

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ШТАМПУВАННЯ ОБКочУВАННЯМ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ АДАПТОВАНОЇ ЗАГОТОВКИ

Godziy S., Klisko A., Nosenko A.

The National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine (k_OMD@ukr.net)

IMPROVING THE EFFICIENCY OF ROTARY FORGING THROUGH THE USE OF AFFECTIVE ADAPTED BILLETS

Ефективність технологічних процесів обробки тиском залежить від форми і розмірів заготовки. Застосування заготовки з мінімальними вимогами підвищує ефективність виробництва. Для визначення такої заготовки введено поняття ефективної адаптованої заготовки (ЕАЗ). Загальними вимогами до заготовок є висока продуктивність і простота отримання. Зазначене відноситься до технологічних процесів штампування обкочуванням. Штампування обкочуванням проходять при ексцентричному прикладанні технологічного зусилля. Тому виникають додаткові спеціальні вимоги до особливостей заготовки.

Мета статті визначити шляхи застосування заготовок мінімальної собівартості.

Проаналізовані експериментальні результати штампування обкочуванням заготовок різних розмірів. Визначені найбільш ефективні діапазони відносних розмірів заготовки. Запропоновані технологічні процеси штампування обкочуванням, які не потребують спеціальної підготовки заготовок. Їх застосування забезпечує максимальну ефективність процесу і продуктивність, а також мінімальну собівартість виробу.

Стаття є результатом експериментальних та теоретичних досліджень, що проводяться на кафедрі механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів Національного технічного університету України "КПІ".

Ключові слова: Штампування обкочуванням, технологічний процес, деформування, заготовка, обладнання, ефективність, продуктивність, собівартість.

Вступ

Промислова ефективність процесів обробки металів тиском цілком залежить від форми первинної заготовки. Ефект від застосування деяких видів обробки стрімко спадає, якщо вони вимагають застосування трудомісткої заготовки. Не можливо говорити про показники ефективності технологічного процесу без врахування ефективності отримання заготовки під цей процес. Технологи в своєму арсеналі мають обмежений перелік технологічних процесів отримання одиначної заготовки із заданими співвідношеннями розмірів, які застосовуються на виробництві вже не один десяток років і розвиваються лише в напрямку удосконалення обладнання. Вбачається, що технологічним лідером є відокремлення за допомогою кільцевих стрічкових пил, при якому торець заготовки перпендикулярний до осі прутка. Головна перевага цього способу це відносно недороге і універсальне обладнання, але його продуктивність в порівнянні відносно методів обробки металів тиском не висока, а також присутня постійна потреба в ріжучому інструменті.

Найбільш ефективним способом відокремлення одиначної заготовки від прутка є відрубання, яке можна назвати універсальним в силу своїх унікальних властивостей щодо масовості і простоти реалізації та застосування. При цьому досягається найвища продуктивність і найнижча собівартість. Але треба зважати на його технологічні недоліки та обмеження, а саме: - по співвідношенню висоти до діаметра циліндричної заготовки; - спотворення форми, що обмежує або унеможливує орієнтацію заготовки шляхом встановлення на торець; - закладення певних ушкоджень та нерівномірності механічних властивостей в місці відокремлення та ін. Компроміс між можливостями і обмеженнями технологічно вирішуються різними заходами, зокрема: відокремленням відносно довгої заготовки зменшеного діаметра та введенням додаткової циклової операції з її осаджування, що впливає і на загальну продуктивність та собівартість.

Очевидним є визначення загальної актуальної проблеми щодо підвищення ефективності виробництва шляхом застосування ефективної адаптованої заготовки (ЕАЗ). Під ЕАЗ слід вважати таку заготовку, яка задовольняє вимогам технологічного процесу, виготовляється з максимальною продуктивністю, має мінімальну собівартість та розміри, що вимагають мінімальних пластичних деформацій в процесі набуття кінцевого формоутворення. Необхідно підкреслити, що існують декілька принципових підходів до отримання ЕАЗ: - відокремленням від пруткового суцільного або трубчастого прутка (як правило шліхом відрізання); -

цілеспрямованим технологічним виготовленням одиничної заготовки. Питанням створення сучасних способів виготовлення ЕАЗ присвячені роботи [1, 2, 3].

В повній мірі зазначене стосуються технологій промислового виготовлення виробів методами штампування обкочуванням (ШО), які бурно розвиваються [4, 5]. Для даних технологічних процесів питання застосування ЕАЗ мають ще більше технологічних обмежень і вимог, які визначаються особливостями протікання технологічного процесу. Технологічне зусилля при ШО прикладається ексцентрично до осі симетрії заготовки, що вимагає додаткових заходів щодо первинної орієнтації і фіксації заготовки в штампі та вимог до геометрії заготовки, зокрема перпендикулярності торця. Останні вимоги цілком можна віднести до вимог, що висуваються до ЕАЗ.

