

**ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ
ДОВГОВІЧНОСТІ ВИРУБНИХ ШТАМПІВ**

В роботі розглянуті основні напрямки підвищення довговічності штампного інструменту при листовому штампуванні. Приведений аналіз способів обробки поверхонь робочих частин штампів. На основі експериментальних даних показано, що алмазне вигладжування дає підвищення зносостійкості пуансонів порівняно із шліфуванням. Обґрунтована доцільність комплексного застосування різних методів підвищення довговічності робочих частин штампів. Застосування хіміко-термічних методів дозволяє проводити найбільш ефективно зміцнення внутрішніх контурів матриць, які інтенсивно піддаються зношуванню.

Ключові слова: течія металу, деформації, видавлювання, матриця, пуансон, штамп, робоча поверхня, зношування

*Y.V. SAVITSKY
Khmelnytsky National University*

TECHNOLOGICAL METHODS TO INCREASE DURABILITY OF BLANKING DIES

In this work the basic directions of increasing longevity stamping tool for stamping sheet. The analysis methods of surface treatment work pieces stamps. Based on experimental data show that diamond burnishing allows increasing durability of punches compared to grinding. The expediency of complex use of different methods to increase the durability of working parts stamps. The use of chemical and thermal methods allows for the most effective strengthening internal circuits matrices are extensively exposed to wear.

Keywords: matrix, punch, stamping, work surface, wear

Постановка проблеми. Листове штампування є широко поширеним і досить прогресивним різновидом технології обробки металу тиском. Використовуючи, листове штампування можна виготовляти велику номенклатуру найрізноманітніших плоских і просторових деталей. Листове штампування знаходить застосування у всіх галузях виробництва, пов'язаних з виготовленням металевих деталей, особливо велике застосування воно знаходить у таких галузях, як авто-, тракторо- та літакобудування, в оборонній промисловості, приладобудуванні, при виготовленні предметів домашнього ужитку і т. д.

Аналіз останніх досліджень. Зміна механічних, а іноді і фізико-хімічних властивостей металу в процесі його пластичного деформування відкриває додаткові можливості (понад технологічних і конструктивних можливостей листового штампування) створення максимально полегшених конструкцій при заданій їх міцності і жорсткості. Створюються абсолютно нові способи штампування, наприклад вибухова й електромагнітна; докорінно змінюються звичайні способи штампування введенням, наприклад, диференційованого нагріву заготовки; створюються машини, що відкривають нові технологічні можливості, наприклад для давильних робіт з потоншуванням заготовки і т. п. У цих умовах особливо актуальною стає задача удосконалення технології проектування розділювальних штампів, що дає мінімальні трудомісткість і собівартість виготовлення заданих деталей при найкращій їх якості.

Виділення невирішеної раніше частини загальної проблеми. Проаналізувавши основні тенденції розвитку методів інтенсифікації, теоретичного аналізу й автоматизованого проектування процесів листового штампування [1], встановлено, що основними напрямками інтенсифікації процесів листового штампування є розробка й освоєння нових методів деформування, удосконалення методів теоретичного аналізу, а також розробка й освоєння нових методик і систем автоматизованого проектування. Класифікацію методів інтенсифікації формозмінювальних процесів листового штампування можна провести по трьом способам: блокування небезпечного перерізу, зменшення радіальних напружень і зміна механічних властивостей матеріалу заготовки при деформуванні. Розробка й освоєння нових методів деформування зв'язані з великими матеріальними і часовими витратами, які не задовольняють вимогам до термінів технологічної підготовки сучасного виробництва. Методи теоретичного аналізу не враховують повною мірою усіх факторів, що впливають на напружено-деформований стан металу при штампуванні і не дозволяють прогнозувати такі важливі показники якості, як різна товщина і механічні властивості уздовж утворюючої деталі (напівфабрикату) або не дозволяють аналізувати різноманітні технологічні і конструктивні рішення через трудомісткість їхніх розрахунків. Розробка й освоєння систем автоматизованого проектування, в основу яких покладені довідкові рекомендації, приводить до призначення зайвих операцій, тому що узагальнені довідкові рекомендації не враховують особливості виготовлення різних деталей і часто виявляються наближеними. Обґрунтований вибір напрямку інтенсифікації і методики теоретичних і експериментальних досліджень процесів листового штампування порожнистих вісесиметричних деталей. Приведені фактори, що впливають на вибір і послідовність технологічних операцій у цілому.

