

УДК 621. 983

Калюжний В. Л.
Вихованець І. В.**АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ОБТИСКУ ТРУБЧАТИХ ЗАГОТОВОК В СФЕРИЧНІЙ МАТРИЦІ З ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИМ ПРОТИТИСКОМ НА ВНУТРІШНЮ ПОВЕРХНЮ ЗАГОТОВКИ**

Обтиск трубчатих або порожнистих заготовок з дном широко розповсюджена формуюча операція листового штампування для виготовлення деталей балонів, перехідників для трубопроводів, ємностей для нагрівання води, гільз та інших. В результаті обтиску частина заготовки приймає форму конуса, циліндра і конусу, сфери, циліндра і сфери.

При традиційному обтиску трубчатих заготовок і порожнистих виробів з дном виникають дефекти, які показані на рис. 1. При відсутності жорсткого підпору на стінку заготовки вона втрачає стійкість (рис. 1, а). Дефект у вигляді гофри (рис. 1, б) також виникає в місці переходу zdeформованої частини в стінку. При значному ступеню деформації може виникати деформація донної частини заготовки (рис. 1, в). Ще один дефект – це утворення складок в меридіональному напрямку у zdeформованій частині заготовки, який виникає від значних стискаючих тангенційних напружень в цьому місці.

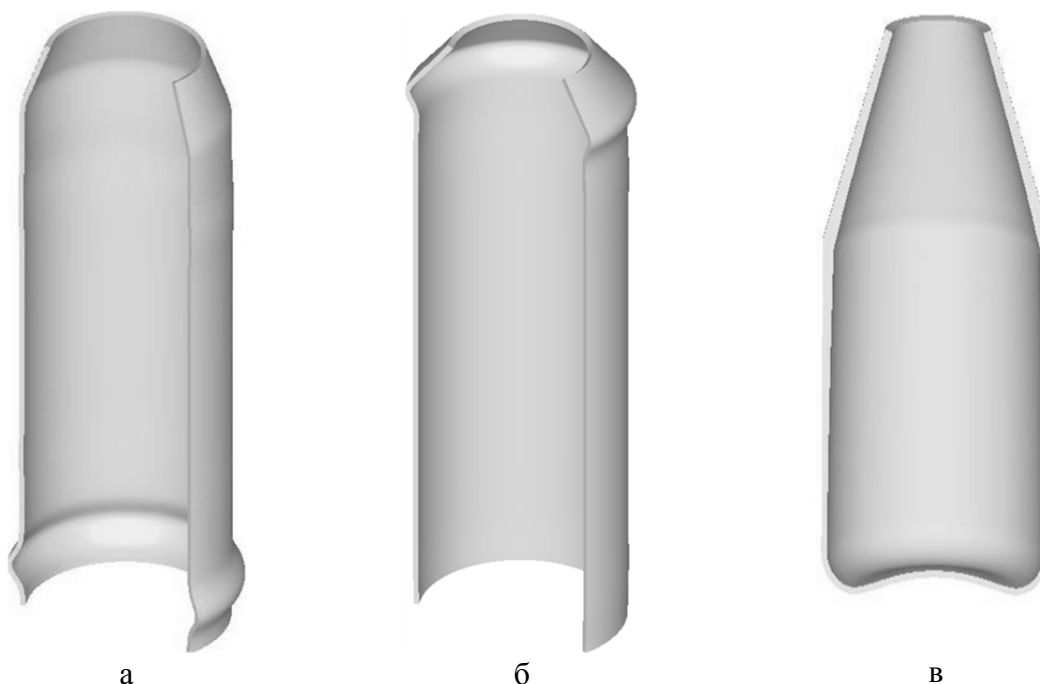


Рис. 1. Дефекти, які виникають при традиційному обтиску

Для збільшення ступеню деформації при обтиску використовують дію протитиску на внутрішню поверхню заготовки і жорсткі оправки на зовнішній поверхні при формоутворенні виробів [1]. Використання такого способу обтиску приводить до суттєвого зменшення можливості втрати стійкості стінки заготовки і частини, що обтискується. В роботі [2] проведені дослідження, які продемонстрували переваги способу обтиску з дією протитиску, в порівнянні з традиційним обтиском, що достатньо вивчений в джерелах [3–5]. Результати досліджень по силових режимах і якості виробів при обтиску трубчатих заготовок в кінчній матриці з дією протитиску викладені в роботі [6].