Мета

Стаття присвячена вирішенню питання підвищення ефективності процесів ШО шляхом застосування в технологічному ланцюгу не тільки ЕАЗ, але і розробити загальні підходи сполученого отримання виробу, коли ЕАЗ в повному сенсі цього значення не утворюється, але на різних етапах обробки поступово досягаються необхідні якісні показники. Слід зауважити, що досягнення певних якісних характеристик при сполученні з операціями іншого технологічного призначення якраз і поліпшує загальні показники ефективності.

Дослідження

Для визначення загальних вимог щодо ЕАЗ про ШО розглянемо особливості обробки цим методом відносно високих і відносно тонких заготовок.

Високими заготовками (ВЗ) будемо вважати заготовки висота (H_0) яких не перевищує 1,25 діаметра (D_0), тобто $H_0/D_0 \leq 1,25$ (див. рис. 1, а). Таке співвідношення розмірів пов'язане з тим, що заготовки з більшим значенням втрачають стійкість із-за ексцентричного прикладання технологічного зусилля і можливих неточностей при утворенні торця заготовки при відокремленні (у крайньому випадку за умови високої точності до перпендикулярності торця H_0/D_0 може сягати 1,5, але такі випадки поодинокі і не є предметом розгляду). Обмеження на висоту заготовки з мінімальної висоти буде розглянуте надалі.

Для визначення деформацій проводились досліди з осадження циліндричних зразків з розмірами $D_0=28$ мм, $H_0=30$ мм ($H_0/D_0 \approx 1,1$) (див. рис. 1, а) із сталей: Сталь 20, Сталь 40Х, Сталь 45 ГОСТ 1050-80 в відпаленому стані з осадження фіксовано на 30%, 50%, 65% висотної деформації (тобто до висоти 21мм, 15мм та 10,5мм).

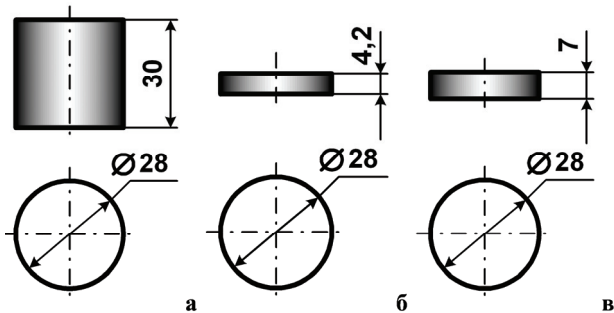


Рис. 1. Ескізи високого (а) та низьких (б, в) циліндричних зразків для дослідження операції осаджування шляхом ШО

інструментом і заготовкою при ШО; F – повна площа торця заготовки, що оброблюється) при 50% висотної деформації.

Орієнтовний діаметр заготовки при 50% висотної деформації складає (тобто при поточній висоті заготовки $H_{50}=15$ мм) $D_{50} \approx 40$ мм. З виразу для визначення λ ,

$$\lambda = 0,45 \sqrt{\frac{S}{\pi \cdot D_{50} \cdot \text{tg} \gamma}}; \quad (1)$$

де: S - подача на оборот;

γ - кут нахилу активного інструменту, $\gamma=2,5^\circ$.

Маємо

$$S = \frac{\lambda^2 \cdot \pi \cdot D_{50} \cdot \text{tg} 2,5^\circ}{0,2025} = 0,28 \text{ мм/об}; \quad (2)$$

Або при частоті обертання $n=280$ об/хв отримуємо, що швидкість робочого ходу $v=1,31$ мм/с.

На рис. 2, а надані узагальнені формозміни зовнішньої форми при осаджуванні ВЗ. Як видно має місце нерівномірність радіальної деформації на верхньому і нижньому торцях циліндричної заготовки, яка не значним чином залежить від умов змашування. Обробка велась з постійною швидкістю.

