

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАКРІПЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ЛЮВЕРСІВ У ВИРОБАХ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ В КВАЗІСТАТИЧНОМУ РЕЖИМІ

З метою дослідження процесу закріплення металевих люверсів у виробках легкої промисловості було розроблено експериментальний стенд. До його складу входять пуансон та матриця для закріплення металевих люверсів; силовий блок та комп'ютерна вимірювальна система. В результаті проведених експериментальних досліджень та теоретичних розрахунків визначено технологічні зусилля закріплення металевих люверсів у квазістатичному режимі. Проведено визначення роботи, необхідної для закріплення металевих люверсів експериментальним та теоретичним шляхом.

Ключові слова: металева фурнітура; процес закріплення; зусилля закріплення; робота закріплення.

S. V. CHUMAKOVA, O. S. POLISHCHUK
Khmelnytskyi National University

THE RESEARCH OF PROCESS OF ATTACHING METAL EYE-LET HOLES IN LIGHT INDUSTRY GOODS IN QUASI-STATIC MODE

An experimental test bench has been developed so as to investigate the process of attaching metal eye-let holes in light industry goods. It consists of punch and mould for fastening metal eye-let holes, a powerful block and a computer measuring system. Technological force of attaching metal eye-let holes in quasi-static mode has been defined during experimental studies and theoretical calculation. Experimental and theoretical determination of the work needed for attaching metal eye-let holes has been done.

Key words: metal accessories, attaching process, attaching force, attaching work.

Вступ

На сьогоднішній день існує великий асортимент металевої фурнітури для виробів легкої промисловості: люверси, взуттєві блочки та гачки, кнопки, хольнітени, джинсові гудзики тощо [1].

Сьогодні практично всі види одягу оздоблюються металевою фурнітурою, а деякі взагалі важко уявити без неї – наприклад, джинсовий одяг, який обов'язково має бути із хольнітенами, джинсовими гудзиками, кнопками, люверсами тощо. Використання якісної красивої фурнітури може прикрасити будь-який одяг та взуття, збільшити зручність та термін їх експлуатації та ін.

Пропозиція ринку металевої фурнітури на сьогоднішній день дуже велика і представлена як дешевими, так і дорогими різноманітними видами металевої фурнітури різної якості. Те ж саме можна сказати і про інструменти та обладнання для її встановлення. Досить часто виробники одягу та взуття методом „проб і помилок” шукають оптимальне поєднання ціни та якості при встановленні фурнітури. Не завжди ці спроби є вдалим, внаслідок чого досить часто страждають споживачі, купуючи вироби із неякісно встановленою фурнітурою, яка швидко псується, виходить з ладу та потребує заміни.

Якісне встановлення металевої фурнітури у виробках легкої промисловості є важливою проблемою та залежить від багатьох факторів. Тому на сьогоднішній день дослідження в цьому напрямку є важливими та актуальними.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Як уже було відмічено, на сьогоднішній день на ринку представлений широкий асортимент обладнання для виконання технологічної операції встановлення фурнітури [2]. Поряд з перевагами, таке обладнання має і певні недоліки, в зв'язку з чим в роботі [3] було показано перспективність використання в обладнанні для встановлення металевої фурнітури лінійних електричних двигунів, зокрема лінійного електромагнітного двигуна (ЛЕМД). Створення пристрою з електромагнітним приводом для встановлення металевої фурнітури у виробках легкої промисловості висуває задачу визначення конструктивних та електричних параметрів ЛЕМД та конструктивних параметрів самого пристрою по заданих вихідних параметрах машини. Даний пристрій здійснює імпульсне перетворення електричної енергії безпосередньо в механічну роботу. Тому вихідною величиною для визначення його основних параметрів є корисна робота, необхідна для виконання даної технологічної операції. На початковій стадії проектування пристрою величина цієї роботи невідома. Для її визначення необхідно, перш за все, дослідити саму технологічну операцію на двох етапах: першому – пробивання отворів необхідного діаметру у матеріалі виробу під металеву фурнітуру; другому – закріплення металевої фурнітури у матеріалі з пробитими отворами.

