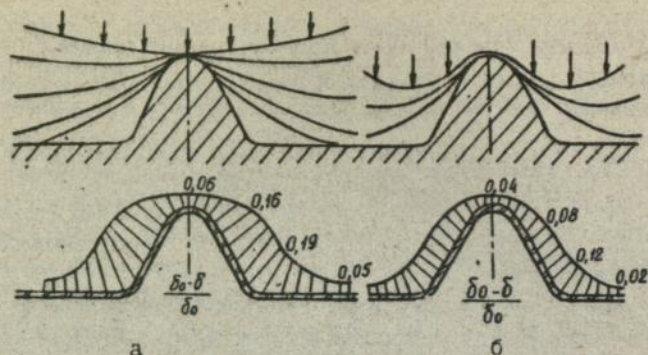


Рис. 2. Порівняння двох варіантів формотворення опуклого рифта при рівномірному (а) та локальній навантаженні (б): знизу - епюри розподілу відносних деформацій стоншення відповідно до варіантів

В початковий момент часу в камері довжиною L_k і діаметром D_k відбувається ЕГ-розряд. Рідина у частині циліндричного об'єму переходить у парогазовий стан з певними середніми за об'ємом щіль-

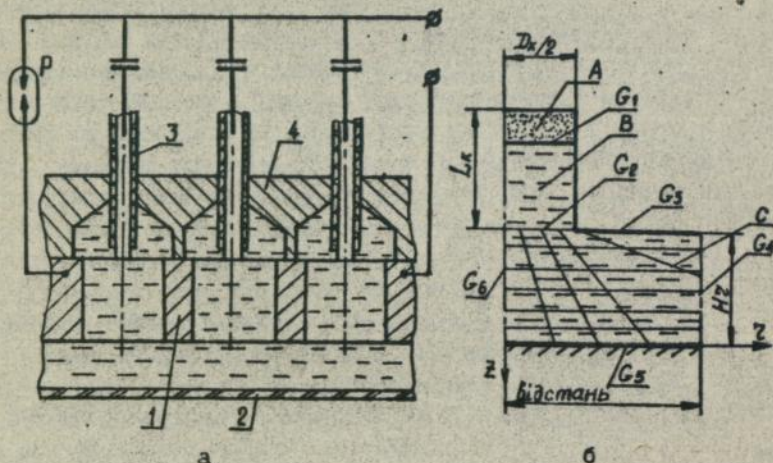


Рис. 3. Принципова схема багатокамерного розрядного блока (а) та розрахункова схема зони течії (б): а: 1 - спрямовуюча плита; 2 - заготовочка; 3 - електрод; 4 - розрядна плита; P - формуючий розрядник; б: А, В, С - розрахункові ділянки; $G_1 - G_3$ - межі ділянок; тонкі лінії - структура розрахункової сітки.

ністю і тиском. Це приводить до руху границі рідини і бульби в утворенням ударного фронту, що поширюється у напрямі відкритого торця камери і виходить надалі в зазор між плитою розрядного блока і перешкодою. При вирішенні першого наближення перешкода вважається абсолютно жорсткою. У сусідній циліндричній камері синхронно відбувається такий же процес. Границею течії умовно вважається лінія, що проходить на рівних відстанях між циліндрами. Вибір такої розрахункової схеми має під собою підстави для центральної і периферійної зон розрядних блоків з рядним і шаховим розміщенням порожнин.

Вирішення задачі виконувалось поетапно, для чого вся зона течії розподіляється на три ділянки: А, В, С. Рух рідини на всіх ділянках описується класичною системою рівнянь стану та збереження маси і енергії.

Розрахунок виконувався методом "розпаду розриву" С.К. Годунова. При побудові сітки належить виходити з ряду міркувань, що приводять до вибору вертикальної структури двох сімейств ліній, що розрізають розрахункову зону на чотирикутні комірки. При цьому враховувалася необхідність переходу при вирішенні від одновимірної циліндричної ділянки (В) до двовимірної (Г).

Граничні умови на границях G_1 , G_3 , G_5 , G_6 вибираються традиційними. На G_2 межева умова реалізується шляхом приєднання параметрів комірки ділянки В до вертикальних "векторів" ділянки С. На границі G_4 при синхронних розрядах вибрано умову непротікання. Другим наближенням було введення додаткової комірки у кожному горизонтальному шарі, в якому задається значення тиску, щільності і швидкості, внутрішньо несуперечні. Математично цю умову можна уявити так, що тиск, густина і швидкість на границі G_4 з боку ділянки, що розраховується, дорівнюють P_1 , ρ_1 та U_1 , а з боку сусідньої ділянки:

$$P_2 = P_1 \pm \left(\frac{P_1 - 10^5}{K_p} \right); \quad \rho_2 = \rho_1 \pm \left(\frac{\rho_1 - 10^5}{K_p} \right); \quad U_2 = \pm \frac{U_1}{K_u}$$

Значення K_p , K_p та K_u встановлюють експериментально залежно від часу зсуву розрядів. Третє наближення — постійний зсув цієї границі за незбуреною рідиною до виникнення змін у зв'язку з наявністю сусідньої камери.

Початкові умови для швидкостей та тисків у рідині приймаються нульовими. Вважалось, що початковий тиск у парогазовій порожнині дорівнює:

$$P_{\text{max}}^{\text{гп}} = 0,17 \sqrt{\rho_0 U_0^2 \sigma / L_E I_{\text{MG}}},$$

де ρ_0 - густина середовища у парогазовій порожнині;

L_E - індуктивність батареї конденсаторів.

