

УДК 621.7

В.Л. Калюжний д-р техн.наук, проф., О.В. Калюжний, канд.техн.наук, ст. викл., В.В. Піманов, асп.,
С.А. Носар, студ.
НТУ України „Київський політехнічний інститут” м.Київ ,Україна

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХОЛОДНОГО КОМБІНОВАНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ЗАГОТОВОК ІЗ СТАЛІ 20

Методом конечных элементов выполнен анализ комбинированного выдавливания заготовок из стали 20. Определено влияние геометрии матрицы на силовые режимы деформирования и распределение удельных усилий на инструменте. Установлена геометрия изделия, напряженно-деформированное состояние и упрочнение металла после деформации. По данным расчета спроектирован штамп для реализации процесса в производстве

The analysis of combined extrude of blank made of steel 20 is carried out by the finite element method. Influence of die's geometry on power modes of deformation and stress distribution on operating tool is defined. Tool geometry, mode of deformation and metal hardening after deformation are determined. According to calculation the stamp for process realization is designed.

Ресурсозберігаючі процеси холодного комбінованого видавлювання широко використовують для отримання високоточних виробів різної конфігурації із мало вуглецевих, середньовуглецевих та низьколегованих сталей. Розрахунки параметрів процесів для розробки технології виконуються на базі експериментальних даних та виробничого досвіду [1-2], причому практично відсутні дані по проектування процесів холодного формоутворення з двома ступенями свободи течії металу. Тому для визначення параметрів вказаних процесів в теперішній час використовують математичне моделювання методом скінчених елементів шляхом використання універсальних комерційних пакетів (ANSYS, LS-DYNA, FastForm, DynaForm, NASTRAN, COSMOS, ABAQUS та інші). Однак дані програми мають один суттєвий недолік - для роботи з ними необхідна висококваліфікована підготовка персоналу: фахівців в програмуванні для підготовки вихідних даних для розрахунків та фахівців в області обробки металів тиском для аналізу результатів моделювання та обґрунтування їх використання на виробництві. На кафедрі МПМ та РП НТУУ „КПІ” розроблена спеціалізована інформаційна технологія для проектування процесів холодного об'ємного та листового штампування, яка базується на створенні математичних моделей інтенсивного холодного формоутворення за допомогою метода скінчених елементів, які максимально відповідають реальним процесам. Розраховані параметри по вказаній технології не потребують доопрацювання експериментальними роботами.

Мета роботи: визначення шляхом моделювання методом скінчених елементів впливу геометрії матриці при комбінованому видавлюванні заготовок із сталі 20 на силові режими, розподіл питомих зусиль на деформуючому інструменті та зміцнення здеформованого металу.

Розрахункова схема для моделювання з розмірами заготовки та деформуючого інструменту показана на рис. 1. Оскільки задача віссиметрична, то розглядали половину заготовки. Заготовка 2 була розподілена на восьмивузлові ізопараметричні скінчені елементи. Течія металу вниз обмежувалась виштовхувачем 4. Поверхні матриці 1, пуансона 3 і виштовхувача 4 вважалися абсолютно жорсткими. У вихідному стані пуансон 3 плоскою частиною торця спирається на верхній торець заготовки. Процес моделювання комбінованого видавлювання поділяли на певну кількість кроків навантаження до отримання кінцевої геометрії виробу. Навантаження прикладали у вигляді крокового переміщення поверхні пуансона. Враховано зміцнення металу при формозміні, тертя на контактуючих поверхнях, а також розвантаження металу стінки виробу. Діаграму істинних напружень апроксимували ступеневою залежністю, діаграму пластичності - формулою Г.Д. Деля, можливість руйнування здеформованого металу визначали по ступеню використання ресурсу пластичності, який розраховували по критерію В.А. Огородникова. Кут конусу матриці брали 14, 16, 18, 20, 22 і 24 градуси.

На рис. 2 показані етапи деформування заготовки при моделюванні. На початку відбувається тільки часткове видавлювання пуансона в заготовку (а), далі зовнішня поверхня заготовки деформується тільки по конічній поверхні матриці (б), а при досягненні нижнім торцем заготовки виштовхувача відбувається формоутворення стінки виробу (в).