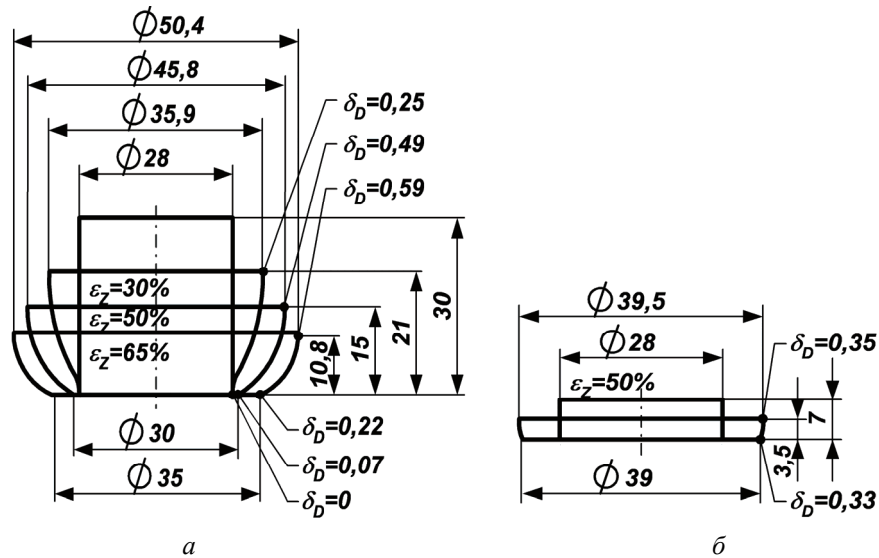


Рис. 2. Узагальнення формозміни зовнішньої форми та відповідні значення деформацій на торцях (δ_D) при осаджуванні ВЗ (а) та ТЗ (б)

Після досягнення певних співвідношень розмірів заготовки нерівномірність на торцях деформацій поступово зникає (див. рис. 3). Початок радіальної деформації нижнього торця залежить від співвідношення початкових розмірів і надалі лінійно залежить від висотної. Від цього критерію також залежить злам кривої радіальної деформації верхнього торця, який відповідає початку деформації нижнього торця.

Узагальнюючи результати формозміни з осаджування ВЗ можна зазначити:

- набуття при осаджуванні ВЗ типової грибоподібної форми;
- форма і розміри грибоподібності утворення не залежить від матеріалу заготовки;
- висота пластичної зони залежить від параметрів обкочування (λ , S , n);
- гранична ступінь деформації (до руйнування зразка) залежить не тільки від механічних властивостей матеріалу, а й від співвідношення розмірів заготовки і на 15-20% вища в порівнянні з традиційним осаджуванням.

За тонкі (низькі) заготовки (ТЗ) будемо вважати такі, в яких співвідношення висоти до діаметру не перевищує $H_0/D_0 \leq 0,25$. Фактично відносна товщина заготовки визначається не співвідношенням габаритних розмірів заготовки, а співвідношенням геометричних розмірів локалізованого осередку деформації. Тому, якщо взяти до уваги розміри осередку деформації при $H_0/D_0 = 0,25$ і ефективному значенні коефіцієнту $\lambda = 0,1$, саме при таких значеннях формується рівномірний розподіл деформацій по всій висоті заготовки і можна вважати що подальший висотній обробці деформації та напружений стан буде рівномірними по висоті.

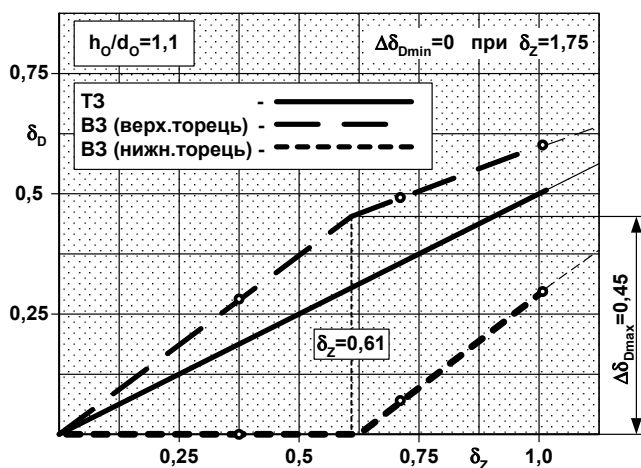


Рис. 3. Графік нерівномірності набутої радіальної деформації після осаджування високих (ВЗ) і тонких заготовок (ТЗ)

Для визначення деформацій проводились досліди з осадження циліндричних зразків із тих же матеріалів з такою ж термообробкою (див. рис. 1, б та рис. 1, в):

- $D_0 = 28$ мм $H_0 = 7,0$ мм (див. рис.1,б та 1,в), $H_0/D_0 = 0,25$;

- $D_0 = 28$ мм $H_0 = 4,2$ мм, $H_0/D_0 = 0,15$.

Досліди проводились з осадження фіксовано на 50% висотної деформації (тобто до висоти в двічі меншу за початкову). Визначення деформацій, фіксація переходу бокової поверхні в торцеву та визначення коефіцієнту тертя (μ) проводились як для ВЗ.

Швидкість робочого ходу призначалась з умови протікання процесу при оптимальних значеннях коефіцієнту співвідношення площ $\lambda \approx 0,1$ при діаметрі заготовки $D = 50$ мм (для кожного з висотних типорозмірів це відповідає висотній деформації в середньому у 80%).

