

УДК 621.73, 621.777

ЄВСТРАТОВ В.О., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»

ПРО ДЕЯКІ ЗАБОБОНИ В ОБРОБЛЕННІ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Оброблення металів тиском відоме людству з давніх-давен, але наукові основи технології оброблення металів тиском (ОМТ) та конструювання штампів були закладені лише у 30-х роках ХХ-го століття, коли в Америці, Німеччині, Радянському Союзі, Британії стали широко використовувати штампування і публікувати підручники, монографії, статті, що присвячені технології ОМТ [1-5].

Теоретичні підходи на той час були обмежені, тому підручники, монографії й довідники базувались на спрощених моделях процесів ОМТ або навіть і на емпіричній основі. З тих часів в ОМТ були сформульовані деякі «Правила», які на сьогодні виглядають як забобони. Ці забобони суттєво погіршують технологічні рішення, значно здорожують вартість виготовлення штампів та знижують їхню стійкість.

Розглянемо деякі забобони, що пов'язані з ОМТ.

1. Недоцільність використання закритих штампів.

Сутність забобону: стійкість закритих штампів на порядок нижча, ніж стійкість відкритих.

В усіх підручниках та довідниках стверджується, що для штампування вісесиметричних штампованок застосування закритих штампів дає суттєві переваги як у технічному (покращується макроструктура штампованки, спрощується виготовлення штампа), так і в економічному аспектах (у зв'язку з відсутністю ґрату зменшуються витрати металу та підвищується продуктивність праці, зменшуються капітальні та поточні витрати). Проте зазначається, що стійкість закритих штампів значно зменшується відносно стійкості відкритих, а через це використовувати закриті штампи недоцільно. На жаль, це один з поширених забобонів, який виник через те, що штампування у закритих штампах здійснюють так само, як і штампування у відкритих.

У відкритих штампах процес формозміни заготованки можна умовно розділити на три стадії: 1) вільна формозміна заготованки, коли стінки рівчака, що прилягають до ґратового містка, ще не впливають на течію металу, а заповнення рівчака відбувається у відповідності із законом найменшого опору деформації; 2) спрямована формозміна заготованки, коли стінки рівчака, які прилягають до ґратового містка, суттєво впливають на течію металу, що зумовлює спрямоване заповнення рівчака і часткове витікання металу у ґратову канавку; 3) доштамповування, тобто витискання надлишку металу у ґратову канавку. Ця стадія завершується тоді, коли верхня та нижня частини штампа зімкнуться по поверхні їхнього з'єднання. Штампувальник встановлює цей момент по специфічному дзвінкому звуку в процесі удару. Третя стадія штампування у закритому штампі є обов'язковою, бо у зв'язку із зношенням

рівчака штампа його об'єм поступово збільшується, і, якщо не передбачити у заготованці певного надлишку металу, то після виготовлення перших десятків чи сотень штампованок ми отримаємо суцільний брак через незаповнення.

При штампуванні у закритих штампах третя стадія відсутня, бо об'єм заготовки розраховують без такого надлишку металу, а конструкція рівчака не передбачає витискування надлишку. Конструкція рівчака передбачає можливість лише утворення задирки.

Враховуючи, що об'єм заготовки розраховують так, щоб компенсувати збільшення об'єму рівчака через його зношення, у штампі із закритим рівчаком, на відміну від штампа із відкритим рівчаком, фактична висота штампованки після завершення другої стадії (тобто цілковитого заповнення рівчака) може дещо перевищувати висоту штампованки, яка вказана на кресленнику. Щоб забезпечити високу стійкість рівчака закритого штампу, процес штампування треба зупинити саме на цьому етапі, ні в якому разі не доводячи до зімкнення верхньої та нижньої частини штампа по поверхні їхнього з'єднання. Цей момент встановити досить просто: перехід від верхньої горизонтальної поверхні штампованки до похилої (як елемент тороподібної поверхні) завжди має високу шорсткість (типу апельсинової шкірки), якщо він формувався вільно, і цей же елемент має блискучу (дзеркальну) поверхню, якщо він формувався штампом. Крім того, на нижньому торчаку штампованки може з'явитись задирка, якщо штампувальник намагатиметься «доштампувати» штампованку. Тому досвідченому штампувальнику досить дати просту інструкцію: не брати до уваги зімкнення верхньої та нижньої частини штампа по поверхні їхнього з'єднання, як це робиться у штампах із відкритими рівчаками, а дивитись лише на тороподібну поверхню переходу. Коли вона стане блискучою, то штампування відбуватиметься без перевантаження рівчака та пластичної деформації штампа.

