

УДК 621

Р.Ю. Глущик, А.М. Бондарь, О.В. Холявік, Р.С. Борис, О.В. Самойленко  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

### **Застосування програмного комплексу DEFORM-3D для аналізу розрахунку процесу роздачі трубчастої деталі**

Наша робота присвячена визначанню розмірів та форми напівфабрикатів для високоточних трубчастих виробів при виготовленні їх об'ємним холодним штампування. Виконані нами дослідження проведено за допомогою моделювання в програмному графічному комплексі DEFORM-3D. Також нами проведено чисельний експеримент технологічних операцій роздачі. Комп'ютерне моделювання ми виконували в пружно-пластичній постановці.

**Вступ.** При виробництві порожнистих трубчастих деталей їх виробництво характеризується коефіцієнтом роздачі. Даний параметр визначається як відношення діаметра частини труби, яка деформується до зовнішнього діаметру початкової труби.

Якщо ж ми використовуємо відкриту схему роздачі, то у цьому випадку зовнішня частина трубчастої заготовки не навантажена силами. Крім того, питоме зусилля на поверхні контакту труби і пуансона незначне. Можемо знехтувати силами тертя між заготовкою та пуансоном якщо маємо малу відносну товщину. Саме тому напружений стан в осередку деформації можна охарактеризувати одноосьовим розтягуванням в окружному напрямку. Також можна знехтувати напруженнями в меридіональному та нормальному напрямках.

Але допустимий коефіцієнт має бути обмежений вірогідністю виникненням тріщин та браку на кромці. Саме при такій схемі напружено-деформованого стану допустимий коефіцієнт роздачі можемо оцінити за відносним подовженням, що визначається під час випробування металу на розрив  $K_p = (1 + \delta_r)$ . Дане значення знаходиться переважно в інтервалі 1,11 ... 1,14.

Для того, щоб збільшити вказаний допустимий коефіцієнт роздачі нам бажано змінити саму схему напружено-деформованого стану на найбільш вдалу для пластичної деформації.

Розмір радіальних напружень стискання на самій поверхні пуансона, що контактує з деталлю, бажано використовувати для розрахунку розміру тертя на

поверхні при розрахунку самого зусилля роздачі жорстким пуансоном. Напруження та їх розподіл в центрі деформації можна уточнити у тому випадку, якщо ми врахуємо деформаційне зміцнення на всіх ділянках заготовки.

Саме тому виникають неабиякі труднощі та складності при визначенні форми та розмірів напівфабрикату та розмірів і форми початкової заготовки. Саме тому для визначення початкових розмірів та форми заготовки ми проведемо чисельні експерименти в програмному комплексі DEFORM-3D. За допомогою цієї програми розрахуємо необхідні параметри напівфабрикату та інструментів для виготовлення нашої деталі. Також ми можемо визначити необхідну форми напівфабрикату для отримання вказаної деталі. Крім того ми визначимо потрібний об'єм для визначення розмірів нашої заготовки.

**Метою роботи** є перевірка різних методів та підходів для визначення розмірів та форми напівфабрикатів та розмірів і форми заготовки для роздачі трубчастої деталі за допомогою моделювання процесів в комплексі програм DEFORM-3D. Також в роботі нами виконано аналіз впливу схеми застосованої для розрахунку на всі параметри процесу, що розглядається.

**Постановка задачі.** В роботі ми визначили розміри напівфабрикату для виготовлення нашого порожнистого виробу.

347

Визначення розмірів самої вихідної заготовки має певні труднощі, які пов'язані з технологічними процесами отримання нашого кінцевого виробу. Тому визначення самих розмірів напівфабрикату для подальшої роздачі шляхом чисельного експерименту в програмному комплексі DEFORM-3D в значній прискорює всі розрахунки розмірів нашої вихідної заготовки, яка використовується для отримання кінцевого виробу.