В теперішній час мало даних для проектування традиційного обтиску трубчатих заготовок в сферичній матриці і відсутні рекомендації для визначення параметрів обтиску в сферичній матриці при дії протитиску на внутрішню поверхню заготовки.

Метою роботи є вивчення впливу величини диференційованого тиску рідини на внутрішню поверхню заготовки на формоутворення виробів при обтиску трубчатих заготовок в сферичній матриці.

Схема штампу для реалізації способу [1] при обтиску трубчатих заготовок показаний на рис. 2. Зліва від вісі симетрії наведено положення перед обтиском, праворуч – після обтиску. Штмп складається з матриці 1, яка встановлена з можливістю переміщення на опорі 2.

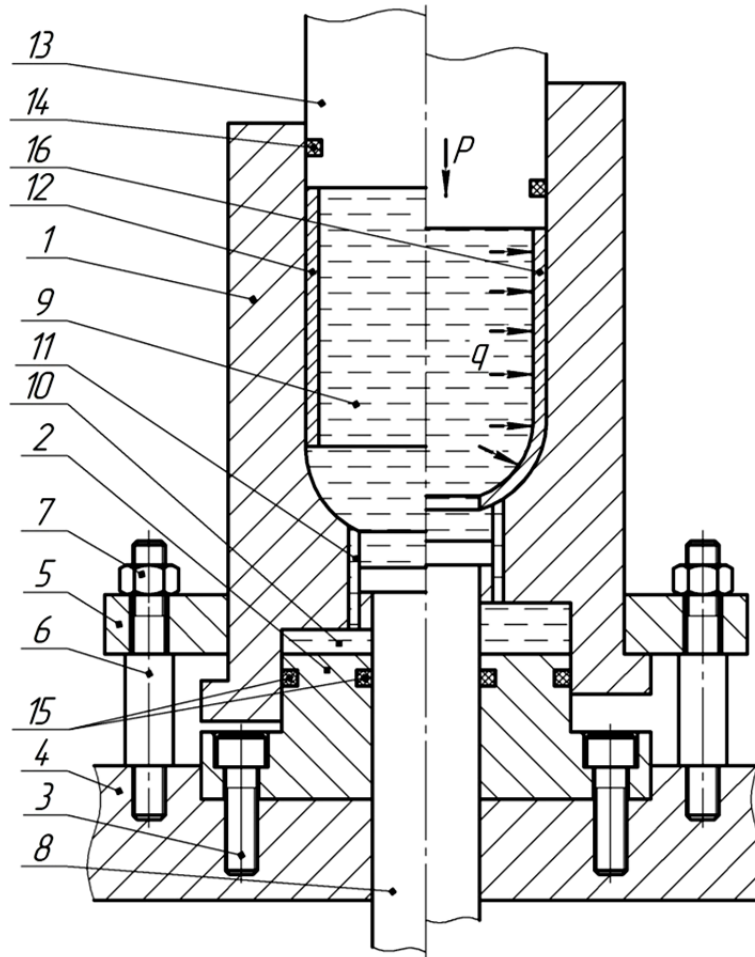


Рис. 2. Схема штампу для обтиску з диференційованим протитиском

Опора 2 кріпиться за допомогою болтів 3 до плити 4. Переміщення матриці при виштовхуванні виробу обмежене кільцем 5, що зафіксоване шпильками 6 і гайками 7. Штовхач 8 встановлений в матриці 1. Матриця 1 має дві порожнини 9 і 10, які з'єднані отворами 11 для протікання робочої рідини при обтиску. Діаметр порожнини 10 виконується в залежності від необхідної величини протитиску рідини q при обтиску. В порожнину 9 заливається робоча рідина і встановлюється вихідна заготовка 12. Зусилля деформування P прикладається пуансоном 13. Для запобігання витікання рідини передбачені ущільнення 14 і 15. При опусканні пуансону утворюється виріб 16, причому при формоутворенні на внутрішню поверхню заготовки діє диференційований протитиск величиною q , що залежить від значення зусилля P в текучий момент обтиску. Виштовхування виробу 16 з матриці 1 виконується переміщенням штовхача 8 вгору, причому матриця 1 повертається в вихідне положення при ході штовхача 8 вниз. Для розрахункового аналізу такого процесу необхідно використовувати