

## ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІМПУЛЬСНОГО ЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПРИВОДУ В ПРЕСОВОМУ ОБЛАДНАННІ ДЛЯ ВСТАВКИ МЕТАЛЕВОЇ ФУРНІТУРИ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВИРОБІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Дана загальна характеристика лінійних електричних двигунів. Наведено аналіз різних типів приводів устаткування і обґрунтована актуальність створення вітчизняного високоефективного пресового обладнання з лінійними електричними двигунами в якості приводу, які дають змогу споживати електричну енергію тільки під час виконання технологічної операції.*

*The general description of linear electric engines is given. The analysis of different types of gears of equipment is resulted and actuality of creation of native high-efficiency press equipment is grounded, with linear electric engines in quality a gear, which enable to consume electric energy only during implementation of technological operation.*

Ключові слова: електричні двигуни, прес.

### Постановка проблеми

В промисловості відбуваються невиправдані втрати енергії. Основними причинами є неповне завантаження обладнання і його робота в режимі холостого ходу під час виконання технологічного процесу, простоїв, пов'язаних з організаційними та іншими обставинами, і невідповідність енергетичних потужностей обладнання об'єму робіт, що виконуються.

Однією з головних причин невиправданих втрат енергії в легкій промисловості є недосконалість обладнання з точки зору енергетичних втрат. Особливо це відноситься до таких частин обладнання, як приводи. Невідповідність типу приводу, режиму його роботи, потужності та інших характеристик параметрам технологічної операції, яка виконується на обладнанні, призводить до значних втрат енергії [1].

Підприємства легкої промисловості для того, щоб бути конкурентоздатними на внутрішньому і зовнішньому ринку, потребують переоснащення виробничих потужностей за рахунок використання новітнього обладнання.

Кожне підприємство, яке займається пошиттям одягу, випуском взуття і шкіргалантерейних виробів зустрічається із проблемою встановлення металевої фурнітури та вирубанням отворів для цього.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.*

Існує багато видів швейної та взуттєвої фурнітури, яка встановлюється у виробі шляхом розклепування та розвальцьовування. Це люверси, хольнітени, взуттєві блочки, іменні прикраси, взуттєві гачки, галантерейна фурнітура (пуклі, закульпки) та ін. Для їх встановлення використовуються різні засоби, починаючи від ручних (удар молотка) і закінчуючи механічними пристроями. Це нерідко призводить до травматизму на виробництві і зниження якості продукції, що випускається. На сьогоднішній день на ринку представлено різне обладнання для виконання даних операцій.

Найбільше розповсюдження в обладнанні пресової та ударної дії з зворотно-поступальним рухом робочих органів, яке використовується для виконання технологічної операції вставки металевої фурнітури, отримали механічні, електромеханічні і пневматичні приводи.

Обладнання пресової дії з механічним приводом на теперішній час використовується в основному на невеликих швейних підприємствах, в різних ремонтних майстернях та дільницях для вставки практично всіх видів фурнітури.

До основних переваг обладнання з даним видом приводу можна віднести: відсутність живлення від електричної мережі; безшумність роботи; його компактність, малі габарити та масу. До основних недоліків можна віднести неможливість створення збільшених зусиль; можливу втому працюючого при виконанні даної операції; залежність плавності руху та продуктивності від його кваліфікації. Це насамкінець може відобразитися на якості виробу.

Коефіцієнт корисної дії електромеханічного приводу вищий ніж у пневматичного. Легкість керування і гнучкість електромеханічного приводу дозволяють вирішувати різноманітні технічні задачі. Однак, він має і ряд суттєвих недоліків: довгі кінематичні ланки з великою кількістю проміжних ланок; потреба в частому змащуванні; невідповідний режим роботи двигуна зі змінним навантаженням, що обумовлює його низькі енергетичні показники, які прискорюють знос.

Основні переваги пневмоприводу: надійність і довговічність; швидкість спрацювання; простота і економічність, обумовлені технологічним живленням. До основних недоліків пневмоприводу можна віднести можливість виникнення ударних навантажень, які можуть з'явитися в результаті властивості повітря при стисканні накопичувати енергію, яка, в свою чергу, може перетворитися в кінетичну енергію рухомих мас. Цей недолік призводить до необхідності встановлення допоміжних спеціальних засобів, які б могли забезпечити плавність і точність руху робочих органів машини. Також суттєвим недоліком пневмоприводу є і те, що для приведення в дію машини потрібен компресор. На великих фабриках взагалі живлення даного обладнання відбувається стисненим повітрям від загальної компресорної установки. Але в

умовах теперішнього часу, коли зростає кількість малих підприємств, використання централізованого компресора і пневматичної мережі стає недоцільним [2].

