

processing] (26-29 may, 2009), Kiev, E.O.Paton Electric Welding Institute of NAS Ukraine, 2009. – P. 24-25.

3. Мажейка О.Й. Зміцнення деталей сільськогосподарських машин сучасними методами деформуванням [Текст] / О.Й. Мажейка, О.Б. Чайковський, А.Н. Лутай // Збірник наук. праць Кіровоградського націон. техн. університету. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2010. – Вип. 40, ч. 1. – С. 253-256.

**Olexandr Mazheyka, prof., PhD tech. sci.**

*Kirovograd National Technical University, Kropyvnickiy, Ukraine*

**Evaluation of mechanical properties of materials with laser thermal hardening of parts agricultural machinery**

The aim of this work was to study the strength characteristics of agricultural machinery parts after laser strengthening of the recovery, which enhances their life.

Past studies testing steels and cast irons on the characteristics of fatigue resistance after laser treatment in respect of parts of agricultural machinery. The connection laser power and processing speed to achieve yakystnyh laser process parameters thermal hardening details. Proved that laser thermal hardening allows to increase the value limits of endurance. However, it is shown that laser treatment can lead to a decrease in fatigue resistance characteristics. Significant influence on the performance characteristics of materials, residual stresses, hardness, micro-structure and surface modes provide treatment. Locality laser treatment allows processing of hard-surface areas, so we can talk about the significant benefits this type of consolidation of the processing stress concentrators.

The study found that laser thermal hardening allows to increase the value limits of endurance. However, it is shown that laser treatment can lead to a decrease in fatigue resistance characteristics. Fatigue resistance change with laser treatment is associated with structural changes in the treated area, its hardness, residual stress generated, micro surface. These properties associated with processing technological parameters - type of laser radiation power, speed processing, strengthening geometry drawing paths

**laser-strengthening, material properties, fatigue resistance, steel, ductile iron, endurance limit**

Одержано 24.11.16

**УДК 621.98.04**

**В. Я. Мірзак, ст. викл., В. М. Боков, проф., канд. техн. наук**

*Кіровоградський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна*

*E-mail: bokov\_vm@mail.ru*

## Принцип динамічного підстроювання як спосіб підвищення якості тонколистового розділового штампування

Запропоновано та досліджено принцип динамічного підстроювання як спосіб підвищення якості тонколистового розділового штампування за рахунок розвантаження напрямних вузлів від радіальних зусиль та суттєвого зменшення деформації деталей штампа. Розроблено та випробувано гаму оригінальних механічних компенсаторів похибок системи «прес-штамп», які використовуються як пристрої для реалізації принципу динамічного підстроювання.

**динамічне підстроювання, механічний компенсатор, якість розділового штампування, тонколистове штампування**

© В. Я. Мірзак, В. М. Боков, 2016

**В. Я. Мирзак, ст. препод., В. М. Боков, проф., канд. техн. наук**

*Кировоградский национальный технический университет, г.Кропивницкий, Украина*

**Принцип динамического подстраивания как способ повышения качества тонколистовой разделительной штамповки**

Предложен и исследован принцип динамического подстраивания как способ повышения качества тонколистовой разделительной штамповки за счёт разгрузки направляющих узлов от радиальных усилий и существенного уменьшения деформации деталей штампа. Разработана и испытана гамма оригинальных механических компенсаторов погрешностей системы «прес-штамп», которые используются как устройства для реализации принципа динамического подстраивания.

**динамическое подстраивание, механический компенсатор, качество разделительной штамповки, тонколистовая штамповка**

**Постановка проблеми.** Загальновідомо, що якість тонколистового розділового штампування визначається насамперед станом системи «прес-штамп», а саме залежить від ступеня деформації деталей штампа під навантаженням. Так, за даними роботи [1, С. 90], система «прес-штамп» є джерелом біля 60 % похибок, які впливають на втрату якості. Зокрема, деформація блока штампа приводить до утворення нерівномірного зазору між пуансоном та матрицею, неперпендикулярності руху пуансона відносно дзеркала матриці, внаслідок чого утворюється задирка, а точність штампування зменшується. Спроби підвищити жорсткість системи «прес-штамп» за рахунок підвищення жорсткості станини преса, підвищення кількості та діаметра напрямних вузлів в штампі, збільшення товщини плит блоку штампа показали свою неспроможність для умов сучасного виробництва.

В роботі розвивається ідея, про можливість суттєвого покращення якості тонколистового розділового штампування за рахунок застосування принципу динамічного підстроювання, який пропонується [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Звичайно процес розділового штампування здійснюють в штампах, які встановлюють на пресах. Прес як обладнання, та штамп як інструмент утворюють систему «прес-штамп», стан якої в момент прикладання зусилля визначає якість штампування, що характеризується точністю штампування та величиною задирки. Відомо, що якість штампування погіршується, коли пуансон входить в матрицю ексцентрично, утворюючи нерівномірні діаметрально протилежні зазори [3, С. 80-83]. Для зменшення нерівномірності даних зазорів розділові штампи постачаються напрямними вузлами ковзання, які спрямовують рухому частину штампа відносно нерухомої. Однак, напрямні вузли ковзання передбачають наявність певного (звичайно 0,02...0,05 мм) гарантованого зазору між напрямною втулкою та напрямною колонкою [4, С. 84-85], в межах якого пуансон може зміщуватися. Останнє негативно впливає на якість розділового штампування. Крім того, при штампуванні заготовки товщиною менше 1 мм технологічний зазор між пуансоном та матрицею може бути меншим ніж зазор між напрямною втулкою та напрямною колонкою. При цьому пуансон зміщується в радіальному напрямку наслідком чого можливе руйнування ріжучих кромок як пуансона, так і матриці. Саме тому спосіб розділового штампування з напрямними вузлами ковзання не використовують для тонколистового матеріалу.

Відомий спосіб тонколистового розділового штампування в системі «прес-штамп» з беззазорним напрямком рухомої частини штампа відносно нерухомої [4, С. 86] Беззазорний напрямок у відомому способі забезпечують нормалізовані кулькові напрямні вузли. Після складання штампа сучасними методами гарантується точне (з рівномірним зазором) розташування розділового пуансона відносно розділової матриці. Даний штамп встановлюється на прес так, щоб вісь центра тиску штампа збігалася з

віссю хвостовика, тобто з місцем прикладання технологічного зусилля від пресу до штампу.

Однак, відомий спосіб не забезпечує точне розташування розділового пуансона відносно розділової матриці в момент штампування, що викликано деформацією преса під навантаженням, яка більшою мірою проявляється при використанні відкритих пресів, тобто пресів із С-подібною станиною. Наслідком цього є «розкриття» станини таким чином, що між робочою поверхнею повзуна, до якої кріпиться верхня частина штампа, та робочою поверхнею підштампової плити, до якої закріплюється нижня частина штампа, утворюється кут, який реально може досягати декілька градусів. Останнє приводить до деформації напрямних вузлів штампа. При цьому якість штампування знижується: точність втрачається та спостерігається утворення задирки.