пружно-пластичну модель, оскільки осередок деформації розповсюджується не на весь об'єм заготовки з розподілом формоутворення на певну кількість кроків навантаження для виявлення моменту втрати стійкості чи потовщення стінки заготовки при обтиску. Обов'язкове врахування наступних факторів при моделюванні: дію протитиску q , причому величина протитиску повинна визначатися в залежності від зусилля обтиску P ; тертя на контактуючих поверхнях;

зміцнення та ступінь використання ресурсу пластичності здеформованого металу. Комплексне врахування вказаних факторів можливе в скінченно-елементному формулюванні моделі обтиску. Для аналізу було використано програму Deform-2D.

Розрахунковий аналіз проводили для обтиску трубчатої заготовки в сферичній матриці по традиційній схемі з жорстким підпором зовнішньої поверхні заготовки та з протитиском на внутрішню поверхню заготовки і жорстким підпором зовнішньої поверхні заготовки. Розміри заготовки з маловуглецевої сталі були наступні: зовнішній діаметр 80 мм, висота 120 мм, товщина стінки 2 мм. Радіус заокруглення матриці 20 мм.

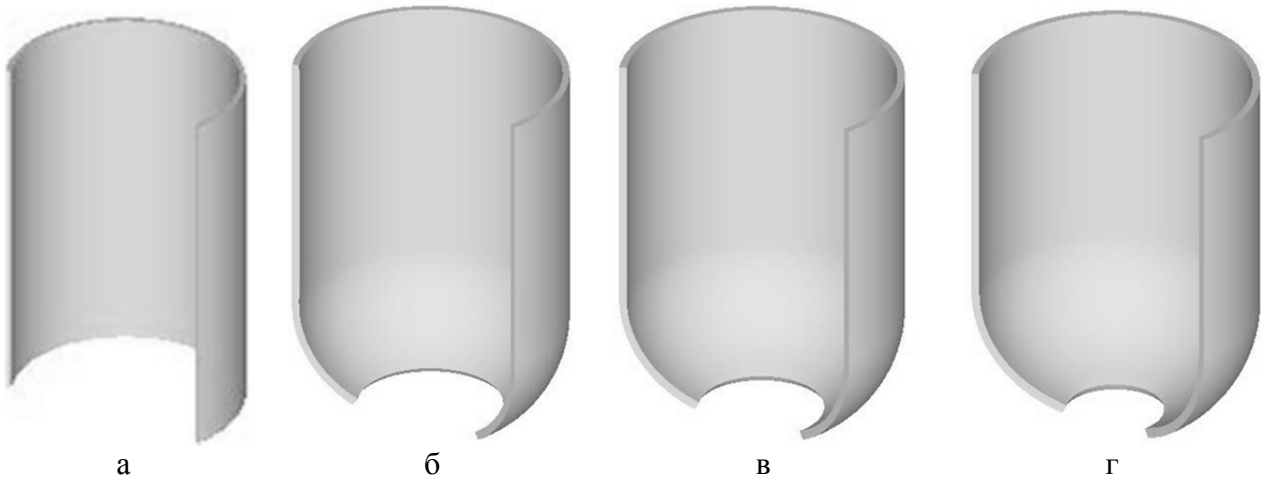


Рис. 3. Вихідна заготовка в розрізі (а) та здеформовані заготовки з протитиском $q = 0$ (б), $q = 70$ МПа (в) і $q = 120$ МПа (г)

На рис. 3 наведені вихідна заготовка та здеформовані заготовки в розрізі, які обтиснуті з різними значеннями протитиску. Протитиск $q = 0$ МПа – це традиційний обтиск. Інші величини протитиску вказані при максимальному зусиллі деформування. Залежність зусилля обтиску від переміщення пуансону зображена на рис. 4. Прикладання протитиску приводить до зростання зусилля обтиску, зі збільшенням величини протитиску на 10 МПа зусилля деформування в кінці формоутворення зростає в середньому на 10 кН. Вказане пов'язане з впливом тертя на контактуючих поверхнях.

