

УДК 621. 7

Калюжний В. Л.
Стародуб М. П.**РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ВИРОБІВ З ПЛАСТИЧНИХ ТА МАЛОПЛАСТИЧНИХ МЕТАЛІВ**

В теперішній час розвиток багатьох галузей авіабудування, машинобудування, приладобудування, суднобудування вимагає більш широкого застосування високоточних з підвищеними експлуатаційними властивостями виробів із кольорових металів, вуглецевих, штампових і інструментальних сталей. Ефективними методами отримання таких виробів є високопродуктивні, ресурсозберігаючі процеси холодного об'ємного штампування (ХОШ) [1–3]. Однією з переваг ХОШ є зміцнення металу при холодній формозміні, що дозволяє отримувати вироби з підвищеними і забезпеченими механічними властивостями zdeформованого металу. Однак широке розповсюдження вказаних процесів обмежується високими питомими зусиллями при холодному деформуванні, низькою пластичністю багатьох металів і сплавів, а також відсутністю надійних методів розрахунку технологічних параметрів і геометричної форми деформуючого інструмента для отримання виробів з забезпеченими механічними властивостями.

Метою роботи є розробка схем деформування пластичних і мало пластичних металів в холодному стані, створення інформаційної технології визначення параметрів отримання виробів методами ХОШ на стадії проектування процесів видавлювання, розроблення та впровадження холодного видавлювання виробів з пластичних і мало пластичних металів.

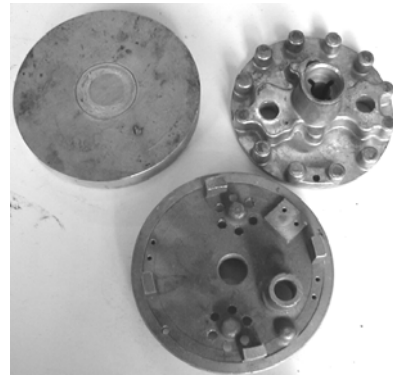
На кафедрі механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» (НТУУ «КПІ») на протязі тривалого часу проводяться дослідження процесів холодної деформації пластичних і мало пластичних металів. Розроблені способи видавлювання, які дозволяють суттєво знизити зусилля деформування та питомі зусилля на деформуючому інструменті, способи деформування з прикладанням диференційованого протитиску на заготовку при отриманні виробів з мало пластичних сталей в холодному стані. Також розроблені конструкції штампного оснащення для реалізації способів на універсальному гідро пресовому обладнанні зусиллям від 1,6 до 20 МН. Накопичений досвід в області ХОШ став підґрунтям створення спеціалізованого пакету прикладних програм [4–5] для моделювання холодної формозміни металів методом скінчених елементів, що дозволило створити інформаційну технологію визначення параметрів отримання виробів методами ХОШ на стадії проектування технології без доопрацювання їх трудомісткими і великої вартості експериментальними роботами. Було розроблено та впроваджено ряд технологічних процесів холодного видавлювання виробів різноманітної конфігурації з пластичних і мало пластичних металів.

Створені технологічні процеси і штампове оснащення для виготовлення з алюмінієвого сплаву АМЦ холодним видавлюванням трьох типів фланців з одностороннім та двохстороннім рельєфом. Час виготовлення в порівнянні з обробкою різанням скорочено в 11 раз. Фланці після видавлювання мають підвищені в 2,5 рази фізико-механічні властивості zdeформованого металу, високу чистоту поверхні, коефіцієнт використання металу збільшено в 2–3 рази. Процес видавлювання реалізований на гідравлічному пресі ПО 443 зусиллям 20 МН. Спроекований універсальний блок дозволив виготовляти 3 типи фланців в одному штампі. На рис. 1, а показані деформуючі пуансони, а на рис. 1, б вихідна заготовка та фланець, який отриманий видавлюванням. Розробки впроваджені на НВО «Славутич» м. Київ. Результати робіт по створенню схем для холодного видавлювання виробів із мало пластичних сталей і сплавів з прикладанням диференційованого протитиску на заготовку для підвищення пластичності при холодній формозміні, проведені експериментальні дослідження лягли в основу створення ряду технологій і оснащення для холодного видавлювання заготовок