Виклад основного матеріалу. Як напрямок інтенсифікації формозмінювальних процесів листоштампувального виробництва запропонована методика багатоваріантного проектування, в основу якої покладені узагальнені математичні і геометричні моделі для поетапного і по елементного моделювання напружено-деформованого стану, що враховують технологічні, конструктивні і експлуатаційні особливості

деталей, які штампуються, а також вплив різних граничних умов, зв'язаних з різноманітністю способів формозміни. Для теоретичного аналізу обраний кінцево-різницевий підхід, заснований на рекурентному рішенні умови статичної рівноваги виділеного елементарного об'єму металу в місці найбільшої деформації. В основу експериментальних досліджень покладені методи тензометрії для визначення енергосилових параметрів, метод координатних сіток для визначення деформованого стану і метод виміру твердості для визначення механічних властивостей деталей.

В роботі [2] в результаті досліджень робочих частин штампів, проведених у виробничих умовах, отримана порівняльна оцінка зносостійкості штампового інструменту, виготовленого з сталей малої (У8А, У10А), підвищеної (ХВГ, 9ХС) і високої (Х12М) загартованості. Стійкість інструменту встановлювалася виходячи з фактичних витрат штампів. В результаті проведених випробувань встановлено величини сумарного зносу сталевих пуансонів і матриць, виготовлених з різною вихідною шорсткістю. Видно, що знос пуансонів штампів зі сталі Х12М найменший, а шорсткість поверхонь робочих частин повинна становити: по торцях - $Ra = 1,25-2,5$ мкм, по бічних поверхнях $Ra = 0,63-1,25$ мкм. Велика величина шорсткості по торцевій поверхні пояснюється інтенсифікацією тертя, що пов'язано з необхідністю зменшення ковзання металу заготовки. Можна зробити висновок, що сліди обробки впливають на знос пуансонів і матриць у взаємно перпендикулярних перерізах (рис. 1). Найбільш сприятливий варіант "а" (рис. 1). Можна запропонувати кілька способів обробки поверхонь робочих частин штампів - хіміко-термічна обробка (ХТО), поверхневе пластичне деформування, електроерозійного легування, лазерна термообробка, а також нанесення різних зносостійких покриттів.

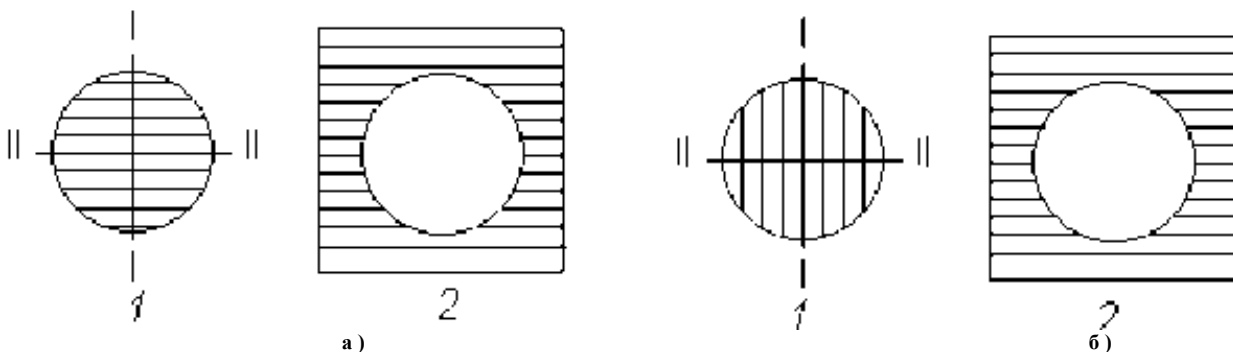


Рис. 1. Схема варіантів розташування пуансона 1 і матриці 2 залежно від слідів обробки: а – паралельне; б – перпендикулярне

В результаті алмазного вигладжування утворюється поверхню з нерівностями специфічної форми, яку можна отримати при лезових і абразивних способах обробки. Для новоствореного мікрорельєфу зміцненої поверхні характерно велике відношення кроку нерівностей до їх висоти; високий ступінь однорідності нерівностей як за формою, так і по висоті; малі кути нахилу; великі радіуси заокруглення верхин виступів і дна впадін, що визначає полого обтічну форму нерівностей. Специфічний мікрорельєф в поєднанні з високими мікротвердістю і залишковими напруженнями стиску в тонкому поверхневому шарі забезпечує істотне підвищення зносостійкості робочих частин штампів.

В результаті експериментів отримано ряд залежностей шорсткості Ra від сили вигладжування P_u , радіусу робочої частини алмаза $V_{сф}$ і подачі S (рис. 2) при вигладжуванні бічних робочих поверхонь пробивних пуансонів зі сталі У10А, термообробленою до HRC 50-55. Результати виробничих стійкісних випробувань шліфованих і вигладжуваних пуансонів при пробиванні отворів діаметром 4 мм в деталі зі сталі 20 товщиною 1,6 мм наведені на рис. 3. З отриманих результатів видно, що знос вигладжуваних пуансонів приблизно в 1,5-2,5 рази менше шліфованих. Підвищення зносостійкості пуансонів після вигладжування пояснюється зміцненням металу в тонкому поверхневому шарі, поліпшенням умов змащування та теплопроводу із зони пластичної деформації.