Інші рішення цієї проблеми за рахунок використання спеціальних вузлів кріплення [5-8] не забезпечують високі вимоги щодо якості тонколистового розділового штампування в умовах сучасного виробництва.

В роботі пропонується та досліджується принцип динамічного підстроювання як спосіб підвищення якості тонколистового розділового штампування.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є підвищення якості тонколистового розділового штампування за рахунок застосування принципу динамічного підстроювання.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

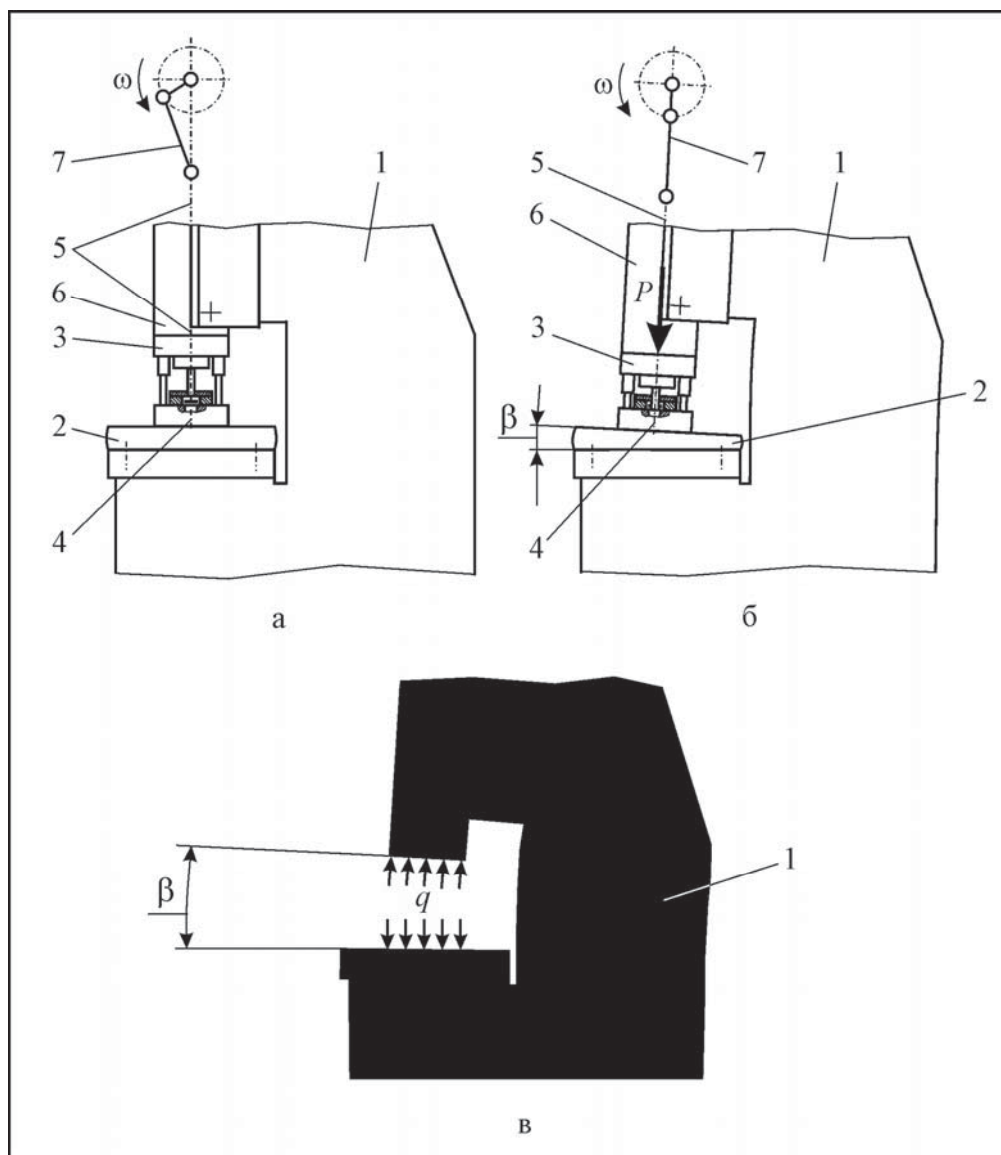
- аналіз сучасних способів підвищення якості тонколистового розділового штампування;
- пропонування та теоретичне дослідження принципу динамічного підстроювання як способу підвищення якості тонколистового розділового штампування;
- промислове випробування механічних компенсаторів похибок системи «прес-штамп», що реалізують спосіб тонколистового розділового штампування із застосуванням принципу динамічного підстроювання;
- оцінка економічної ефективності застосування механічних компенсаторів.

**Методика дослідження.** В якості метода дослідження використовувався теоретичний аналіз сучасних механічних компенсаторів похибок системи «прес-штамп», що реалізують спосіб тонколистового розділового штампування із застосуванням принципу динамічного підстроювання. Крім того, здійснювалися промислові випробування механічних компенсаторів та визначалася їх економічна ефективність.

**Виклад основного матеріалу.** Принцип динамічного підстроювання реалізується через новий спосіб тонколистового розділового штампування [2], що пропонується. Суть способу полягає в тому, що в системі «прес-штамп» з безззорним напрямком рухомої частини штампа відносно нерухомої штампування здійснюються динамічним підстроюванням системи «прес-штамп» в напрямку збігання осі прикладання технологічного зусилля від пресу з віссю, що проходить через центр тиску штампа.

Для реалізації способу (рис. 1, а), із преса з С-подібною станиною 1 попередньо знімають підштампову плиту, а на її місце встановлюють пристрій 2 (механічний, гідравлічний або пневматичний). На рис. показано умовно, що забезпечує динамічне підстроювання системи «прес-штамп» при штампуванні. Далі на прес встановлюють розділовий штамп 3 із кульковими напрямними вузлами так, щоб вісь 4 центра тиску

штампа 3 збігалася із віссю 5 хвостовика (хвостовик на схемі не показано), тобто з місцем прикладання технологічного зусилля від пресу до штампу.