На підприємствах легкої промисловості малої та середньої потужності, які виготовляють невеликі партії виробів з частою зміною асортименту, для встановлення металевої фурнітури досить часто використовують обладнання з ручним приводом. Як правило, таке обладнання працює з невеликою швидкістю переміщення робочого органу, яка лежить в межах 0,5...1 м/с. Це відповідає квазістатичному режиму навантаження. Тому експериментальні дослідження технологічної операції встановлення металевої фурнітури нами спочатку проводилися саме в квазістатичному режимі. Результати дослідження процесу пробивання отворів під металеву фурнітуру було опубліковано в роботі [4]. Дослідженню процесу

закріплення металевої фурнітури у матеріалі з пробитими отворами і присвячена дана стаття.

Результати дослідження

Для проведення експериментальних досліджень процесу закріплення металевої фурнітури використовувалася та ж сама експериментальна установка з комплектом вимірювальної апаратури, що й для дослідження процесу пробивання отворів в матеріалі [4]. Відмінністю є лише те, що в якості технологічного оснащення було використано пуансон і матрицю. Конструктивна схема експериментального стенду представлена на рис.1.

Експериментальний стенд включає в себе: пуансон і матрицю для закріплення металевої фурнітури; силовий блок та комп'ютерну вимірювальну систему (КВС). Силовий блок - це пристрій у вигляді важеля 2 (рис.1) з набором вантажів 1 певної ваги, які дають змогу створювати необхідне зусилля закріплення $F_{закр.}$ фурнітури у матеріалі.

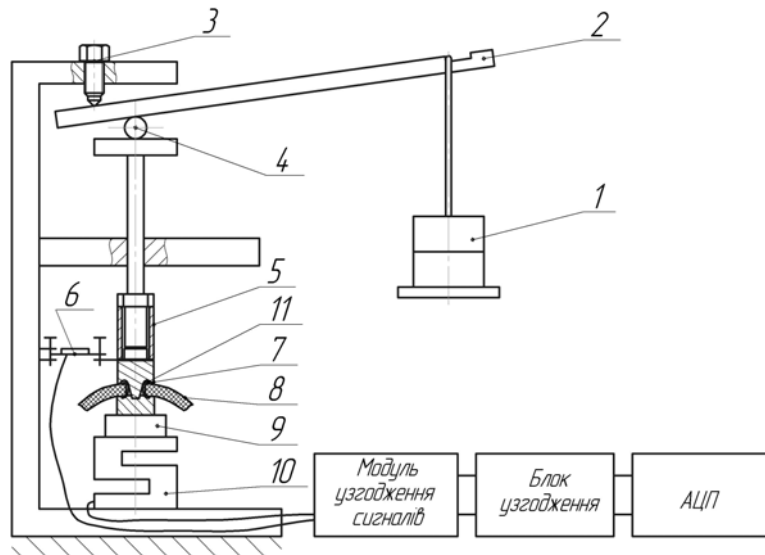


Рис.1. Конструктивна схема експериментального стенду:

1 – набір вантажів; 2 – важіль; 3 – регулюючий гвинт; 4 – кулька; 5 – перехідник; 6 – тензобалка; 7 – фурнітура; 8 – матеріал; 9 – тримач матриці; 10 – датчик сили; 11 – пуансон

В склад КВС входять: вимірювальний блок; апаратні засоби, а також відповідне програмне забезпечення. Для створення даної системи було використано апаратно-програмні засоби компанії National Instruments.

В блок вимірювання входять аналогові датчики, зокрема: силосиміювальний датчик 10 Tedea 619-2T фірми Vishay для вимірювання технологічного зусилля; тензобалка 6 з наклеєними по напівмостовій схемі активними тензорезисторами (вимірювання переміщення пуансона) (рис.1).

Для експериментальних досліджень процесу закріплення металевої фурнітури було вибрано один з найбільш поширених її видів – люверси. Оскільки відсутність чіткого стандарту на розміри металевої фурнітури є її загальним недоліком [1], на практиці досить часто користуються умовною класифікацією, яку подають в своїх каталогах виробники. Таким чином, для проведення експериментальних досліджень було використано металеві люверси № 24.