Дослідження робочих частин штампів з різними варіантами комбінованих покриттів (пуансон з покриттям – матриця без і навпаки; матриця і пуансон з різними покриттями) показали, що це дозволяє забезпечити рівну стійкість робочих частин штампа (скорочується число планових ремонтів в 1,5-2,0 рази) з одночасним підвищенням періоду їх стійкості в 1,5-7,0 разів (залежно від варіанту поєднання). Доцільно комплексне застосування різних методів підвищення довговічності робочих частин штампів. Застосування хіміко-термічних методів дозволяє проводити найбільш ефективно зміцнення внутрішніх контурів матриць, інтенсивно піддаються зносу. Довговічність підвищується в 2-3 рази. А використання пуансона з зносостійким покриттям в сукупності з матрицею після хіміко-термічних методів значно підвищує межу економічної ефективності штампа (до -10 тис. шт. отворів) (рис. 4). При такому поєднанні отримано найкращий результат.

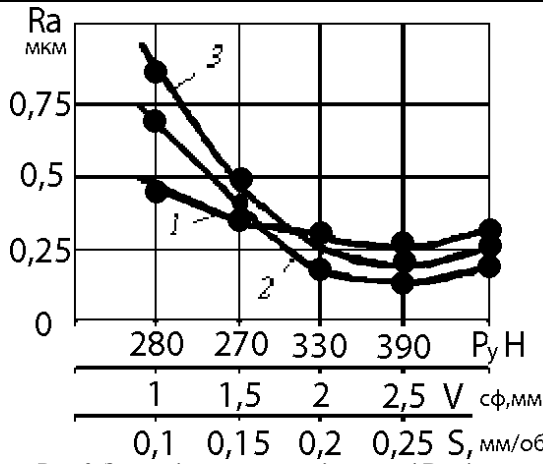


Рис. 2. Залежність шорсткості поверхні Ra від сили вигладжування P_{yH} (1), радіуса робочої частини алмаза V_{sf} (2) і подачі S (3)

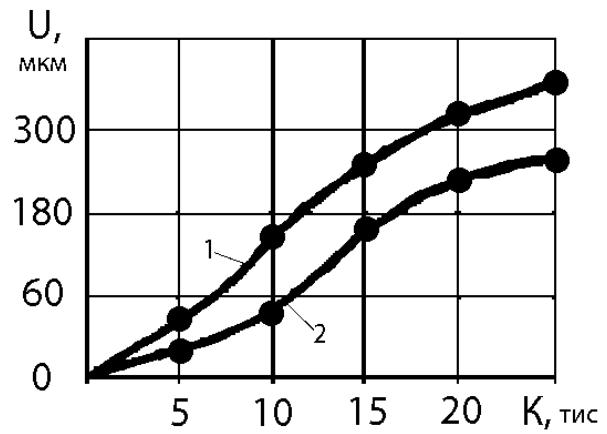


Рис. 3. Зміна лінійного зносу і пуансона в залежності від числа K пробитих отворів: 1 - шліфованих; 2 - вигладжуваних пуансонів

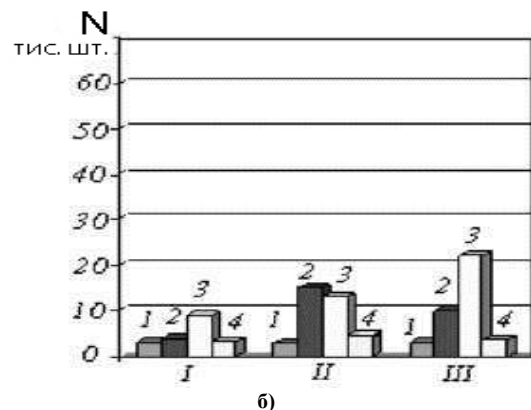
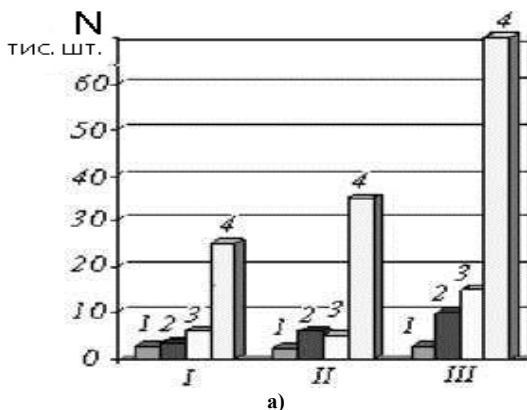