Якщо дотримуватись цих рекомендацій, то стійкість закритого рівчака буде вищою, ніж стійкість відкритого. Те, що збільшиться припуск на механічне оброблення по висоті штампованки, не має суттєвого значення. По-перше, цей припуск зменшуватиметься із наближенням зношення рівчака до допустимої межі, а по-друге, режими токарного оброблення дозволяють знімати значні припуски без збільшення кількості проходів.

2. Будь-який інструмент руйнується лише під час робочого ходу і під дією робочого зусилля.

Сутність забобону: зусилля витягання інструменту із штампованки не впливає на довговічність.

Детальні дослідження на пуансонах для холодного видавлювання [7,8] показали, що тріщина може виникнути навіть у тому разі, коли пуансон тільки стискається. Тріщина утворюється в тому випадку, коли $\sigma_R = \sigma_{зал} > S_{відр}$, а ця умова виконується, коли $\sigma_{сер} \cdot \alpha_\sigma > \sigma_{0,2}$, тобто, коли в галтелі під час робочого ходу відбувається пластична деформація, яка обумовлена стисканням пуансона силою F_δ . Дослідження показали, що циклічне навантаження призводить до утворення тріщини навіть за умови $\sigma_R \approx S_{відр}$. Це означає, що вірогідність утворення тріщини в реальних умовах роботи пуансонів для холодного видавлювання значно вища, ніж при одноразовому навантаженні.

Дослідження також показали, що тріщина, якщо вона вже виникла, може поводитись по-різному (рис. 1).

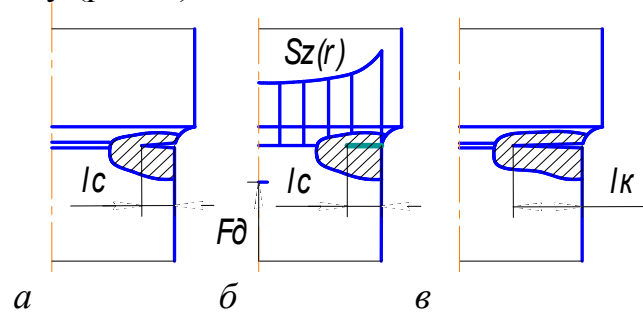


Рис. 1. Схеми поведінки пуансона з тріщиною в галтелі: *a* – коли розмір тріщини (l_c) стабілізувався; *б* – коли на пуансон діє зусилля видавлювання, і береги стабілізованої тріщини з'єднуються; *в* – коли розповсюдження тріщини (l_k) стає критичним, і пуансон руйнується під час зворотного ходу

Якщо $\sigma_{36} = 0$ (тобто, зворотне зусилля відсутнє і зусилля розтягування не виникають, наприклад при застосуванні технічного рішення [9]), то тріщина розвивається до певної межі, після чого її розміри стабілізуються (рис. 1,*a*). Під час робочого ходу береги тріщини змикаються (тріщина закривається), і пуансон може працювати як суцільний (рис. 1,*б*), але за умов, що він навантажується симетрично і в області тріщини не виникають напруження розтягу. Проте, якщо при зворотному ході поковзня діє сила F_{36} , яка викликає напруження σ_{36} , то за кожен цикл навантаження-розвантаження тріщина підростає і досягає критичних розмірів, за яких напруження σ_{36} викликає остаточне руйнування.