На рис. 5 наведена залежність коефіцієнта обтиску (відношення діаметра заготовки до діаметра отвору після обтиску) від величини протитиску, який прикладається на внутрішню поверхню заготовки. Дія протитиску приводить до зростання коефіцієнта обтиску, причому інтенсивне зростання має місце починаючи з величини протитиску $q > 0,5\sigma_{0,2}$.

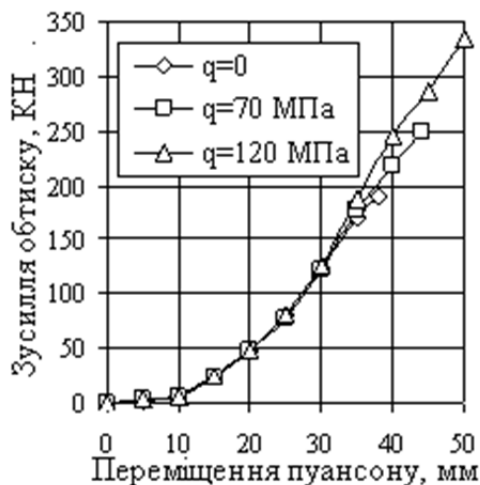
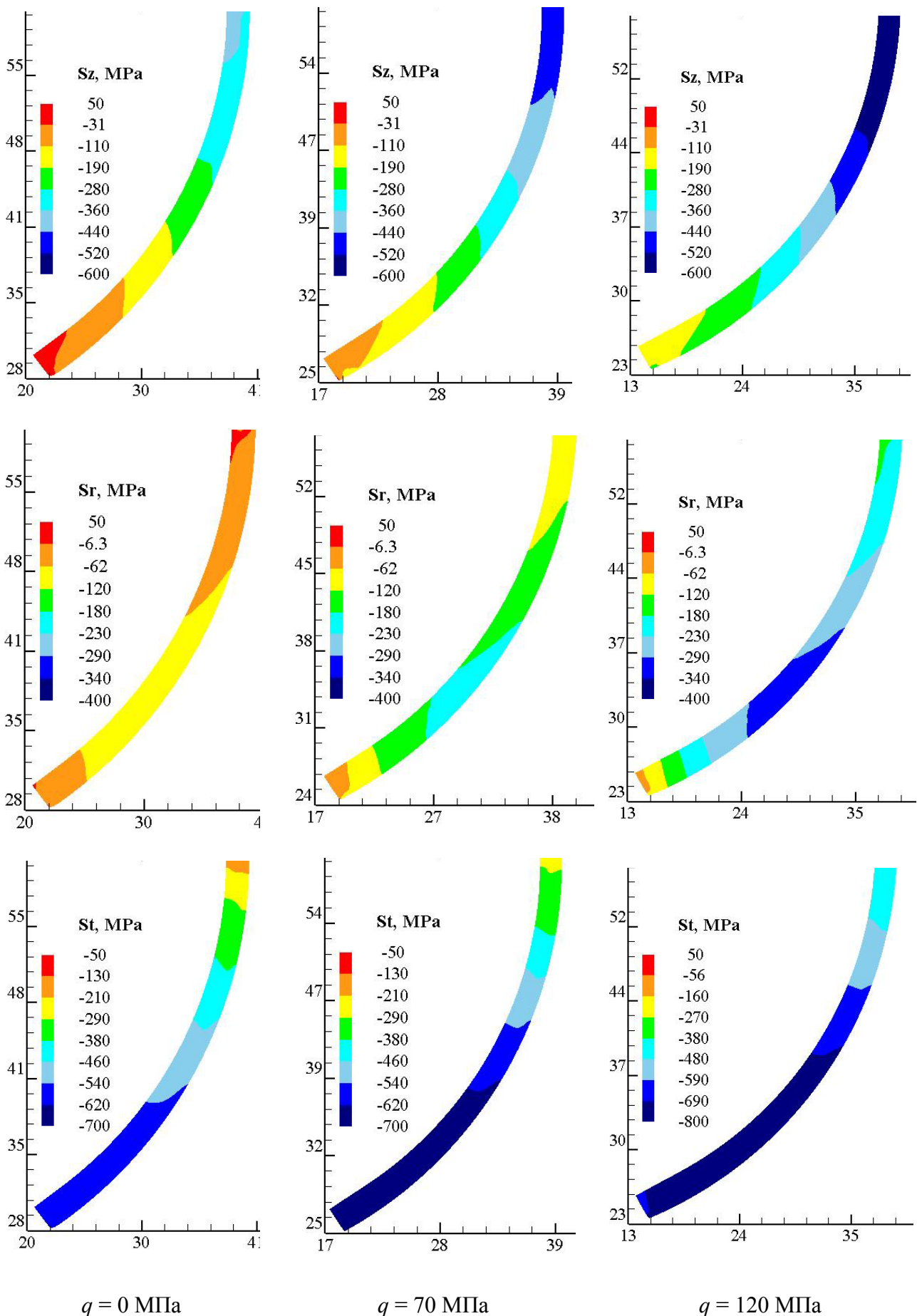


