

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ЗАГОТОВОК КАРБУВАЛЬНИХ ПУАНСОНІВ ІЗ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

Методом конечных элементов проведено математическое моделирование холодного выдавливания заготовок чеканочных пуансонов из инструментальных сталей. Определены усилия, удельные усилия выдавливания, напряжено-деформированное состояние и конечные размеры заготовок. Предложена технология изготовления чеканочных пуансонов методом холодного выдавливания. Спроектирована штамповая оснастка для реализации процесса в производстве.

The mathematical modeling of cold forging of stamping punches made from tool steels is carried out by the finite element method. Loads of process, specific loads of forging, mode of deformation and final dimensions are determined. The technology of making of stamping punches by cold forging is proposed. Die tooling for the realization of process in production was developed.

Вступ. У сучасному виробництві карбувальні пуанسونи переважно виготовляються методами різання. Така технологія виготовлення має високі трудовитрати та низький коефіцієнт використання металу. Крім того, карбувальні пуанسونи мають низьку стійкість, що знижує ефективність процесів карбування і підвищує собівартість виробів. В теперішній час для виготовлення виробів в металооброблювальному виробництві знаходять широке розповсюдження ресурсозберігаючі технології холодного видавлювання, які дозволяють отримувати високоточні вироби різної конфігурації із кольорових і чорних металів, у тому числі і інструментальних сталей. На кафедрі МПМ та РП НТУУ „КПІ” накопичений досвід виготовлення карбувальних штемפלів із сталі ШХ-15-ШД методом холодного видавлювання в умовах прикладання диференційованого протитиску на заготовку [1-2]. Холодне видавлювання забезпечує інтенсивне пропрацювання структури металу пластичною деформацією та створення відповідної макроструктури по об'єму заготовок штемפלів. Виготовлення заготовок карбувальних штемפלів холодним видавлюванням, крім збільшення коефіцієнта використання металу на 30 % і скорочення часу виготовлення в 3-5 разів, забезпечило підвищення стійкості штемפלів в 1,4-2,5 рази. Карбувальні пуанسونи, які виготовляють із сталей Х12М, Х12Ф1, ХВГ, відрізняються від штемפלів, як по конфігурації частини кріплення так і по висоті карбування. Основний вид зношування пуансонів – це руйнування деформуючої частини (робочого торця пуансона). Тому необхідно холодним видавлюванням забезпечити пропрацювання структури металу та створення необхідної макроструктури на робочому торці. Розрахунки параметрів холодного видавлювання заготовок із складною геометрією торця з інструментальних сталей для розробки технології виконуються на базі експериментальних даних та виробничого досвіду [3-5].

Мета роботи та постановка задачі. Метою роботи є визначення розрахунковим шляхом параметрів холодного видавлювання заготовок карбувальних пуансонів із інструментальних сталей, розробка технології та штампового оснащення для виготовлення пуансонів підвищеної стійкості.

Для визначення параметрів видавлювання необхідне створення скінченно-елементних моделей, які дозволяють врахувати наступні фактори, що суттєво впливають на холодне формоутворення виробів: конструктивні (складна геометрія деформуючого інструменту), технологічні (ступінь деформації, геометрія вихідної заготовки, тертя на контактуючих поверхнях, швидкість деформування; фізико-механічні (діаграма істинних напружень та діаграма пластичності сталей). Процес моделювання від вихідного стану заготовки до отримання кінцевої геометрії деталі необхідно розподілити на певну кількість кроків навантаження для виявлення закономірностей формоутворення виробу, питомих зусиль на деформуючому інструменті з точки зору його раціональної стійкості та встановлення режимів деформування без руйнування для малопластичних інструментальних сталей Х12М. Розрахунковим шляхом для проектування технології необхідно встановити: залежність зусилля видавлювання від переміщення деформуючого інструменту - для визначення роботи деформації і вибору ковально-пресового обладнання; точний розподіл питомих зусиль на деформуючому інструменті – для проектування штампового оснащення; кінцеву геометрію заготовок карбувальних пуансонів і розподіл інтенсивності деформацій і ступеня використання ресурсу пластичності – для забезпечення стійкості карбувальних пуансонів.