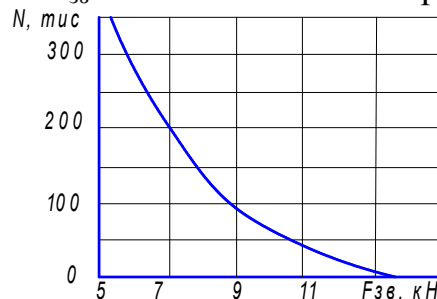


Рис. 2. Графік довговічності пуансона зі сталі X12M (HRC 59) в залежності від зусилля зворотного ходу F_{36} (XB3, деталь B1500603)

Дослідження [8] показали, що кількість циклів до руйнування пуансона суттєво залежить від зусилля зворотного ходу F_{36} (рис. 2). З рисунка витікає, що зі зменшенням зусилля F_{36} довговічність різко збільшується і при $F_{36} = 5$ кН вже перевищує 300 тис. штампованок, що значно вище ніж зносостійкість.

Збільшення зусилля зворотного ходу до 14 кН настільки погіршує умови роботи пуансона, що він може руйнуватись після перших же десятків циклів навантаження. Ось чому при видавлюванні сталевих деталей та деталей зі сплавів кольорових металів з великими ступенями деформації пуансони руйнуються переважно під час зворотного ходу і залишаються у видавленій деталі. Руйнування під час робочого ходу свідчить або про помилкові розрахунки під час проектування штампа, або про грубе порушення технологічного процесу

видавлювання (заготованку не відпалили, не змастили, виготовили з невідповідної марки сталі або сплаву), або про грубе порушення технологічного режиму виготовлення штампа (пуансон зробили з невідповідної сталі, погано загартували, не відпустили після загартування, зробили гострий підріз галтелі тощо).

Отже, щоб запобігти утворенню тріщини в пуансоні для видавлювання, необхідно: 1. Так розрахувати переходи видавлювання, щоб на кожному з них зусилля видавлювання було допустимим (щоб у галтелі пуансона в області II не було пластичної деформації).

Для цього треба: 1) або так побудувати технологічний процес видавлювання, щоб зусилля деформації F_δ не обумовлювало осьового напруження σ_z , яке з урахуванням концентрації напружень перевищувало б напруження течії матеріалу пуансона $\sigma_{0,2}$, 2) або взяти для пуансона такий матеріал, напруження течії якого дозволяє забезпечити умову $\alpha_\sigma F_\delta / A < \sigma_{0,2}$. 2. Забезпечити безумовне виконання технологічного процесу видавлювання (відпалювати заготованки, наносити на них підмастильне покриття, змащувати заготованки тощо). 3. Точно виготовити штамп, забезпечити співвісність пуансона та матриці ($e = 0$). Цього можна досягти, як правило, технологічними засобами, зокрема, розточуванням місць під матрицю (або матрицетримач) і пуансонотримач з однієї установки на верстат верхньої та нижньої частин штампа. 4. Точно центрувати заготованку в матриці. Це можна забезпечити, передбачивши в матриці конічну західну частину, а розміри заготованки прийняти в межах $D_m + 0,05 < D_3 < D_m + 0,15$ щоб вона перед деформуванням запресовувалась у матрицю і точно центрувалась у ній.

Щоб запобігти розповсюдженню тріщини на весь перетин пуансона для видавлювання, необхідно: 1. Значно зменшити зусилля витягання пуансона зі штампованки. Для цього можна застосувати спосіб, який запропонований в роботі [9]. 2. Якщо зменшити зусилля витягання пуансона зі штампованки не вдається, то треба оптимізувати розміри висоти калібрувального пояса пуансона.

3. Вплив розмірів інструмента та особливостей структури заготованки на стійкість та витрати матеріалу.

Сутність забобону: для виготовлення робочого інструменту можна використати інструментальну сталь певної марки, не зважаючи на те, які розміри та структуру вона має.

Довговічність і зносостійкість пуансонів і матриць суттєво залежить від їхньої конструкції та особливостей структури метала заготованки. Прокат, з якого виробляють робочі деталі штампа, має певні особливості, які полягають у наступному. По-перше, властивості металу по перетину заготованки досить суттєво розрізняються, що пов'язано з умовами кристалізації зливка. Осьова зона містить значно більший відсоток шкідливих домішок сірки та фосфору, а також дефектів осідного походження. По-друге, інструментальні сталі, з яких виготовляють робочі частини штампів, характеризуються певним балом карбідної неоднорідності. Чим менший бал, тим вищі механічні властивості металу. Сталі з карбідним балом 5...7 і вище слід вважати взагалі непридатними для

виготовлення навантаженого інструменту (пуансонів та матриць для видавлювання та розділових операцій).