Рис. 4. Залежність зусилля обтиску від переміщення пуансону



Рис. 5. Залежність коефіцієнта обтиску від величини протитиску



$q = 0$ МПа

$q = 70$ МПа

$q = 120$ МПа

Рис. 6. Розподіл напружень σ_z (Sr), σ_r (Sr) і σ_θ (St) в здеформованій частині заготовок, які обтиснуті з різним значенням протитиску q (розміри по осях координат в міліметрах)

Моделюванням встановлений напружено-деформований стан по всьому об'ємі заготовки, який дозволив виявити причини збільшення коефіцієнта обтиску при прикладанні протитиску. На рис. 6 показані розподіли осьових σ_z (Sr), радіальних σ_r (Sr) і тангенціальних σ_θ (St) напружень в деформованій частині заготовок, які отримані обтиском з дією протитиску q різної величини. Збільшення протитиску приводить до виключення виникнення розтягувальних осьових напружень σ_z на торці деформованої частини в порівнянні з традиційним обтиском ($q = 0$ МПа), а також до зростання напружень стиску в місці переходу деформованої частини в стінку виробу (рис. 6).

Розподіл радіальних напружень σ_r показує, що при традиційному обтиску виникають розтягувальні напруження на границі осередку деформації і частини заготовки, що знаходиться в пружному стані. Виникнення таких напружень приводить до утворення дефекту у вигляді гофри у вказаному місці (див. рис. 1) Прикладання протитиску змінює схему напруженого стану, напруження σ_r стають стискаючими. Причому, збільшення величини протитиску приводить до зростання стискаючих напружень.

Значення стискаючих тангенціальних напружень σ_θ , які є чинником утворення дефектів у вигляді меридіональних складок у деформованій частині заготовки при традиційному обтиску, при прикладанні диференційованого протитиску на внутрішню поверхню заготовки змінюються незначно. Збільшення величини протитиску також приводить до малого зростання напружень σ_θ . Тому дія протитиску дозволяє виключити утворення вказаних дефектів. Якість виробів, які отримані моделюванням процесів обтиску визначаються наступними показниками: кінцевою геометричною формою виробів, пропрацюванням структури металу холодною пластичною деформацією та зміцненням деформованого металу. На рис. 7 показані розміри деформованих частин заготовок, які отримані обтиском з дією протитиску різної величини. Як при традиційному обтиску так і з прикладанням протитиску, максимальне потовщення має місце на торці деформованої частини. Збільшення величини протитиску q приводить до зростання потовщення, що пов'язано з зростанням ступеню деформації за один перехід.

