

ДОБРОВЛЯНСЬКИЙ С.М., канд. техн. наук, доц., НТУУ “КПІ”, Київ
ХОЛЯВІК О.В., асист., НТУУ “КПІ”, Київ
ШЕВЧУК Д.В., студ., НТУУ “КПІ”, Київ

ПРЕС ВИРУБНИЙ З ДЕЗАКСІАЛЬНИМ КРИВОШИПНО ШАТУННИМ МЕХАНІЗМОМ

У статті проведено аналіз виконаних раніше робіт по удосконаленню розділових операцій з ціллю зниження енергетичних витрат під час робочого ходу преса. Доведена доцільність виконання розділових операцій при значних недоходах повзуна пресу до нижньої мертвої точки. Обґрунтована доцільність використання приводу із дезаксіальним кривошипно-шатунним механізмом із дезаксіалом, що дорівнює 1.

Ключові слова: вирубка, кривошипний прес, робочий хід повзуна преса, робочий кут, дезаксіал приводу.

В статье проведен анализ выполненных ранее работ по совершенствованию разделительных операций с целью снижения энергетических потерь в период рабочего хода прессы. Показана целесообразность выполнения разделительных операций при значительных недоходах ползуна прессы до нижней мертвой точки. Обоснована целесообразность использования привода с дезаксиальным кривошипно-шатунным механизмом с дезаксиалом равным 1.

Ключевые слова: вырубка, кривошипный пресс, рабочий ход ползуна прессы, рабочий угол, дезаксиал привода.

In the article the analysis of the works executed before is conducted on perfection of dividing operations with the purpose of decline of power losses in the period of working stroke of press. Expediency of implementation of dividing operations is shown at considerable distances of slide-block of press to the bottom dead centre. Expediency of the use of drive is reasonable with a not central crank-type-piston-rod mechanism with an eccentricity equal 1.

Keywords: felling, crank-type press, working stroke of slide-block of press, working corner, eccentricity drive.

Вступ. Розділювальні операції (вирубка, пробивка, різка в штампі) є найбільш поширеними операціями при штампуванні листового матеріалу на механічних пресах як самостійними, так і складовими інших процесів (суміщена вирубка-витяжка, вирубка-гнуття та ін.). При вирубці відносно невеликих деталей з листів товщиною до 8...10 мм використовуються в основному відкриті двох стійкові преси з центральним кривошипно-шатунним механізмом з постійним чи регульованим ходом. Наладка преса при виконанні розділювальних операцій зводиться до встановлення такої закритої висоти, при якій повне відділення деталі від заготовки відбувається при підході повзуна до нижньої мертвої точки, при цьому кутове положення кривошипа початку різки знаходиться в межах 30° а величина робочого ходу складає 15% повного ходу. Саме мала відносна величина робочого ходу при виконанні розділювальних операцій вважається основною причиною невисокого коефіцієнту корисної дії робочого ходу, який за даними різних дослідників ([1], [2]) знаходиться в межах

0,5...0,65. Дослідження, результати яких викладені в роботах [3], [4], дають дещо інше тлумачення причин низького ККД робочого ходу розділювальних процесів.

Ціль роботи. Основною метою статті є дослідження енергетичних витрат в період робочого ходу та розробка рекомендацій по їх зменшенню.

Основні енергетичні витрати в період робочого ходу

$$A_{px} = A_d + A_f + A_y, \quad (1)$$

де A_{px} – робота робочого ходу;

A_f – робота сил тертя в кривошипно-шатунному механізмі в період робочого ходу;

A_y – робота, що витрачається на пружну деформацію системи прес-заготовка-інструмент (штамп).

Коефіцієнт корисної дії робочого ходу

$$\eta_{px} = \frac{A_d}{A_d + A_f + A_y} = \frac{1}{1 + A_f / A_d + A_y / A_d} \quad (2)$$

Для підвищення ККД, згідно з виразом (2), необхідно мінімізувати його знаменник, тобто суму A_f / A_d та A_y / A_d . Робота деформації (вирубки) залежить від розмірів деталі, що вирубється та механічних характеристик матеріалу і для конкретного процесу корегуванню не підлягає. Те ж відноситься і до енергії пружної деформації, яка залежить від максимального зусилля вирубки (точніше від зусилля, яке переважає моменту його різкого спаду) та жорсткості системи прес-заготовка-інструмент C :

$$A_y = \frac{F_m^2}{2 \cdot c} \quad (3)$$

Залишається єдина величина, зміною якої (зменшенням) можна підвищити ККД робочого ходу - A_f :

$$A_f = \int_{\alpha_k}^{\alpha_n} M_{\alpha}^f \cdot d\alpha + f \int_0^{s_{px}} F_s \cdot \operatorname{tg} \beta_s \cdot ds \quad (4)$$