На основі цих передумов розроблено блок-схему розрахунку і створено програму "Груповий розряд", яка моделює картину течії рідини у багатокамерних блоках (рис.4). Адекватність моделі дійсним умовам процесів підтверджено даними експериментів.

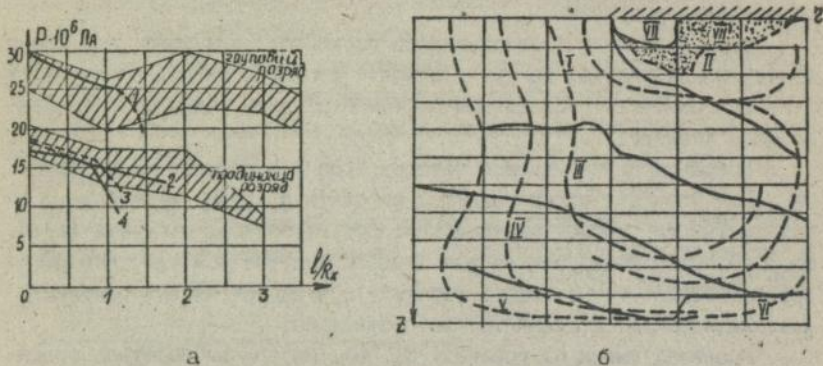


Рис. 4. Порівняння розрахункових та експериментальних даних (а) та картина течії рідини в розрахунковій зоні в момент $\bar{t} = t \sqrt{\frac{E_0}{\rho_0}}$ 0,505 (б): а: Розрахунок за умов на межі G_d : 1 - непротікання; 2 - вільного витікання; 3 - витікання у середовище із заданими параметрами; 4 - за апроксимації гідродинамічних характеристик у фіктивному інтервалі; заштриховані ділянки - довірчий інтервал експерименту за умов: $U_0 = 25$ кВ; $H_{\text{заз}} = 45$ мм; $D_k = 80$ мм; відстань - 1,1 D_k ; б: Ділянки: I-P = 30...40 МПа; II-P = 40...100 МПа; III-P = 40...50 МПа; IV-P = 30...40 МПа; V-P = 10...20 МПа; VI-P = 1...10 МПа; VII-зона кавітації; VIII-перехідна зона; безперервні лінії - межі ділянок. Пунктирні лінії - траєкторії руху частинок. Заштрихована межа - стінка розрядного блока. В и п - константи рівняння стану води.

З використанням дійсних варіантів граничних умов було проведено розрахунок залежностей тиску, що розвивається на переклоді, від різних комбінацій електричних і конструктивних параметрів розрядного блока, вибір кроку розташування розрядних порожнин і діапазону границь просторово-часового управління навантаженням.

У цьому розділі описано досвід проектування, виготовлення і експлуатації багатоконтурного ЕР-преса ПЕГ-ХАІ-500, а просторово-часовим управлінням навантаженням.

Управління навантаженням у просторі на пресі ПЕГ-ХАІ-500 здійснюється шляхом виділення енергії у тій чи іншій розрядній порожнині або групі порожнин при підключенні їх ЕС до багатоконтурного ГІС. Управління часом початку виділення енергії здійснюється шляхом зміни міжелектродної відстані у тій чи іншій ЕС, яка знаходиться у розрядній порожнині.

Для прискорення виготовлення преса ПЕГ-ХАІ-500 були використані механічна частина технологічного блока, гідростанція і високочольний трансформатор-випрямляч ЕР-преса ПЕГ-60.

Технологічна частина обладнувалася ВРВ оригінальної розробки. Для енергозабезпечення преса було розроблено, спроектовано і виготовлено багатоконтурний ГІС з енергією, що запасується, понад 500 кДж.

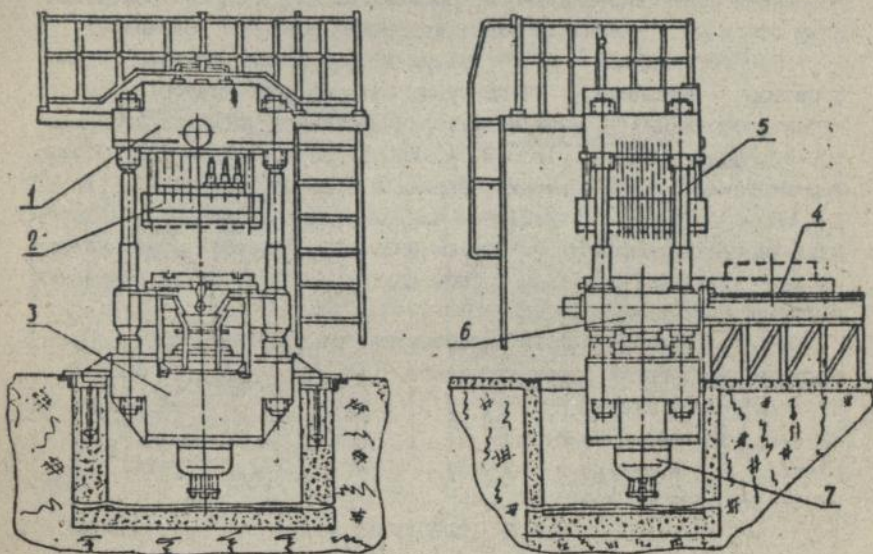


Рис. 5. Технологічний блок преса ПЕГ-ХАІ-500

- 1, 3 - верхня та нижня траверси; 2 - розрядний блок;
4 - висувний стіл; 5 - колони; 6 - рукома траверса;
7 - притисковий гідроциліндр

Технологічний блок преса (рис.5) являє собою 4и-колонну конструкцію з нижнім приводом рухомої траверси. До нижньої поверхні верхньої траверси приєднано змінний розрядний блок. Переміщення і притискання рухомої траверси разом із встановленим на столі оснащенням здійснюється зусиллям 1200 кН за допомогою гідроциліндра, закріпленого на нижній траверсі у приямку. Для зняття деталі та встановлення наступної заготовки стіл висувається на допоміжну позицію.