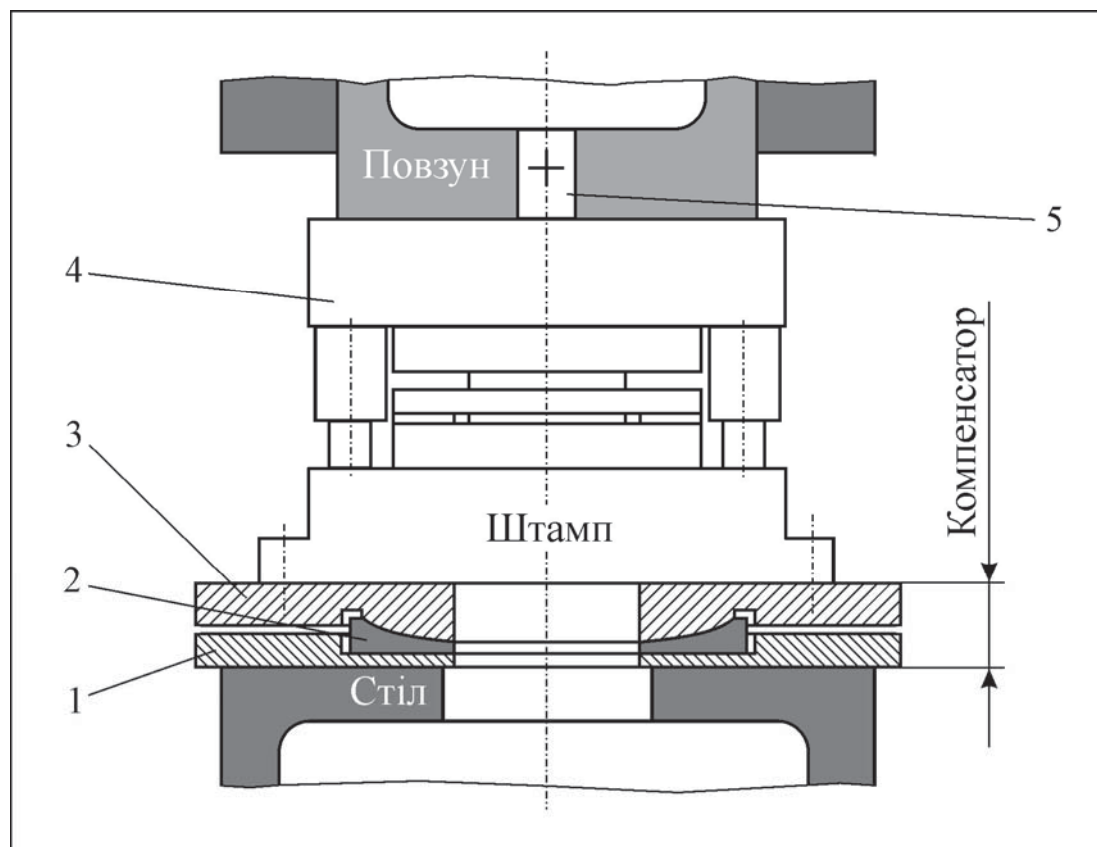
а – початкова фаза; б – кінцева фаза; в – деформація елементів преса під навантаженням

Рисунок 1 – Схема реалізації способу тонколистового розділового штампування

При робочому ході повзуна 6 кривошип 7 повертається в напрямку прийняття вертикального положення (рис. 1, б), технологічне зусилля  $P$  зростає, що викликає спрацювання механізму динамічного підстроювання системи «прес-штамп», закладеного у пристрої 2. Підстроювання системи в напрямку збігання осі прикладання технологічного зусилля від пресу з віссю, що проходить через центр тиску штампа, відбувається в умовах деформації елементів преса під навантаженням  $q$  на кут  $\beta$  (рис. 1, в), що дозволяє розвантажити напрямні вузли штампа від радіальних зусиль. Останнє позитивно впливає на точність штампування та мінімізує задирку. Крім того, суттєво підвищується стійкість розділових штампів.

Використання способу, що пропонується, порівняно з відомим, дозволяє підвищити якість штампування за рахунок підвищення точності штампування на 1-3 квалітети та мінімізування величини задирки.

Механічний компенсатор похибок системи «прес-штамп» використовується в якості пристрою як засіб підвищення якості тонколистового розділового штампування. Він встановлюється на прес, як правило, замість підштампової плити. В загальному вигляді він складається із трьох основних деталей (рис. 2):



1 – нижня плита; 2 – під'ятник; 3 – верхня плита; 4 – штамп; 5 – хвостовик

Рисунок 2 – Принципова схема механічного компенсатора похибок системи «прес-штамп»

- нижньої плити 1, що нерухомо кріпиться до стола преса;
- під'ятника 2 із сферичною кільцевою поверхнею. Він взаємодіє з нижньою плитою 1 шляхом ковзання;
- верхньої плити 3 із сферичною кільцевою поверхнею, що взаємодіє із сферичною кільцевою поверхнею під'ятника 2.

Штамп 4 встановлюється на механічний компенсатор в центрі верхньої плити 3 компенсатора, а нижня плита штампа кріпиться до неї. Верхня рухома частина штампа приєднується до повзуна преса за допомогою хвостовика 5.

При здійсненні розділової операції деформація елементів преса компенсується за рахунок повороту верхньої плити 1 компенсатора на певний (невеликий) кут та горизонтального переміщення під'ятника 2 відносно нижньої плити 1 компенсатора. Так реалізується принцип динамічного підстроювання. Таким чином, технологічне навантаження діє на штамп завжди по центру (не ексцентрично), напрямні вузли штампа не сприймають значних радіальних зусиль, гарантується рівномірний зазор між

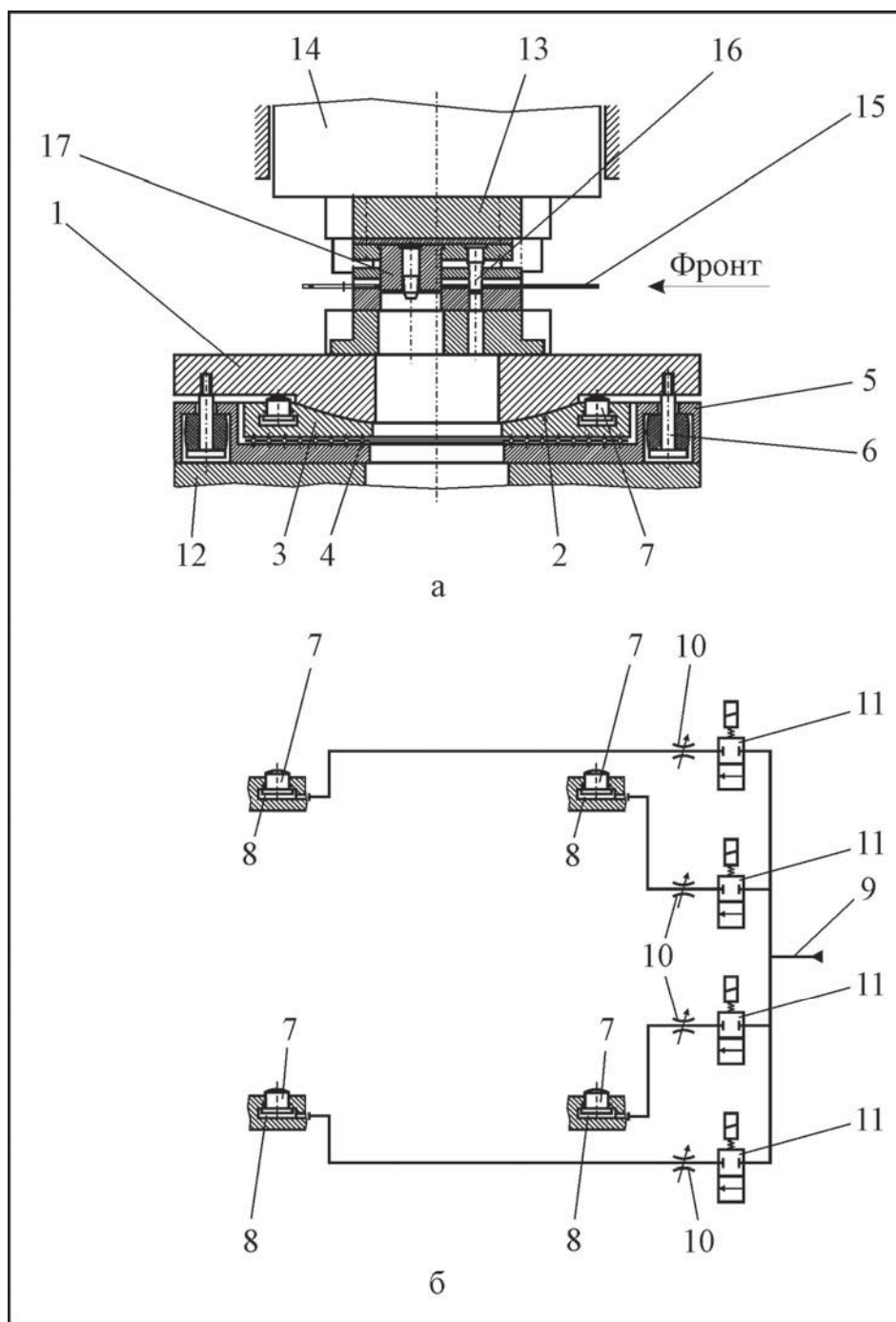
розділовим інструментом, а отже підвищується якість розділового штампування.