Значення коефіцієнту (λ) та розрахована подача на оборот (S) обкочування інструменту

при $d=50\text{мм}$ визначені за (1) та (2) становлять $\lambda=0,1$. $S=0,314$ мм/об. Або при частоті обертання $n=280$ об/хв отримаємо, що швидкість робочого ходу $v \approx 1,47\text{мм/с}$.

Одночасно проводився підрахунок кількості циклів обкочування до виникнення перших ознак руйнування.

На рис. 2, б представлені узагальнені формозміни зовнішньої форми при осаджуванні та висаджуванні ТЗ. Як видно має місце рівномірна радіальна деформація на верхньому і нижньому торцях циліндричної заготовки. Різниця в зміні розмірів верхнього та нижнього торців знаходиться в межах 1,5%. Обробка велась з постійною швидкістю.

На відміну від деформування ВЗ (див. рис. 2, а) деформації верхнього і нижнього торця виникають одночасно і лінійно залежать від висотної деформації.

Загалом формозмінам при осаджуванні тонких заготовок притаманні наступні особливості:

- викривлення бічної поверхні рівномірне ($<1,5\%$);
- чим менше співвідношення H_0/D_0 тим більша гранична деформація;
- при проходженні співвідношення розмірів $H_{\Pi}/D_{\Pi}=0,25$ (де: H_{Π} – поточна висота; D_{Π} – поточний діаметр) при обробці ВЗ подальша формозміна відповідає особливостям ТЗ. При подальшому осаджуванні проходить руйнування центральної частини;

- для деяких матеріалів після набуття значень $H_{\Pi}/D_{\Pi} \leq 0,1$ досягти руйнування не вдалося.

Порівняння особливостей осаджування ВЗ та ТЗ дає можливість зробити поспішний поверхневий висновок про те, що ШО ефективніше при застосуванні тонких заготовок.

При обробці ВЗ з постійною швидкістю робочого ходу, згідно із моделлю протікання пластичних деформацій для ВЗ, висота осередку деформації становить $\approx 0,7$ довжини дуги контакту. Тобто призначенням коефіцієнту λ можна визначити і регулювати товщину пластичної зони. Оскільки в початковий момент коефіцієнт λ має максимальні значення то в цей момент утворюється пластичний осередок максимальної висоти. Згодом коефіцієнт λ зменшується, відповідно, зменшується і висота пластичного контактного осередку. Причому його поточна висота вписується в початкову висоту і так далі. Тобто деформування весь час протікає в верхньому шарі і зменшується від циклу до циклу по висоті і не розповсюджується в нижню зону, яка не деформується.

Можливість ефективної обробки ВЗ при ШО викликає застосування характеристик ЕАЗ шляхом закладення в технологічний процес операцій, що, в свою чергу, дають можливість застосувати універсально отриману заготовку (відрубанням), що виникає з умови закладення додаткових технологічних можливостей в обладнання та оснащення.

Визначені декілька рішень цього напрямку. Один з варіантів досягається тим, що заготовку з співвідношенням розмірів $4 < D_0/H_0 < 0,8$ деформують ШО з постійним значенні коефіцієнту співвідношення площ $\lambda = \text{const}$ під час всього процесу деформування [6].

Початкову заготовку 1 з співвідношенням розмірів $D_0/H_0 \approx 0,8$ (див. рис. 4, а) розміщують на штампі 2 вздовж центральної осі 3. Пуансон 4 має кут γ нахилу осі 5 відносно осі 3 і виконує обкочувальні рухи 6 із частотою n і рух 7 наближення до штампі 2 із швидкістю v . Пуансон 4 взаємодіє з заготовкою 1 при цьому між ними на верхньому торці 8 утворюється пляма 9 локалізованого осередку пластичної деформації (див. рис. 4, б). Зокрема, початкові значення кінематичних параметрів (γ , n , v) розраховані таким чином, що початкове значення коефіцієнту $\lambda \approx 0,13$.