Для дослідження процесу закріплення люверсів в якості технологічного оснащення було підібрано та використано типові комплекти осесиметричних пуансонів та матриць, які використовуються у сучасному обладнанні для встановлення металевої фурнітури. Виходячи із цього, їх умовно було поділено на 4 групи комплектів пуансонів та матриць: № 1–4.

Вибрані комплекти мали різні розміри подібних геометричних параметрів циліндричної та конічної частин пуансонів. Після їх аналізу було висунуто припущення про те, що параметри циліндричних частин пуансонів не будуть мати суттєвого впливу на процес закріплення. Конічну частину пуансона називають робочою поверхнею. Саме вона безпосередньо бере участь у закріпленні фурнітури, тому, очевидно, саме її параметри будуть мати вагомий вплив на даний процес. У пуансонів, що входять до обраних комплектів, форми робочих поверхонь різні: у № 1 та 2 вони мають прямолінійні твірні та плоскі торці; у пуансонів, що входять до комплектів № 3 та 4, робочі поверхні мають прямолінійні твірні, які плавно переходять у скруглення визначених радіусів плоских торців.

Проаналізувавши геометричні параметри матриць із обраних комплектів, можна узагальнити, що вони повністю повторюють геометричну форму основи люверса – вінчика, який на протязі всього процесу закріплення при дотриманні відповідних технологічних вимог залишається недеформованим та опирається на матрицю. Тому було зроблено припущення, що матриці суттєво не впливають на технологічне зусилля закріплення люверса.

Геометричні розміри пуансонів та матриць із обраних комплектів технологічного оснащення наведені на рисунку 2.

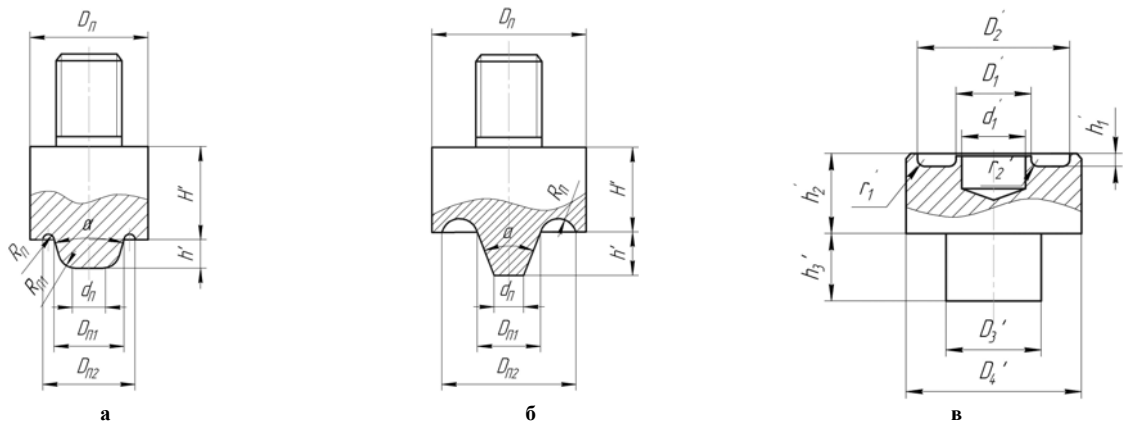


Рис.2. Геометричні параметри пуансонів та матриць із обраних комплектів: а, б – пуансони; в – матриця. D_{II} – діаметр циліндричної частини; d_{II} – діаметр торця конічної частини; D_{II1} – діаметр конічної частини; D_{II2} – діаметр тороїдальної частини; h' – висота конічної частини; H' – висота циліндричної частини; α – кут конусності; R_{II} – радіус тороїдальної ділянки; R_{II1} – радіус округлення конічної частини; D_2' та D_1' – зовнішній та внутрішній діаметри ділянки для вінчика блочка; d_1' – діаметр отвору матриці; D_3' – діаметр нижньої частини; D_4' – діаметр верхньої частини; r_1' та r_2' – зовнішній та внутрішній радіуси ділянки для вінчика блочка; h_1' – глибина ділянки для вінчика блочка; h_2' – висота верхньої частини матриці; h_3' – висота нижньої частини матриці

Для проведення експериментальних досліджень було використано металеві люверси з однаковими геометричними параметрами, які відрізнялися наявністю надсічок на втулці блочка люверса та були виготовлені із різних металів. Їх умовно було поділено на три типи (таблиця 1).