Механічний компенсатор для штампа послідовної дії, що показано на рис. 2, принципово може бути використаний для будь-яких штампів за розмірами та масою, і забезпечує підвищення якості розділових штампів. Однак, він має обмежені технологічні можливості. Так, він не дозволяє застосовувати штампи послідовної дії, тобто штампи, на яких деталь штампується як мінімум за два переходи. При виконанні першого переходу (асиметричне, незрівноважене штампування) виникає великий обертальний момент, який викликає поворот штампа разом з інструментальною плитою в сферичній опорі, внаслідок чого напрямні колонки штампа викривляються. Останнє інтенсифікує знос напрямних вузлів, що негативно впливає на якість і точність штампування та стійкість розділового штампового інструмента. Крім того, відомий компенсатор не демпфірує коливання інструмента відносно деталі чи відходу, що виникають при виконанні розділової операції які, як відомо, збільшують знос інструменту. З метою розширення технологічних можливостей та зменшення зносу розділового інструменту при застосуванні штампів послідовної дії, запропоновано новий механічний компенсатор [9] з гідравлічним пристроєм.

Суть нового компенсатора полягає в тому, що проміжна плита постачається гідравлічним пристроєм (системою плунжерів) для фіксації інструментальної плити в нерухомому стані від можливого повороту при асиметричному штампуванні та для демпфірування її переміщень при симетричному штампуванні.

Компенсатор нерівномірності навантаження штампа (рис. 3) складається: із інструментальної (верхньої) плити 1 зі сферичною рухомою опорою 2; проміжної плити (підп'ятника) 3 з плоскою рухомою опорою, що виконана як підшипник кочення 4; корпуса (нижньої плити) 5 з пристроєм 6 рухомого з'єднання його з інструментальною плитою 1. Проміжна плита 3, постачається гідравлічним пристроєм (системою плунжерів 7 з гідроапаратурою керування) для фіксації інструментальної плити 1 в нерухомому стані від можливого повороту при асиметричному штампуванні, та для демпфірування її переміщень при симетричному штампуванні. Робочі порожнини 8 плунжерів 7 живляться від робочої рідини, яка поступає в патрубок 9 під технологічним тиском від пневмогідро-акумулятора, або від станції робочої рідини (на рисунках не показано). Кожна лінія плунжера 7 підключена паралельно до патрубку 9 та включає в себе дросель 10 для керування швидкості переміщення плунжера 7, а також нормально відкритий золотник 11 (кран, що відсікає) з електрокеруванням для перекриття лінії.

Пристрій працює таким чином. Компенсатор встановлюється на стіл 12 пресу замість підштампової плити. На інструментальну плиту 1 компенсатора встановлюють штамп 13 і нерухомо закріплюють його відносно плити 1 та повзуна 14 преса. Штамп 13 послідовної дії призначено для автоматичного штампування (пробивання та вирубування) деталі «Шайба» від стрічки 15. Для виконання першого переходу штампування – асиметричного (відносно центру тиску штампа) пробивання отвору пуансоном 16, включають пневмо-гідро-акумулятор або станцію робочої рідини і тим самим забезпечують технологічний тиск в кожній лінії плунжерів 7. Під дією технологічного тиску плунжери 7 піднімаються в крайнє верхнє положення і упираються у інструментальну плиту 1. Далі, за допомогою золотників 11, перекривають всі чотири лінії плунжерів 7. При цьому робоча рідина в кожній лінії плунжерів 7 запирається (спрацьовує гідрозамок), але знаходиться під тиском.



а – кінематична схема; б – гідравлічна схема

Рисунок 3 – Принцип роботи механічного компенсатора похибок з гідравлічним пристроєм для штампів послідовної дії

Саме тому інструментальна плита 1 фіксується в нерухомому стані від можливого повороту при подальшому асиметричному штампуванні. Це дозволяє суттєво розвантажити напрямні колонки від радіальних зусиль. Перед виконанням другого переходу симетричного штампування (одночасного вирубання деталі за контуром пуансоном 17 та пробивання нового отвору пуансоном 16), золотники 11 відкривають. При штампуванні в таких умовах інструментальна плита 1, під дією не

зрівноважених сил від деформації елементів преса, має можливість повернутися в сферичній опорі 2 та разом з проміжною плитою 3 від'їхати на певну відстань в напрямку зрівноваження зусиль та, таким чином, компенсувати нерівномірність навантаження штампа. Крім того, компенсатор в умовах зрівноваження зусиль демпфірує коливання інструмента за рахунок перетікання з оптимальною швидкістю робочої рідини крізь певні дроселі 10, які попередньо регулюються. При цьому знос інструменту зменшується.

Використання даного механічного компенсатора суттєво розширює технологічні можливості: дозволяє підвищити якість штампування при застосуванні штампів з асиметричним штампуванням деталей на перших переходах, наприклад штампів послідовної дії, та зменшити знос інструмента за рахунок демпфірування його коливань.