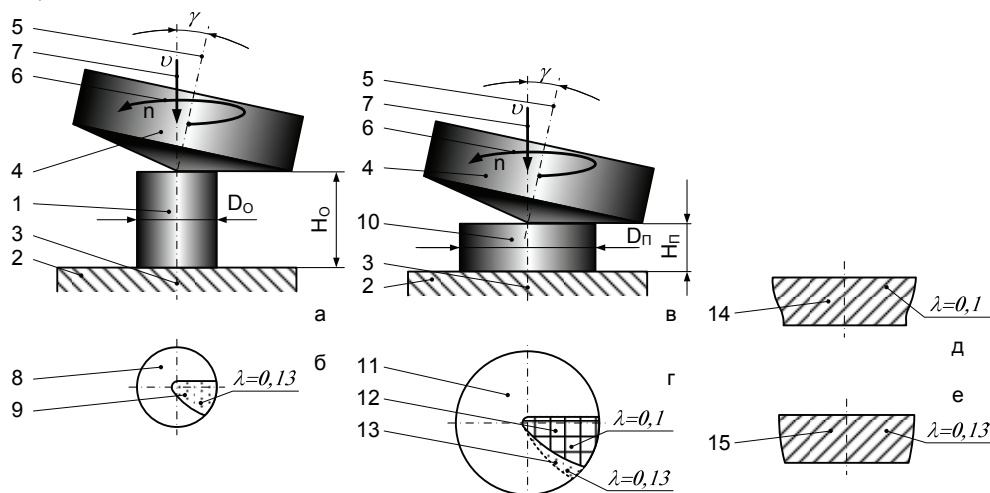


Рис. 4. Етапи осаджування ВЗ: - початок осаджування (а); - вид згори на торець початкової заготовки (б); - проміжне становище (с); - вид згори на торець проміжної заготовки (г); - формозміни бічної поверхні при осаджуванні з $\gamma = \text{const}$, $v = \text{const}$, $n = \text{const}$ (д) та $\lambda = \text{const}$ (е)

Подальша закономірність зміни коефіцієнту λ залежить від характеру призначення кінематичних параметрів (γ , n , v). За традиційним процесом ШО протягом всього процесу деформування кінематичні параметри не змінюють: $\gamma = \text{const}$, $v = \text{const}$, $n = \text{const}$. В нашому варіанті кінематичні параметри змінюють таким чином, щоб досягти закономірності $\lambda = \text{const}$. Причому величину $\lambda = \text{const}$ можна задавати: - одночасною зміною всіх кінематичних параметрів (γ , n , v); - зміною одного з кінематичних параметрів при незмінних двох, що залишились. Останній варіант реалізувати і контролювати ефективніше. Можливі три випадки, коли постійне значення коефіцієнту $\lambda = \text{const}$ забезпечують: - зміною швидкості осьового наближення v при постійних значеннях кута нахилу осі γ та частоті обкочування n ; - зміною значення кута нахилу осі γ при постійних швидкості осьового наближення v та частоті обкочування n ; - змінною частоті обкочування n при постійних значеннях кута нахилу осі γ та швидкості осьового наближення v .

В ході деформування і досягнення висотної деформації у 50% заготовка 10 (див. рис. 4, в) набуває поточних розмірів H_{II} і D_{II} . На верхньому торці 11 заготовки 10 можна виділити пляму локалізованого осередку пластичної деформації (див. рис. 4, з). Зокрема, при $\gamma = \text{const}$, $v = \text{const}$, $n = \text{const}$ локалізований осередок визначається плямою 12, розрахункове значення коефіцієнту $\lambda = 0,1$. У випадку $\lambda = \text{const} = 0,13$ його значення не змінне і відтворене плямою 13. Оскільки висота приконтактного шару залежить від довжини зовнішньої бічної дуги плями, то при плямі 13 пластичні деформації охоплюють більшу висоту ніж при плямі 12. В залежності від висоти приконтактного шару буде по-різному спотворена бічна поверхня заготовки 10. При деформуванні обкочуванням з $\gamma = \text{const}$, $v = \text{const}$, $n = \text{const}$ вертикальний перетин 14 (див. рис. 4, д) спотворений більше ніж вертикальний перетин 15, який отриманий при $\lambda = \text{const}$ (див. рис. 4, е).

При подальшому деформуванні і досягненні кінцевої деформації заготовка 16 (див. рис. 5, а) набуває кінцевих розмірів H_K і D_K . На верхньому торці 17 кінцевої заготовки 16 можна виділити пляму локалізованого осередку пластичної деформації (див. рис. 5, б). Зокрема, при $\gamma = \text{const}$, $v = \text{const}$, $n = \text{const}$ локалізований осередок визначається плямою 18, розрахункове значення коефіцієнту $\lambda = 0,08$. При $\lambda = \text{const} = 0,13$ пляма 19 контакту набуває іншої геометрії. Для плями 19 пластичні деформації більш рівномірні по висоті ніж для плями 18. При $\gamma = \text{const}$, $v = \text{const}$, $n = \text{const}$ вертикальний перетин 20 (див. рис. 5, в) спотворений більше ніж вертикальний перетин 21, який отриманий при $\lambda = \text{const}$ (див. рис. 5, г). При досягненні співвідношення розмірів заготовки $D/H > 4$ осередок деформації розповсюджується практично на всю висоту заготовки і зазначений вплив кінематичних параметрів спадає.