**Проведення дослідження.** Для розв'язку нашої задачі нам потрібно змоделювати сам процес роздачі труби в програмі DEFORM-3D, а для цього необхідно виконати наступні дії: побудувати саму геометричну модель та врахувати зміну довжини в зв'язку з операцією роздачі, вибрати сам спосіб роздачі та спроектувати інструменти що допоможуть при виконанні даної операції та забезпечать вимоги до нашої деталі, провести самі чисельні експерименти в програмному графічному комплексі DEFORM-3D.

#### **Результати досліджень.**

У нашому дослідженні розглядалося декілька схем роздачі трубчатих деталей:

- моделювання нашого процесу із з використанням складного пуансона,  
 - моделювання нашого процесу із застосування традиційного пуансона,  
 - а також моделювання процесу із застосування спрофільованого пуансона для роздачі труби,

Саме моделювання процесу роздачі труби із застосуванням схеми з традиційним пуансоном показано на рис. 1. Нами за допомогою моделювання було чітко встановлено розміри і форма деталі, енергосилові режими деформування, ресурс пластичності трубчастої деталі розрахованим кінчним пуансоном.

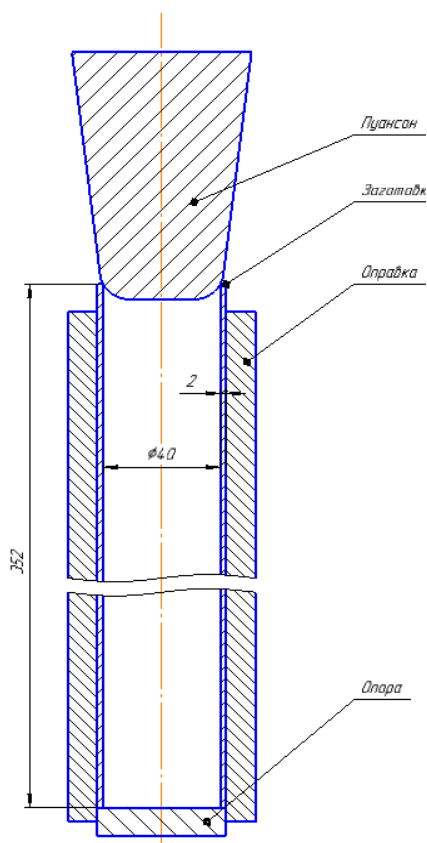


Рис. 1. Схема нашого процесу роздачі з використанням традиційного пуансону

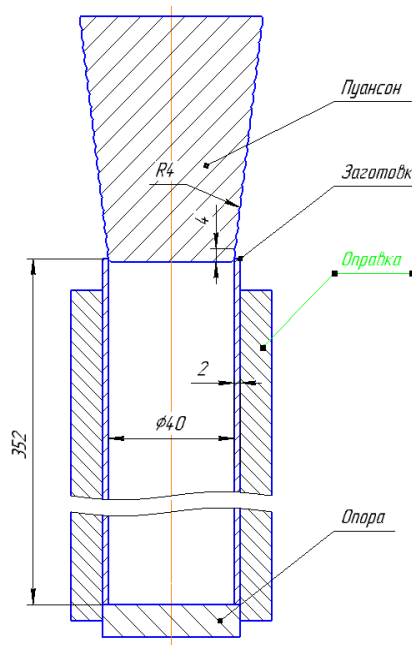


Рис. 2. Схема нашого процесу роздачі із застосуванням спрофільованого пуансону

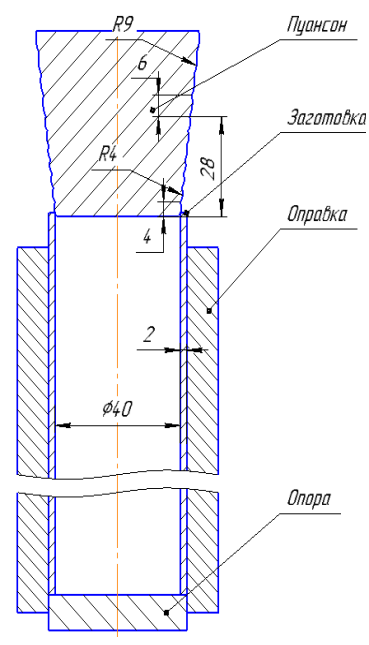


Рис. 3. Запропонована схема роздачі труби з використанням складного пуансону

348

Щодо розподілу інтенсивності напружень  $\sigma_i$  ми можемо оцінити зміцнення здеформованого металу саме після процесу роздачі. Саме це дає змогу наперед визначити механічні властивості в кінчній частині труби.