Математичне моделювання. Моделювання виконували за допомогою програмному комплексу DEFORM 2D, що був наданий за тимчасовою ліцензією компанією «ТЕСИС». Процес видавлювання пружно-пластичної заготовки із сталі Х12М розглядали як вісесиметричну задачу (аналіз половини заготовки). Властивості вихідної заготовки: модуль Юнга $2,1 \cdot 10^5$ МПа, коефіцієнт Пуассона 0,33, умовна межа течії $\sigma_{0,2}=430$ МПа. Діаграму істинних напружень [7] $\sigma_s = \sigma_s(\varepsilon_i, \dot{\varepsilon}, T)$ апроксимували ступеневою залежністю (тут σ_s – істинне напруження, ε_i – інтенсивність

деформацій, $\dot{\varepsilon}$ – швидкість деформації, T – температура). Для врахування тертя на контактуючих поверхнях задавали коефіцієнт тертя $\mu=0,08$. Деформуючий інструмент вважався абсолютно жорстким.

Спочатку розглядали можливість видавлювання заготовок пуансонів з циліндричної заготовки з плоскими торцями. Однак при отриманні кінцевої геометрії виробу на деформуючому інструменті (пуансоні, матриці, виштовхувачі) виникали питомі зусилля величиною 3000-3700 МПа, що не дозволяє реалізувати процес видавлювання на практиці. Тому була вирішена задача встановлення оптимальної геометричної форми вихідної заготовки, яка забезпечує формоутворення заготовок карбувальних штемפלів при мінімальному зусиллі видавлювання і раціональній стійкості деформуючого інструмента.

На рис. 1. наведена розрахункова схема видавлювання заготовок карбувальних пуансонів. Попередньо спрофільована вихідна заготовка 1 встановлюється в матрицю 2 на виштовхувач 3. Зусилля видавлювання P_D прикладається за допомогою деформуючого пуансона 4 (дію зусилля моделювали у вигляді покрокових переміщень). Геометрія деформуючого пуансона відповідала необхідному профілю деталі.

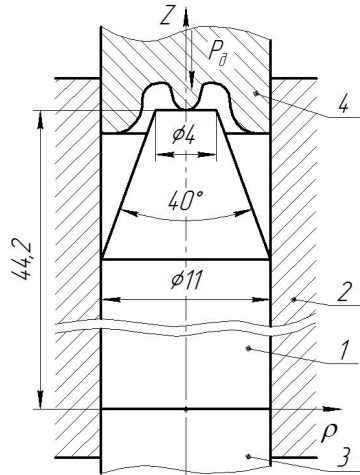


Рис. 1. Схема видавлювання карбувального пуансону

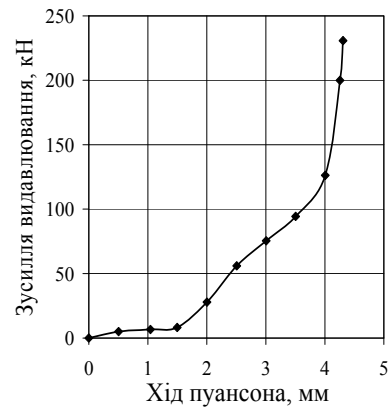


Рис. 2. Залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансона

Розрахункова залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансона показана на рис 2. Максимальне значення зусилля видавлювання в кінці процесу склало 230,7 кН.

Були визначені кінцева геометрична форма заготовки карбувального пуансона і напружено-деформований стан в ній. По напружено-деформованому стану виявлений ступінь використання ресурсу пластичності Ψ , інтенсивність деформацій ε_i та інтенсивність напружень σ_i (рис. 3).