Таблиця 1

Типи металевих люверсів

№ типу люверсів	Втулка блочка люверса	Метал, з якого виготовлені люверси
1	Із надсічками	Сталь 08кп
2	Без надсічок	Сталь 08кп
3	Без надсічок	Латунь Л70

Геометричні параметри даних металевих люверсів представлені на рисунку 3 та в таблиці 2.

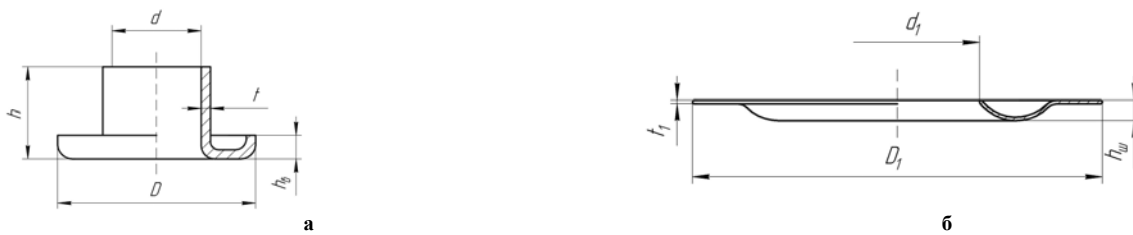


Рис.3. Геометричні параметри блочка (а) та шайби (б) люверса. d – внутрішній діаметр, D – зовнішній діаметр, h – висота, t – товщина; h_g – висота вінчика, d_1 – внутрішній діаметр, D_1 – зовнішній діаметр, h_w – висота, t_1 – товщина

Таблиця 2

Геометричні параметри блочок та шайб люверсів

Розміри								
Блочок люверса					Шайба люверса			
Внутрішній діаметр d , мм	Зовнішній діаметр D , мм	Висота h , мм	Товщина блочка t , мм	Висота вінчика блочка h_v , мм	Внутрішній діаметр d_1 , мм	Зовнішній діаметр D_1 , мм	Висота $h_{ш}$, мм	Товщина шайби t_1 , мм
9,0	19 ± 0,3	6,5	0,3	1,5	10 ± 0,3	18 ± 0,8	0,9	0,3

Для проведення експериментальних досліджень матеріалом, в який закріплювали люверси, була

джинсова тканина.

Суть проведеного експерименту полягала в наступному. Відповідний комплект пуансона та матриці закріплювався у експериментальній установці: пуансон вкручувався у рухомий шток, а матриця закріплювалася на основі силовимірального датчика 10 (рис. 1). У пробитий отвір в матеріалі встановлювався блочок люверса, зверху на нього встановлювалася шайба. Далі матеріал із встановленим люверсом розміщувався на матриці. За допомогою силового блоку, шляхом підбору вантажів, створювалося необхідне зусилля $F_{закр.}$ для закріплення металевих люверсів у матеріалі. В процесі виконання даної операції за допомогою КВС знімалися діаграми залежності технологічного зусилля закріплення $F_{закр.}$ люверсів у матеріалі та глибини занурення Δ_3 пуансона у блочок люверса від часу t виконання даної технологічної операції. Для обробки результатів експерименту та побудови діаграм зміни зусилля $F_{закр.}$ від глибини занурення Δ_3 було використано програму Microsoft Office Excel.

В результаті експериментальних досліджень було виконано технологічну операцію закріплення визначеної для експерименту кількості люверсів, виготовлених зі сталі 08кп та латуні Л70, обраними комплектами матриць та пуансонів та за отриманими експериментальними даними були побудовані графіки.

З метою визначення найбільш впливових факторів на технологічне зусилля закріплення $F_{закр.}$ зі сторони металевих люверсів, зокрема механічних характеристик металів, із яких вони були виготовлені, та наявності надсічок на втулці блочок люверсів, було проведено наступний експеримент, в якому використано комплект №1 та три типи люверсів – № 1-3 (таблиця 1). Порівняння отриманих результатів (рис.4) свідчить про те, що механічні характеристики металів, з яких виготовляють люверси, мають значний вплив на зусилля $F_{закр.}$, а наявність надсічок на втулці блочків люверсів суттєво його зменшує.