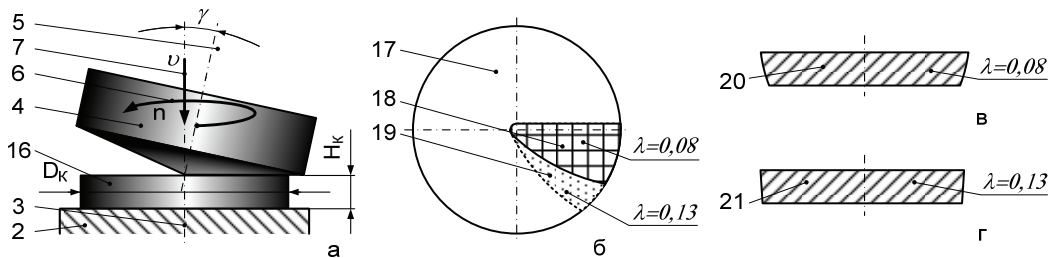


Рис. 5. Кінцевий етап осаджування ВЗ: - кінцеве становище (а); - вид згори на торець кінцевої заготовки (б); - формозміни бічної поверхні при осаджуванні з $\gamma = \text{const}$, $v = \text{const}$, $n = \text{const}$ (в) та $\lambda = \text{const}$ (г)

Даний спосіб дозволяє підвищити ефективність обробки, розширити технологічні можливості із-за можливості використання первинної заготовки із співвідношенням розмірів в широких межах і досягнення більшого ступеня деформації та зменшити собівартість виробу завдяки використанню дешевих і продуктивних способів відокремлення первинної заготовки.

Іще одним варіантом застосування ЕАЗ є виготовлення деталей способом, в якому заготовку поступово осаджують за три технологічні етапи [7]. Ефективність поступового осаджування поліпшується якщо обробка виконується конусним пуансоном з кутом нахилу твірної конічної поверхні, що відповідає куту тертя з матеріалом заготовки.

Початкову заготовку 1 з співвідношенням розмірів $1,25 > D_0/H_0 > 0,5$

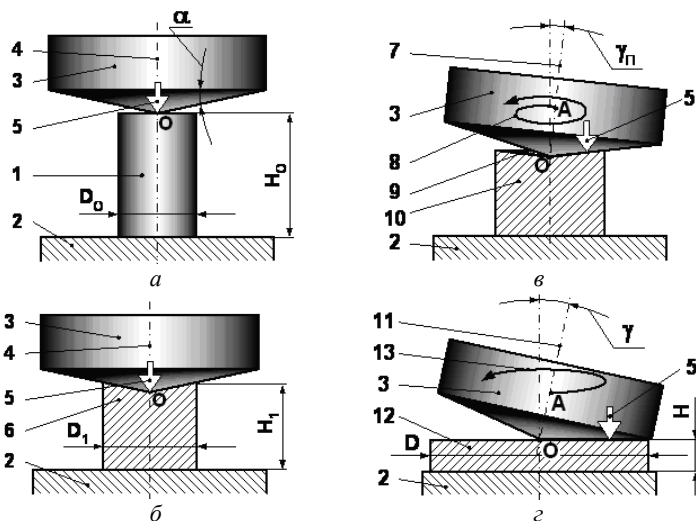


Рис. 6. Етапи поступового осаджування ВЗ: - початкове положення перед осаджуванням (а); - перший етап осаджування $\gamma = 0$ (б); -другий (проміжний) етап $\gamma = \text{var}$ (в); - результат (кінцевий вигляд $\gamma = \text{const}$) осаджування (г)

(див. рис. 6, а) розміщують на штампі 2 на одній осі із ним. З цією віссю співпадає вершина О конусного пуансона 3 і його вісь 4. Конусний пуансон 3 має кут нахилу твірної конусу α і виконує на цей момент тільки рух наближення до штампі 2. Під дією механізму осьового наближення конусний пуансон 3 взаємодіє з заготовкою 1, рівнодіюча осьового зусилля 5 в цей момент також співпадає з віссю штампі 2.

Деформування заготовки 6 (див. рис. 6, б) відбувається між штампі 2 і конусним пуансоном 3, який виконує тільки рух наближення, до співвідношення розмірів $1,2 > D_1/H_1 > 1,1$. Рівнодіюча осьового зусилля 5 до цього моменту співпадає з віссю штампі 2.

Надалі вісь 7 конусного інструменту 3 поступово нахилиють на поточний кут γ_{II} від нуля до кінцевого значення (див. рис. 6, в) відносно вершини конусу О і він окрім руху наближення виконує і обкочувальні рухи відносно цієї вершини від дії механізму обкочування. Траєкторія 8 точки А на осі 7 в плані буде у вигляді спіралі. Рівнодіюча осьового зусилля 5 після утворення кута γ_{II} не буде співпадати з віссю штампі 2. Поступово кінцева лунка 9 заготовки 10 буде зменшуватись у відповідності до збільшення поточного кута γ_{II} . Після досягнення кута γ_{II} кінцевого значення γ лунка вироджується, одночасно досягається співвідношення поточних розмірів заготовки $D/H \approx 1$.