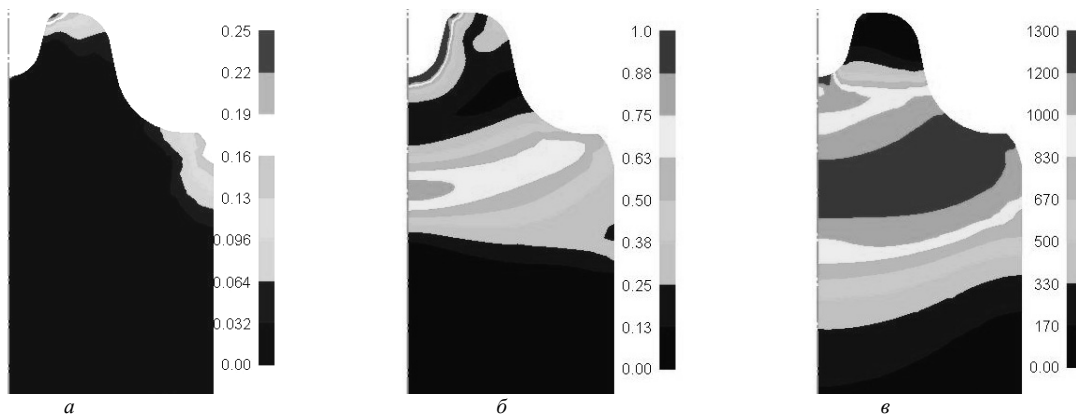


Рис. 3. Розподіл ступеня використання ресурсу пластичності Ψ (а), інтенсивності деформацій ε_i (б) та інтенсивності напружень σ_i (в) по об'єму деформованої заготовки

Максимальна величина ступеня використання ресурсу пластичності металу (рис. 3а) в частині об'єму заготовки, що деформується досягає 0,3 (гранична величина 1,0). Таким чином, холодне формоутворення заготовки пуансона проходить без руйнування.

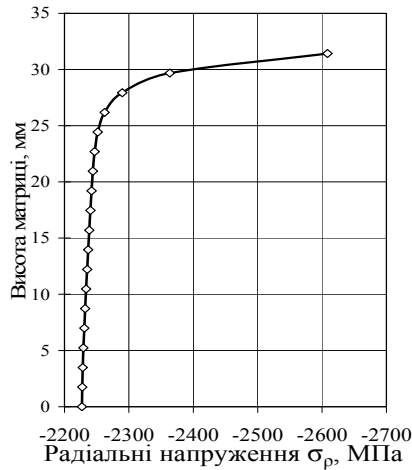


Рис. 4. Розподіл радіальних напружень σ_ρ в стінці матриці

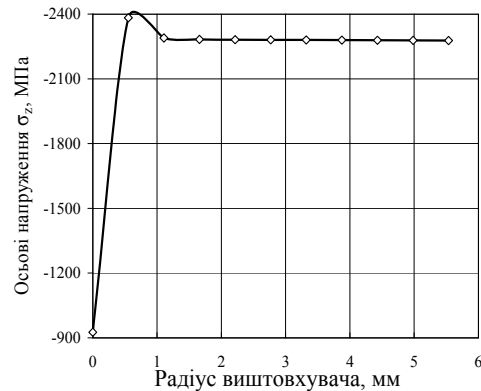


Рис. 5. Розподіл осьових напружень σ_z на виштовхувачі

На рис. 3б показано розподіл інтенсивності деформацій по об'єму здеформованої заготовки, що дозволяє оцінити пропрацювання структури металу холодною пластичною деформацією.