Для повнішого використання енергозапасу преса його оснащено двома розрядними блоками із зовнішніми розмірами 1130 x 1130 мм і 28 розрядними порожнинами, розташованими за концентричними колами, а також з розмірами 1130 x 1680 мм і 46 розрядними порожнинами, розташованими паралельними рядами з кроком 180 мм.

Багатоелектродний розрядний блок (рис.6) складається з трьох плит (напрямної, розрядної і опорної), електродів у корпусах і колонок, що з'єднують плити. Електроди у корпусах встановлюють у розрядній плиті вертикально в порожнинах, які з соосно розташованими отворами у напрямній плиті утворюють розрядну порожнину.

Енергетичний блок (ГІС) вміщує в собі високовольтний трансформатор - випрямляч, 28-контурну батарею конденсаторів і механічний розрядник. Кожний контур складається з чотирьох конденсаторів марок ІК50-6, ІК50-3 і ІК40-5. Розрядник, трансформатор-випрямляч і всі контури з'єднані між собою паралельно.

Прес оснащено комутаційною плитою, на якій задається програма управління місцем і енергією розрядів. Оперативне управління часом розряду здійснюється зміною внутрішнього діаметра розрядних кілець у розрядному блоці.

Коротка технічна характеристика преса ПЕТ-ХАІ-500

Максимальна енергія, що запасується	500 кДж	
Кількість контурів	28 шт.	
Максимальна робоча напруга	40 кВ	
Відстань між колонами на просвіт	1170 мм	
Висота штампового простору		
	найбільша	550 мм
	найменша	180 мм
Хід прижимної траверси		650 мм
Потужність приводу		15 кВт
Маса преса		25 т
Площина, зайнята ділянкою		30 м ²

На пресі встановлено систему контролю режиму розряду, засно-

вану на реєстрації розрядного струму за допомогою поясу Роговського і електронного осцилографа, а також лічильника розрядів.

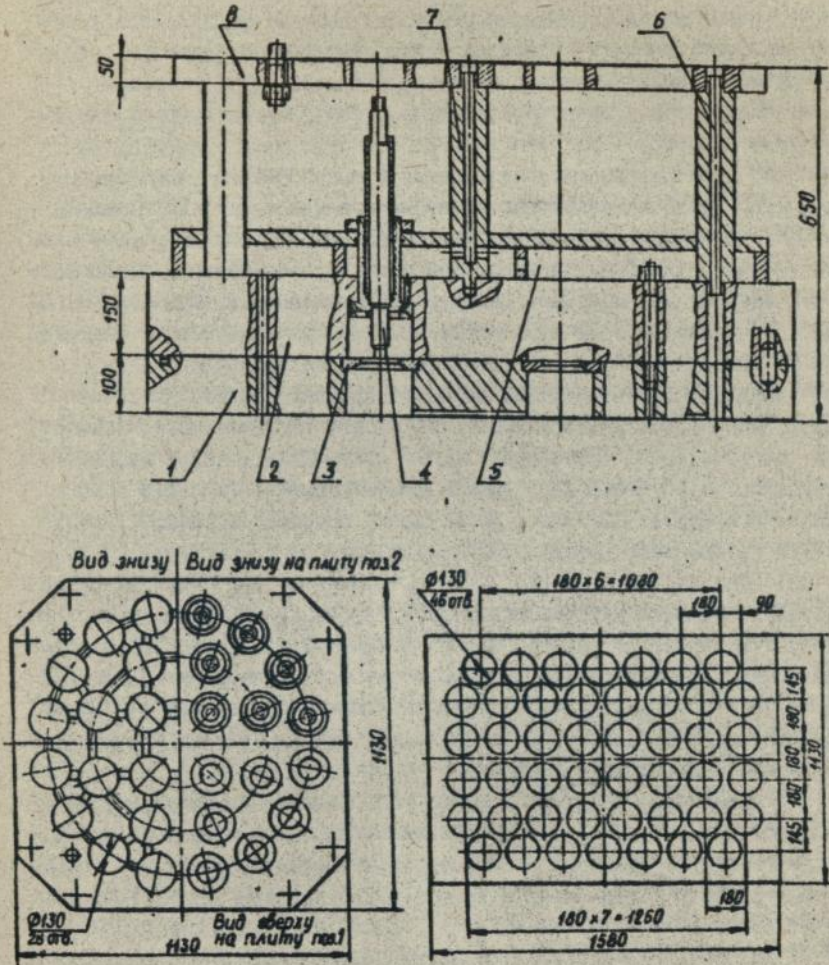


Рис. 6. Розрядний блок преса ПЕТ-ХА1-500 (2 варіанти)

1 - напрямна плита; 2 - розрядна плита; 3 - розрядне кільце;
4 - центральний електрод; 5 - дренажна порожнина; 6 - колонка з каналом для подачі води; 7 - колонка з дренажним каналом;
8 - опорна плита

В процесі дослідної експлуатації на пресі було проведено експерименти з відроблення режимів штампування, встановлення штатних діапазонів часу виділення енергії і амплітудного значення струму, а також визначення еквівалентного статичного тиску, що досягає 120 МПа після п'яти розрядів. Нерівномірність цього параметра на поверхні робочого столу досягає 18%.

