

## РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ДВОСТУПІНЧАТОЇ ПОРОЖНИНИ

Процеси отримання виробів холодним об'ємним штампуванням використовуються в багатьох галузях сучасної промисловості. Особливої уваги заслуговує військовий промисловий комплекс, а саме виготовлення боєприпасів. Таке виробництво потребує високопродуктивних та маловитратних технологій, які дозволяють отримати високоточні вироби, напівфабрикати з підвищеними експлуатаційними властивостями.

Метою роботи є проведення розрахункового аналізу процесу холодного зворотного видавлювання заготовки з двоступінчастою порожниною під подальші технологічні операції витягування з потоншенням.

На рис. 1 показано ескіз деталі для якої необхідно отримати заготовку холодним зворотнім видавлюванням використовуючи ступінчатий пуансон. Сема процесу видавлювання зображено на рис. 2. Ліворуч від осі показано у вихідному стані, а праворуч – кінцевому. Заготовка 3 встановлюється в контейнер 1, який встановлений на плиті 2. В донній частині контейнера встановлений виштовхувач 5. Заготовка 3 позиціонується фаскою по конусу в контейнері. Видавлювання заготовки виконується ступінчастим пуансоном 4. Вихідні розміри заготовки визначали з умови постійності об'ємів та допустимого ступеню деформації. Дана заготовка виготовляється із сталі 10 з наступними властивостями: модуль Юнга  $2,1 \cdot 10^5$  МПа, коефіцієнт Пуассона 0,3, умовна межа течії  $\sigma_{0,2} = 260$  МПа.

Чисельним моделюванням, за допомогою методу скінчених елементів (МСЕ) в програмному комплексі DEFORM-3D проведено теоретичний аналіз процесу холодного видавлювання заготовки для снаряду калібром 30 мм. Моделювання виконували в пружно-пластичній постановці з врахуванням розвантаження. Теоретичний аналіз МСЕ дозволяє встановити напружено-деформований стан в об'ємі заготовки, кінцеві розміри виробу з урахуванням пружної деформації, а також отримати розподіл нормальних напружень на контактуючих поверхнях заготовки з інструментом, що дозволяє розраховувати інструмент на міцність та зусилля

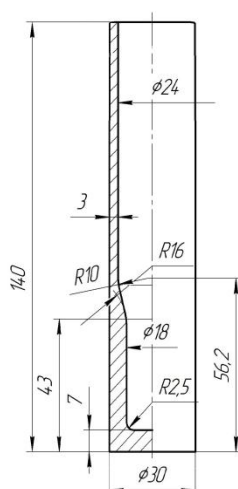


Рис. 1 Ескіз деталі

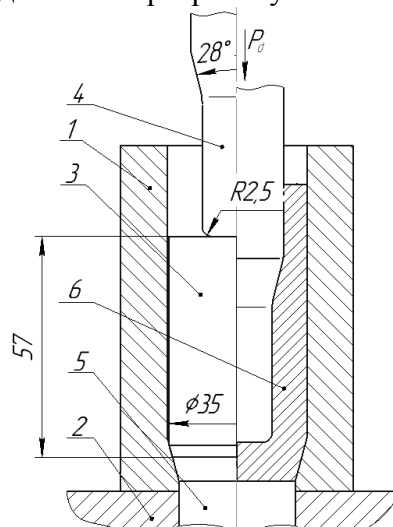


Рис. 2 Схема процесу  
 видавлювання

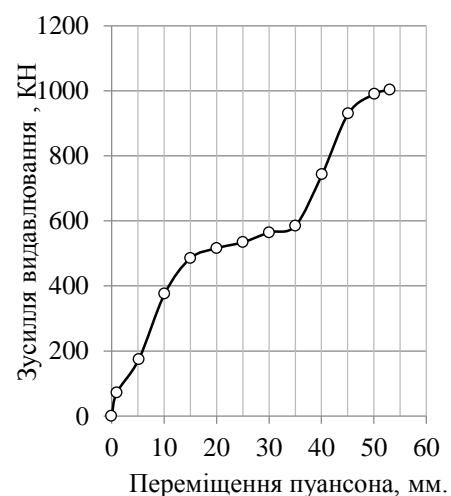


Рис. 3. Залежність зусилля від  
 переміщення пуансона

видавлювання. Залежність зусилля від переміщення пуансона показано на рис. 3. Максимальне значення зусилля склало 1003кН в кінці робочого ходу.

Розподіл нормальних напружень на деформуючому інструменті зображено на рис. 4. Результати виводили в момент дії максимального зусилля.