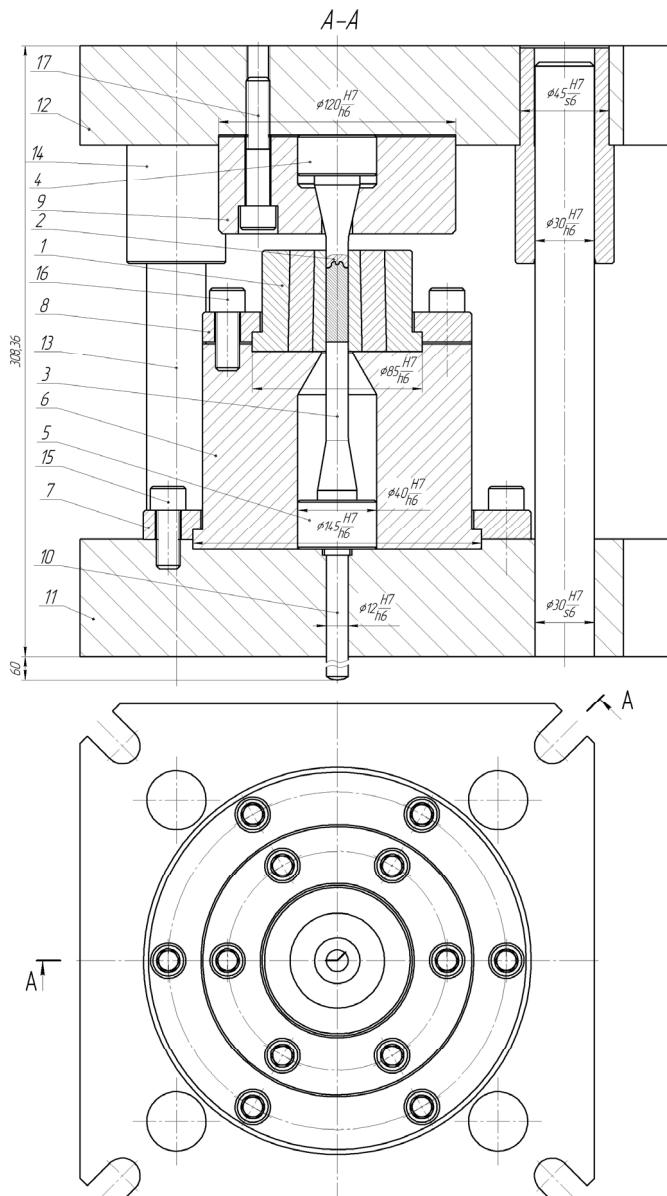


Рис. 6. Штамп для холодного видавлювання заготовок карбуральних пуансонів

Найбільші величини ϵ_i мають місце в області впадини заготовки та на переході виступу в циліндричну частину заготовки (відповідно значення ϵ_i 0,9 і 0,7). Отриманий розподіл забезпечує необхідну макроструктуру здеформованого металу і повинен привести до підвищення стійкості карбуральних пуансонів.

Характер розподілу інтенсивності напружень σ_i зображено на рис. 3в, який визначає розповсюдження осередку деформації та величину зміцнення металу в здеформованій заготовці. Осередок деформації розповсюджується на третину висоти заготовки, зміцнення здеформованого металу досягає 500-1200 МПа.

Розподіл радіальних напружень σ_ρ по висоті матриці показаний на рис. 4. На рис. 5 наведений розподіл осьових напружень σ_z по радіусу виштовхувача. На матриці і виштовхувачі викають максимальні по абсолютній величині питомі зусилля відповідно 2600 і 2400 МПа, які необхідно врахувати при проектуванні штампового оснащення.

За розрахунковими даними спроектовано штамп для холодного видавлювання заготовок для карбуральних пуансонів (рис. 6). Штамп встановлюється на гідравлічний прес ДБ2424 зусиллям 630 кН.