порожнин штамів і прес-форм, ливарних форм різної конфігурації із малопластичних сталей 10ХН3А, 12ХН3А, 4Х5В2ФС, Х12М, 5ХНМ, Р6М5. Розроблені та виготовлені штампи для гідравлічних пресів зусиллям 1,6 МН, 4 МН, та 20 МН. Схема, яка використана при проектуванні штамів для холодного видавлювання з диференційованим протитиском, представлена на рис. 2 [6]. Виробничий штамп для видавлювання з протитиском для пресу ПО 443 зусиллям 20 МН показаний на рис. 3. На рис. 4 наведені фотографії порожнин, які отримані із штампових і інструментальних сталей.



а



б

Рис. 1. Деформуючі пуансони (а), вихідна та здеформовані заготовки (б)

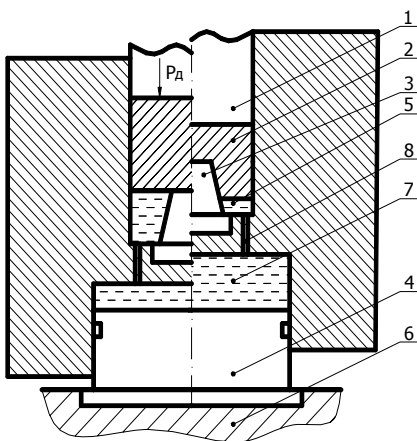


Рис. 2. Схема штампу для видавлювання порожнин з протитиском



Рис. 3. Виробничий штамп та контейнери різного діаметра для холодного видавлювання порожнин з малопластичних сталей

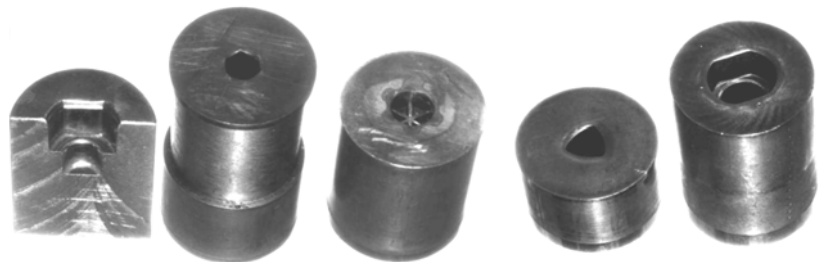


Рис. 4. Порожнини, які отримані холодним видавлюванням

Відмінність конструкцій штампів полягає в можливості створення протитиску без додаткових приводів, саморегулювання його величини по мірі зменшення пластичності металу при холодній формозміні, а також в виштовхуванні готового виробу з контейнера другим ходом пресу. Створені схеми видавлювання дозволили розширити марки сталей для холодного видавлювання. Чистота поверхонь отриманих порожнин (0,4–0,2), механічні властивості здеформованого металу збільшено в 2,5–4 рази. Стійкість порожнин, які виготовлені видавлюванням, збільшена в 2,3–5 рази. в порівнянні з порожнинами, що зроблені обробкою різанням. Для деяких видів порожнин прес-форм, які виготовлені холодним видавлюванням, включена подальша термічна обробка загартування. Стійкість деформуючих пуансонів збільшена в 1,2–2,5 рази. в порівнянні з традиційним видавлюванням. Результати розробок використані на ВАТ «Київський завод «Радар»».