В виразі (4):

$$M_{\alpha}^f = f \cdot F_{\alpha} \cdot [(1 + \lambda) \cdot R_a + \lambda \cdot R_b + R_0] \quad (5)$$

де f – коефіцієнт тертя в опорах головного валу, головках шатуна та напрямних повзуна;

F_{α} – зусилля на шатуні при кутовому положенні кривошипа α , відрахованому від 0 (нижнього положення повзуна);

λ – коефіцієнт довжини шатуна (відношення радіуса кривошипа валу до довжини шатуна (відстані між верхньою і нижньою головками шатуна));

R_a, R_b, R_0 - геометричні розміри (радіуси) відповідно мотилевої шийки головного валу, нижньої головки шатуна та корінних опор валу;

α_n, α_k - кутове положення кривошипа початку та кінця власне вирубки;

β_s - кут нахилу осі шатуна до напрямку переміщення повзуна;
 $\sin \beta_s = \lambda \cdot \sin \alpha_s$.

Другий доданок у виразі (4) враховує роботу сил тертя в напрямних повзуна при його переміщенні в межах робочого ходу.

Величина робочого ходу S_{px} залежить від товщини заготовки δ і пластичності матеріалу k :

$$S_{px} = k \cdot \delta \quad (6)$$

Коефіцієнт k змінюється в межах від 0.5 для крихких металів (загартована сталь, Д16Т, В95) до 0.8...0.9 для пластичних металів (чистий алюміній, мідь)

З наведених формул видно, що зменшити A_f можна за рахунок тривіального зменшення коефіцієнта тертя f (підвищення чистоти обробки поверхонь тертя, використання більш якісного мастила), зменшення коефіцієнта довжини шатуна (збільшення його довжини, що небажано в зв'язку із зменшенням жорсткості системи і, як наслідок, збільшенням енергії пружної деформації).

Зв'язок між необхідним переміщенням S_{px} і кутом повороту кривошипного валу $\alpha_n - \alpha_k$ носить нелінійний характер

$$S_{px} = R[\cos \alpha_k - \cos \alpha_n + \frac{\lambda}{4}(\cos 2\alpha_k - \cos 2\alpha_n)], \quad (7)$$

що дає можливість мінімізувати $\alpha_{px} = \alpha_n - \alpha_k$, забезпечивши необхідне переміщення S_{px} . Робочий кут $\alpha_{px} = \alpha_n - \alpha_k$ зменшується при наближенні α_n до $\pi/2$ і наближається до свого мінімального значення

$$\alpha_{px \min} \approx \frac{S_{px}}{R}, \quad (8)$$

де R - радіус кривошипа.

Аналітичні розрахунки за загально визнаними методиками і експериментальна перевірка ефективності зміщення початку робочого кута до майже $\pi/2$ проводилась на відкритому двох стійковому пресі зусиллям 160 кН моделі K2322. Експериментально складові витрат енергії визначались по розходу енергії стабільної величини - енергії маховика при різних режимах роботи преса [4]:

Холостий вибіг маховика при відключеному двигуні - $E_{mx} = M_{xx} \cdot n_1$
 (E_{mx} - енергія маховика при номінальній кутовій швидкості, M_{xx} - момент

холостого ходу, n_1 – кількість обертів валу до повної зупинки при включеній муфті та вимкненому двигуні).

Переведення преса з режиму одиночних ходів в режим ручного прокручування ($E_{mx} = A_{bk} + M_{xx} \cdot n_2$, A_{bk} – робота включення муфти, n_2 – кількість ходів до повної зупинки).

При виконанні технологічної операції (вирубки) рівняння балансу енергії має вигляд

$$E_{mx} = A_d + A_{np} + M_t \cdot \varphi_{px} + M_{xx} \cdot 2\pi(n_3 + n_2 - n_1),$$

A_d – робота вирубки, визначена по діаграмі зусилля-хід, отриманої при вирубці на машині TIRAtest 2300, A_{np} – робота пружної деформації преса, визначена по жорсткості преса і зусиллю зриву при вирубці, M_t – момент тертя в період робочого ходу.

Вирішення системи рівнянь дало змогу визначити E_{mx} , M_{xx} , M_t та ККД робочого ходу при двох наладках преса - $\varphi_{px} = 35^0$ (традиційна наладка для заготовки $\delta = 2,mm$ та радіусі кривошипа 17мм) та $\varphi_{px} = 10,5^0$. експериментальні ККД дорівнюють відповідно 0,57 та 0,816, розрахункові відповідно 0,53 та 0,74.