Конструкція штамп. На нижній плиті 11 встановлено обойму 6, яка кріпиться фіксуєчим кільцем 7 за допомогою гвинтів 15. На обойму 6 встановлюється бандажована матриця 1 та кріпиться фіксуєчим кільцем 8 і гвинтами 16. Для виштовхування в бандажовану матрицю встановлено виштовхувач 3, який спирається на підкладну плиту 5 в обоймі 6. Виштовхувач 3 приводиться в дію від виштовхувача преса через штовхач 10, який встановлений у

нижній плиті 11. До верхньої плити 12 кріпиться пуансон 2 та підкладна плита 4 за допомогою пуансонотримача 9 та гвинтів 17. Пуансон 2 при видавлюванні направляєтся по матриці 1. Для додаткового направлення руху верхньої плити 12 відносно нижньої 11 встановлено направляючі колонки 13 та втулки 14.

Робота штампу. Заготовка встановлюється в бандажовану матрицю 1 на виштовхувач 3. При робочому ході пуансон 2 заходить в матрицю на 5 мм для направлення після чого виконується видавлювання. Видалення заготовки з матриці здійснюється виштовхувачем 3.

Технологія виготовлення заготовок карбувальних пуансонів в даному штампі включає наступні операції: відпал вихідних гарячекатаних прутків; різання прутків на мірні заготовки та профілювання заготовки на токарному верстаті; нанесення змащення КТЮЛ-15; холодне видавлювання.

Висновки:

1. З використанням методу скінчених елементів встановлена можливість виготовлення карбувальних пуансонів холодним видавлюванням. Виявлена оптимальна геометрична форма вихідної заготовки для видавлювання, яка забезпечує мінімальні силові режими видавлювання.

2. Проведено моделювання холодного видавлювання заготовок карбувальних пуансонів із сталі Х12М. Визначені зусилля видавлювання, точний розподіл питомих зусиль на деформуючому інструменті, кінцева геометрія заготовки та розподіл ступеня використання ресурсу пластичності, інтенсивності деформацій і напружень по об'єму. Встановлені області інтенсивного пропрацювання структури металу холодною пластичною деформацією в заготовці для забезпечення стійкості пуансонів при карбуванні.

3. По розрахунковим даним спроектовано штамп для реалізації холодного видавлювання заготовок карбувальних пуансонів із сталі Х12М на практиці.

4. Запропоновано технологічний процес виготовлення заготовок карбувальних пуансонів із інструментальних сталей шляхом холодного видавлювання.

Список літератури

1. Стародуб М.П. Виготовлення заготовок карбувальних штемпелів холодним пресуванням // Стародуб М.П., Стеблюк В.І., Калюжний В.Л., Маковей В.О., Горностай В.М., Мазепа А.В.; Тематичний збірник наукових праць: Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Краматорськ, ДДМА, 2007. - С. 226-230.

2. Маковей В.А. Проблемы повышения стойкости чеканочных штемпелей // Маковей В.А., Калюжний В.Л., Горностай В.Н., Стародуб Н.П.; Металлообработка. Научно - производственный журнал. Санкт-Петербург. № 1(55) 2010. - С. 39-46.

3. Базык А.С. Холодная объемная штамповка. Справочник // А.С. Базык, И.К. Букин-Батырев, В.Б. Бяльский и др. Под ред. Г.А. Навроцкого; М.: Машиностроение. 1973. - 496 с.

4. Амиров М.Г. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т.; т. 3. Холодная объемная штамповка // М.Г. Амиров, Е.Г. Белков, К.Н. Богоявленский и др.; Под ред. Г.А. Навроцкого; М.: Машиностроение. 1987. -384 с.

5. Унксов Е.П. Теория пластических деформаций металлов // Е.П. Унксов, У. Джонсон, В.Л. Колмогоров и др.; Под ред. Е.П. Унксова, А.Г. Овчинникова; М.: Машиностроение. 1983. – 598 с.

6. Кроха В.А. Упрочнение металлов при холодной пластической деформации // Кроха В.А.; М.: Машиностроение.. 1980. – 158 с.