Експлуатація преса протягом 3,5 роки виявила його стійку та надійну роботу.

На підставі досвіду експлуатації преса ПЕР-ХА1-500 і проведених НДР було спроектовано новий прес з енергією, що запасається, до 2700 кДж для штампування деталей з габаритними розмірами до 1800x2500 мм і глибиною до 190 мм. Прес забезпечує можливість групового штампування деталей. Розрахунок його продуктивності за цих умов показує, що реалізація проекту може забезпечувати у рік до 50 000 деталей з габаритними розмірами більш ніж за 1 м.

Аналіз конструкції ЕР-пресів і процесу підготовки їх виробництва приводить до висновків, що значну частину трудомісткості їх виготовлення, металомісткості становлять механічна частина технологічного блока та гідросистема для притискання та переміщення оснащення. З іншого боку, давно освоєно і серійно випускаються гідравлічні преси простої дії. Вони мають обмежені технологічні можливості, що пов'язано з труднощами виготовлення на них деталей штампуванням-витягуванням. Виходячи з цього розроблено проект модернізації пресів марок ДБ2234, ДБ2236, ДА2238 з встановленням на них БРБ і оснащенням їх багатоконтурними ГІС. Розроблено рекомендації з проектування таких блоків. У закінченні розділу обгрунтовано і описано варіанти нових конструктивних схем технологічних блоків ЕР-пресів.

У восьмому розділі наведено результати дослідження раціональної послідовності формотворення ділянок деталей, що важко деформуються, і відпрацювання ряду технологічних процесів ЕРШ листових деталей різних класів з просторово-часовим управлінням навантаженням.

Виходячи з конструкції типових листових деталей, технічних вимог до них і можливостей управління, у загальному вигляді розглянуто раціональну послідовність формотворення їх характерних ділянок, які визначають можливість одержання виробу або потребують великих енергетичних та інших витрат. До них належать: ділянки малої жорсткості, що провисають; фланець заготовки, що витягається; кут з'єднання дна зі стінкою; з'єднання двох стінок у плані;

опукло-увігнуті борти; локальні елементи (рифти, підсічки, відштампування). Відповідне управління навантаженням дозволяє спростити одержання цих елементів. На прикладах відпрацьованих технологічних процесів типових деталей підтверджені ці припущення.

Можливості просторово-часового управління навантаженням показано на прикладах відпрацьованих технологічних процесів штампування параболічних дзеркал СТВ діаметрами 380 і 900 мм, напівторів округлого та жолобчатого перерізів діаметром 350...720 мм, низьких жолобчатих деталей - передніх крил автомобілів ВАЗ 2101, 2106, деталей типу "панель" або "жорсткість" розмірами до 1870мм, групового штампування деталей не замкненого контуру з розмірами 600 x 900 мм. Рациональна послідовність локального навантаження деталей і необхідні схеми підключення розрядних порожнч для деяких деталей показано на рис.7.

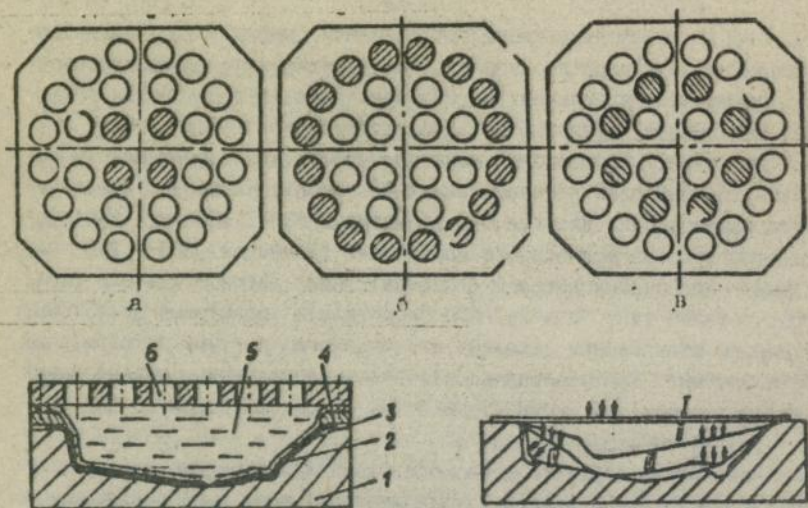
Розглянуто варіанти групового штампування однакових і різних деталей. Розроблено вимоги та рекомендації щодо умов розташування матричних порожнч відносно розрядного блока.

На підставі узагальнення прикладів відпрацьованих технологічних процесів запропоновано основи і методику розроблення процесів штампування в просторово-часовим управлінням навантаженням на ЕГ-пресах.