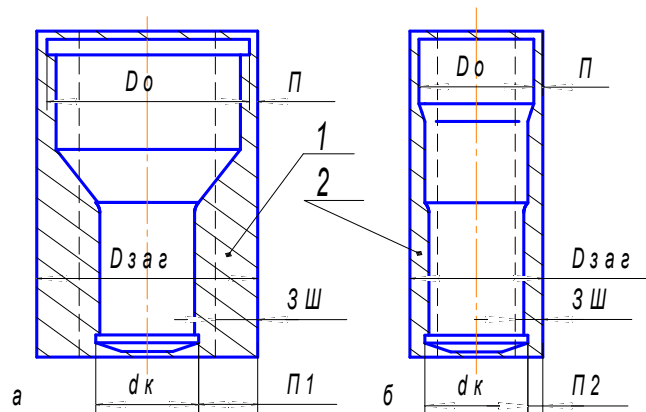


Рис. 3. Залежність розмірів вихідної заготовки від особливостей конструкції пуансона. ЗШ – ширина здорової шкірки заготовки.

Заготовки у вигляді прокату (іноді у вигляді покованок) мають різний карбідний бал: він вищий в осевій зоні і менший на периферії. Ці дуже важливі особливості треба приймати до уваги, конструюючи робочі частини штампів.

На рис. 3 показані різні конструкції пуансонів, у яких відношення D_o/d_k суттєво різні. На рис. 3,а це відношення складає 1,5 і більше. На рис. 3,б це відношення не перевищує 1,1. Тому калібрувальний поясок пуансона для видавлювання (або ріжучу крайку пуансона для розділових операцій) виготовляють не із зовнішнього шару вихідної заготовки, властивості якого найвищі, а з металу, який містить підвищену кількість шкідливих домішок сірки та фосфору, а також має дефекти структури осідного походження.

Для виготовлення пуансона по рис. 3,а треба видалити в стружку усю область 1 (заштриховану частину заготовки). В цьому разі припуск на оброблення перевищує товщину шару здорового металу ($П1 > ЗШ$), а через те калібрувальна частина пуансона для видавлювання (або його галтель, або ріжуча крайка пуансона для розділових операцій) виготовляється з серцевинної частини заготовки, яка має значно нижчі показники міцності й зносостійкості.

Для виготовлення пуансона по рис. 3,б треба видалити в стружку лише область 2 (так само заштриховану). Але в цьому разі припуск на оброблення не перевищує товщини шару здорового металу ($П1 < ЗШ$), через що калібруюча частина пуансона для видавлювання (або його галтель, або ріжуча крайка пуансона для розділових операцій) виготовляється з шару заготовки, яка має значно вищі показники міцності й зносостійкості.

Крім того, заготовки меншого діаметра мають відчутно нижчий карбідний бал, що також суттєво підвищує стійкість пуансонів.

Ось чому пуансони з невеликим перепадом діаметрів робочої та опорної частин (як це показано на рис. 3,б) мають суттєво вищу стійкість.

Треба звернути увагу також і на те, що витрата кошовної та дефіцитної штампової сталі у першому варіанті у 2,5...3,5 рази вища (за умов однакових розмірів робочих частин), що в умовах ринкової економіки також має суттєве значення.

Вплив особливостей структури металу на стійкість матриць для витягування та розділових операцій можна показати на такому прикладі.

Нехай треба зробити двобічну матрицю для витягування (рис. 4, а).

