

РАЗДЕЛ IV ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.974.4:621.73.073

Обдул Д. В.
Марусенко М. Г.
Обдул В. Д.
Широкобоков В. В.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПАРОПОВІТРЯНИХ МОЛОТІВ

Пароповітряні молоти є високопродуктивними ковальсько-штампувальними машинами для отримання заготовок методами об'ємного пластичного деформування.

Сьогодні значну кількість всіх штампованих поковок в машинобудуванні отримують на пароповітряних штампувальних молотах. Завдяки простоті конструкції, широкому діапазону і легкості керування силою удара вони на протязі десятиліть являються одними з основних машин ковальських цехів.

Суттєвим недоліком молотів є невеликий термін служби штоків [1, 2].

Працездатністю штоків молотів займаються давно, як в науково-дослідних установах, так і на заводах.

Відомі наступні методи підвищення терміну роботи штоків: покращення умов експлуатації, підбір матеріалу штоків, оптимізація конструкції штоків, оптимізація вузла з'єднання штока з бабою.

До першої групи відносяться різного роду експлуатаційні заходи, а саме:

- підігрівання перед початком роботи нижньої частини штоку до 200–300 °С;
- підвищення вимог до регулювання направляючих та встановлення штампів з дотриманням старанного центрування їх відносно головної вісі молота;
- нормування розташування ривчаків таким чином, щоб штампування в ривчаках, яке вимагає значної сили удару відбувалося з мінімальним ексцентриситетом прикладання зусилля, оскільки напруження згинання, які виникають при ексцентричному ударі можуть досягати 480–530 МПа, що перевищує допустимі значення [3].
- заміна латунної прокладки в конусному з'єднанні штока з бабою в момент припинення деформації прокладки;
- переточування конусного кінця штока, запресованого в бабу та ін.

Друга група тривалий час представляла собою основний напрям наукових і дослідних робіт по підвищенню працездатності штоків. До цього напрямку відносяться наступні методи:

- відповідний підбір матеріалу штока (хімічний склад та фізико-механічні властивості) і його термічна обробка [4];
- поверхневе зміцнення (гартування, обкатування роликком, обробка дробом, тощо);

Третя група заходів включає:

- застосування штоків з потовщеним нижнім кінцем, запресованим в бабу;
- застосування порожнистих штоків з труб або з глухою порожниною [5].

Четверта група направлена в першу чергу на зменшення напружень як в самому штоці, так і у місці з'єднання штока з бабою. Дослідження, проведені свого часу Унксовим Е. П., Тарко Л. М. і ін. показали, що при швидкості удару 6 м/с напруження в штоці досягають 750 МПа і не залежать від маси поршня. В порівнянні з межею міцності сталей, які використовуються для штоків, виявляється що несуча можливість штока вичерпана. Оскільки швидкість

баби при нанесенні ударів максимальної сили досягає 8–8,5 м/с, виникаючі при цьому напруження будуть перевищувати межу міцності. [6] При цьому ці напруження знакозмінні, повільно затухаючі, частота поздовжніх коливань відносно висока і складає приблизно 270 Гц. [3]

Фактором, який би суттєво зменшив напруження, які виникають в штоці, може бути зменшення жорсткості штока і вузла з'єднання штока з бабою, з одночасним збільшенням демпфуючих властивостей вузла. Для цього пропонується встановлення неметалевих [1], товстих чавунних [7] втулок або рухоме з'єднання [8].

Для запобігання виникненню згинаючих напружень деякі автори рекомендують вносити в конструкцію вузла зміни, які повністю виключили б згинання штока в місці запресовування, яке могло б привести до навантаження вузла тільки повздовжніми силами [9].

Метою даної роботи є запропонування конструкції з'єднання шток-баба, яке може запобігти збільшенню напружень, що виникають в штоці, і практично повністю запобігають появі згинаючих напружень в штоці [10].

В основу пропонованої конструкції покладено явище втрати повздовжньої стійкості гнучкими тонкими стрижнями за залежністю Ейлера. Під дією повздовжніх зусиль в волокнах виникає прогин, який описується залежністю (1):

$$\omega(z) = A \cdot \sin \frac{n \cdot \pi \cdot z}{l}, \quad (1)$$

де $\omega(z)$ – поточне значення стріли прогину, мм;

$A = \omega_{\max}$ – максимальне значення стріли прогину, мм;

l – довжина вільної ділянки стрижня, мм;

n – кількість напівхвиль синусоїди, які можуть виникнути на довжині стрижнів.

Критична повздовжня сила, після якої тонкий стрижень втрачає стійкість, як відомо [11], може бути визначена за відомою формулою Ейлера:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{l^2}, \quad (2)$$

де E – модуль Юнга матеріалу стрижнів; для сталі він складає $2 \cdot 10^5$ МПа;

I – момент інерції площі перетину одного стрижня;

l – вільна довжина стрижня, м.