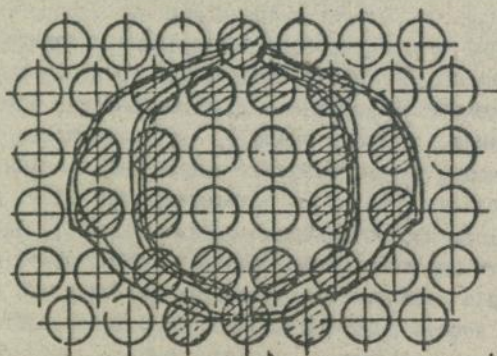
У закінченні розділу проведено порівняння техніко-економічної ефективності розроблених технологічних процесів за методикою оцінки рівня якості. Як показники застосовувалися: матеріаломісткість устаткування, витрати енергії, трудомісткість підготовки виробництва, норма витрат основних матеріалів, якісні вимоги до основного матеріалу, стійкість оснащення, тривалість налагодження, продуктивність процесу, характеристики точності одержаних деталей. Вагомість цих показників одержала експертну оцінку. Розрахунок параметрів важливості і рівня якості свідчить про те, що показник рівня якості розробки досягає 2,38 і перевищує значення для порівняльного варіанта, норматив якого знаходиться у межах 1,5...2,0. Порівняння нового варіанта з "гіпотетичним" показує великий ступінь їх збіжності.

Ці розрахунки підтверджуються досвідом експлуатації преса ПЕГ-ХАІ-500 в АТ "Темп". Строк окупності капітальних витрат, пов'язаних з виготовленням розрядних блоків, оснащенням і організацією виробництва, склав 8 місяців.

У дев'ятому розділі описано етапи перетворення енергії при



1 - матриця; 2 - заготовка; 3 - діафрагма; 4 - притисна плита; 5 - в'єта; 6 - отвори розрядного блока.
I, II, III - послідовні положення заготовки. Стрілками
означено місця прикладення локального навантаження



II

Рис. 7. Схеми підключення розрядних порожнин до ГІС при штампуванні дзеркал СТБ на першому переході (а), на другому переході (б), при штампуванні нап.вторів (в), послідовність формувачі низької жолобчатої деталі (г), розміщення матричних порожнин під розрядним блоком при штампуванні деталей типу "арка" (д)
Заштриховані кружки - порожнини, в яких виділяється енергія при ЕГ-розряді

ЕГШ і проаналізовано параметри, які можна використати для контролю за процесом і діагностики систем виділення енергії. Визначено поставлені до них вимоги і запропоновано ряд відповідних їм методів, до яких належать: реєстрація величини витягування фланця, вимір електропровідності води безпосередньо після розряду, використання струменевих датчиків для визначення ступеня прилягання деталі до матриці та застосування акустичних методів.

Проведено експериментальну перевірку можливостей використання параметрів тиску і "сумарного" розрядного струму, а також акустичних параметрів для контролю процесів і діагностики систем виділення енергії. За результатами експериментів пріоритет віддано двом останнім, як таким, що мають високу інформативність і відносну простоту використання.

Проаналізовано структуру сигналу "сумарного" струму і показано, що, використовуючи методи аналізу Фур'є, можна автоматизувати пошуки вирішення задачі визначення величин передпробійного часу і амплітудного значення струму в окремому контурі. У більш простому варіанті цей метод реалізовано на пресі ПЕГ-ХАІ-500 для визначення часу заміни робочих електродів.

Основні результати та висновки

У дисертації вирішено важливу науково-технічну проблему розробки, створення і впровадження ресурсозберігаючих технологічних процесів штампування крупногабаритних листових деталей на електрогідравлических пресах з просторово-часовим управлінням навантаженням, а також систем їх енергозабезпечення, діагностування і контролю параметрів процесу.

Основними науковими і практичними результатами проведеного комплексу робіт є такі:

1. Теоретичне обґрунтування, розробка та промислова реалізація методів і шляхів скорочення енерго- і ресурсовитрат при штампуванні крупногабаритних листових деталей складної форми шляхом просторово-часового управління навантаженням.

2. Розробка та впровадження ряду технологічних процесів штампування, формування, вирубування, пробивання, основаних на кумуляції енергії. Вони відрізняються можливістю управління ступенем концентрації енергії на малих ділянках заготовки. Це дозволяє повніше використати запас пластичних властивостей заготовок, знизити енерговитрати при штампуванні, а також зменшити наванта-

ження на розрядну камеру, оснащення і конструкцію преса.

3. Обґрунтування математичної моделі процесу управління часом лотатку виділення енергії при розряді та переваги застосування схеми комутації робочих контурів з паралельним розміщенням формуючого розрядника. Використання цієї схеми комутації в багатоконтурних генераторах імпульсів струму дозволяє управляти часом, місцем і енергією розряду. Конструктивні рішення, одержані при цьому, дають можливість скоротити витрати енергії на передпробивній стадії у середньому з 40 до 5...8%.

4. За результатами експериментів описано механізм передачі енергії від зон групового розряду в камері малого обсягу до заготовки. Підтверджено зроблені припущення про підвищення тиску у середньому у 1,5 рази і його імпульсу - до 4 разів у порівнянні з окремим розрядом, а також залежність цих величин від ступеня синхронності розрядів.

5. Розроблено підходи до розрахунку раціональної послідовності деформування заготовки, що враховує можливості управління її НДС за рахунок локального навантаження. Це дозволяє більш повно використати запас пластичних властивостей заготовки і зменшити витрати енергії на штампування.

6. Синтезовано математичну модель просторово-часових процесів імпульсного навантаження заготовки у багатоканальних розрядних блоках, що дозволяє розраховувати поля гідродинамічних параметрів у розрядному обсязі, вибирати раціональні конструктивні параметри цих блоків залежно від часу розряду в сусідніх камерах та інших граничних умов. Ця модель дозволяє теоретично обґрунтувати, крім штампування, і інші технологічні процеси, наприклад, змішування декількох середовищ, поверхневої обробки і т.д.