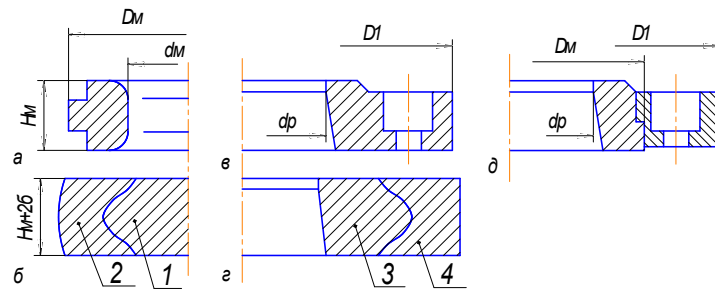


Рис. 4. Вплив конструкції матриці на якість металу, з якого виготовляються її робочі елементи

Якщо заготованку для неї виготовити з відрізка штанги методом осаджування на плоских не змащених бойках, то дендритна зона буде розташована в області 1 (див. рис. 4, б), яка буде видалена під час виготовлення матриці. Радіус витягувальної частини буде виготовлений з металу (зона 2), який має дещо вищі механічні властивості. В цій зоні також нижчий карбідний бал.

На рис. 4,в показана матриця для розділових операцій. Ця конструкція об'єднує матрицю та матрицетримач. Тому її зовнішній діаметр значно більший за діаметр отвору. Через те ріжуча крайка матриці виготовляється з дендритної зони 3 (особливо в тому випадку, коли матриця виготовляється з прошитої заготованки, як це показано на рис. 4,з). Крім того, в цій зоні значна карбідна неоднорідність, а також зосередження великої кількості дефектів осідного походження. З цієї причини стійкість ріжучої крайки буде суттєво нижчою. Найкращий метал знаходиться в зоні 4, яка використовується як пуансонотримач, навантаження на який дуже і дуже низькі. Варіант конструкції матриці з відокремленим матрицетримачем (див. рис. 4,д) дозволяє отримати ріжучу крайку матриці з більш доброякісного металу, якщо для виготовлення використати заготованку по рис. 4,б.

Отже, співставлення варіантів виготовлення матриць для глибокого витягування та розділових операцій показує, що матриці треба робити з якнайтоншими стінками, щоб їхні робочі елементи можна було виготовити з тієї частини покованки (після відрізання штанги та осаджування на плоских бійках без змащування), яка є найбільш доброякісною.

Робити матриці великого діаметра і малої висоти з товстолистового прокату недоцільно через те, що механічні властивості прокату металу вздовж волокна і впоперек досить суттєво відрізняються. Тому стійкість таких матриць буде і нестабільною, і відносно низькою. В такому випадку краще виготовити матрицю з покованки із застосуванням операції розкочування на оправці.

4. Конструювання та використання ґратових канавок.

Сутність забобону: розміри ґратового містка не залежить від висоти штампванки, а тип ґратової канавки не залежить від об'єму виробництва і властивостей заготованки.

Для визначення параметрів гратової канавки спочатку по формулі $h_o = 0,015\sqrt{A_{ш}}$ розраховують висоту містка h_o (тут $A_{ш}$ – площа штампованки в площині з'єднання штампів (по дзеркалу), а далі по таблиці визначають усі інші параметри: [1, 3-5]. Однак ця формула не враховує такого важливого чинника, як висота штампованки. Розрахунки показують, що із збільшенням висоти штампованки збільшується об'єм надлишкового металу, який треба витіснити у гратову канавку в процесі «доштамповування» (якщо ми хочемо використати максимальне допустиме зношення рівчака штампа). Тому розміри гратової канавки, особливо кишені (магазина) треба розраховувати, виходячи з цього об'єму, а також коефіцієнту заповнення гратової канавки ζ , який треба приймати у межах 0,5...0,8 [4].

У сучасних умовах, коли об'єми виробництва суттєво знизились, вимоги щодо стійкості гратової канавки суттєво змінилися. Тому набули поширення канавки першого типу, про які йде мова у роботі [1]. Але вони повністю виключені у наступних роботах [4,5].

Тут треба зробити одне уточнення. Усі пуансони штампів для обрізування грату діляться на два принципово різні типи: 1) пуансони, які приймають безпосередню участь у розділенні грату і штампованки; 2) пуансони які тільки тиснуть на штампованку.