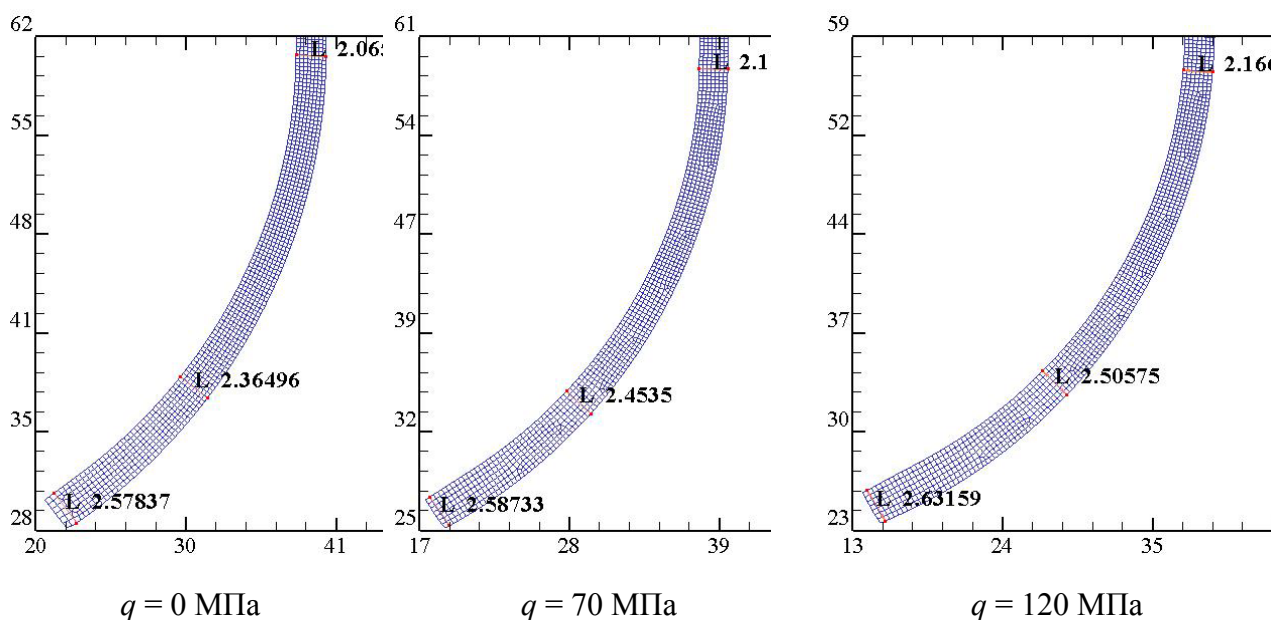


Рис. 7. Розміри деформованої частини заготовок, які отримані обтиском з прикладанням протитиску різної величини (розміри наведені в міліметрах)

На рис. 8 зображені розподіли інтенсивності напружень σ_i (Si) в деформованій частині заготовок. Прикладання протитиску при обтиску приводить до більш інтенсивного зміцнення деформованого металу, причому зі зростанням величини протитиску має місце більш рівномірне зміцнення деформованого металу по довжині деформованої частини заготовок.