7. Спроектовано, виготовлено і введено в експлуатацію багатоканальний електрогідролінійний прес ПЕТ-ХАІ-500 з просторово-часовим управлінням навантаженням, з системами енергозабезпечення, діагностування і контролю параметрів процесу. Експлуатація преса протягом 3,5 роки підтвердила його працездатність і надійність запропонованих рішень, а також зниження питомих енерго- і ресурсовитрат. Строк окупності преса - 14 місяців.

Розроблено проекти модернізації гідропресів простої дії з оснащенням їх багатоелектродними розрядними блоками і багатоканальними ГІС, які впроваджуються в автомобільному виробництві України. Виконано проект багатоканального ЕГ-преса з енергією, що запасається, до 2700 кДж для групового штампування деталей.

8. Розробка ряду серійних технологічних процесів штампування в управлінням навантаженням деталей типу днищ, напівторіть, низьких жолобчатих деталей складної форми у плані, панелей, жорсткостей з габаритними розмірами більшими ніж 1 м.

У порівнянні з традиційними нові технологічні процеси дозволяють:

- знизити енерговитрати на штампування в 6...8 разів;
- зменшити загальну трудомісткість виготовлення в 2...5 разів;
- підвищити стійкість оснащення в середньому в 3 рази;
- скоротити строки ТПВ в 2...4,5 рази;
- зменшити витрати матеріалу, що штампується, до 18%;
- одержувати рівнотовщинні деталі, в тому числі з матеріалів з невисокими пластичними можливостями.

9. Обґрунтування і розробка комплексної системи діагностики і контролю параметрів процесу та реалізація її на пресі ПЕГ-ХАІ-500. На підставі реєстрації "сумарного" розрядного струму і акустичних параметрів процесу штампування система дозволяє визначити час змінювання робочих електродів і початку аварійної ситуації, а також часу закінчення штампування.

10. Економічний ефект від впровадження ряду технологічних процесів (штампування параболічних дзеркал СТБ, деталей авіаційного призначення, кузовних деталей автомашин імейства ВАЗ), що реалізують запропоновану концепцію, склав 2,7 млн.крб. у цінах 1991 р. Експлуатація преса ПЕГ-ХАІ-500 при виробництві на ньому кузовних деталей сімейства автомашин на базі мікроавтобуса "Сула" дозволила одержати економічний ефект у розмірі 1200 млн.крб. у цінах 1995 р. Очікуваний економічний ефект від впровадження модернізованого преса ДА-2238 з оснащенням його розрядним блоком і багатоконтурним ГІС складе суму, еквівалентну 100 тис дол.США. Виконані дослідження у вигляді методик, математичних моделей і результатів експериментів можуть бути використані при розробці нових технологічних процесів, навчанні і перекваліфікації спеціалістів.

Основні наукові результати викладено в таких статтях і тезах доповідей:

1. Тараненко М.Е. Параметры и методы контроля электрогидравлической штамповки крупногабаритных листовых деталей // Кузнечно-штамп. производство. 1997. № 6. С.20-23.
2. Тараненко М.Е. Картина течения жидкости в многокамерных элект-

- рогидравлических разрядных блоках // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: - Харьков, ХАИ, 1997. С.40-56
3. Тараненко М.Е. Локальное последовательное деформирование при штамповке крупногабаритных деталей // Кузнечно-штамп. производство. 1997. N 9. С.14-16.
 4. Тараненко М.Е. Возможности пространственно-временного управления нагружением при электрогидравлической обработке // Кузнечно-штамп. производство. 1996. N 44. С.13-15.
 5. Тараненко М.Е. Техничко-экономическая эффективность многоконтурных электрогидравлических прессов для штамповки крупногабаритных листовых деталей // Импульсная обработка металлов давлением. Харьков. ХАИ. 1997. С.50-57.
 6. Тараненко М.Е. Технологические возможности многоконтурных электрогидравлических установок // Импульсная обработка металлов давлением. Харьков, ХАИ. 1997. С.15-22.
 7. Тараненко М.Е. Последовательное формообразование листовых деталей // Импульсная обработка металлов: Тезисы докладов Всесоюз. НТК. Харьков, 1990. С.117.
 8. Тараненко М.Е., Тарасенко И.П. Контроль за параметрами тока при ЭГ-разряде в многоконтурных ГИТ // Импульсная обработка металлов: Тезисы докладов Всесоюз. НТК. Харьков, 1990. С.120.
 9. Тараненко М.Е., Чебанов Ю.И., Рева Л.С. Управление полем давления в ЭГ-установках сверхвысокой запасаемой энергии // Импульсная обработка металлов давлением. - Харьков, ХАИ. 1987. С.99-104.
 10. 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: Тезисы докладов 1У Всесоюз. НТК. - Николаев, 1988. С.164.
 11. Тараненко М.Е., Чебанов Ю.И., Мелашенко В.Д. Исследование кинематики движения заготовки при электрогидравлической штамповке // Импульсная обработка металлов давлением. - Харьков, ХАИ, 1986. С.142-149.
 12. Тараненко М.Е., Перский Е.Г., Князев М.К., Зимнева Т.М. Опыт эксплуатации и технические возможности высокоэнергетического ЭГ-пресса ПЭГ-ХАИ-500 // Гос. научно-технич.библиотека Украины. Деп. 21.06.93. N 1179 УК 93.