По результатам чисельного експерименту було визначено кінцеву геометричну форму заготовки, напружено-деформований стан та ступінь використання ресурсу пластичності  $\psi$  здеформованого металу (рис. 5), який дає можливість прогнозувати отримання порожнини без руйнування.

На рис. 5 наведено розподіл інтенсивності деформації По розподілу (рис.6)  $\epsilon_i$

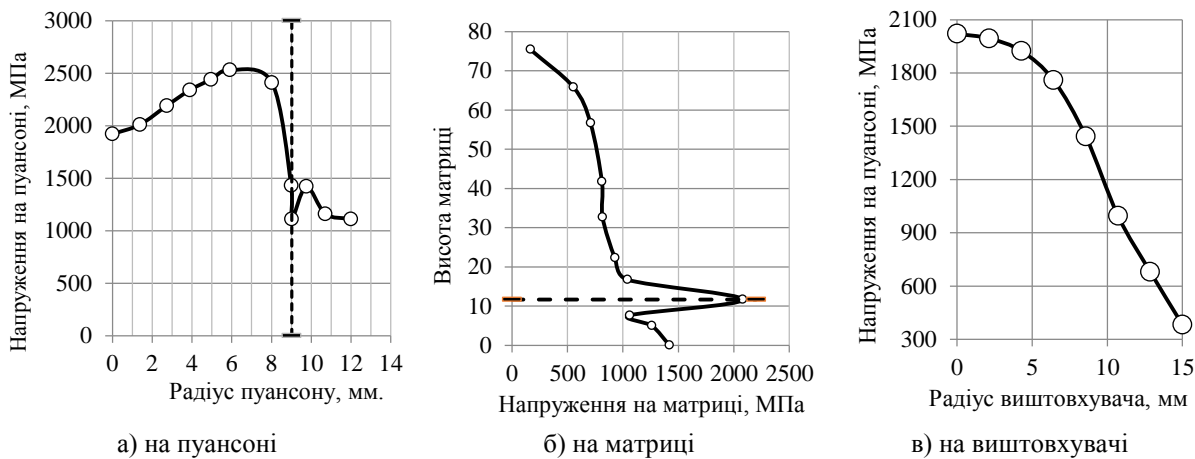


Рис. 4 Розподіл нормальних напружень на деформуючому інструменті

можна оцінити пропрацювання структури металу холодною пластичною деформацією. Розподіл інтенсивності напружень  $\sigma_i$  в об'ємі здеформованого металу з урахуванням розвантаження, який дає можливість оцінити зміцнення матеріалу за рахунок холодної деформації наведено на рис. 7.

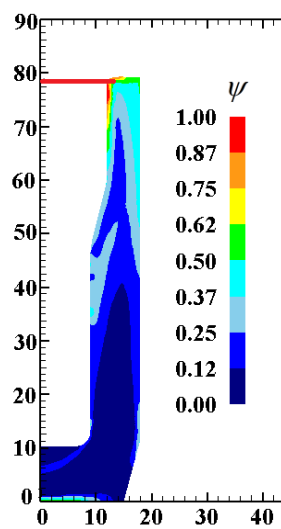


Рис. 5 Розподіл використання ресурсу пластичності

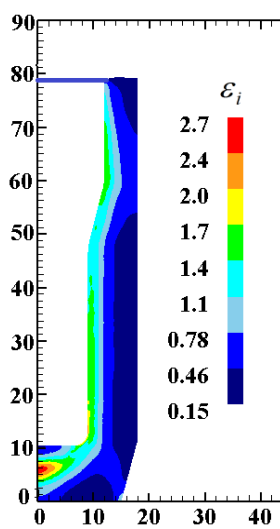


Рис. 6 Розподіл інтенсивності деформації

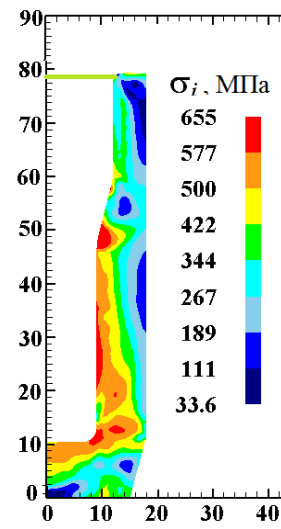


Рис. 7 Розподіл інтенсивності напружень

### Висновок

Розрахунковим шляхом виявлено вплив основних конструктивних та технологічних факторів на напружено-деформований стан, зусилля деформування, розподіл питомих зусиль на деформуючому інструменті, кінцеву геометрію, зміцнення здеформованого металу та ступінь використання ресурсу пластичності.