

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ УСТАТКУВАННЯ ТА  
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ШТАМПУВАННЯ З КРУЧЕННЯМ**

Робота відноситься до технології штампування з крученням. Технологія може бути реалізована за наявності відповідного устаткування, обладнання та інструменту. Наведено значну частину відомих конструкцій. Вони є спеціалізованими, універсальними, які можуть здійснювати комбіновані та звичайні режими навантаження. Розглянуто кривошипні, гвинтові, гідравлічні преси, механічні пристрої для штампування на пресах з поступальним переміщенням повзуна, конструкцію штамп. Виконаний аналіз дав можливість визначити їх переваги та недоліки і, тим самим, запропонувати область застосування. Увага зверталась на силові та енергетичні параметри, функціональні можливості та універсальність. Обмежений обсяг роботи не дає можливості наведення повного переліку відомих конструктивних рішень, але розглянуті в роботі конструкції дають уявлення про стан вирішення цього питання.

Ключові слова: штампування з крученням, кривошипні, гвинтові, гідравлічні преси, пристрої, штамп.

V.L. MARCHENKO  
Khmelnytsky National University

**COMPARATIVE ANALYSIS AND EQUIPMENT EQUIPMENT STAMPING TORSION**

The work relates to the technology of punching torsion. The technology can be implemented with the appropriate equipment, machinery and tools. A significant part of the known structures. They are specialized, universal, which can carry a combined load and normal modes. Considered crank, screw, hydraulic presses, mechanical devices for stamping on presses with forward movement of the slide, stamp design. The analysis made it possible to identify their strengths and weaknesses and thus offer scope. Attention was drawn to the power and energy parameters, functionality and versatility limited amount of work makes it impossible to restore full range of design solutions known but considered in the design give an idea about the state of this issue.

Keywords: punching of torsion, crank, screw, hydraulic presses, devices, dies.

**Вступ**

Технологія штампування з крученням відома досить давно, але на даний час не знайшла широкого розповсюдження, хоча має певні очевидні переваги. Це зниження зусилля деформування та поліпшення механічних властивостей поковок. Причиною цього є складність в реалізації технології, яка вимагає наявність устаткування, обладнання та оснастки.

**Постановка задачі**

Метою даної роботи є виявлення та аналіз відомих конструкцій, що допоможе розв'язати цю задачу.

**Основна частина**

Відомо декілька типів устаткування для штампування з крученням. Окрім лабораторних установок, призначених для проведення наукових досліджень і не придатних для виробничого використання, створено конструкції гідравлічних, гвинтових та кривошипних пресів. Внаслідок складності кінематики робочого органу ускладнюється і кінематична схема самих пресів, що дозволяє віднести їх до спеціальних.

В роботах [1–4] описуються конструкції кривошипних пресів, в яких для надання робочому органу преса – штампоутримувачу обертального руху – використано гвинтовий механізм, спроможний передавати великі моменти та перетворювати поступальний рух в обертальний. В цьому механізмі штампоутримувач жорстко з'єднаний з гвинтом, що рухається під дією шатуна преса та створює гвинтову несамогальмівну пару з гайкою, яка вмонтована в повзуні преса і разом з ним теж здійснює поступальний рух. Для забезпечення незалежних рухів повзуна з гайкою та гвинта в конструкціях застосовуються додаткові кривошипно-шатунні механізми чи механізми з більш складною структурою. При чому додаткові кривошпили повернені відносно центрального на певний кут. Обертання гвинта досягається за рахунок попереджувального руху гайки відносно гвинта.

Технологічний параметр – відношення кутової та поступальної швидкостей інструмента визначається відношенням швидкостей поступального переміщення гайки  $v_e$  та гвинта  $v_g$ .

Конструкції, описані в роботах [5, 6], створено з метою отримання якомога більшого відношення кутової та поступальної швидкостей на заключному етапі штампування (рис. 1).