З метою виявлення найбільш впливових факторів на технологічне зусилля закріплення $F_{закр.}$ зі сторони пуансона та матриці, а саме їх геометричних параметрів, було проведено наступне експериментальне дослідження, суть якого подібна до попередніх експериментів (рис.5).

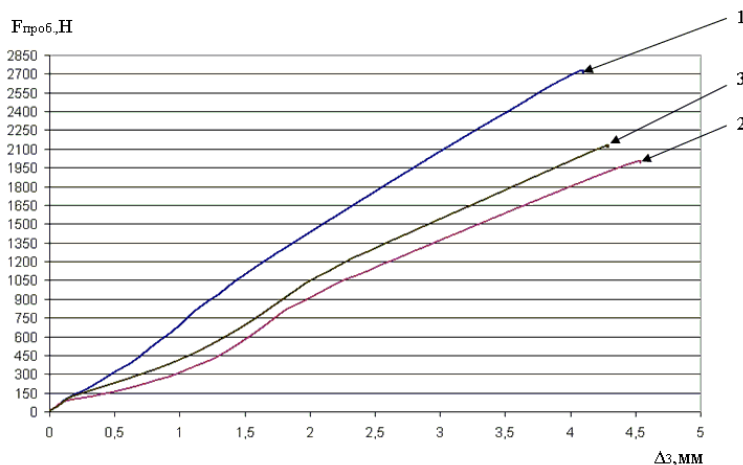


Рис. 4. Діаграми залежності технологічного зусилля закріплення $F_{закр.}$ металевих люверсів у джинсовій тканині від глибини занурення пуансона Δ_3 у блочки люверсів. 1 – пуансон та матриця №1, люверси виготовлені зі сталі 08кп, втулка блочки люверса – без надсічок; 2 – пуансон та матриця № 1, люверси виготовлені зі сталі 08кп, втулка блочки люверса – із надсічками; 3 – пуансон та матриця №1, люверси виготовлені із латуні Л70

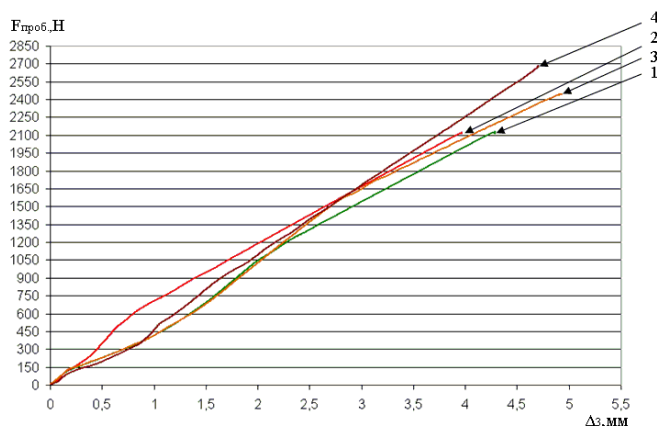


Рис. 5. Діаграми залежності технологічного зусилля закріплення $F_{закр.}$ металевих люверсів у джинсовій тканині від глибини занурення пуансона Δ_3 у блочки люверсів. 1 – пуансон та матриця №1, люверси виготовлені із латуні Л70; 2 – пуансон та матриця №2, люверси виготовлені зі латуні Л70; 3 – пуансон та матриця №3, люверси виготовлені із латуні Л70; 4 – пуансон та матриця №4, люверси виготовлені із латуні Л70

Відмінністю є лише те, що при проведенні даного експерименту було використано люверси, виготовлені із одного металу (латунь Л70) та 4 вибрані комплекти пуансонів та матриць. Проаналізувавши

отримані результати, можна зробити висновок про те, що форма робочих поверхонь та геометричні параметри пуансонів, які входять до обраних комплектів, дійсно мають вагомий вплив на технологічне зусилля $F_{закр.}$. Доведено, що при здійсненні операції відбортовки листової штамповки пуансонами з циліндричною, сферичною, параболічною та конічною формами робочих поверхонь найменше зусилля витрачається при використанні пуансонів, робочі поверхні яких мають конічну форму з прямолінійними твірними [6]. Дійсно, зусилля закріплення металевих люверсів при використанні пуансонів із комплектів № 1 та 2 менші, ніж зусилля закріплення при використанні пуансонів із комплектів № 3 та 4. Форма робочих поверхонь останніх має, окрім прямолінійних, і округлі ділянки, які утруднюють заглиблення пуансона у втулку блячка люверса, збільшують тертя між даними поверхнями, і, відповідно, зусилля при здійсненні процесу закріплення люверсів.