Проаналізувавши, електромеханічний і пневматичний приводи, які використовуються в обладнанні для вставки фурнітури, можна прийти до висновку, що для них характерне багатоступеневе перетворення первинної енергії (як правило електричної) в механічну енергію робочого органу. Крім того, загальним недоліком електромеханічного та пневматичного приводів є те, що вони не вимикаються, тобто споживають електричну енергію під час холостих ходів робочих органів машини, а також під час завантаження і розвантаження машини об'єктами обробки. А цей час при виконанні операції вставки фурнітури складає від 70 % до 90 % всього виробничого часу.

#### Формулювання цілей статті.

Проведений огляд технічної літератури показав, що вітчизняною промисловістю взагалі не випускається обладнання для вставки металевої фурнітури. Основними виробниками даного обладнання є машинобудівні підприємства Росії, Китаю, Туреччини та деяких країн Європи. В пресах використовується механічний, електромеханічний та пневматичний приводи.

В зв'язку з цим актуальним є створення обладнання пресової та ударної дії, що має зворотно-поступальний рух робочих органів при виконанні технологічної операції вставки фурнітури, на іншому енергетичному принципі – безпосередньому перетворенні електричної енергії в кінетичну енергію прямолінійного руху робочого органу. Таке перетворення забезпечують лінійні електричні двигуни (ЛЕД).

Створення високоефективного пресового обладнання з лінійними електричними двигунами, які дають змогу споживати електричну енергію тільки під час виконання технологічної операції, є актуальним завданням.

#### Виклад основного матеріалу досліджень.

Основним фактором, який визначає конструктивні особливості і технічні можливості ЛЕД, є їх принцип дії. Відповідно до нього лінійні електричні двигуни підрозділяються на наступні основні типи, що отримали найбільше використання в електроприводі: електромагнітні (ЛЕМД), індукційні, електродинамічні, індукційно-динамічні (ЛІДД), магнітоелектричні (ЛМЕД), магнітострикційні і електрострикційні.

Всі вони мають як переваги, так і недоліки один перед іншим та мають різні області застосування. До основних параметрів, які характеризують ЛЕД, відносять: частоту ходів; ККД; питому корисну потужність; питому силу тяги. В роботі [3] приводяться орієнтовні граничні параметри лінійних електродвигунів. Дані граничні параметри наведені в табл. 1. Вони отримані автором даної роботи на основі ЛЕД, що виготовлялися промисловістю та на базі одиничних експериментальних зразків.

Таблиця 1

#### Граничні параметри лінійних електричних двигунів

Тип ЛЕД	Параметри ЛЕД					
	Тягове зусилля, Н	Переміщення, м	Частота ходів, Гц	Прискорення, м/с <sup>2</sup>	Питома корисна потужність, Вт/кг	Питома сила тяги, Н/кг
Електромагнітний	$15 \times 10^4$	2	600	$10^5$	50	$3 \times 10^3$
<b>Індукційний</b>	$7 \times 10^4$	Не обм.	200	$10^6$	4	8
Електродинамічний	$45 \times 10^4$	0,3	$15 \times 10^3$	$5 \times 10^4$	5	20
Магнітоелектричний	$10^3$	$3 \times 10^{-2}$	$15 \times 10^3$	$5 \times 10^4$	3	1
Індукційно-динамічний	$15 \times 10^5$	$5 \times 10^{-2}$	60	$5 \times 10^4$	85	$4 \times 10^3$
Магнітострикційний	$60 \times 10^4$	$4 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^4$	$10^{-1}$	0,5	50
Електрострикційний	$10^4$	$10^{-3}$	$15 \times 10^3$	$10^{-1}$	$10^2$	$5 \times 10^2$

В роботі [1] обґрунтовано перспективний напрямок створення пресового обладнання з лінійним електричним двигуном для виконання технологічних операцій легкої промисловості. Автором даної роботи використано один із різновидів ЛЕД, а саме ЛЕМД в якості приводу для пресового обладнання, призначеного для виконання операції вирубання взуттєвих матеріалів. Використання даних двигунів дало змогу підвищити ефективність застосування пресового обладнання та поліпшити його техніко-економічні показники. Це наводить на думку про можливість використання лінійних електричних двигунів в якості приводу для обладнання, призначеного для вставки металевої фурнітури.

Операція вставки фурнітури потребує обладнання пресової та ударної дії, в якому робочі органи виконують тільки зворотно-поступальний рух. Нижче наводиться відомий із літературних джерел характер зміни технологічного зусилля. Схема технологічної операції та характер зміни технологічного зусилля в матеріалі при її виконанні представлені на рис. 1.