За допомогою розробленої інформаційної технології розрахунковим шляхом визначені конструктивні і технологічних параметри для забезпечення механічних властивостей здеформованого металу виробів із сталі 4ХН2МФА-Ш, які отримані холодним прямим видавлюванням. Був спроектований і виготовлений виробничий штамп для видавлювання на гідравлічному пресі ДБ 2432 зусиллям 1,6 МН. Штамп, вихідна заготовка та заготовки після видавлювання показані на рис. 5. Результати, маршрутна технологія прийняті для використання у виробництві на ДП «Завод ім. Малишева» м. Харків.

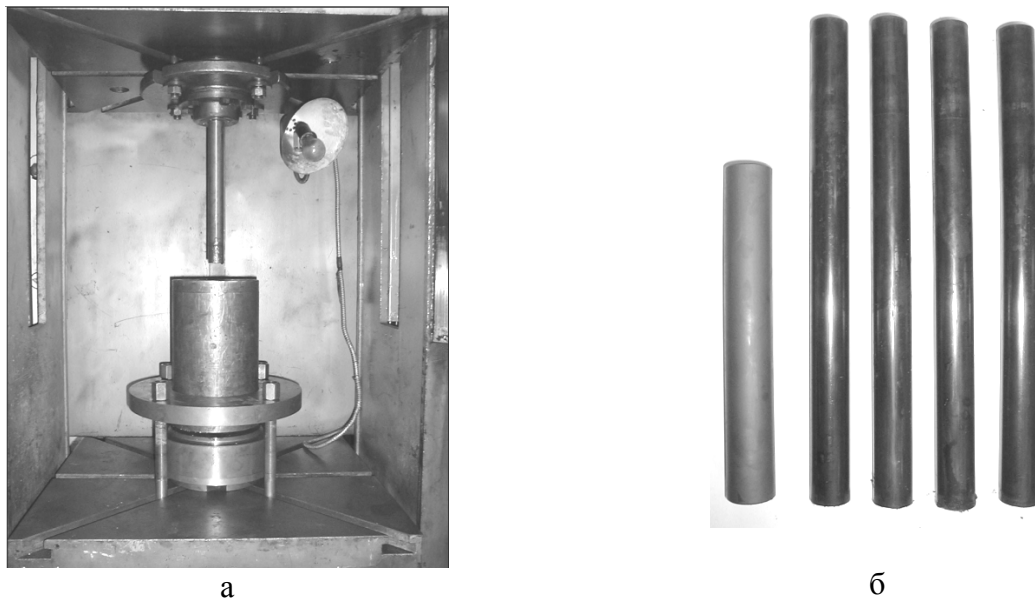
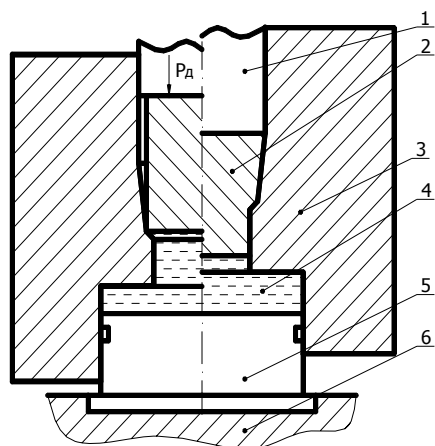
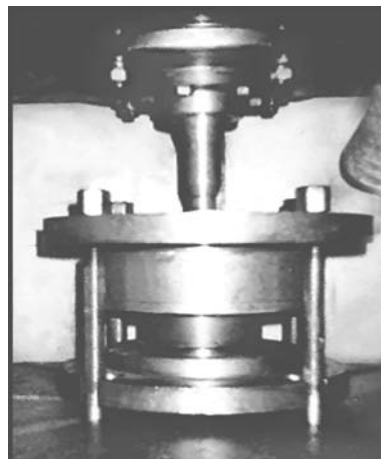


Рис. 5. Виробничий штамп для видавлювання (а), вихідна заготовка та здеформовані заготовки (б)