Найбільший ефект в зменшенні непродуктивних витрат енергії на тертя в період робочого ходу може бути досягнутий при виконанні преса з дезаксіалом

$\varepsilon = \frac{e}{R} = 1$. В цьому випадку робочий кут буде мінімальним і рівним $\varphi_{px} = \frac{S_{px}}{R}$,

вираз для визначення ідеального плеча крутного моменту в межах робочого кута прийме вигляд $m_k^i = R \cdot \alpha$ і плеча сил тертя в тих же межах $m_k^f = f(R_a + R_0)$.

Фактична відсутність нахилу шатуна ($\beta = 0$) в період робочого ходу дозволяє зменшити довжину шатуна (підвищити жорсткість преса та знизити витрати на пружну деформацію) до величини, яка забезпечує кут передачі тиску в ланці шатун – повзун $\gamma \geq \text{Arctg} f$, де f – коефіцієнт тертя в напрямних повзуна. При

$f = 0,15$ кут тертя $\rho = \text{Arctg} 0,15 = 8,53^0$ і $\lambda \leq \frac{\text{Cos} \rho}{1 + \text{Cos} \rho} = 0,49$. При $\lambda = 0,45$ кут

передачі тиску $\gamma = 35^0$ і шатун має прийнятну довжину $L = 2,22R$.

Крім вказаних переваг, такий метод зменшення енерговитрат в період робочого ходу має і недоліки. Перший полягає в тому, що збільшення початкового кута робочого ходу призводить до значного заходу пуансона в відхід. Даний недолік усувається зміною форми робочої частини пуансона на ступінчасту, при якій тертя по відходу буде мати місце тільки в межах ходу робочого пояска.

Зменшення величини робочого кута призводить до пропорційного збільшення робочого моменту (закон збереження енергії). Цей факт вимагає

збільшення робочого моменту муфти включення пресу. В розглянутому прикладі момент муфти необхідно збільшити в $K = 35/10,5 = 3.34$ рази.

Для забезпечення міцності правої шийки головного валу по крутному моменту необхідно в $m = \sqrt[3]{K} = 1,5$ збільшити її діаметр, що призведе до збільшення зведеного плеча сил тертя, величина якого визначиться виразом

$$m_k^f = f \left[\left(\frac{m+1}{2} \cdot R_0 \right) + R_a \right].$$

Враховуючи, що R_a більше R_0 приблизно в 1.5 рази, m_k^f збільшиться не більше, ніж на 10%.

Висновки.

1. Єдиною можливістю підвищити ККД робочого ходу вирубного преса є зменшення величини робочого кута за рахунок відповідної наладки.

2. В якості приводу преса доцільно використовувати дезаксіальний кривошипно-шатунний механізм з дезаксіалом 1.

3. Зменшення ходу повзуна (радіуса кривошипа) веде до зменшення ККД, так як збільшується робочий кут, від якого безпосередньо залежить робота сил тертя, що суперечить рекомендаціям заводів – виробників пресів з регулюємим ходом – зменшувати хід при штампуванні тонких матеріалів.

Список літератури: 1. Рей Р.І., Молятовський С.С. Ковальсько-штампувальне обладнання. Преси кривошипні. Луганськ: СНУ, 2000.-216 с.: іл 2. Аль-Сарайрех Ф.М. Енергетика робочого ходу листоштампувального кривошипного преса: Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата техн. наук. - Східноукраїнський національний ун-т ім. В. Даля.-Луганськ, 2004.-15 с. 3. О.О. Бабій, С.М. Добровлянський, О.В. Холявік, Енергетика процесу виконання розділювальних операцій на кривошипному пресі. Вісник НТУУ "КПІ", Машинобудування, 2009 р. 4. О.О. Бабій, С.М. Добровлянський. Методика визначення витрат енергії при вирубці на кривошипному пресі. Вісник НТУУ "КПІ". Машинобудування, 2010 р.

УДК 621.73, 621.777, 539.3

ДЬОМІНА Н.А., канд. техн. наук, ст. викл., Таврійський агротехнологічний університет, Мелітополь

ЄВСТРАТОВ В. О., докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»

ТКАЧУК М.А., докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУЮВАННЯ РОБОЧИХ ДЕТАЛЕЙ РОЗДІЛОВИХ ШТАМПІВ

Стаття присвячена аналізу напружено-деформованого стану пуансонів та матриць роздільних штампів та забезпеченню технологічних зазорів між ними.

Стаття посвящена аналізу напружено-деформованого стану пуансонів та матриць роздільних штампів та забезпеченню технологічних зазорів між ними.