Пуансони першого типу широко використовують у авіабудуванні, коли штампують деталі з тонкими фланцями. Через наявність тонкого фланця вони стають дуже нетехнологічними, бо поверхню з'єднання штампів треба розташовувати так, щоб покованка надійно центрувалась в обрізувальному штампі. Ця вимога призводить до того, що всю фігуру треба розміщувати у нижньому штампі і використовувати гратову канавку першого типу [1], але дещо удосконалену, як це показано на рис. 5. Таке рішення виключає фрезерування гратової канавки у верхньому штампі (що скорочує об'єм його механічного оброблення) і дозволяє зробити його поверхню пласкою. Це ускладнює обрізування грату (треба робити ріжучий пуансон), але дає можливість застосувати один верхній штамп з пласким дзеркалом для виготовлення декількох різних штампованок, формоутворення яких здійснюється цілком у нижньому штампі (рис. 5).

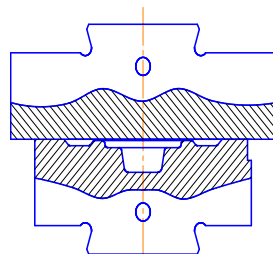


Рис. 5. Штамп з універсальним пласким верхнім бойком для виготовлення деталей з тонкими фланцями

Гратова канавка першого типу має нижчу стійкість, ніж канавка другого типу (за класифікацією А.Н.Брюханова [1]). Але невелика серійність у літакобудуванні а також властивості алюмінієвих сплавів дають можливість використати це технічне рішення.

Пуансони другого типу широко використовують у різних галузях для обрізування високих штампованок. При цьому треба звернути увагу на те, що пуансон може занурюватись у матрицю, а може й не занурюватись. В першому випадку між пуансоном і матрицею треба робити проміжок z , розмір якого можна вирахувати по формулі $z = h_s \cdot \operatorname{tg} \alpha + r_{ш}$, але не більш, як 2 мм. Тут позначено: h_s – висота штампованки, яка розташована вище дзеркала обрізувальної матриці; α – штампувальний нахил у градусах; $r_{ш}$ – радіус тієї частини штампованки, яка прилягає до пуансону. При цьому робити у штампі знімач (або ексцентричні проточки на пуансоні) зовсім не треба, бо значний зазор між матрицею та пуансоном забезпечує вільне знімання ґрату з пуансону під дією ваги.

При обрізуванні високих штампованок складної форми обрізний штамп можна конструювати так, щоб пуансон не занурювався у матрицю. Це значно знижує вимоги до конструкції пуансона та спрощує його виготовлення. Наприклад, при обрізуванні повідні, яка має хрестоподібну форму в плані (рис. 6,а), на одному з заводів Харкова пуансон також робили хрестоподібним і приганяли його по матриці з зазором 0,2 мм. При цьому так проектували штамп, що пуансон заходив у матрицю, а щоб ґрат не зависав на пуансоні, у штампі передбачали жорсткий знімач, а також напрямні колонки та втулки), його важко було обслуговувати (бо жорсткий знімач заважав вкладати покованку у матрицю).

За раціоналізаторською пропозицією пуансон зробили циліндричним, щоби він тільки штовхав штампованку на товщину зрізу ґрату та проштовхував її крізь поясок матриці. При цьому з'явилась можливість використати штамп без напрямних вузлів (рис. 6,б)

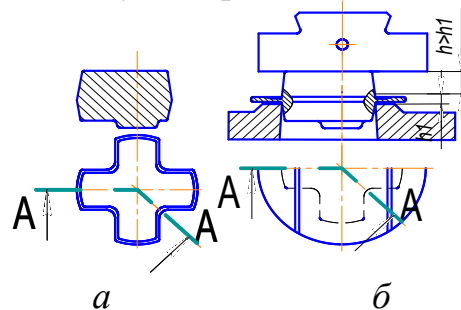


Рис. 6. Покованка повідні хрестоподібної форми (а); конструкція робочих частин штампа за раціоналізаторською пропозицією з циліндричним пуансоном спрощеної форми (б)

Це не тільки скоротило витрати на виготовлення штампа, але й призвело до значного полегшення його налагодження і підвищення продуктивності праці.

5. Використання принципу подвоєння стійкості.

Сутність забобону: для подвоєння стійкості необхідно виготовляти два комплекти інструменту.