Ці конструкції дійсно забезпечують значення співвідношення  $v_e/v_g$  в межах робочого кута  $2,5 \leq \alpha \leq 12^\circ$ , яке досягає восьми і більше. Але, якщо цей показник видається авторами як досягнення, це не зовсім вірно. Як виходить з результатів розглянутих робіт, існує оптимальне значення співвідношення, при якому знижується зусилля деформування. Перевищення цього значення призводить до інтенсивного збільшення роботи, але мало впливає на величину зусилля.

Окрім того, співвідношення швидкостей є величиною незмінною для преса, хоча повинно мати різні значення в залежності від розмірів заготовки.

Повний кут повороту інструмента за один оберт кривошипного вала визначається конструкцією

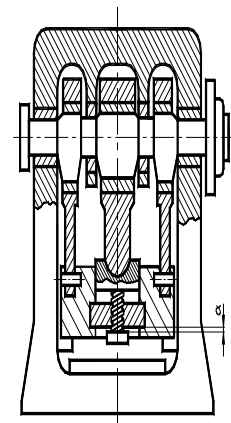


Рис. 1. Конструкція кривошипного преса для штампування з крученням

виконавчого механізму, розмірами його елементів і є величиною обмеженою: це звужує область застосування преса.

Одним з найбільших недоліків конструкції є наявність декількох кривошипів, повернутих на певний кут. В період штампування додаткові кривошипи повернуті відносно нижнього положення на кут, більший робочого. Тому для подолання корисного навантаження, яким є переміщення гайки, до них необхідно прикласти значний момент. Враховуючи, що осьове зусилля, яке забезпечує поворот гвинта, не значно відрізняється від осьового зусилля деформування заготовки, момент на додаткових кривошипах може перевищувати момент на центральному кривошипі, що вимагає збільшення потужності приводу.

В роботі [4] наведена конструкція кривошипного преса, в якому штампоутримувач столу має можливість здійснювати обертальний рух. Прес обладнаний механічною передачею, що пов'язує кривошипний вал преса з штампоутримувачем столу. Механічна передача виконана у вигляді трьохступеневого редуктора.

До недоліків преса можна віднести наступні. Як і в попередньому випадку технологічний параметр – відношення швидкостей обертального і поступального руху – є величиною незмінною для будь-якої заготовки. Конструкція не враховує реальних величин навантажень. Зубчасті передачі, які застосовуються в конструкції для повороту заготовки, по умові міцності не забезпечать необхідний обертальний момент. Штамп впирається на підшипник. Але для реальних навантажень відсутні підшипники, які могли б їх сприйняти. За цих причин наведена конструкція є непрацездатною і не застосовується на виробництві.

Однак, ця конструкція має недолік, який полягає в тому, що при оптимальних для гвинтових пресів кутах нахилу витків гвинтової пари відношення кутової швидкості  $\omega$  до лінійної швидкості повзуна  $v$  мало, що не забезпечує ефективності штампування з крученням.

З метою збільшення відношення  $\omega/v$  в столі преса може бути влаштований гідравлічний циліндр, з'єднаний з баком за допомогою дроселя, на плунжері якого закріплена підштамова плита. Однак дроселювання рідини з гідроциліндра приводить до більших втрат енергії, що різко знижує коефіцієнт корисної дії преса і ефективність штампування з крученням. При забезпеченні оптимальних параметрів штампування з крученням 2/3 енергії поступального переміщення губиться в дроселі.

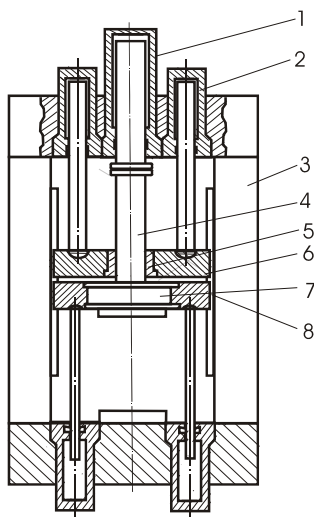


Рис. 3. Конструкція гідравлічного преса

Для зниження втрат енергії при дроселюванні рідини запропонована конструкція преса, розробленого на базі гвинтового дугостаторного преса [6]. В пресі забезпечується задане відношення швидкостей поступального і обертального рухів інструмента і в той же час відсутні енергетичні втрати, пов'язані з дроселюванням рідини.