На рис. 3 представлена розрахункова залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансона для кута матриці 18° . Процес деформування по конусу матриці відбувається при мінімальному зусиллі 0,3 МН із всіх розглянутих кутів конусу матриці. Процес формоутворення стінки виробу проходить при зусиллі 0,92 МН. Розподіл відносних радіальних напружень ($\sigma_r/\sigma_{0,2}$) по висоті матриці наведений на рис. 4. Умовна межа течії для сталі 20 після відпалу $\sigma_{0,2}=260$ МПа. Максимальне по абсолютній величині значення вказаних напружень отримане на конічній поверхні матриці. Даний розподіл дозволяє вибрати кількість бандажів для матриці по напруженню $\sigma_r=\sigma_{0,2}\cdot 7,5=260\cdot 7,5=1950$ МПа. На рис. 5 і 6 наведений відповідно розподіл відносних осьових напружень ($\sigma_z/\sigma_{0,2}$) по радіусу пуансона і виштовхувача. Така інформація необхідна для вибору марки сталі для вказаного інструменту. Аналогічно можливо визначити величини максимальних значень осьових напружень.

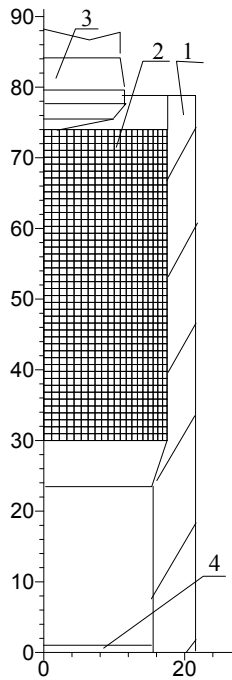


Рис. 1. Розрахункова схема (розміри в міліметрах)

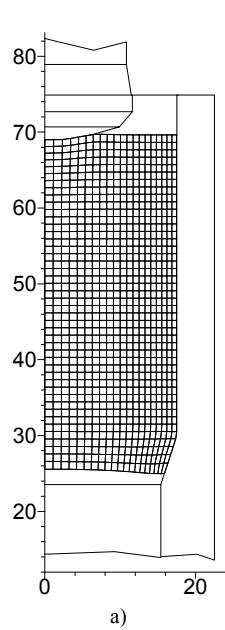
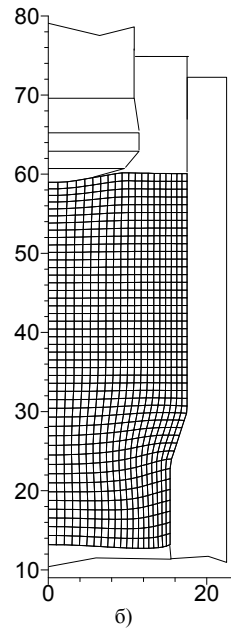


Рис. 2. Етапи деформування заготовки: а - на початку процесу;



б - проміжний стан; в - формоутворення стінки (розміри в міліметрах)

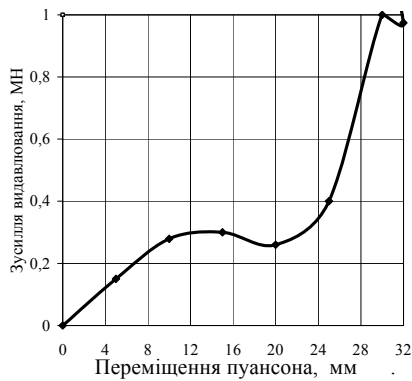
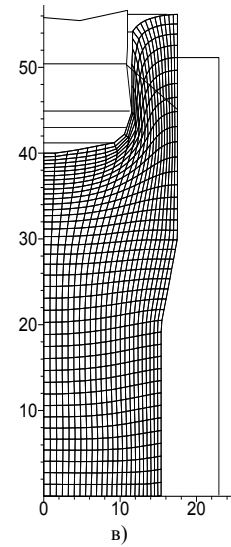


Рис. 3. Залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансона (для кута матриці 18°)

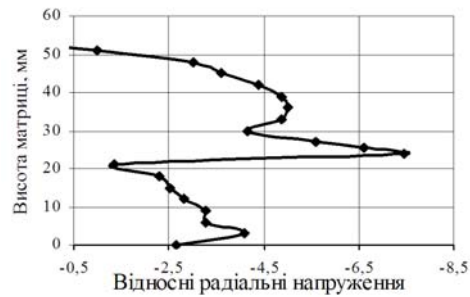


Рис. 4. Розподіл відносних радіальних напружень по висоті матриці



Рис. 5. Розподіл відносних осьових напружень по радіусу пуансона

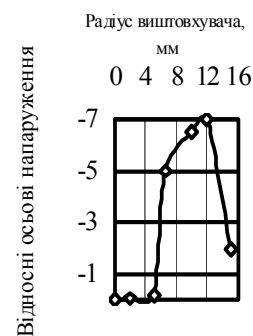


Рис. 6. Розподіл відносних осьових напружень по радіусу виштовхувача

На рис. 7 наведений розподіл відносної інтенсивності напружень ($\sigma_r/\sigma_{0,2}$) по об'єму здеформованої заготовки. По ньому можливо прогнозувати механічні властивості здеформованого металу. Так внутрішні шари стінки зміцнюються в 4,35 рази, зовнішні – в 2,4 рази в порівнянні з недеформованим металом. Деформування металу по конусу матриці забезпечило зміцнення в 1,7 рази. Розподіл ступеня використання ресурсу пластичності