Різні розміри геометричних параметрів вибраних пуансонів не дають змоги об'єктивно оцінити вплив кожного із них на технологічну операцію. Однак, на нашу думку, найбільш значний вплив будуть мати: α , D_{II} , R_{II} , R_{III} та h' .

Основною задачею при дослідженні процесу закріплення металевих люверсів було визначення максимального зусилля закріплення $F_{закр.}$, яке дозволить визначити роботу закріплення $A_{закр.}$, необхідну для проектування пристрою.

Для визначення зусилля закріплення люверсів за основу було взято формулу Комісарова А. І., Жукова В.В., Нікіфорова В.М. та Сторожева В.В., які пропонують її для наближеного визначення зусилля закріплення блячка циліндричним пуансоном [6]:

$$P = \pi(D-d)tc\sigma_T \approx 1,5\pi(D-d)tc\sigma_B, \quad (1)$$

де P – зусилля, необхідне для закріплення блячка циліндричним пуансоном;

D – діаметр відігнутої частини втулки;

d – внутрішній діаметр блячка;

t – товщина;

σ_T – границя текучості матеріалу блячка;

c – коефіцієнт, який враховує зміцнення металу та наявність тертя при відбортовці ($c\sigma_T = (1,5 \div 2,0)\sigma_B$);

σ_B – границя міцності при розтязі.

Оскільки пуанسونи для встановлення металевої фурнітури мають конічні частини, одним із найбільш важливих геометричних параметрів яких є кут конусності α , то, на нашу думку, при визначенні зусилля закріплення $F_{закр.}$ металевих блячок та люверсів потрібно враховувати цей параметр. Тому формула (1) із врахуванням α , використовуючи відомості, наведені в [7], в даному випадку буде мати вигляд (рис. 6):

$$F_{закр.} = \pi(D_g - d)tc'\sigma_T \approx c'\pi(D_g - d)t\sigma_B 2\cos\alpha, \quad (2)$$

де c' – коефіцієнт, який враховує зміцнення металу і наявність тертя при деформації втулки блячка люверса, $c' = 1,5 \dots 2,0$;

D_g – діаметр відігнутої частини втулки блячка люверса, мм;

α – кут конусності конічної частини пуансона, °.

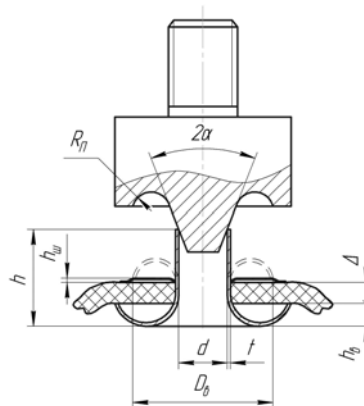


Рис.6. Схема до розрахунку діаметра відігнутої частини втулки блячка

Діаметр відігнутої частини втулки блячка можна розрахувати за формулою (рис. 3, 6):

$$D_g = D_{III} + 4R_{II}. \quad (3)$$

Металеві блячки та люверси без надсічок при закріпленні, як правило, утворюють нерозривне гладеньке кільце зі зворотної сторони. Для визначення зусилля закріплення $F_{закр.}$ блячок та люверсів, що

мають на втулці надсічки, які при закріпленні зі зворотної сторони утворюють своєрідну „ромашку”, можна використати формулу, рекомендовану у роботі [6]. Оскільки при проведенні нами експериментальних досліджень при закріпленні металевих люверсів із надсічками розриву втулки блочка на „пелюстки” не спостерігалось, а утворювалося кільце майже без розривів, то для розрахунку зусилля закріплення $F_{закр.}$ люверсів із надсічками було використано формулу (2). Отримані результати свідчать про те, що розбіжність між теоретичними та експериментальними значеннями лежить у допустимих межах. Отже, формулу (2) можна рекомендувати для визначення зусилля закріплення $F_{закр.}$ металевих блочок та люверсів.