Хоча наведені конструкції дозволяють виконувати штампування з крученням, досягти оптимальних параметрів дуже важко. Зусилля, яке створюється пресом, залежить від багатьох параметрів. Серед них можна назвати швидкість повзуна, точно визначити яку складно. В залежності від розмірів заготовки змінюється і робота деформування, а значить, і швидкість повзуна. При цьому змінюється і швидкість руху плунжера разом зі штампом та відносна швидкість поступального і обертального рухів відносно заготовки.

Запропонована авторами роботи [7] конструкція іншого преса дозволяє змінювати відношення  $\omega/v$  при переході з однієї поковки до іншої. Задане відношення забезпечується підбором шестерень. З метою зниження моменту, який передається на корпус преса, в роботі [8] шток пропонується виготовляти з двома ділянками гвинтової нарізки з різним напрямком. Нарізки призначені для переміщення штоку преса і обертання штампа.

Спільними недоліками гвинтових пресів для штампування з обертанням інструмента є наступні. Преси не призначені для процесів, де хід повзуна не обмежений (осадка, видавлювання). Вони дозволяють створювати момент сил тертя та осьове зусилля тільки в певному співвідношенні, яке визначається кутом нахилу гвинтової нарізки, що в більшості випадків не забезпечує оптимальних параметрів штампування.

Конструкції гідравлічних пресів описано в роботах [9-11]. Типова конструкція пресу показана на рис. 3. Прес містить центральний гідроциліндр 1, додаткові гідроциліндри 2, які закріплені на станині преса 3. Шток центрального гідроциліндра 4 має гвинтову нарізку з несамогальмівною різьбою по якій він спряжений з гайкою 5, жорстко закріпленою в додатковій рухомій траверсі 6. Штампотримувач 7 жорстко зв'язаний з штоком і може здійснювати обертальний рух в повзуні преса 8.

Шток зі штампом та додаткова траверса здійснюють рух під дією окремих гідроприводів. Обертання відбувається завдяки різним швидкостям руху траверси і штоку преса. При чому включення гідроприводу додаткової траверси здійснюється при досягненні зусиллям деформування певної величини.

В гідравлічному пресі запропонованому і в роботі [11], момент початку обертання інструмента визначається положенням упорів, які

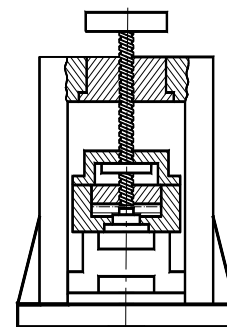


Рис. 2. Гвинтовий прес для штампування з крученням

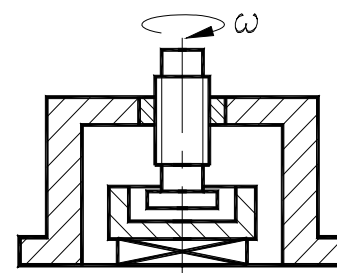


Рис. 4. Штамп для видавлювання з крученням

встановлені в направляючих станини між верхньою нерухомою траверсою і додатковою рухомою. Співвідношення швидкостей поступального і обертального рухів задано параметрами різьби.

Основними недоліками пресів є незмінна швидкість додаткової траверси, що приводить до постійної кутової швидкості штампу на протязі деформування. Це не забезпечує оптимальних параметрів штампування. Оптимальне співвідношення кутової та обертальної швидкостей залежить від зусилля деформування та розмірів заготовки, які змінюються.