здеформованого металу (рис. 8) дає інформацію проте, що холодна формозміна металу при даних розмірах заготовки та інструменту проходить без руйнування.

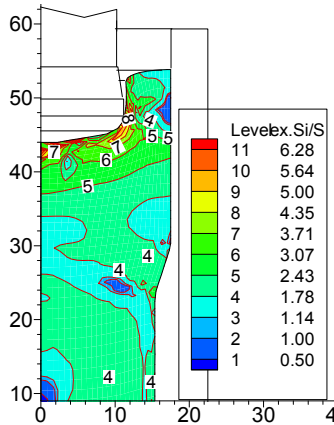


Рис. 7. Розподіл відносної інтенсивності напружень в здеформованій заготовці

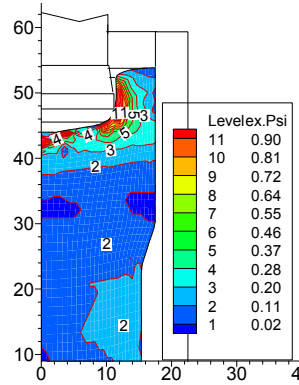


Рис. 8. Розподіл ступеня використання пластичності в здеформованій заготовці

Таким чином, шляхом моделювання визначені всі необхідні дані для розробки технології: зусилля видавлювання для вибору ковальсько-пресового обладнання; розподіли питомих зусиль на пуансоні, матриці та виштовхувачі для проектування оснащення; геометрія виробу з урахуванням розвантаження після деформації, напружено деформований стан та ступінь використання ресурсу пластичності по всьому об'єму заготовки для оцінки якості виробу.

На рис. 8 приведена конструкція однопозиційного штампа для реалізації комбінованого видавлювання. Банджована матриця 1 встановлена в обоймі 2 на підкладній плиті 3 та закріплена до обойми за допомогою кільця 21 гвинтами 24. В обоймі 2 також розміщений з направленням по матриці виштовхувач 10 на плиті 9. Обойма 2 фіксується на нижній плиті 19 і закріплюється за допомогою кільця 8 болтами 23. В отвір нижньої плити вставлений штовхач 11, який спирається на коромисло 18.

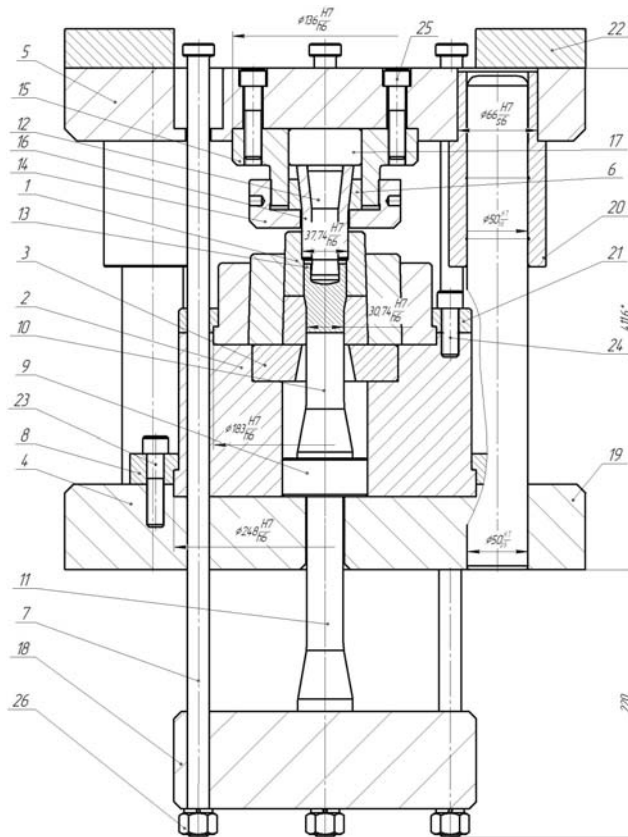


Рис. 9. Штмп для комбінованого видавлювання виробу із сталі 20

Коромисло зв'язане за допомогою чотирьох тяг 7 та гайок 26 з верхньою плитою штампа 5. Деформуючий пуансон 12 встановлений у втулці 16 з направленням по отвору матриці 1. Пуансон 12 із втулкою 16 встановлений в пуансонотримачі 15 з направленням по кільцю 6 і прижимається до підкладної плити 17 за допомогою гайки 14.