Механічний компенсатор, що показано на рис. 2, принципово може бути використаний на прес-автоматах з нижнім приводом. Він встановлюється на прес-автомат під штампом, але суттєво зменшує закриту висоту преса, що в свою чергу зменшує можливу закриту висоту штампа, який може бути встановлено на ньому. Останнє суттєво обмежує технологічні можливості преса-автомата з нижнім приводом. В той же час проектувати та виготовляти спеціальні преси-автомати з нижнім приводом, які володіють більшою закритою висотою, є недоцільним, так як це приводить до підвищення маси рухомих частин прес-автомата (потужність головного електродвигуна зростає) та суттєвого капіталовкладення. З метою покращання якості штампування та підвищення стійкості штампа при збереженні закритої висоти прес-автомата з нижнім приводом, запропоновано новий механічний компенсатор [10].

Суть нового механічного компенсатора нерівномірності навантаження штампа полягає в тому, що корпус виконано у вигляді траверси прес-автомату з нижнім приводом, інструментальна плита орієнтована робочою поверхнею униз та має центральний вертикальний отвір для базування за центрошукачем штампа, а механізм повороту та лінійного переміщення інструментальної плити постачається бортами для занурення сферичних частин у масляну ванну.

Компенсатор нерівномірності навантаження штампа (рис. 4) включає в себе корпус 1 із вмонтованим в ньому механізмом 2 повороту та лінійного переміщення інструментальної плити 3 для кріплення верхньої частини штампа 4. Корпус 1 виконано у вигляді траверси прес-автомату з нижнім приводом 5. Інструментальна плита 3 орієнтована робочою поверхнею *A* униз та має центральний вертикальний отвір 6 для базування за центрошукачем 7 штампа 4. Механізм 2 повороту та лінійного переміщення інструментальної плити 3 постачається бортами 8, 9, 10 для занурення сферичних частин 11, 12, 13, 14 у масляну ванну, що суттєво зменшує силу тертя між сферичними частинами.

Компенсатор працює таким чином. Штмп 4 для автоматичного штампування деталі із стрічки 15 встановлюється на стіл 16 прес-автомату з нижнім приводом 5 з базуванням за центрошукачем 7 по центральному отвору 6. Спочатку закріплюють верхню (рухому) частину штампа болтовими з'єднаннями 17, 18, а далі – нижню частину штампа болтовими з'єднаннями 19, 20. Цим досягається встановлення штампа 4 за центром тиску. Після включення преса-автомата з нижнім приводом 5 штампують деталь із стрічки 15 в автоматичному режимі. При цьому будь-яка нерівномірність навантаження штампа 4, пов'язана з несиметричною відносно центру тиску деформацією елементів преса 5, компенсується механізмом 2 повороту та лінійного переміщення інструментальної плити 3, що приводить до розвантаження радіальних



зусиль, які діють на напрямні колонки 21, 22 штампа 4. Якість штампування покращується, а стійкість штампа зростає.

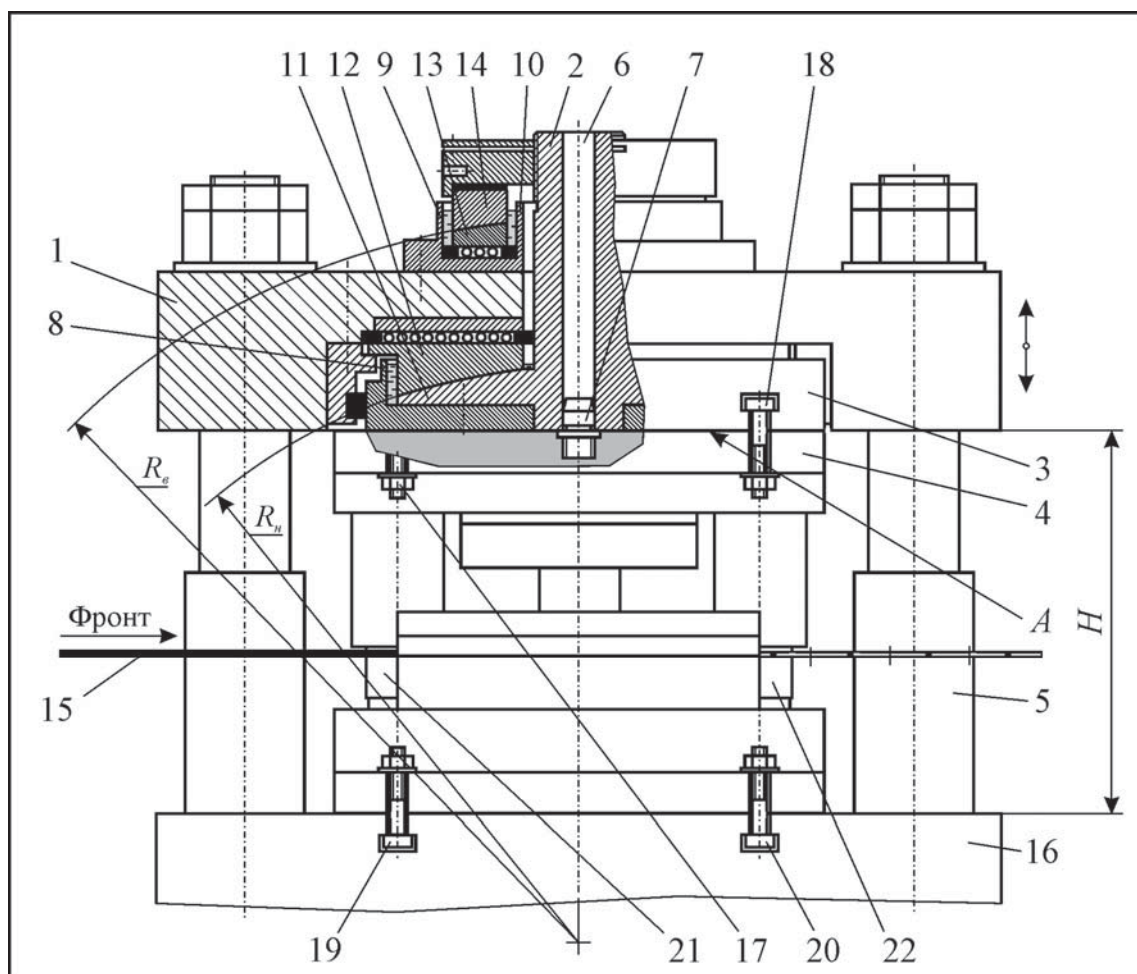


Рисунок 4 – Схема механічного компенсатора похибок для прес-автомату з нижнім приводом з змонтованим на ньому штампом

Слід відмітити, що даний компенсатор дозволяє зберегти переваги відомого, але крім того «вписується» в прес-автомат з нижнім приводом із збереженням його закритої висоти  $H$ .

Використання даного механічного компенсатора, порівняно з відомим, дозволяє покращити якість штампування та підвищити стійкість штампа при збереженні закритої висоти прес-автомата з нижнім приводом, на якому встановлено даний компенсатор.