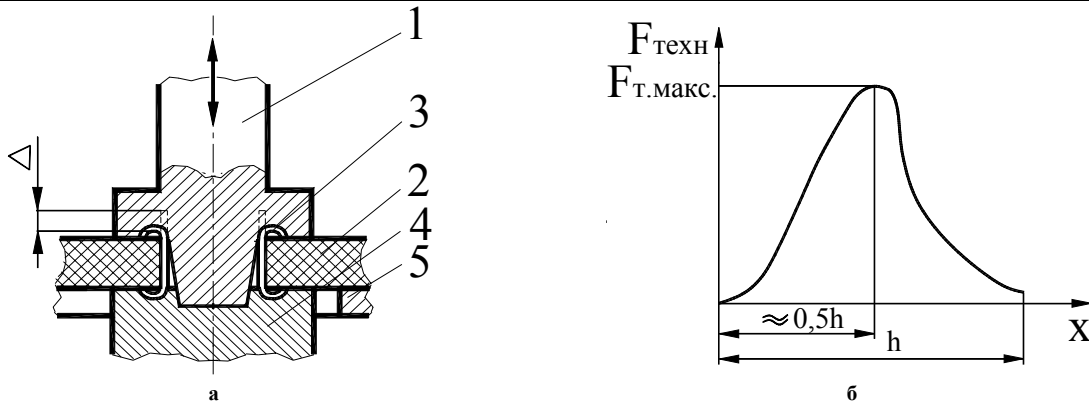


Рис. 1. Схема технологічної операції вставки фурнітури (а) та характер зміни технологічного зусилля  $F_{техн}$  в матеріалі (б):  
1 – пуансон для розклепування; 2 – заготовка деталі; 3 – фурнітура; 4 – матриця; 5 – плита;  $h$  – деформація матеріалу

При розробці конструкції пристрою з електричним приводом, призначеного для виконання даної технологічної операції, в першу чергу, необхідно вибрати його раціональну магнітну систему, тобто підібрати найбільш ефективний тип ЛЕД. Найбільш ефективний тип двигуна можна підібрати за характеристиками самої технологічної операції. Однією з самих важливих характеристик операції являється необхідне технологічне зусилля  $F_{техн}$ , яке потрібне для її виконання. Іншою характеристикою є необхідний хід робочого органу. Дана операція не потребує великого ходу штоку, який приводить в дію робочий орган пуансон.

Аналіз технічних характеристик існуючого обладнання для вставки металеві фурнітури показав, що хід пуансона в ньому складає від 30 до 150 мм, а сам процес виконання технологічної операції вставки, наприклад, люверса, потребує 3-10 мм. Зазор між пуансоном і матрицею необхідний в основному для зручності встановлення матеріалу з фурнітурою між даними робочими органами [2]. Зусилля, необхідне для розклепування люверса, лежить в межах  $1,4 \times 10^3 \text{ Н} \pm 10\%$ . Воно залежить в основному від діаметра люверса та матеріалу, з якого він виготовлений. Для встановлення хольнітенів, взуттєвих блочок, заклепок та інших видів фурнітури необхідні практично такі ж самі характеристики обладнання.

Проаналізувавши орієнтовні граничні показники ЛЕД, які наведені в табл. 1 (тягове зусилля, переміщення робочого органу тощо) та розглянуті технологічні характеристики самої операції, можна зробити висновок, що найбільше підходять для її виконання лінійний електромагнітний двигун та лінійний індукційно-динамічний двигун. Вони розвивають найбільші тягові зусилля, мають найбільшу питому корисну потужність (Вт/кг) та питому силу тяги (Н/кг) порівняно з іншими типами двигунів за тих же енерговитратах.

Лінійні електромагнітні двигуни (рис. 2) відрізняються від інших типів лінійних електричних двигунів великою різновидністю конструкцій, габаритними розмірами, споживаною енергією, видом тягових характеристик, а також діапазоном створюваних зусиль і переміщень. ЛЕМД працює наступним чином. При подачі імпульсу напруги з блоку живлення на обмотку двигуна утворюється магнітне поле, яке обумовлює силу, що діє на якір. Під дією цієї сили якір втягується в котушку, яка є одночасно і направляючою для якоря.

За простотою конструкції (рис. 3) ЛІДД наближається до електромагнітного – ЛЕМД. Індуктор 1 з обмоткою збудження 2 виконаний у вигляді циліндра. На циліндричному якорі 3 розміщена неізольована короткозамкнута обмотка у вигляді мідного кільця 4.

При протіканні по котушці збудження імпульсу струму виникає змінний по величині магнітний потік, який наводить в короткозамкненому витку ЕРС. Ця ЕРС обумовлює у витку змінний струм, направлений назустріч струму індуктора. Між контурами, в яких проходить струм у різних напрямках, виникає зусилля, яке прагне відкинути їх один від одного. Оскільки індуктор нерухомо закріплений, якір від нього відштовхується.