Додатково направлення забезпечується двома колонками і втулками 20. На верхній плиті 5 встановлені три прямокутні підкладні плити 22. Заготовка встановлюється і центрується в матриці 1. Видавлювання здійснюється пуансоном 11. Виштовхування виробу з матриці відбувається при зворотному ході повзуна преса за допомогою тяг 7, коромисла 18, штовхача 11, опорної плити 10 та виштовхувача 9.

Висновки

Моделюванням методом скінчених елементів визначена кінцева геометрія виробу, силові режими, питомі зусилля. Встановлений розподіл відносної інтенсивності напружень та ступеня використання ресурсу пластичності в здеформованому металі для прогнозування механічних властивостей по об'єму виробу.

По розрахунковим даним спроектовано штамп для реалізації комбінованого видавлювання на практиці.

Список літератури

1. Холодная объемная штамповка. Справочник. Под ред. Г.А. Навроцкого. М.: Машиностроение, 1973, - 496 с.
2. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т.; т. 3. Холодная объемная штамповка/ Под ред. Г.А. Навроцкого. – М.: Машиностроение, 1987. -384 с.

УДК 621.9.06-08

В.М. Пестунов, канд.техн.наук, проф., О.С. Стеценко, канд.техн.наук, доц., П.М. Єрьомін, асп.
Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград, Україна

ПРОБЛЕМИ ТЕРТЯ І СПОСОБИ ПРОЯВЛЕННЯ ЙОГО У ВЕРСТАТНИХ СИСТЕМАХ

В статті висвітлюється новий підхід до проблеми зменшення тертя і зношування рухомих частин і механізмів верстатних систем шляхом перерозподілу напрямків потоку потужності і навантаження. Зміна співвідношення цих сил сприяє підвищенню точності і надійності виконавчих органів верстатів. Приведені приклади схем розвантаження приводів подачі верстатів конкретних механізмів.

In the article lights up new approach to the problem of friction and wear of locomotive parts and mechanisms of the machine-tool systems by the redistribution of directions of streams power and lading. Changing of correlation of these forces is instrumental in the increase of exactness and reliability of executive branches of machine-tools. The examples of charts of unloading of drives of serve of machine-tools of concrete mechanisms are resulted.

Відомо, що тертя в елементах привода верстатних систем збільшує витрати енергії, знижує точність і надійність верстатів. Традиційно для зниження зношування і підвищення надійності використовують передачі і напрямні кочення, гідростатичні напрямні і передачі „гвинт–гайка”. Існуючі методи зниження шкідливого впливу тертя і використання його в приводах формоутворення зведені в класифікаційну таблицю (рис. 1).

На наш погляд проблеми тертя можна вирішувати кількома напрямками:

Перший напрямок – зміна напрямків потоку потужності і навантаження, який узагальнює структурна схема привода машин, приведена на рис. 2 [1]

Де М – електродвигун;

Зн – ланка настройки, або зміни швидкості;

Му – механізм розподілу потоків потужності по кінематичним ланцюгам формоутворення; U1, U2... Un – виконавчі органи, які здійснюють технологічний процес; Y1, Y2... Yn – управляюча дія на виконавчі органи.

Із схеми на рис. 2 витікає, що виконавчі органи привода, сприймаючи технологічне навантаження, знаходяться у рівновазі під дією сил механізму управління рухом і механізму розподілу потоків потужності. Зміна співвідношення цих сил відкриває широкі можливості привода по точності, надійності і інших параметрах.

Узагальнюючи відомі методи покращення вихідних характеристик верстатів і умов функціонування виконавчих органів верстатів по навантаженню, які визначають основні характеристики верстата, необхідно зазначити, що більшість із них зводиться до двох схем навантаження виконавчого органу привода подачі верстата, при яких виконавчий орган верстата навантажується таким чином, щоб:

по-перше – в процесі робочого руху його напрямні навантажувались рушійною силою (рис. 3), яка забезпечувала надійне базування і підвищення точності взаємного розташування виконавчих органів верстатів;

по-друге – щоб напрямні сприймали тільки перемінні складові технологічного навантаження і приводили до