У цій схемі роздачі труби має місце значне пропрацювання по всій довжині труби, яку роздавали.

З іншої сторони процес роздачі труби конусним пуансоном з кутом 14-25 градусів призводить до відставання заготовки від деформуючого інструменту.

Заради проведення аналізу схеми розрахунку нашого процесу роздачі на наступному етапі нами виконано саме моделювання процесу, що включає спрофільований пуансон для роздачі труби. Використання такого спрофільованого інструменту показав ряд переваг перед застосуванням звичайного традиційного інструменту. Серед переваг зменшення тертя між інструментом і трубою, значне покращення інтенсивності деформації, а також зменшення питомого зусилля. В той же час з'явилися і недоліки – це трудомісткий та дорогий у виготовленні інструмент. Для запропонованої нами схеми ми використали різноманітні радіуси для профілю та різні кроки на інструменті.

Найголовнішим недоліком у попередніх схемах було не добре прилягання деталі до інструменту та великі напруження на всіх етапах процесу роздачі. Якраз під час моделювання і спостерігалася складна течія металу на початку процесу. Саме тому нами було збережено початковий крок рельєфу на інструменті не по всій довжині. В подальшому запропоновано встановити значно більший крок профілю на інструменті. Завдяки внесенню нами конструктивних змін в інструмент для роздачі ресурс пластичності деталі підвищився.

349

### **Висновки.**

Під час моделювання нами було виявлено залежність самої величини зусилля при роздачі труби від типу інструменту, що використовувався. Під час застосування традиційного інструменту зусилля на 15% було вищим ніж зусилля роздачі при використанні запропонованих пуансонів. Застосування запропонованого пуансону, що має однакові параметри утворюючого рельєфу, призводить до виникнення меншого зусилля ніж при застосуванні традиційних типів інструментів. Під час чисельного експерименту нами була доведена необхідність використати закриту схему роздачі. Це дозволить підвищити стійкість труби заготовки під час роздачі.

## Список використаних джерел

1. Ю.А. Аверкиев, Холодная штамповка, Moscow, Russia: Машиностроение, 1989.
2. Неперешин Р.И. Идеальные процессы обжима и раздачи толстостенных трубных заготовок // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением, -2010, -№6-с 23-29
3. Калюжний В.Л., Олександренко Я.С. Влияние угла матрицы на формообразование изделия при холодной раздаче трубчатых заготовок с действием давления жидкости на внутреннюю поверхность заготовки. Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". Луцьк, 2015. Випуск №49.
4. А.Д. Матвеева, «Листовая штамповка», Ковка и штамповка: Справочник, т. 2, с.4, Под ред. Е.И. Семенова, Москва, Россия: Машиностроение, 1985–1987.
5. Попов Е.А., Ковалев В.Г., Шубин И.Н., Технология и автоматизация листовой штамповки, Москва, Россия: Изд-во МГТУ им. Н.Е. Баумана, 2000.
6. Калюжний В. Л., Калюжний О. В., Марчук К. Л. Розрахунок розмірів вихідної порожнистої заготовки із тонкою стінкою змінної товщини та обтиск її в матриці з конусно-циліндричною деформуючою поверхнею. Вісник КПІ ім. Ігоря Сікорського. Mechanics and Advanced Technologies. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020, №3(90). С.106-112. 350
7. Калюжний О.В., Калюжний В.Л. Інтенсивність формоутворюючих процесів холодного листового штампування. Київ: ТОВ «сік груп України». 2015. 292с.
8. Калюжний В.Л., Ярмоленко О.С. Інтенсивність процесу холодного обтиску порожнистих напівфабрикатів для отримання виробів зі змінною товщиною стінки. Вісник КПІ ім. Ігоря Сікорського. Mechanics And Advanced Technologies. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, №1 (85). С. 111-117