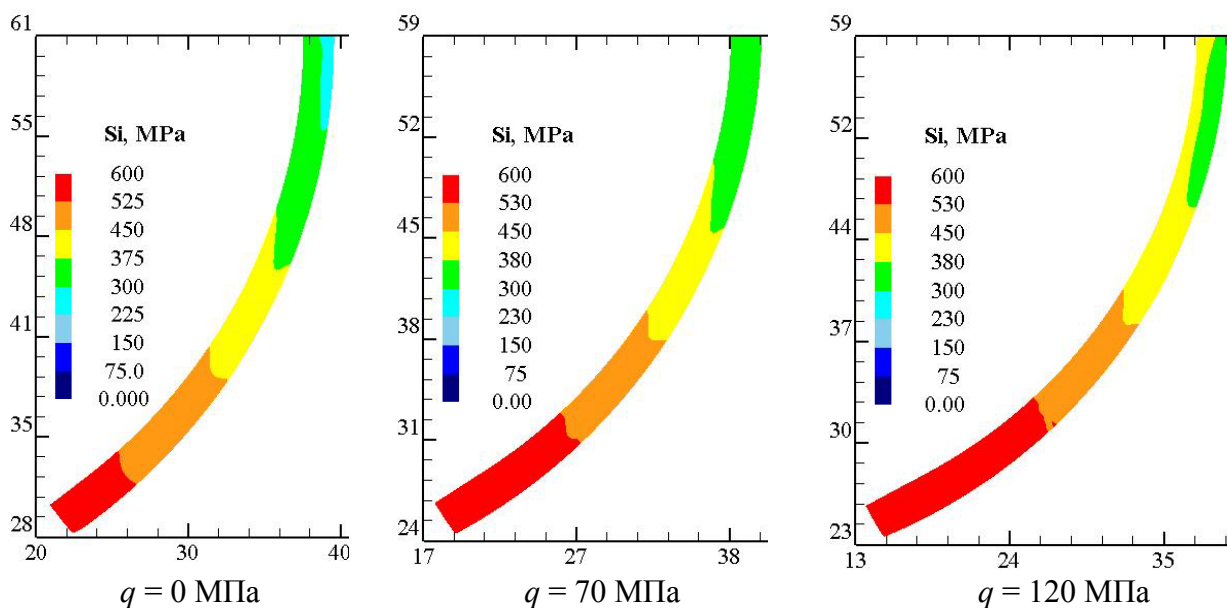


Рис. 8. Розподіл інтенсивності напружень σ_i (Si) в zdeформованій частині заготовок, які обтиснуті з різним значенням протитиску q (розміри по осях координат в міліметрах)

ВИСНОВКИ

Методом скінченних елементів проведений розрахунковий аналіз традиційного обтиску трубчатих заготовок в сферичній матриці з прикладанням жорсткого підпору на зовнішню поверхню заготовки та обтиску з дією диференційованого протитиску різної величини за допомогою рідини на внутрішню поверхню заготовки. Встановлені силові режими обтиску, причому дія протитиску приводить до збільшення зусилля формоутворення виробів. Прикладання протитиску збільшує коефіцієнт обтиску, зростання величини протитиску дозволяє значно підвищити коефіцієнт обтиску. Встановлена кінцева геометрична форма виробів, розміри zdeформованої частини заготовок та зміцнення металу після формоутворення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 59190Україна, МПК(2011) B21B26/02. Спосіб обтиску горловини типу балон / Калюжний В. Л., Калюжний О. В., Піманов В. В та ін.; заявник і патентовласник НТУУ «КПІ». – Опубл. 10.05.2011, Бюл. № 9.
2. Калюжний О. В. Порівняльний аналіз традиційного обтиску та обтиску з диференційованим протитиском / О. В. Калюжний // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: збірник наукових праць: Тематичний випуск: нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – № 46. – С. 27–34.
3. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с.
4. Ковка и штамповка: справочник. В 4 т. Т. 4. Листовая штамповка / под ред. А. Д. Матвеева; ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985–1987. – 544 с.
5. Аверкиев Ю. А. Холодная штамповка / Ю. А. Аверкиев. – Изд-во Ростовского университета, 1984. – 288 с.
6. Калюжний О. В. Аналіз силових режимів та якості виробів при обтиску трубчатих заготовок в конусній матриці / О. В. Калюжний // Вісник НТУУ «КПІ». – 2011. – Вип. 62. – С. 63–67. – (Серія «Машинобудування»).

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

Вихованець І. В. – голов. експерт ДП «Український інститут промислової власності».

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

ДП «Український інститут промислової власності» – Державне підприємство «Український інститут промислової власності» м. Київ.

E-mail: k_OMD@ukr.net

Стаття надійшла до редакції 06.02.2012 р.