Питанню розробки спеціалізованих конструкцій інструмента, які найбільш повно враховують особливості деформування з крученням, досі приділялося недостатньо уваги. Існує думка про те, що при цьому достатньо використовувати традиційні конструкції інструмента]. Хоча цими ж дослідниками пропонується спеціальна конструкція штампа. Штмп містить зовнішню обойму, яка має можливість обертання відносно осі штампа. Обертання обойми не заважає обертанню заготовки, завдяки чому знижується технологічне зусилля та виникають деформації, які рівномірно розподілені по висоті.

Штмп для видавлювання з крученням (рис. 4) наведено в роботі [12]. Конструкція має більше ознак пристрою і призначена тільки для експериментальних досліджень. Пристрій, що дозволяє виконувати штампування з обертанням інструмента на пресах з поступальним переміщенням повзуна описано в роботі [13].

Пристрій складається з гвинта і гайки-тумби (рис. 5).

Гайка-тумба приєднується до повзуна преса і здійснює разом з ним поступальний рух. Обертання гвинта виникає при відносному їх переміщенні завдяки наявності гвинтової нарізки. Параметри різьби вибираються з тією умовою, щоб виникаючий в різьбовому з'єднанні обертальний момент був врівноважений реактивним моментом, який діє на контактній поверхні. Однак, в цьому пристрої зусилля деформування повністю сприймається різьбою гвинтового з'єднання і обмежене його міцністю, а параметри різьби призначаються у відповідності з розмірами конкретної заготовки і не можуть бути ефективно використані для іншої деталі.

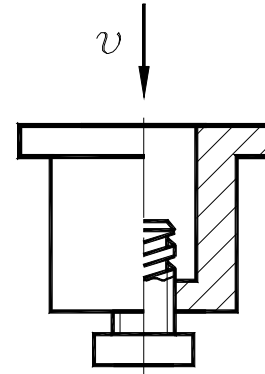


Рис. 5. Пристрій для штампування з крученням на пресах з поступальним переміщенням повзуна

Окрім цього, не передбачено можливість створення попереднього тиску на заготовку, без чого пристрій може працювати тільки в умовах заклинювання. Наявність певного співвідношення між моментом і осьовим зусиллям, яке зумовлене кутом нахилу гвинтової нарізки, обмежує межі ефективного застосування пристрою.

В роботі [14] наведено конструкцію пристрою, яка заснована на тому, що зусилля деформування розподіляється між механічною частиною і гідросистемою а співвідношення осьової та обертальної швидкостей є змінною величиною, яка залежить від зусилля деформування.

Пристрій призначений для штампування на пресах з великою міжштамповою відстанню та ходом повзуна і може бути використаний на гідравлічному та гвинтовому пресах. Конструкція виконана у вигляді автономної замкненої гідросистеми, яка не вимагає додаткового приводу, та системи керування роботою виконавчих елементів.

Принципова схема пристрою показана на рис. 6. Пристрій має суттєві переваги над описаними раніше. Тому розглянемо його дещо детальніше.

В ньому можна виділити дві основні частини: механічну, яка безпосередньо виконує деформування заготовки і гідравлічну систему, яка забезпечує потрібні силові і кінематичні параметри деформування.

Механічна частина пристрою вміщує корпус 1 з виконаним в ньому силовим гідроциліндром ЦС з поршнем ПЦ, посадженим на гвинт 2, та спряженою з ним гайкою 3, яка жорстко закріплена в корпусі. Корпус спирається на пружини 4, 5 і може поступально переміщуватись в направляючих 6, 7, закріплених в основі пристрою 8. Кількість направляючих та пружин назначається з конструктивних міркувань і може відрізнятись від вказаної. Для запобігання перекосу при деформуванні заготовки гвинт спряжений з плитою 9, яка може здійснювати рух в направляючих 6, 7. Гідроциліндр ЦС з'єднаний з гідроакумулятором ГА через трубопровід посередньо прямого ЗК та зворотного КЗ гідроклапанів.

Пристрій працює наступним чином.