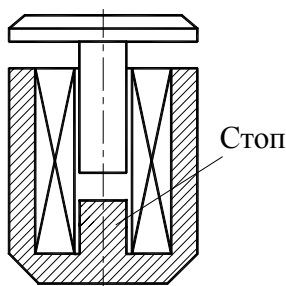


Рис. 2. Принципова схема ЛЕМД

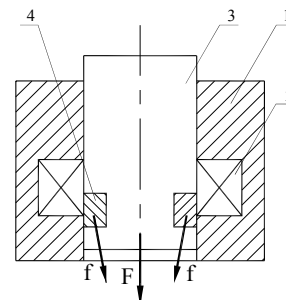


Рис. 3. Принципова схема ЛІДД:  
1-індуктор; 2-обмотка збудження;  
3-циліндричний якір; 4-мідне кільце

Заслугує уваги використання в якості приводу обладнання для вставки фурнітури і магніто-електричний двигун. По орієнтовних граничних показниках, наведених в табл. 1, ЛМЕД поступається ЛЕМД і ЛІДД, але дані показники були отримані в результаті досліджень, що проводилися автором роботи [3] у 80 – х роках минулого століття. На цей час проблемою було виготовлення самого двигуна через велику вартість та дефіцитність сплавів, які використовувалися для виготовлення постійних магнітів. Тому постійні магніти, які застосовували, мали низьку питому потужність та не забезпечували потрібної надійності. В зв'язку з цим обладнання з магнітоелектричними двигунами практичного використання в якості ударних машин не знаходило. Однак, досягнутий прогрес в області нових сплавів для постійних магнітів, на нашу думку, дозволить використати їх як джерело магнітного поля в машинах даного типу, так як питома магнітна енергія сучасних магнітів може бути більшою, ніж у електромагнітів.

Метою подальшої роботи буде розробка основ проектування високоефективного пресового обладнання з ЛЕД, призначеного для виконання технологічної операції вставки металевої фурнітури, що повинно дати змогу підвищити ефективність його застосування та поліпшити техніко-економічні показники. Для цього необхідно розв'язати наступні задачі:

- встановити тенденції розвитку пресового обладнання з ЛЕД в різних галузях промисловості, на основі яких визначити напрямки підвищення ефективності застосування даного обладнання для виконання даної технологічної операції легкої промисловості;
- виконати експериментальні дослідження для вибору конкретного типу лінійного електричного двигуна із розглянутих типів;
- дослідити саму технологічну операцію вставки металевої фурнітури при використанні люверсів, блочок, хольнітенів тощо з метою отримання більш точних даних про характер зміни технологічного зусилля та визначення його максимального значення;
- дослідити вплив швидкості розклепування фурнітури на якість виробу;
- розробити математичну модель динаміки пресового обладнання з ЛЕД для виконання технологічного процесу вставки металевої фурнітури з метою оптимізації режимів його виконання;
- виконати експериментальні дослідження для підтвердження адекватності математичної моделі в реальних умовах;
- оптимізувати фізичні параметри даного пресового обладнання з урахуванням технологічного зусилля розклепування, динаміки робочого циклу та магнітних процесів, що протікають в двигуні;
- розробити блок живлення для даного обладнання, який би дав змогу точно стабілізувати напругу на ньому, можливість регулювання в широкому діапазоні напруги при використанні ємнісних накопичувачів;
- виявити шляхи поліпшення техніко-економічних показників пресового обладнання з ЛЕД таких як: підвищення коефіцієнту корисної дії, зменшення маси, габаритних розмірів, енерговитрат;
- розробити метод проектування пресового обладнання з лінійним електричним двигуном.

#### *Висновки*

В результаті проведеного огляду технічної літератури встановлено перспективний напрямок використання в якості приводу пресового обладнання для виконання операції вставки металевої фурнітури при виготовленні виробів швейної, взуттєвої та шкіргалантерейної галузей лінійних електричних двигунів. Визначено задачі, які необхідно вирішити при проектуванні даного обладнання.

#### **Література**

1. Поліщук О.С. Підвищення ефективності застосування пресового обладнання в легкій промисловості: Автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.05.10/ КНУТД. – К.; 2001. – 17с.
2. Поліщук О.С., Польгун О.А., Гурська С.В. Перспективи застосування енергозберігаючого пресового обладнання для вставки металевої фурнітури при виготовленні виробів швейної, взуттєвої та шкіргалантерейної галузей // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 2.
3. Ряшенцев Н.П. Электромагнитные прессы. – Новосибирск: Наука, СО, 1989. – 216 с.

Надійшла 14.11.2009 р.