Після досягнення кінцевого значення кута γ нахилу осі 11 конусного пуансона 3 значення $\gamma = \alpha$ верхній торець заготовки 12 буде паралельний нижньому (див. рис. 6, з). Точка А на осі 11 буде в плані описувати траєкторію 13 у вигляді кола. Подальше деформування проводиться без зміни кута γ нахилу осі 11 відносно точки О, тобто з постійним кутом γ , до необхідних розмірів (D та H) заготовки 12, при цьому співвідношення $D/H > 1$. За весь період деформування обкочуванням рівнодіюча осьового зусилля 5 не буде співпадати з віссю штампі 2.

Такий варіант дозволяє розширити технологічні можливості із-за використання первинної заготовки з співвідношенням розмірів в широких межах і досягти більшого ступеня деформацій та зменшити собівартість завдяки використанню дешевих і продуктивних способів розтину при забезпеченні достатньої продуктивності із-за обробки на одній технологічній позиції.

Висновки

Розглянуті технологічні процеси не вимагають спеціальної підготовки заготовки, що прилаштована до технологічних особливостей ШО. В якості ЕАЗ застосовується найбільш дешева по собівартості заготовка, що відокремлена від прутка відрубанням.

Запропоновані технології засновані на розширених можливостях обладнання або на утворенні особливих режимів обробки, які, загалом, не потребують особливих доопрацювань. Перший варіант реалізується, зокрема, шляхом застосування електричного приводу механізму обкочувальних рухів активного інструменту з керуванням частоти обкочування шляхом зміни частоти струму. А другий реалізується на пресах для ШО мод. РХW-100, РХW-200 (Польща), Т-400, Т-600 (Швейцарія), які мають відповідні конструктивні особливості.

Багатообіцяючим є визначення ефективності комбінованого способу обробки за яким периферійну зону заготовки деформують ШО та сполучають з одночасним традиційним осаджуванням центральної частини ВЗ. На теперішній час проводиться експериментальне дослідження такого процесу та розробка відповідного оснащення.

Промислове впровадження потребує детального експериментального дослідження технологічних режимів та особливостей експлуатації обладнання.

Аннотация. Эффективность технологических процессов обработки металлов давлением зависит от формы и размеров заготовки. Использование заготовок с минимальными требованиями повышает эффективность производства. Для определения такой заготовки введено понятие эффективной адаптированной заготовки (ЭАЗ). Общими требованиями к заготовкам являются высокая продуктивность и простота получения. Это относится к технологическим процессам штамповки с обкатыванием. Штамповка с обкатыванием протекает при эксцентричном приложении технологического усилия. Поэтому возникают дополнительные требования к особенностям заготовки.

Цель статьи определить пути использования заготовок минимальной себестоимости.

Проанализированы экспериментальные результаты штамповки с обкатыванием заготовок с различными размерами. Определены наиболее эффективные диапазоны относительных размеров. Предложены технологические процессы штамповки с обкатыванием, в которых не требуется специально подготовленные заготовки. Их использование обеспечивает максимальную эффективность и производительность, а также минимальную себестоимость изделия.

Статья является результатом экспериментальных и теоретических исследований, которые выполняются на кафедре механики пластичности материалов и ресурсосберегающих процессов Национального технического университета Украины "КПИ".

Ключевые слова: Штамповка с обкатыванием, сферодвижная штамповка, технологический процесс, деформация, заготовка, оборудование, эффективность, производительность, себестоимость.

Abstract. The efficiency of technological processes of metal forming depends on the form and dimensions of the billet. The use of billets with minimum requirements promotes efficiency of production. For determination of such purveyance the concept of the

effective adapted billet (EAB) is entered. General requirements for billets are high productivity and ease of preparation. This refers to the technological processes of rotary forging. Rotary forging takes place at an eccentric application of technological effort. Therefore, there are additional requirements to the characteristics of the billet.

Aim of this article to define ways to use pieces of minimal cost.

The experimental results of rotary forging of billets are analyzed with different sizes. The most effective ranges of relative sizes are certain. Technological processes are proposed rotary forging in that not required the specially prepared billets. Their use ensures maximum efficiency and productivity, and also the minimum cost of the product.

The article is the result of experimental and theoretical researches which are conducted on the department of mechanics of plasticity of materials and resource-safe processes of the National technical university of Ukraine «KPI».