Рис. 4. Діаграми стійкості N пуансонів (а) і матриць (б) для пробивки отворів в аркушах товщиною 2,5 мм: I - сталь для глибокої витяжки; II - сталь з вмістом вуглецю 0,6%; III - конструкційна сталь із вмістом вуглецю 0,3%; 1 - без покриття; 2 - азотування; 3 - борування; 4 - покриття карбиду титану

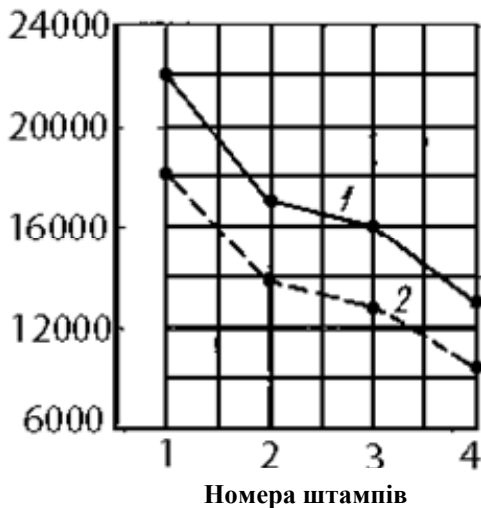


Рис. 5. Вплив травлення матеріалу на стійкість виробних штампів (матеріал – сталь товщиною 1 мм): 1 - матеріал травлений і змащений; 2 - матеріал нетравлений і змащений

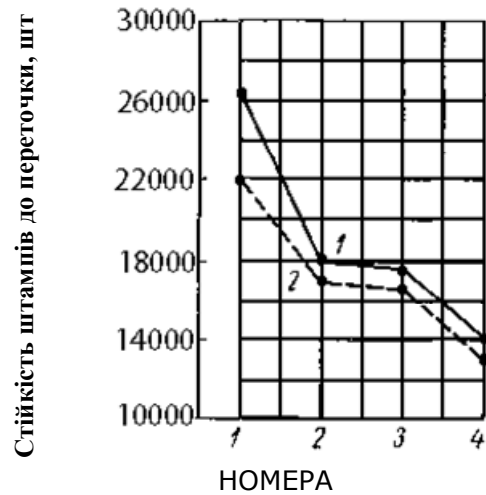


Рис. 6. Вплив мастила на стійкість виробних штампів: 1 - матеріал змащений; 2 - матеріал не змащений

З метою збереження штампів [3] від передчасного зносу необхідно застосовувати метал з чистою поверхнею. Наявність окалини або піску на поверхні заготовки викликає підвищений знос штампів. При цьому на виробних штампах знос виражається звичайно в передчасному затупленні ріжучих кромek матриці і пуансона, на формозмінних штампах – в утворенні передчасних подряпин і рисок через втирання і прилипання частинок металу до стінок матриці. Для оберігання від вищевказаних явищ матеріал або заготовку перед штампуванням необхідно піддати травленню у відповідних кислотах з подальшим промиванням в холодній і гарячій воді і нейтралізацією в лужних розчинах при температурі 60–70 °С (рис. 5, 6). Проведені дослідження [4] показують, що стійкість штампів при штампуванні травлених матеріалів (м'яка

сталь) товщиною до 1 мм на 16%, а при товщині до 1,5 мм – на 20% вище, ніж при штампуванні не травлених матеріалів.

Висновки і перспективи розвитку напрямку. При проектуванні розділювальних штампів основною задачею залишається зменшення терміну проектування, а також підвищення стійкості компонентів штампа (матриці, пуансона). Стійкість штампів можна значно підвищити технологічними методами. Стійкість пуансонів та матриць до 1,5-2 разів можна підвищити комплексними методами, які включають технологічні методи поверхневого зміцнення матеріалу. Найбільш ефективно є нанесення на поверхню пуансонів покриття нітриду титану іонно-плазмовим методом. Також слід застосовувати змащування матеріалу, що підвищує стійкість вирубних штампів в 1,3-1,7 разів.

Література

1. Бурькин В.В. Технологические методы повышения долговечности штамповой оснастки. Процессы механической обработки в машиностроении / Бурькин В.В. / Институт сверхтвёрдых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины. – К., 2009. – С. 26–36.
2. Тополянский П.А. Многократное повышение стойкости вырубных штампов / П.А. Тополянский, С.А. Ермаков // Инструмент и технологическая оснастка: методы повышения эффективности : мат. науч.-техн. семинара, 26–28 марта 2002 г. – Санкт-Петербург, 2002. – С. 24–28.
3. Зубцов М.Е. Стойкость штампов / Зубцов М.Е. – М. : Машиностроение, 1971. – 200 с.
4. РТМ 34-65. Штампы для холодной листовой штамповки. Расчеты и конструирование. – М. : Изд-во стандартов, 1966. – 270 с.

Рецензія/Peer review : 13.11.2016 р.

Надрукована/Printed : 12.12.2016 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Гордеев А.І