Механічний компенсатор для пресів з номінальним зусиллям більше 1,6 МН – оригінальна розробка авторів. Останнє пояснюється наступним. У механічних компенсаторах похибок системи «прес-штамп» для зменшення сили тертя між проміжною плитою з плоскою рухомою опорою та корпусом встановлюють сепаратор з кульками (див., наприклад, рис. 3 та 4). Дані компенсатори принципово можуть бути використані для будь-яких штамів і забезпечують підвищення якості штампування. Однак, вони мають обмежені технологічні можливості. Так, вони не дозволяють експлуатувати розділові штампи на однокривошипних пресах зусиллям більше 1,6 МН. Останнє пов'язано з тим, що в даній групі пресів, які характеризуються великим зусиллям при відносно малій площі підштампової плити, спостерігається суттєве

зростання питомого зусилля на кульки сепаратора. Тому для досягання допустимої норми, при якій кульки не руйнуються, не достатньо площі для розміщення певної кількості кульок. Крім того, відомий компенсатор не демпфірує коливання інструмента відносно деталі чи відходу, що виникають при виконанні розділової операції, які, як відомо, збільшують знос інструмента. З метою розширення технологічних можливостей та зменшення зносу розділового інструмента, запропоновано новий механічний компенсатор похибок системи «прес-штамп» [11], в якому тертя кочення в елементах замінено тертям ковзання, але з рясним змазуванням рідким мастилом.

Суть нового механічного компенсатора полягає в тому, що проміжну плиту виконано у вигляді упорного підшипника ковзання з конічною зовнішньою допоміжною поверхнею; проміжна плита занурена у масляну ванну, яка утворена в корпусі так, що донна її частина лежить нижче рівня плоскої рухомої опори та служить для накопичування продуктів припрацювання поверхонь ковзання, а рівень масла в ванні вищий рівня поверхонь тертя пристрою рухомого з'єднання; між інструментальною плитою та корпусом встановлено силовий еластичний пружний елемент для демпфірування коливань інструментальної плити після зняття навантаження, який виконано навколо ванни за замкнутим контуром.

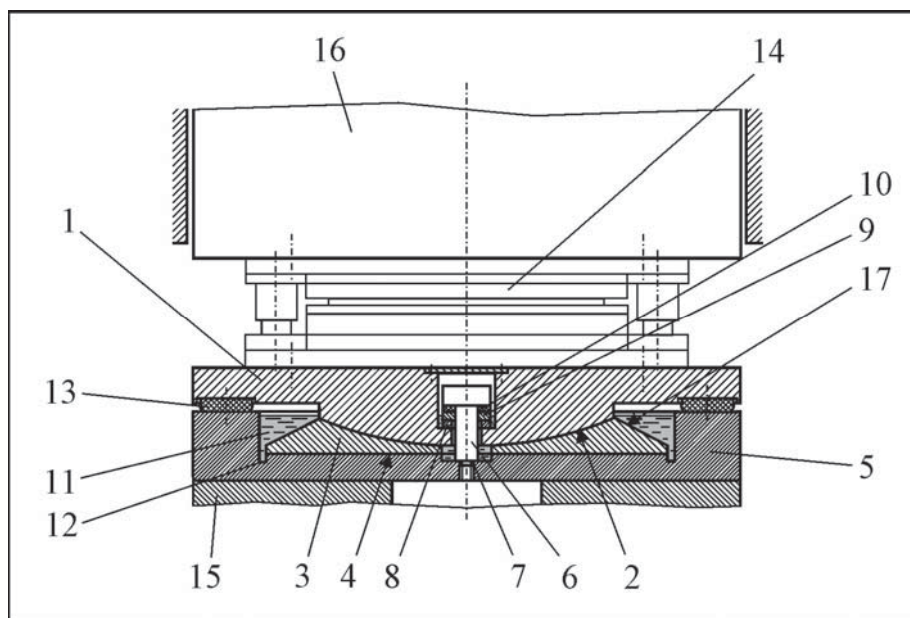


Рисунок 5 – Схема механічного компенсатора похибок для пресів номінальним зусиллям більше 1,6 МН

Компенсатор, що пропонується, (рис. 5) складається з: інструментальної плити 1 зі сферичною рухомою опорою 2; проміжної плити 3 з плоскою рухомою опорою у вигляді упорного підшипника ковзання 4, що дозволяє суттєво підвищити питоме навантаження, порівняно з опорами кочення; корпуса 5 з пристроєм рухомого з'єднання його з інструментальною плитою 1, який включає в себе: гвинт 6 з ущільненням 7, шайбу 8 з нижньою плоскою та верхньою сферичною поверхнею, шайбу 9 з нижньою сферичною та верхньою плоскою поверхнею, компенсаційну пружинисту (наприклад, поліуретанову) шайбу 10. При цьому, радіус сферичної опори 2 та радіуси сферичних поверхонь шайб 8, 9 є концентричними, тобто проведені з одного центра. В корпусі 5 утворена масляна ванна 11 так, що донна її частина 12 лежить нижче рівня плоскої рухомої опори 4 та служить для накопичування продуктів

припрацювання усіх поверхонь ковзання, а рівень масла в ванні вищий рівня поверхонь тертя пристрою рухомого з'єднання. Таким чином, у масляну ванну 11 занурені усі деталі, які мають поверхні ковзання. Між інструментальною плитою 1 та корпусом 5 встановлено силовий еластичний пружний елемент 13 для демпфірування коливань інструментальної плити після зняття навантаження, який виконано навколо ванни 11 за замкнутим контуром. Останнє дозволяє гідроізолювати масляну ванну 11 від навколишнього середовища.