В початковому стані гвинт 2 разом з поршнем ПЦ під тиском рідини, створеним гідроакумулятором ГА, займає крайнє нижнє положення. Разом з повзуном преса, який здійснює робочий хід, корпус 1 сумісно с гідроциліндром ЦС і гвинтом 2 переміщуються з однаковою швидкістю до контакту з заготовкою.

З цього моменту швидкість гвинта стає рівною швидкості деформування заготовки, а корпус 1 разом із гайкою продовжують рухатись із швидкістю повзуна. Тиск рідини в гідроциліндрі підвищується. На певному етапі цей тиск протидіє відносному переміщенню гвинта 2 та гайки 3, а деформування відбувається без обертання інструмента. Це дозволяє зменшити необхідну довжину гвинта, створити попередній тиск на поверхню заготовки, який забезпечує виникнення зсувних навантажень при обертанні інструмента.

Крім того, наявність тиску в гідроциліндрі приводить до того, що гідросистема сприймає суттєву частину зусилля штампування, і навантаження на різьбове з'єднання обумовлене, головним чином,

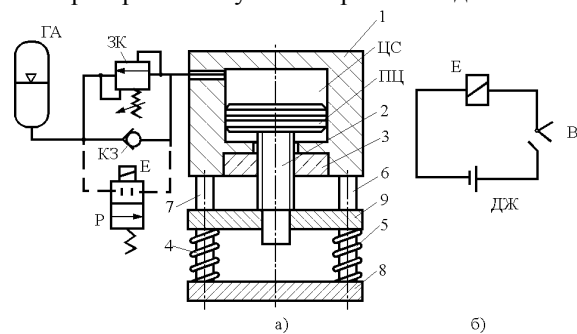


Рис. 6. Принципова конструкція одноциліндрового пристрою –а; можлива електрична схема – б

необхідністю створення обертального моменту.

В разі досягнення тиском рідини в гідроциліндрі певного, наперед заданого значення, гідроклапан ЗК відчиняється, рідина переходить з гідроциліндра через трубопровід та зворотній гідроклапан КЗ в гідроакумулятор ГА, гвинт 2, здійснюючи переміщення відносно гайки 3, обертається і через інструмент передає обертальний момент заготовці.

Після закінчення штампування гідроциліндр ЦС завдяки наявності пружин 4, 5 переміщується в направляючих колонках, а під дією тиску гідроакумулятора ГА поршень ПЦ сумісно з гвинтом 2 повертається в вихідне положення, а рідина з гідроакумулятора ГА через трубопровід і зворотній гідроклапан КЗ повертається в гідроциліндр ЦС.

Як видно з рис. 6, відстань між інструментом, закріпленим на гвинті, і заготовкою значно менша за міжштампову відстань, що може викликати незручності при розміщенні заготовки в штампі. Ці незручності можна певною мірою усунути, якщо гвинт буде повертатись в вихідне положення не одразу після закінчення штампування, а після розміщення нової заготовки в штампі.

Для досягнення цього режиму роботи пристрою зворотній гідроклапан КЗ необхідно замінити на гідророзподільник Р, а гідравлічну систему доповнити електричною. Можлива електрична схема показана на рис.6, б.

Схема складається з джерела живлення ДЖ, вимикача В, магніта гідророзподільника Е. На протязі штампування вимикач В виключений і завдяки гідророзподільнику Р трубопровід роз'єднаний а рідина переходить з гідроциліндра ЦС в гідроакумулятор ГА тільки через гідроклапан ЗК. Після повернення корпусу 1 в верхнє положення і розміщення нової заготовки в штампі вимикач В включається. Гідророзподільник Р з'єднує трубопровід і гвинт повертається в попередній стан.

При подальшому вимкненні вимикача гідророзподільник роз'єднує трубопровід і пристрій підготовлений для штампування. Пристрій досить простий, але має певні недоліки. Насамперед, це велика висота пристрою, що обмежує його застосування. Крім того, все зусилля сприймається гвинтом пристрою, що знижує його міцність, а наявність поршня зменшує зносостійкість гідроциліндра.