В той же час у багатьох випадках можна подвоїти стійкість інструменту, використавши принцип подвоєння. Як приклади, можна навести такі.

В процесі висаджування деталей кріплення (шурупів, гвинтів, прогоничів, мутр тощо) на холодновисаджувальних автоматах пуансони досить швидко зношуються. Щоб зменшити питому вартість штампа треба зменшити витрати на виготовлення пуансонів. Основна складова виготовлення пуансона – це вартість

штампової сталі. Тому невеличке збільшення довжини заготовки і виготовлення двох робочих частин на кожному пуансоні майже вдвоє зменшує його питому вартість. Ця ідея була усвідомлена вже давно, але практична реалізація була здійснена лише тоді, коли була вирішена технічна задача опирання пуансона [10].

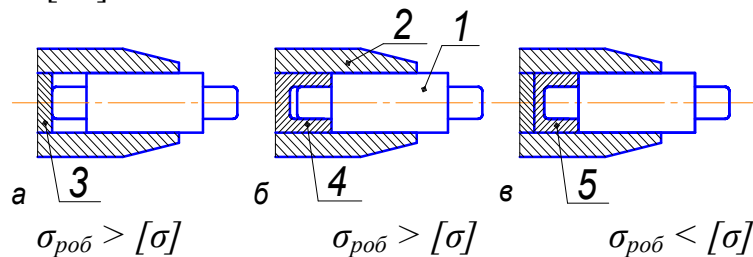


Рис. 7. Різні схеми виконання двобічного висаджувального інструмента: 1 – пуансон; 2 – пуансонотримач; 3 – загартована опора, що забезпечує обпирання на торчак; 4 – загартована опора, що забезпечує обпирання на заплечики; 5 – пластична прокладка, що забезпечує рівномірний розподіл напружень по всій поверхні пуансона

Здавалосьь, що положення безнадійне. Але автори винаходу запропонували таке рішення, яке забезпечує спирання пуансона по всій поверхні шляхом розміщення між пуансоном та пуансонотримачем пластичної прокладки (відпаленої маловуглецевої сталі), яка вирівнює напруження і забезпечує виконання умови міцності (рис. 7,в). Справа в тому, що навантаження на пуансон, віднесене до площі його опирання, найчастіше перевищує допустиме напруження $\sigma_{роб} > [\sigma]$ (рис. 7,а). Якщо ж спирати пуансон на заплечики, то й у цьому випадку маємо невиконання умови міцності $\sigma_{роб} > [\sigma]$ (рис. 7,б).

Другий приклад – використання двобічних матриць для витягування та згинання. Матриці для витягування зношуються достатньо інтенсивно по тороподібній поверхні. Це обумовлено значним шляхом тертя $L_{тер}$, який на матриці на порядок більший за шлях тертя на пуансоні. При цьому допуск на зношення майже не впливає на якість деталі, що виготовляється. Але зношення матриці призводить до появи на її поверхні рисок, що може спричинити до невиправного браку. Щоб подвоїти ресурс витяжної матриці на зношення, доцільно виконувати її двобічною, як показано на рис. 8.

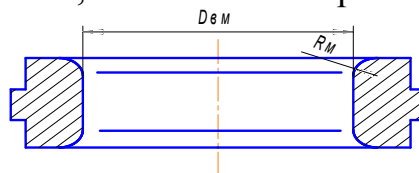


Рис. 8. Двобічна витяжна матриця

Аналогічним способом можна подвоїти стійкість матриці для згинання, комплекту валків для профілювання тощо.

Тлумачення основних термінів, які використані у статті.

Деталь – це такий виріб, який виготовлений з однорідного матеріалу без використання операцій збирання, розміри та шорсткість поверхонь якого дозволяють використовувати його в певних збірних одиницях (вузлах) [6].

Кресленик – графічне зображення певного об’єкта.

Креслення – процес виготовлення графічного зображення певного об’єкта.

Заготованка – напівпродукт, що призначений для подальшого оброблення тиском або різанням й отримання готового виробу [6].

Штампованка – деталь, яка може бути використана без будь-якого механічного чи іншого оброблення у збірних вузлах, або заготованка для неї, яка потребує незначного подальшого оброблення.