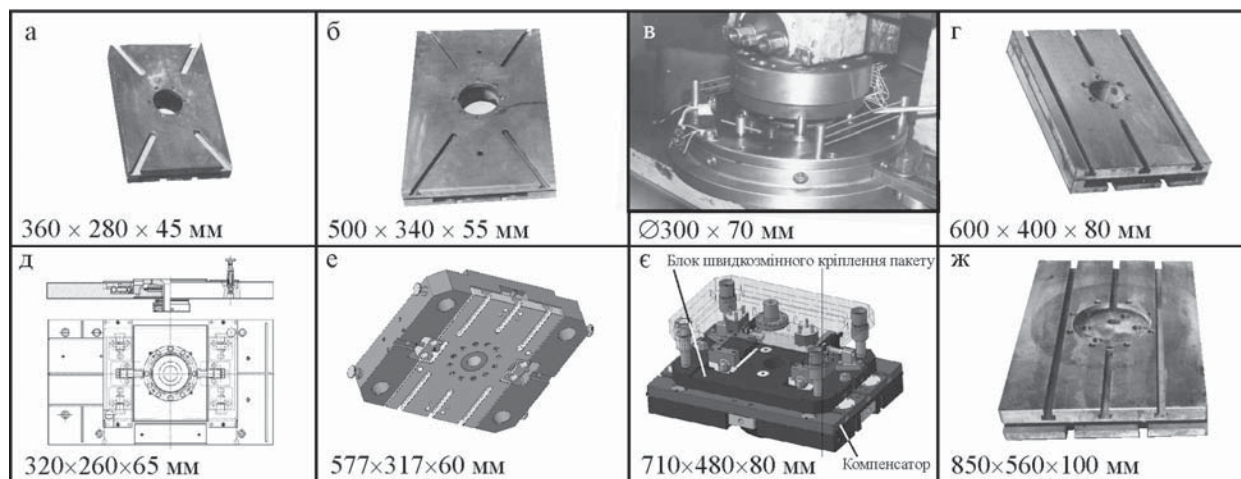
Компенсатор 14 встановлюється на стіл 15 пресу замість підштампової плити. На інструментальну плиту 1 компенсатора встановлюють штамп 14 і нерухомо закріплюють його відносно плити 1 та повзуна 16 преса. При штампуванні в таких умовах інструментальна плита 1, під дією не зрівноважених сил від деформації елементів преса, має можливість повернутися в сферичній опорі 2 та разом з проміжною плитою 3 від'їхати на певну відстань в напрямку зрівноваження зусиль та, таким чином, компенсувати нерівномірність навантаження штампа 14. При цьому усі переміщення рухомих елементів компенсатора здійснюються в умовах тертя з рясним змазуванням поверхонь ковзання. Продукти припрацювання поверхонь ковзання накопичуються на дні 12 масляної ванни 11. Цьому сприяє конічна поверхня 17 на проміжній плиті 3, яка спрямовує дрібні частки металу за скосом (за рахунок використання гравітаційної сили) униз до дна 12 масляної ванни 11. Завдяки тому, що рівень усіх поверхонь ковзання вище рівня дна 12 масляної ванни 11, продукти пропрацювання не попадають повторно у зазор між поверхнями, що ковзаються, а накопичуються на дні 12 ванни 11. Останнє зменшує сили тертя та підвищує термін експлуатації компенсатора. Крім того, компенсатор в умовах зрівноваження зусиль демпфірує коливання інструмента за рахунок деформування силового еластичного пружного елемента 13. При цьому знос інструмента зменшується.

Використання даного компенсатора, порівняно з відомим, суттєво розширює технологічні можливості та дозволяє ефективно експлуатувати штампи на однокривошипних пресах зусиллям більше 1,6 МН та зменшити знос інструмента за рахунок демпфірування його коливань. При цьому підвищена якість розділового тонколистового штампування зберігається.

За результатами проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено гаму механічних компенсаторів похибок системи «прес-штамп» різного технологічного призначення для кривошипних пресів номінальним зусиллям 63 кН, 250 кН, 350 кН, 400 кН, 630 кН та 1000 кН (рис. 6). Промислові випробування даних компенсаторів на ряді підприємств показали підвищення якості тонколистового розділового штампування за рахунок:

- зменшення величини деформації штампового блоку в 2-4 рази;
- зменшення величини деформації нижньої плити штампа в 4-8 разів;
- зменшення величини прогину нижньої плити штампа в 1,5-2,5 рази;
- зменшення величини деформації напрямних колонок при робочому ході в 2,5-3 рази;
- зменшення середньої висоти задирки в 2-2,5 рази;
- зменшення нерівномірності розподілу задирки за контуром в 2-2,5 рази;
- зменшення розмаху відхилення розмірів деталей в 1,25-2,4 рази;
- зменшення середньоквадратичного відхилення розмірів в 2,4 рази;
- збільшення щільності розподілу розмірів в 2,4 рази.

Крім того, усі механічні компенсатори забезпечують підвищення стійкості розділових штампів в 2-2,5 рази.



- а – універсальний компенсатор для кривошипного преса номінальним зусиллям 63 кН [2];  
 б – універсальний компенсатор для кривошипного преса номінальним зусиллям 250 кН [12];  
 в – спеціальний компенсатор, що вбудований в штамп, для кривошипного преса номінальним зусиллям 350 кН (штампування пластин магнітопроводів) [13];  
 г – універсальний компенсатор для кривошипного преса номінальним зусиллям 400 кН [14];  
 д – спеціальний компенсатор для кривошипного преса Н. В. Billand номінальним зусиллям 400 кН (штампування пластин магнітопроводів на твердосплавних штампах [15];  
 е – універсальний компенсатор для кривошипного преса-автомата з нижнім приводом PAD-40 номінальним зусиллям 400 кН [10];  
 є – універсальний компенсатор для кривошипного преса номінальним зусиллям 630 кН [16];  
 ж – універсальний компенсатор для кривошипного преса номінальним зусиллям 1000 кН [17]

Рисунок 6 – Промислові випробування механічних компенсаторів похибок системи «прес-штамп»

За даними електромеханічного заводу «Етал» (м. Олександрія, Кіровоградської обл.), очікуваний річний економічний ефекту від впровадження у виробництво механічного компенсатора до кривошипного пресу номінальним зусиллям 400 кН для штампування пластин магнітопроводів на твердосплавних штампах складає 299 250 грн/рік.

**Висновки.** Внаслідок проведених досліджень:

– запропоновано та досліджено принцип динамічного підстроювання як спосіб підвищення якості тонколистового розділового штампування. В даному способі штампування здійснюють з динамічним підстроюванням системи «прес-штамп» в напрямку збігання осі прикладання технологічного зусилля від пресу з віссю, що проходить через центр тиску штампа. При цьому, підвищення якості штампування спостерігається за рахунок розвантаження напрямних вузлів від радіальних зусиль та суттєвого зменшення деформації деталей штампа;

– запропоновано та розроблено гаму оригінальних механічних компенсаторів похибок системи «прес-штамп» різного технологічного призначення для кривошипних пресів номінальним зусиллям 63 кН, 250 кН, 350 кН, 400 кН, 630 кН та 1000 кН, які використовуються як пристрої для реалізації принципу динамічного підстроювання;

– виконані промислові випробування даних компенсаторів на ряді підприємств показали підвищення якості тонколистового розділового штампування за рахунок зменшення величини деформації штампового блоку в 2-4 рази, зменшення величини деформації нижньої плити штампа в 4-8 разів, зменшення величини прогину нижньої плити штампа в 1,5-2,5 рази, зменшення величини деформації напрямних колонок при робочому ході в 2,5-3 рази, зменшення середньої висоти задирки в 2-2,5 рази,

зменшення нерівномірності розподілу задирки за контуром в 2-2,5 рази, зменшення розмаху відхилення розмірів деталей в 1,25-2,4 рази, зменшення середньоквадратичного відхилення розмірів в 2,4 рази, збільшення щільності розподілу розмірів в 2,4 рази;

– очікуваний річний економічний ефекту від впровадження у виробництво механічного компенсатора до кривошипного пресу номінальним зусиллям 400 кН для штампування пластин магнітопроводів на твердосплавних штампах складає 299 250 грн/рік.