Роботу закріплення $A_{закр.}$ металевих блочок та люверсів можна розрахувати, користуючись методикою визначення роботи пробивання $A_{проб.}$ отворів у матеріалах легкої промисловості [4] за формулою:

$$A_{закр.} = \int F_{закр.мит.} d\Delta', \quad (4)$$

де $F_{закр.мит.}$ – миттєве значення зусилля закріплення металевих люверсів у матеріалі, Н;

$d\Delta'$ – елементарна глибина занурення пуансона у блочки люверсів при виконанні технологічної операції закріплення металевих люверсів у матеріалі.

Характери зміни технологічних зусиль $F_{проб.}$ та $F_{закр.}$ від глибини занурення пробійника Δ_2 і пуансона Δ_3 є подібними до прямої лінії, зростають практично пропорційно та досягають максимальних значень в кінці виконання технологічної операції.

Тому таке судження було прийнято для орієнтовного розрахунку роботи закріплення $A_{закр.}$. Враховуючи, що закон зміни технологічного зусилля $F_{закр.}$ для досліджуваних люверсів можна описати рівнянням прямої LK , робота, необхідна для здійснення даної технологічної операції, дорівнює площі трикутника LKM (рис.7). Миттєве значення роботи дорівнює площі трикутника LED .

Зробивши необхідні математичні перетворення та обчислення, було отримано формулу для визначення роботи закріплення $A_{закр.}$ металевих люверсів у матеріалі:

$$A_{закр.} = \frac{1}{2} (c' \pi (D_B - d) t \sigma_B 2 \cos \alpha \Delta_3) = \frac{1}{2} F_{закр.макс.} \Delta_3 \quad (5)$$

З метою перевірки того, чи буде достатньо розрахованої таким чином роботи $A_{закр.}$ для виконання операції закріплення металевих люверсів в матеріалі, було визначено роботу, отриману експериментальним шляхом $A_{закр.експ.}$. Її визначення проводилося по величинах площ діаграм „зусилля закріплення люверсів $F_{закр.}$ – глибина занурення пуансона Δ_3 у блочок люверса при виконанні технологічної операції закріплення люверсів”. Отримані результати свідчать про те, що розбіжність між теоретичними та експериментальними значеннями лежить у допустимих межах. Отже, формулу (5) можна рекомендувати для визначення корисної роботи $A_{закр.}$.

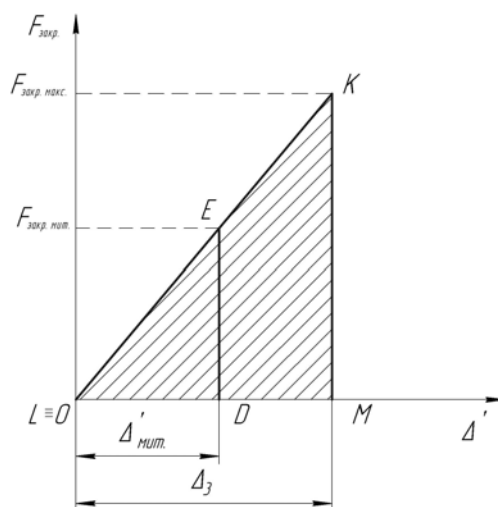


Рис.7. Схема для визначення роботи закріплення металевих люверсів у матеріалі. $\Delta'_{мит.}$ – миттєве значення глибини занурення пуансона у блочок люверса, мм

Висновки

На основі вищенаведеного матеріалу можна зробити висновок: проведені експериментальні дослідження технологічної операції закріплення металевих люверсів у матеріалах дали змогу встановити

закономірності протікання даної операції, визначити технологічне зусилля $F_{закр.}$ та роботу закріплення $A_{закр.}$ металевих люверсів у матеріалі, необхідні в подальшому для проектування пристрою для встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості.