Стрижень тонкий і напруги які в ньому виникають не перевищують межі пропорційності, тобто матеріал тонкого стрижня повністю слідує закону Гука. На рис. 1 представлена розрахункова схема стрижнів штока.

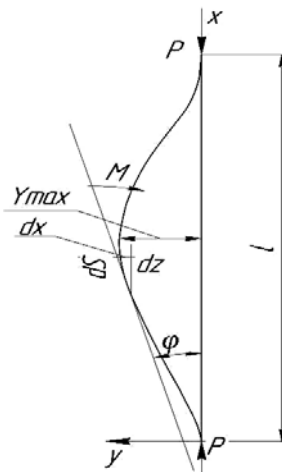


Рис. 1. Розрахункова схема навантаження тонкого стрижня штоку при центральному ударі

Маючи на увазі центральне навантаження молота при нанесенні удару, диференціальне рівняння пружної лінії стрижнів буде мати наступний вид (3):

$$\frac{1}{\rho} + k^2 y = 0, \quad (3)$$

де $\frac{1}{\rho}$ – кривизна дуги вигнутого тонкого стрижня, яка дорівнює:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d\theta}{dS},$$

де θ – кут нахилу дотичної до пружної лінії стрижня; dS – прирощення довжини дуги. Зважаючи, що:

$$\sin \theta = 2 \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2},$$

після диференціювання по куту θ , рівняння (3) будемо мати:

$$\frac{d^2\theta}{dS^2} = -2k^2 \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} dS. \quad (4)$$

Рішенням цього рівняння є еліптичний інтеграл:

$$k \cdot S = \int_0^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-m^2 \sin^2 \varphi}} - \int_0^{\varphi} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-m^2 \sin^2 \varphi}}, \quad (5)$$

де m – довільна постійна;

$$\sin \varphi = -\frac{1}{m} \sin \frac{\theta}{2}. \quad (6)$$

$$k = \sqrt{\frac{P}{EJ}},$$

тут J – мінімальний момент інерції перетину тонкого стрижня.

В середній частині волокна, за умови симетрії, $S = \frac{l}{2}$, $\theta = 0$, а поточне значення стріли прогину буде максимальним (7):

$$J_{\max} = \frac{kl}{2} = \int_0^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-m^2 \sin^2 \varphi}}. \quad (7)$$

Якщо звернутись до рис. 1, то:

$$dx = \cos \theta \cdot dS;$$

$$dy = \sin \theta \cdot dS.$$

Після інтегрування і незначних спрощень поточні координати дуги прогину в параметричній формі будуть такими (8):

$$x = -\frac{2}{k} \int_{\varphi_0}^{\varphi} \sqrt{1-m^2 \sin^2 \varphi} \cdot d\varphi - S; \quad (8)$$

$$y = \frac{2m}{k} \cos \varphi.$$

$$A \ y_{\max} = \frac{2m}{k}, \text{ при } S = \frac{l}{2}; \varphi = 0.$$

Рівняння (8) дають можливість визначити величину максимального прогину тонких стрижнів в залежності від сили удару молота. Для рішення рівняння (8) створені таблиці еліптичних інтегралів [12] за допомогою яких можна знайти стрілу прогину.

Залежність у відносних одиницях y_{\max} від сили удару представлена на рис. 2.