13. Тараненко М.Е. Об автоматизации электрогидроимпульсной штамповки крупногабаритных деталей // Использование импульсных источников энергии в промышленности: Тезисы докладов Всесоюзной НТК. Харьков, 1985. С.162-163.
14. Тараненко М.Е. Методы управления энергосиловыми потоками при ЭГИ формоизменении // Электрический разряд в жидкости и его применение в промышленности: Тезисы III Всесою. НТК. Ч. II Николаев, 1984. С.104-105.
15. Борисевич В.К., Грешников В.А., Дружинин Ю.И., Перский Е.Г. и Тараненко М.Е. Электрогидравлическая штамповка деталей кузовов специальных микроавтобусов // Кузн.-штамп. пр-во. 1996. №12. С.27-30.
16. Тараненко М.Е., Князев М.К., Зимнева Т.М. Исследования работы многоконтурных генераторов импульсных токов в многоэлектродных ЭГ-установках // Обработка металлов давлением в машиностроении. Харьков, ХАИ. 1991. С.92-97.
17. ТАРАНЕНКО М.Е., Чебанов Ю.И., Шипилов Ю.В. Управление энергосиловыми потоками и процессами пластического формоизменения заготовок при ЭГШ // Кузнечно-штамп. производство. 1984. № 8. С.2-5.
18. Чебанов Ю.И., Тараненко М.Е. О формировании кумулятивной струи при схлопывании воздушных полостей электрогидравлическим разрядом // Импульсная обработка металлов давлением. Харьков, ХАИ. 1982. С.108-117.
19. Тараненко М.Е., Чебанов Ю.И. Интенсификация электрогидравлической штамповки с помощью кумуляции энергии на газовых полостях // Кузнечно-штамп. производство. 1982. № 4. С. 6-8.
20. Чебанов Ю.И., Тараненко М.Е., Шипилов Ю.В. О повышении эффективности электрогидравлической штамповки // Импульсная обработка металлов давлением. Харьков, ХАИ. 1981. С.49-54.
21. Тараненко М.Е., Князев М.К., Перский Е.Г. Технология изготовления кузовных деталей легковых автомобилей // Кузнечно-штамп. производство. 1993. № 8. С.23-25.
22. Тараненко М.Е., Чебанов Ю.И., Князев М.К., Перский Е.Г. Новый энергонасыщенный электрогидравлический пресс // Кузнечно-штамп. производство. 1992. № 2. С.30-31.
23. Тараненко М.Е., Тарасенко И.П. Расчет полей давления в многокамерных электрогидравлических разрядных блоках // Электрический разряд в жидкости и его применение в промышленности: Тезисы докладов у НТК. Николаев, 1982. С.46.
24. Тараненко М.Е., Тарасенко И.П. Модель расчета ЭГ-многоимпуль-

сного розрядного блока // Гос. научнo-технiч.библиотека України. Деп. 21.06.93. N 1180 УК 93.

Техническиe решения, описанные в диссертации, защищены авторскими свидетельствами СССР NN 98304, 102333, 571984, 646502, 624404, 674305, 693584, 633196, 856106, 963169, 963171, 961225, 1010766, 1231695, 1408615, 1772965, 1718436, и патентами Украины NN 4700, 4701.

А Н О Т А Ц І Я

ТАРАНЕНКО М.Є. Розробка ресурсозберігаючих технологій та електрогiдравлiчних пресiв з просторово-часовим управлiнням навантаженням для штампування крупногабаритних листових деталей.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за фахом 05.03.05 - процеси і машини обробки тиском. Харківський авіаційний інститут, 1996 р. Рукопис.

У роботі вирішено важливу науково-технічну проблему розробки, створення і впровадження технічних процесів штампування великогабаритних листових деталей і електрогiдравлiчних пресiв з просторово-часовим управлiнням навантаженням, а також систем їх енергозабезпечення, діагностики і контролю параметрів процесу. Розроблено математичні моделі процесів у розрядному об'ємі та їх управлiння. Розроблено, виготовлено і експлуатується багатоконтуровий електрогiдравлiчний прес ПЕГ-ХА1-500 з енергією, що запасється, понад 500 кДж. Обґрунтовано і розроблено технологічні процес листового штампування деталей з габаритами понад 1,0 м.

Розроблені технологічні процеси і устаткування дозволяють скоротити енерго- і ресурсоспоживання при виробництві, одержувати деталі з мінімальною різновознижністю і високою точністю.

Ключові слова: електрогiдравлiчне листове штампування, ударні хвилі, гiдропотоки у передавальному середовищі, деформування, матриць, прес, заготівка, контроль параметрів процесу, управлiння навантаженням.

А Н Н О Т А Ц І Я

ТАРАНЕНКО М.Є. Разработка ресурсосберегающих технологий и электрогидравлических прессов с пространственно-временным управлением нагружением для штамповки крупногабаритных листовых дета-

лей.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.03.05 - процессы и машины обработки давлением. Харьковский авиационный институт, 1996 г. Рукопись.

В работе решена важная научная-техническая проблема разработки, создания и внедрения технологических процессов штамповки крупногабаритных листовых деталей и электрогидравлических прессов с пространственно-временным управлением нагружением, а также систем их энергообеспечения, диагностики и контроля параметров процесса. Разработаны математические модели процессов в разрядном объеме и их управления. Разработан, изготовлен и эксплуатируется многоконтурный электрогидравлический пресс ПЭГ-ХАИ-500 с запасаемой энергией более 500 кДж. Обоснованы и разработаны технологические процессы листовой штамповки деталей с габаритными размерами более 1,0 м. Разработанные технологические процессы и оборудование позволяют сократить энерго- и ресурсопотребление при производстве, получать детали минимальной разнотолщинности и высокой точности.