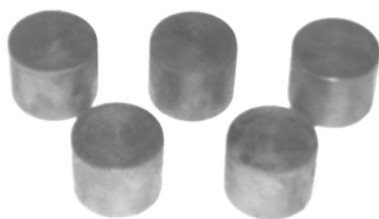
Також з використанням інформаційної технології був проведений розрахунковий аналіз процесу холодного видавлювання заготовок карбувальних штемפלів із сталі ШХ15-ШД необхідної форми та забезпеченим розподілом фізико-механічних властивостей здеформованого металу взамін існуючої технології обробки різанням. По визначених параметрах розроблено маршрутну технологію холодного видавлювання, виготовлене штампове оснащення. Проведено холодне видавлювання дослідної партії заготовок карбувальних штемפלів, які по розмірах і по даних механічних випробувань показали повну відповідність технічним умовам на вказану деталь. На рис. 6 наведені: а) схема видавлювання з диференційованим протитиском, яка була використана при проектуванні штампа, зліва від вісі симетрії вихідний стан, справа в процесі видавлювання; б) фотографія штампа для видавлювання заготовок штемפלів; в) вихідні заготовки; г) заготовки штемפלів після видавлювання. При видавлюванні на нижній торець заготовки прикладали диференційований протитиск, величина якого змінювалась від нуля на початку процесу до максимального значення 420 МПа в кінці формоутворення.



а



б



в



г

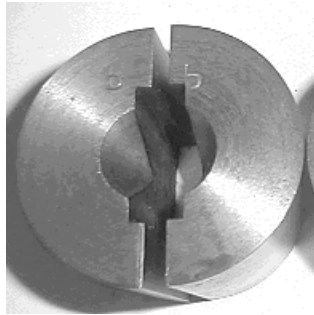
Рис. 6. Схема видавлювання заготовок штемпелів з протитиском (а), виробничий штамп для видавлювання (б), вихідні заготовки (в) та заготовки після видавлювання (г)

Коефіцієнт використання металу в порівнянні з технологією отримання обробкою різанням зріс на 30 %, стійкість карбувальних штемпелів, які виготовлені з видавлених заготовок зросла в 1,4–2 рази. Технологія виготовлення штемпелів холодним видавлюванням прийнята для використання на Банкотно-монетному дворі Національного банку України м. Київ.

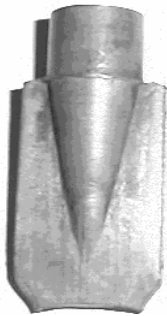
Розроблений спосіб прямого видавлювання з роздачею не круглих профілів [7], який забезпечує формоутворення виробів при знижених зусиллях деформування. Сутність способу полягає в тому, що діаметр вихідної заготовки менший чим максимальний розмір перерізу профілю після видавлювання. Спосіб став підґрунтям для створення технології холодного видавлювання прямокутних профілів із сталі Р6М5 та профілів більш складної форми із сталі 10. Остання технологія в порівнянні з обробкою різанням, дозволила зменшити: витрати на основні матеріали та напівфабрикати; витрати на енергоносії для технологічних цілей; кількість основного обладнання; чисельність робітників; річну собівартість продукції. Спроектване та виготовлене виробниче оснащення для реалізації способу. На рис. 7 показана роз'ємна матриця для прямого видавлювання з роздачею прямокутних профілів та zdeформована заготовка на проміжній стадії видавлювання, з якої видно, що розмір профілю більший за діаметр вихідної заготовки. Штамп для прямого видавлювання з роздачею на гідравлічному пресі ДБ2432 зусиллям 1,6 МН представлений на рис. 8. На рис. 9 зображена бандажована матриця штампа (а), переріз профілю (б) та профілі із сталі 10, які отримані видавлюванням (в). Результати розробки впроваджені на АО «ГК МГ» м. Києва.