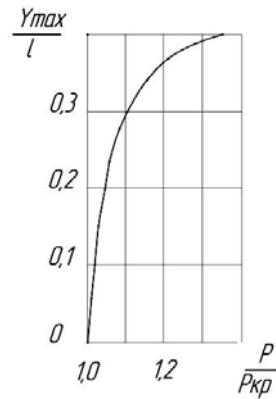


Рис. 2. Залежність величини відносного прогину від поточного зусилля удару

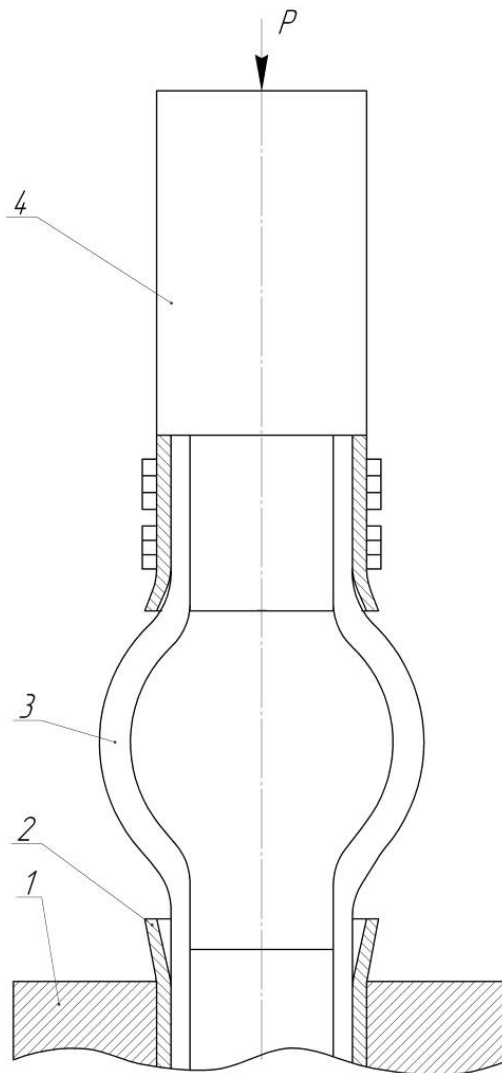


Рис. 3. З'єднання штока з бабою за допомогою тонких гнучких смуг:
1 – баба; 2 – втулка направляюча; 3 – тонка гнучка смуга; 4 – шток

Гнучке з'єднання баби зі штоком може бути виконане як з використанням тонких, гнучких стрижнів (волокон) [11], так і з використанням набору тонких, гнучких смуг (див. рис. 3).

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз з'єднання штока з бабою, який може забезпечити високу стійкість штока. Запропонована нова конструкція з'єднання, яка може забезпечити високу стійкість штока при одночасному зниженні напружень, які виникають в штоці як при вісесеметричному, так і при ексцентричному навантаженнях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Недоповз Т. Я. Результаты исследований упругих соединений штока с бабой паровоздушных молотов / Т. Я. Недоповз // Повышение качества, надежности и долговечности кузнечно-прессовых машин : сб. науч. трудов. – Москва : НТО «Машистрой», 1966. – Т. II. – № 4.
2. Плескач Б. В. К расчету на динамическую прочность некоторых базовых узлов уникальных штамповочных молотов / Б. В. Плескач, Е. И. Михайличенко // Кузнечно-штамповочное производство. – 1986. – № 2. – С. 10–12.
3. Исследование напряжений в штоке штамповочного молота с м.п.ч. 16 Т / М. С. Коган, В. И. Утробин, О. Г. Власов, А. Н. Охотников, В. К. Шевцов, А. П. Васяк, В. П. Варламов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1975. – № 11. – С. 54–59.
4. О соединении поршня паровоздушного молота со штоком / М. С. Коган, О. Г. Власов, И. П. Гукин, А. П. Васяк, Н. В. Фомичев // Кузнечно-штамповочное производство. – 1972. – № 4. – С. 26–28.
5. Пойменов И. А. Теоретические и экспериментальные исследования напряжений в штоках паровоздушных штамповочных молотов : автореф. на соискание ученой степени канд. тех. наук / И. А. Пойменов. – Москва, 1970. – 16 с.
6. Живов Л. И. Кузнечно-штамповочное оборудование. Молоты. Ротационные машины. Импульсные штамповочные устройства / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников. – Киев : Вища школа, 1972. – 280 с.
7. Проблемы совершенствования штамповочных молотов / Ю. А. Бочаров, О. Г. Власов, М. С. Коган, Ю. А. Зимин, Ю. А. Хорычев, В. П. Салов, А. Я. Некрылов, Б. А. Кирничев // Кузнечно-штамповочное производство. – 1975. – № 2. – С. 30–32.
8. Левандовский В. Ф. О конструкции штамповочного молота с подвижным соединением штока и бабы / В. Ф. Левандовский, Е. С. Корчак // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : тематичний збірник наукових праць. – Краматорськ–Хмельницький, 2002. – С. 68–73.
9. Равнопрочный шток молота при ударе о жесткую преграду / Л. Л. Роганов, А. Н. Обухов, Т. В. Кириченко, Р. А. Кравченко // Удосконалення процесів і обладнання обробки металів тиском в металургії і машинобудуванні : тематичний збірник наукових праць. – Краматорськ, 2007. – С. 301–305.
10. А. с. 959920 СРСР МКИ³ В 22 F 3/02, В 30 В 12/00. Установка для динамического прессования порошка / В. Д. Обдул, В. И. Дубина, А. В. Сырко. – Опубликовано. 23.09.82, Бюл. № 35.
11. Писаренко Г. С. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – Київ : Наукова думка, 1975. – 704 с., ил.
12. Беляков В. Л. Таблицы эллиптических интегралов. Т. I. / В. Л. Беляков, Р. И. Кравцова, М. Г. Раппопорт. – Москва : АН СССР, 1962. – 150 с.

Обдул Д. В. – інженер ЗНТУ;

Марусенко М. Г. – магістр ЗНТУ;

Обдул В. Д. – канд. техн. наук, доц. ЗНТУ;

Широкобок В. В. – канд. техн. наук, доц. ЗНТУ.

ЗНТУ – Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя.

E-mail: shirokobokov_vit@mail.ru