Ключевые слова: электрогидравлическая листовая штамповка, ударные волны, гидротоки в передающей среде, деформирование, матрица, пресс, заготовка, контроль параметров процесса, управление нагружением.

A B S T R A C T

TARANENKO M.Y. Elaboration of the resource-saving technologies and the electrohydraulic presses with spatially - temporal loading control for large-scale sheet details.

Dissertation for the scientific degree of Doctor of Science (technical), speciality 05.03.05 - processes and machines for pressure treatment. Kharkov Aviation Institute, 1996. Manuscript.

An important scientific and technical problem of elaboration, creation and introduction of technological process of large sheet details' punching and electrohydraulic presses with spatially temporal control of loading as well as their power supply system, diagnostics and process parameters' control has been solved.

Mathematical models of processes which take place in flash chamber as well as models of their control have been elaborated also.

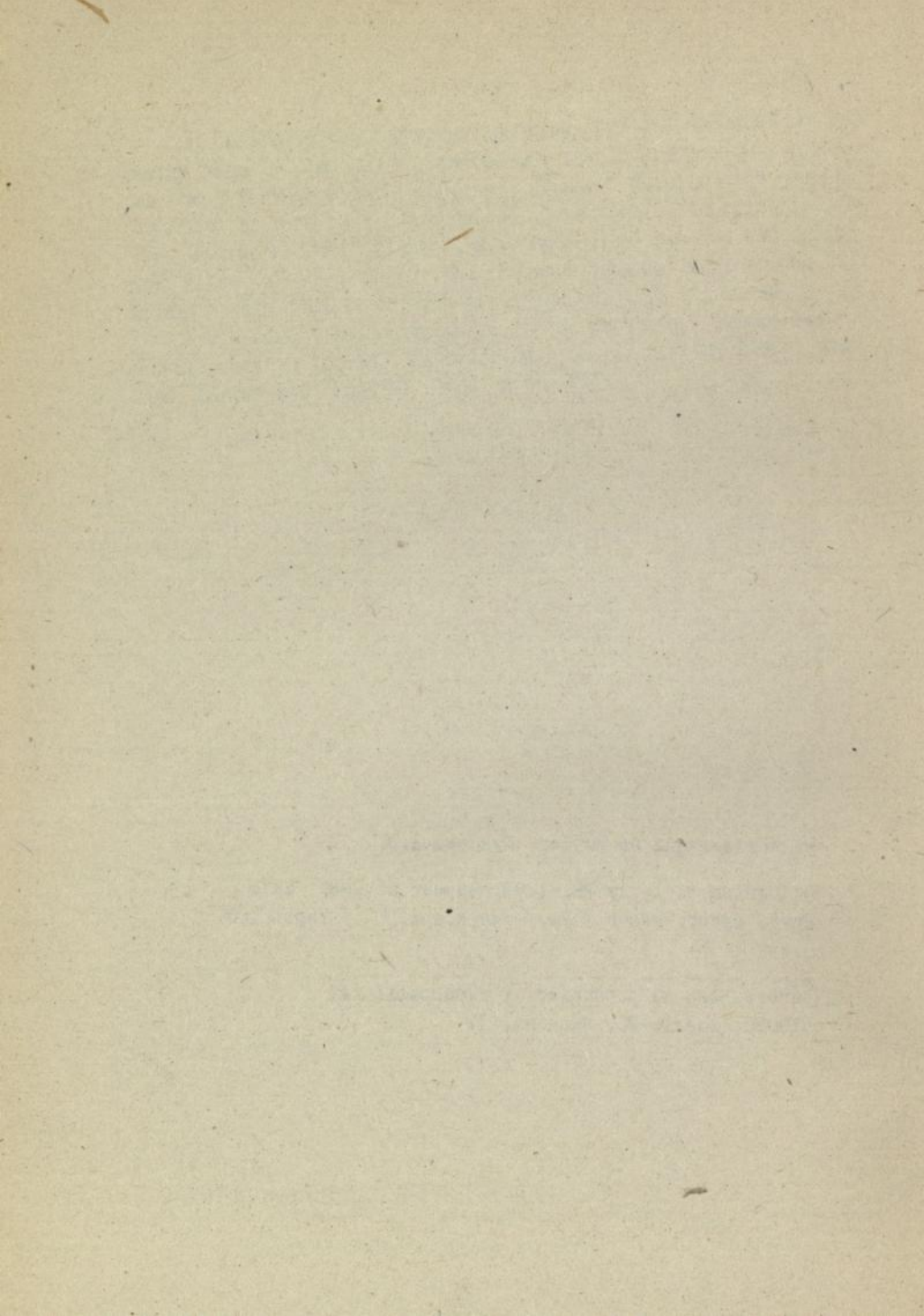
Multicontour electrohydraulic press ПЭП-ХАН-500 with stored energy of more than 500 kJ has been devised, produced and operates now. Technological processes of sheet details with overall dimension of more than 1 m punching have been scientifically grounded and worked out. Elaborated technological process and equipment allow to reduce energy and resource consumption in production and obtain details of high precision and even thickness.

Key words: electrohydraulic sheet punching, impact waves, hydrostreams in liquid, deforming, matrix, press, blank, process parameters' control, loading control.

Відповідальний за випуск Шкалова А.В.

Підписано до друку 29.01.98. Формат 60 x 84 1/16
Друк. офсет. Обсяг 2 ум. - друк.арк. Тираж 100
Заяв № 11

Виготовлено на ротаринті у типографії ХАІ
310070, Харків-70, Чкалова, 17



431074

AB 39.431

AB 39.431