## Список літератури

1. Мірзак В. Я., Боков В. М. Підвищення якості розділового тонколистового штампування [Текст] / Вісник національного технічного університету «ХПІ». / Збірник наук. праць. Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії / Вип. № 43. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – С. 89-97.
2. Спосіб тонколистового розділового штампування в системі «прес-штамп» з безззорним напрямком рухомої частини штампа відносно нерухомої [Текст]: пат. 70346 Україна; МПК В26F 1/40 / Мірзак В. Я., Боков В. М.; власник Кіровоградський національний технічний університет. – № u201113040; заявл. 07.11.2011; опубл. 11.06.2012, Бюл. № 11.
3. Зубцов М. Е. Листовая штамповка [Текст]: учеб. / М. Е. Зубцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1980. – 432 с.
4. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штампів. Штамп як об'єкт проектування: навчальний посібник [Текст] / В. М. Боков. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс-ЛТД», 2005. – 216 с.
5. Кузнецов, С. В. Влияние поперечных сил на качество деталей, получаемых методами листовой штамповки [Текст] / С. В. Кузнецов // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева. – 2014. – № 5 (107). – С. 438–442.
6. Хвостовики плавающие для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры : ГОСТ 16719-71 [Текст]. – Введ. 1972-01-01. – М. : Стандартиформ, 2006. – 10 с.
7. Справочник конструктора штампов. Листовая штамповка [Текст] / под общ. ред. Л. И. Рудмана. – М. : Машиностроение, 1988. – 496 с.
8. Диамантопуло, К. К. Компенсация несоосности системы «пресс-штамп» изношенного штамповочного оборудования [Текст] / К. К. Диамантопуло, В. В. Кухарь, А. И. Евтеев // Металлургические процессы и оборудование / Вип. № 2. – Мариуполь: Приазовский государственный технический университет, 2005. – С. 31–34.
9. Компенсатор нерівномірності навантаження штампа [Текст]: пат. 35305 Україна, МПК В30 В 15/28. / Мірзак В. Я., Боков В. М.; власник Кіровоградський національний технічний університет. № u200804834; заявл. 14.04.2008; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 17.
10. Компенсатор нерівномірності навантаження штампа [Текст]: пат. 69662 Україна, МПК В30 В 15/00. / Мірзак В. Я., Боков В. М.; власник Кіровоградський національний технічний університет. № u201112251; заявл. 19.10.2011; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 9.
11. Компенсатор нерівномірності навантаження штампа [Текст]: пат. 58333 Україна, МПК В30 В 15/20. / Мірзак В. Я., Боков В. М.; власник Кіровоградський національний технічний університет. № u201011118; заявл. 20.09.2010; опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7.
12. А. с. 1616838 СССР, М. Кл. В 30 В 15/02. Компенсатор неравномерности нагружения штампа к прессу [Текст] / В. С. Запорожченко, А. П. Качанов, В. Я. Мирзак (СССР). - № 4662656/25-27; заявл. 16.03.89; опубл. 30.12.90, Бюл. № 48.
13. А. с. 1579624 СССР, М. Кл. В 21 J 13/02. Штамп для холодной объёмной штамповки [Текст] / А. П. Качанов, В. Я. Мирзак, В. С. Запорожченко, А. С. Ляховецкий (СССР). - № 4473482/25-27; заявл. 15.08.88; опубл. 23.07.90, Бюл. № 27.
14. А. с. 1759654 СССР, М. Кл. В 30 В 15/00, В 30 В 15/28. Компенсатор неравномерности нагружения штампов [Текст] / В. Я. Мирзак, В. С. Запорожченко, А. П. Качанов (СССР). - № 4893434/27; заявл. 25.12.90; опубл. 07.09.92, Бюл. № 33.
15. А. с. 1539079 СССР, М. Кл. В 30 В 15/00, В 30 В 15/28. Компенсатор неравномерности нагружения штампа вертикальной прессовой установки с кривошипно-шатунным исполнительным механизмом привода ползуна [Текст] / А. П. Качанов, В. Я. Мирзак, В. И. Рубан,

- В. С. Запорожченко, П. С. Щеглюк, И. Б. Яковер (СССР). - № 4416576/31-27; заявл. 28.04.88; опубл. 30.01.90, Бюл. № 4.
16. А. с. 1712031 СССР, М. Кл. В 21 D 28/14. Способ листовой штамповки и устройство для его осуществления [Текст] / А. П. Качанов, В. И. Рубан, В. Я. Мирзак, В. С. Запорожченко (СССР). - № 4708457/27; заявл. 22.06.89; опубл. 15.02.92, Бюл. № 6.
17. А. с. 1696320 СССР, М. Кл. В 30 В 15/28. Компенсатор неравномерности нагружения штампа вертикальной прессовой установки [Текст] / В. Я. Мирзак, В. С. Запорожченко, А. П. Качанов (СССР). - № 4746073/27; заявл. 06.10.89; опубл. 07.12.91, Бюл. № 45.

**Vladimir Mirzak, Sr. Lect., Viktor Bokov, Prof., PhD tech. sci.**

*Kirovohrad National Technical University, Kropivnitskiy, Ukraine*

**The principle of dynamic adjustment as a means of thin-sheet dividing stamping quality increase**

The purpose of the research is thin-sheet dividing stamping quality increase due to the application of dynamic adjustment principle.

The quality of thin-sheet dividing stamping is determined first of all by the “press-stamp” system state, namely it depends on the loaded stamp detail deformation degree, as the given system is a source of nearly 60 per cent of errors which influence the loss of quality. The main idea of the paper is the possibility to significantly improve the quality increase of thin-sheet dividing stamping due to the application of the offered principle of dynamic adjustment. Stamping is done with dynamic adjustment of the “press-stamp” system in the direction of the coincidence of the press technological effort application axis with the axis that goes through stamp pressure centre.

The quality increase is reached due to unloading the guide units of radial efforts and significant deformation decrease of stamp parts.

The offered mechanical compensators that realize the given principle demonstrated significant improvement of stamping quality (lifting up decrease, dimension deviation scale, etc).

**dynamic adjustment, mechanical compensator, dividing stamping quality, thin-sheet stamping**

Одержано 21.04.16

**УДК 621.891.539.375.6**

**Mykhailo Chernovol, Prof., DSc., Igor Shepelenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Budar Mohamed R.F., post-graduate**

*Kirovohrad National Technical University, Kropivnitskiy, Ukraine*

*E-mail: ivsepelenko@mail.ru*

## Appliances for FANT of cylinder liners

Despite the successes achieved in practical application of FANT of cylinder liners there is no wide application of the technology because of low productivity and processing quality which may be increased by the use of new schemes of FANT and improved tools for finishing. The article presents the analysis of the existing appliances for FANT of cylinder liners and the ways to improve their design were specified. That will increase the productivity and quality of treatment as well as the effectiveness of FANT application.

**finishing antifriction nonabrasive treatment, appliance, cylinder liner, antifriction coating, combined treatment**