Стійкість штампа – це така властивість штампа, що визначається максимальною кількістю виготовлених на ньому штампованок N^{max} (деталей або їхніх заготованок), які відповідають вимогам кресленика.

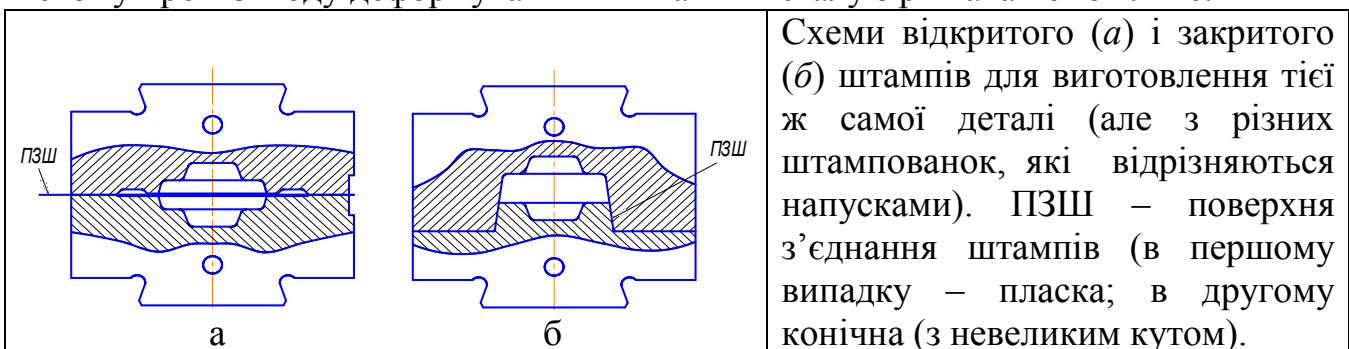
Довговічність штампа – здатність штампа виготовляти доброякісні штампованки без руйнування робочих чи інших елементів штампа.

Зносостійкість штампа – здатність штампа виготовляти доброякісні штампованки, розміри та якість поверхні яких відповідають вимогам кресленика.

Стадія штампування – умовне поділення неперервного процесу формозміни заготованки у рівчаку штампа на характерні етапи, що принципово відрізняються граничними умовами.

Відкритий рівчак – рівчак штампа, у якому поверхня з’єднання розташована перпендикулярно напрямку руху верхньої половини штампа.

Закритий рівчак – рівчак штампа, у якому поверхня з’єднання розташована паралельно напрямку руху верхньої половини штампа. Через це на всьому протязі ходу деформування витікання металу з рівчака неможливе.



Список літератури: 1. Брюханов А.Н., Ребельский А.В. Горячая штамповка. Конструирование и расчет штампов. – М.: Машгиз, 1952. 2. Ганаго О.А., Тарновский И.Я. Безоблойная штамповка на молотах. – Свердловск: Машгиз, 1955. 3. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства. – М.: Машиностроение, 1966. 4. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник в 2-х томах. Том 1. Под ред. М.В.Сторожева. – М.: Машиностроение, 1967. 5. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х томах. Том 2. Горячая объемная штамповка. Под ред. Е.И.Семенова. – М.: Машиностроение, 1986. 6. Политехнический словарь. Гл. ред. И.И.Артоболовский – М.: Советская энциклопедия, 1976. 7. Стаценко С.И. Повреждаемость материала деталей штампов холодной объемной штамповки и методы повышения их стойкости. Дис...канд. техн. наук, 05.02.01 и 05.03.05 – Харьков, 1991. 8. Еремин В.И. Исследование разрушения инструмента из высокопрочных штамповых сталей, применяемого для холодной объемной штамповки.: Дис...канд. техн. наук, 05.02.01 – Харьков, 1981. 9.Алиев И.С. Исследование и совершенствование процессов холодного выдавливания. Дис...докт. техн. наук, 05.03.05 – Краматорск, 1997. 10. Евстратов В.А., Евстратова Т.Л., Шевченко Н.Д. Сборный пуансон для холодной высадки. АС №1230734, МКИ В21J5/08. Оpubл. 15.05.86. Бюл. 18, с. 57.