Розроблені конструкції штампів [8] для холодного видавлювання виробів із сталей з порожниною постійного діаметра та ступінчатою порожниною. Конструкції дозволяють знизити питомі зусилля на пуансоні. видавлювання виконується в умовах дії розтягуючого зусилля, яке прикладається до бурта заготовки згідно схеми, яка представлена на рис. 10 (зліва від вісі симетрії вихідний стан, справа – в процесі видавлювання). Розтягуючи зусилля за бурт заготовки створюється за рахунок стиснення робочої рідини перед тим, як торець пуансона торкнеться заготовки. Досягнуто зниження питомих зусиль на пуансоні до 28 % при прикладанні

до бурта питомого розтягуючого зусилля величиною $(0,9-1)\sigma_{0,2}$. Тут $\sigma_{0,2}$ – умовна межа текучості металу, що деформується. Зниження питомих зусиль на пуансоні досягається за рахунок зміни схеми напруженого стану в осередку деформації. При дії питомого зусилля на борт заготовки величиною $0,5\sigma_{0,2}$ схема стисло-стискаюча стає стисло-розтягнутою за рахунок чого зменшується висота осередку деформації під пуансоном. Вказане зниження питомих зусиль на пуансоні суттєво підвищує їх стійкість. На рис. 11 показаний штамп на гідравлічному пресі ДБ2436 зусиллям 4 МН і отримані порожнисті вироби із сталі 20.



а



б

Рис. 7. Роз'ємна матриця (а) та здеформована заготовка (б)

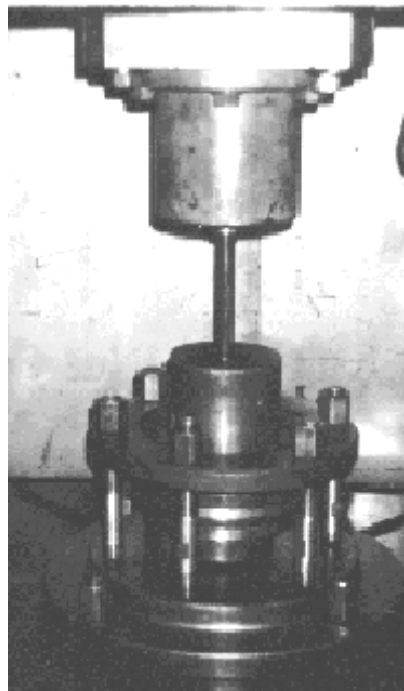
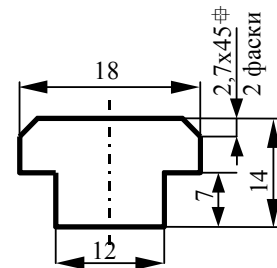


Рис. 8. Штамп на пресі зусиллям 1,6 МН



а



б



в

Рис. 9. Штамп для прямого видавлювання з роздачею (а), переріз профілю (б), та видавлені профілі (в)

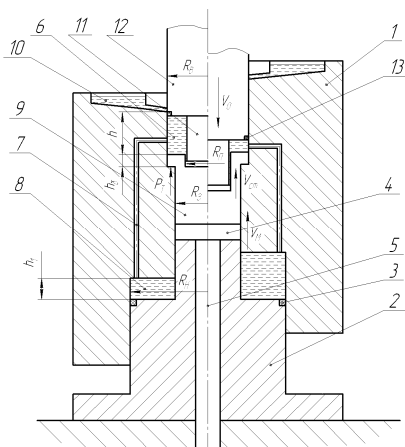


Рис. 10. Схема штампу для видавлювання з розтягом сталевих виробів з порожниною постійного діаметра

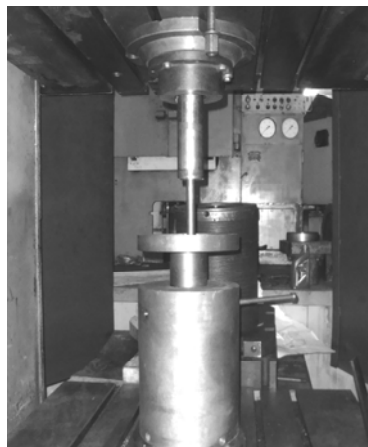


Рис. 11. Штамп для видавлювання з розтягом на пресі зусиллям 4 МН та деталі, які отримані в штампі



ВИСНОВКИ

1. Розроблені технологічні процеси, спроектоване та виготовлене штампове оснащення на прес ПО 443 зусиллям 20 МН для холодного видавлювання із алюмінію АМц заготовок фланців з одностороннім та двохстороннім рельєфом складної конфігурації взамін обробки різанням.