Keywords: *Rotary forging, technological process, deformation, billet, equipment, efficiency, productivity, cost.*

1. Радченко С.Ю. Штампы для резки сортового проката на заготовки, длина которых меньше диаметра // С.Ю. Радченко, А.В. Филина; Кузнечно-штамповочное производство. -2000. -№10. С. 21-23.
2. Скрябин С.А. Изготовление поковок из алюминиевых сплавов горячим деформированием. (Монография) / С.А. Скрябин; – Киев: Издательство КВІЦ, 2004. – 346 с.
3. Пат. 30822 Україна, МПК В21D 37/00, В23D 23/00. Спосіб відокремлення заготовок обкатуванням: Пат. 30822 Україна, МПК В21D 37/00, В23D 23/00 Л.Т. Кривда, С.П. Гожій, Є.О. Кривда (Україна); Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". - №u2007133371; Заявл. 30.11.2007; Опубл. 11.03.2008, Бюл. №5. – 7 с.
4. Матвійчук В.А. Совершенствование процессов локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов. Монография. / В.А. Матвійчук, И.С. Алиев; – Краматорск : ДГМА, 2009. – 268 с.
5. Гожий С.П. Штамповка с обкатыванием как способ ресурсосбережения // С.П. Гожий, Л.Т. Кривда. Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – 2006. - № 2(46). - С. 55-60.
6. Пат. 57086 Україна, МПК В21D 22/02 (2006.1), В21D 37/00. Спосіб виготовлення деталей методом обкочування: Пат. 57086 Україна, МПК В21D 22/02 (2006.1), В21D 37/00. С.П.Гожій, Є.О.Кривда, К.О.Хільченко, А.В.Кліско (Україна); Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". - №u2010 08840; Заявл. 15.07.2010; Опубл. 10.02.2011, Бюл. №3. – 5 с.
7. Пат. 66808 Україна, МПК В21D 37/00 (2006.1). Спосіб виготовлення деталей: Пат. 66808 Україна, МПК В21D 37/00. С.П.Гожій, А.В.Кліско, Р.М.Ландар, А.І.Носенко (Україна); Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". - №u2011 03804; Заявл. 29.03.2011; Опубл. 25.01.2012, Бюл. №2. – 5 с.

REFERENCES

1. Radchenko S.Iu., Filina A.V. Dies for cutting rolled into billets with a length smaller than the diameter. Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo [Forging and stamping production], 2000, no. 10, pp. 21-23.
2. Skryabin S.A. Izgotovlenie pokovok iz aluminievych splavov gorjachim deformirovaniem., [Production of aluminum alloy forgings hot deformation], (Monografija) Kiev: Izdatelstvo KVIC, 2004, p. 346.
3. Krivda L.T., Gozhij S.P., Krivda E.O. Pat. 30822 Ukraine, MPK B21D 37/00, B23D 23/00. Sposib vidokremlennja zagotovok obkatuvannjam [Method of separating for pieces with orbital forging]: Pat. 30822 Ukraine, MPK B21D 37/00, B23D 23/00, (Ukraine), Nacional'nij tehnicnij universitet Ukraini "Kijvs'kii politehnicnij institut», no u2007133371; Zajavl. 30.11.2007; Opubl. 11.03.2008, Bjul., no. 5, p. 7.
4. Matvijchuk V.A., Aliev I.S., Sovershenstvovanie processov lokal'noj rotacionnoj obrabotki davleniem na osnove analiza deformiruемости metallov [Improving the processes of local rotary forming based on an analysis of deformability of metals]. Monografija, Kramatorsk, DGMA, 2009, p. 268.
5. Gozhij S.P., Krivda L.T., Shtampovka s obkatyvaniem kak sposob resursosberezhenija [Orbital forging as a way of resource], Naukovi visti Nacionalnogo tehnicnogo universitetu Ukraini «Kiiivskij politehnicnij institut», 2006, no. 2(46), pp. 55-60.
6. Gozhij S.P., Krivda E.O., Hilchenko K.O., Klisko A.V., Pat. 57086 Ukraine, MPK B21D 22/02 (2006.1), B21D 37/00. Sposib vigotvorennya detalej metodom obkочuvannja: Pat. 57086 Ukraine, MPK B21D 22/02 (2006.1), B21D 37/00. (Ukraine), Nacional'nij tehnicnij universitet Ukraini "Kiiivskij politehnicnij institut», no u2010 08840; Zajavl. 15.07.2010, Opubl. 10.02.2011, Bjul. no. 3, p. 5.
7. Gozhij S.P., Klisko A.V., Landar R.M., Nosenko A.I., Pat. 66808 Ukraine, MPK B21D 37/00 (2006.1). Sposib vigotvorennya detalej [Method of manufacturing parts], Pat. 66808 Ukraine, MPK B21D 37/00. (Ukraine), Nacional'nij tehnicnij universitet Ukraini "Kiiivskij politehnicnij institut», no. u2011 03804; Zajavl. 29.03.2011, Opubl. 25.01.2012, Bjul. no 2, p. 5.