### Висновки

Наведені конструкції свідчать про те, що не існує обладнання, яке задовольняло би всім вимогам виробництва. Вибір устаткування та оснастки повинен вибиратися з огляду конкретних умов. З погляду економічності, універсальності та енергетичних витрат переваги має пристрій, наведений на рисунку 6.

### Література

1. А. с. 1368192 СССР, МКИ В 30 В1/26. Кривошипный пресс для штамповки с кручением / О.А. Ганаго, В.Н. Субич, Б.А. Степанов (СССР). – Заявлено 15.06.87 ; опубл. 03.88.1988. – Бюл. № 9. – 2 с.
2. А. с. 1276521 СССР, МКИ В 30 В1/26. Кривошипный пресс для штамповки с кручением / О.А. Ганаго, А.М. Гришков, В.Я. Головин (СССР). – Заявлено 23.04.82 ; опубл. 12.86. – Бюл. № 46. – 2 с.
3. Степанов Б.А. Исследование исполнительных механизмов механических прессов для штамповки методом осадки с кручением / Б.А. Степанов, В.С. Лизунов // Обработка металлов давлением в автомобилестроении. – М. : МАИ. 1984. – С. 120–128.
4. А. с. 986053 СССР, МКИ В 30 В1/06. Кривошипный пресс / О.А. Ганаго, В.Н. Субич, Б.А. Степанов (СССР). – Заявлено 12.05.81 ; опубл. 12.82. – Бюл. № 48. – 3 с.
5. Субич В.Н. Влияние жесткости кривошипных прессов на технологические параметры штамповки с кручением / В.Н. Субич // Машины и автоматизация кузнечно-штамповочного производства. – М., 1998. – С. 32–38.
6. Совершенствование конструкций винтовых прессов с вращающимся инструментом / Б.А. Степанов, А.В. Сафонов, В.Н. Субич, И.А. Церна // Обработка металлов давлением в автомобилестроении. – М., 1980. – С. 144–151.
7. А. с. 556053 СССР, МКИ В 30 В1/18. Винтовой пресс для штамповки с кручением / Ю.А. Бочаров, А.В. Сафонов, О.А. Ганаго, В.Н. Субич, Б.А. Степанов (СССР). – Заявлено 13.06.75 ; опубл. 04.77. – Бюл. № 16. – 3 с.
8. А. с. 1249816 СССР, МКИ В 30 В1/18. Винтовой пресс. – 1986. – Бюл. № 29 (не подлежит опубликованию).
9. А. с. 916341 СССР , МКИ В 30 В1/18. Гидравлический пресс / О.А. Ганаго, В.Н.Субич, Б.А. Степанов (СССР). – Заявлено 29.05.80 ; опубл. 03.82. – Бюл. № 12. – 2 с.
10. А. с. 706173 СССР, МКИ В 30 В1/18. Гидравлический пресс / О.А. Ганаго, В.А. Паршин, А.В. Сафонов, Б.А. Степанов, В.Н. Субич (СССР). – Заявлено 25.07.78 ; опубл. 10.79. – Бюл. № 48. – 3 с.
11. А. с. № 1117228 СССР. Пресс для штамповки с кручением. – 1984. – Бюл. № 37.
12. Шнейберг А.М. Силовые параметры обратного выдавливания вращающимся пуансоном / А.М. Шнейберг, М.К. Сергеев, И.Л. Зайцева // Известия вузов. Машиностроение. – 1986. – № 2. – С. 128–132.
13. Леванов А.Н. Технологическая эффективность осадки и штамповки с активным действием сил трения / А.Н. Леванов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1995. – № 2. – С. 6–8.
14. Патент 35671 Україна МКІ В21D22/08. Пристрій для штампування з крученням / Марченко В.Л., Шамарін Ю.Є., Вовк В.П., Ковтун В.В., Аль-Равашдех М.А. – Бюл. № 3. – 3 с.