Література

1. Чумакова С.В. Огляд швейної та взуттєвої металевої фурнітури, яка встановлюється у виробі легкої промисловості шляхом розвальцювання та розклепування / С.В. Чумакова, О.С. Поліщук // Вісник ХНУ. – 2010. – № 3 (155). – С. 104 – 110.
2. Чумакова С.В. Аналітичний огляд способів та обладнання для встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості / С.В. Чумакова, О.С. Поліщук // Вісник КНУТД. – 2010. – № 5, т.2. – С. 142–148.
3. Поліщук О.С. Перспективи застосування імпульсного лінійного електромагнітного приводу в пресовому обладнанні для вставки металевої фурнітури при виготовленні виробів легкої промисловості / О.С. Поліщук, Д.В. Прибега, С.В. Чумакова // Вісник ХНУ. – 2009. – № 5. – С. 11–14.
4. Чумакова С.В. Дослідження процесу вирубання отворів під металеву фурнітуру у виробках легкої промисловості / С.В. Чумакова, О.С. Поліщук, А.К. Кармаліта // Вісник ХНУ. – 2011. – № 5 (182). – С. 34–41.
5. Аверкиев Ю.А. Технология холодной штамповки: Учебник для вузов по специальностям „Машины и технология обработки металлов давлением” и „Обработка металлов давлением” / Ю.А. Аверкиев, А.Ю. Аверкиев. – М. : Машиностроение, 1989. – 304 с.
6. Проектирование и расчет машин обувных и швейных производств: учеб. пособие для вузов по специальности “Машины и аппараты легкой промышленности, / [А. И. Комиссаров, В.В. Жуков, В.М. Никифоров, В.В. Сторожев] ; под ред. А.И. Комиссарова. – М. : Машиностроение, 1978. – 431 с.
7. Сторожев М.В. Теория обработки металлов давлением : [учебник для вузов] / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – [4-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Машиностроение, 1977. – 423 с.

References

1. Chumakova S. V. Polishchuk O.S. Ohliad shveinoi ta vzutievoi metalivoi furnitury, yaka vstanovliuetsia u vyroby lehkoï promyslovosti shliakhom rozvaltsovuвання ta rozklepuвання. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2010. Issue №3 (155). pp. 104 – 110.
2. Chumakova S. V. Polishchuk O.S. Analitychnyi ohliad sposobiv ta obladnania dlia vstanovleniia metalivoi furnitury u vyroby lehkoï promyslovosti . Kyiv. Visnyk KNU TD. 2010. Issue № 5. Part 2. PP. 142-148.
3. Polishchuk O.S., Prybeha D.V., Chumakova S.V. Perspektyvy zastosuvania impulsnoho liniinoho elektromagnitnoho pryvodu v presovomu obladnani dlia vstavky metalivoi furnitury pry vyhotovleni vyrobiv lehkoï promyslovosti. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2009. Issue №5. pp. 11 – 14.
4. Chumakova S. V., Polishchuk O.S., Karmalita A.K. Doslidzhenia protsesu vyrubuvania otvoriv pid metalivu furnituru u vyrobakh lehkoï promyslovosti. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2011. Issue №5 (182), t.2. pp. 34 – 41.
5. Averkyyev Yu.A., Averkyyev A.Yu. Tekhnolohyia kholodnoi shtampovky: Uchebnyk dlia vuzov po spetsyalnostiam „Mashyny i tekhnolohyia obrabotky metalov davlenyem” i „Obrabotka metalov davlenyem”. M. Mashynostroenyie. 1989. – 304 p.
6. Komisarov A. Y., Zhukov V.V., Nikiforov V.M., Storozhev V.V. Proektyrovanye y raschet mashyn obuvnykh i shveinykh proizvodstv: ucheb. posobyie dlia vuzov po spetsyalnosti “Mashyny i apparaty lehkoï promyshlennosti,”. Moskva. Mashynostroenyie. 1978. 431 p.
7. Storozhev M.V., Popov E.A. Teoryia obrabotky metalov davlenyem. M. Mashynostroenyie. 1977. 423 p.

Рецензія/Peer review : 19.3.2013 р.

Надрукована/Printed :7.4.2013 р.

Рецензент: т.н., проф. каф. машин та апаратів Хмельницького національного університету Параска Г.Б.