2. Розширення марок сталей для холодного видавлювання, високу чистоту поверхонь порожнин, збільшення властивостей здеформованого металу та стійкості порожнин забезпечують створені технології і конструкції штампового оснащення для холодного видавлювання з накладенням диференційованого протитиску на заготовки. Заміну обробки різанням на холодне видавлювання, підвищення стійкості штемелів, коефіцієнту використання металу забезпечили розроблені технологія і оснащення для холодного видавлювання з диференційованим протитиском заготовок карбувальних штемелів.

3. Розроблений спосіб видавлювання профілів не круглого перерізу, який забезпечує зниження силових режимів. Створені нова технологія і оснащення для холодного прямого видавлювання з роздачею прямокутних профілів і більш складної форми. Використання технології приводить до економії металу, зниження витрат енергії, часу і собівартості виготовлення.

4. Розроблені конструкції штампів для холодного видавлювання порожнистих виробів із сталей з прикладанням розтягуючи зусиль до заготовки. Видавлювання в таких умовах приводить до зниження питомих зусиль на пуансонах і суттєвого підвищення їх стійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ковка и штамповка : справочник. В 4-х т / Под ред. Е. И. Семенова и др. – М. : Машиностроение. – Т. 3. Холодная объемная штамповка / Под ред. Г. А. Навроцкого. – 1987. – 384 с.*
2. *Гидропрессование инструментальных сталей / Черный Ю. Ф., Спусканюк В. З., Лядская А. А. и др. – К : Техника, 1987. – 217 с.*
3. *Белошенко В. А. Теория и практика гидроэкструзии / В. А. Белошенко, В. Н. Варюхин, В. З. Спусканюк. – К. : Наукова думка, 2007. – 246 с*
4. *Калюжный В. Л. Расчетный анализ холодного выдавливания стаканов конусным пуансоном методом конечных элементов / В. Л. Калюжный // Удосконалення процесів та обладнання обробки металів тиском в металургії та машинобудуванні. – Краматорськ-Славянськ, 2000. – С. 200–203.*
5. *Калюжный В. Л. Расчетно-экспериментальный анализ силовых режимов и качества деталей при холодном прессовании деталей из стали 45 с разной степенью деформации / В. Л. Калюжный // Вісник двигунобудування. – 2004. – № 1. – С. 139–144.*
6. *А. с. 912387. Штамп для изготовления полостей в заготовках из труднодеформируемых материалов / Ю. Ф. Черный, В. Л. Калюжный, А. И. Быков и др. – Оpubл. в Бюл. № 10, 1982 г.*
7. *А. с. СССР № 1738409. Способ выдавливания фасонных изделий / Ю. Ф. Черный, В. Л. Калюжный, В. А. Фоменко, Н. И. Воронин. – Оpubл. в Бюл. № 21, 1992 г.*
8. *А. с. СССР № 1357111. Устройство для штамповки деталей / Ю. Ф. Черный, В. Л. Калюжный, С. Ф. Сабол, А. В. Бондаренко. – Оpubл. в Бюл. № 45, 1987 г.*

Калюжный В. Л. – д-р техн. наук, проф. НТУУ «КПІ»;

Стародуб М. П. – д-р техн. наук, проф. НТУУ «КПІ».

НТУУ«КПІ» – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут, м. Київ.

E-mail: k_OMD@ukr.net