

ВПЛИВ КУТА КОНУСУ ЗПРОФІЛЬОВАНОГО ПУАНСОНУ НА СИЛОВІ РЕЖИМИ ТА ЯКІСТЬ ВИРОБІВ ПРИ РОЗДАЧІ ТРУБЧАСТИХ ЗАГОТОВОК ІЗ СТАЛІ 12Х18Н10Т

Методом скінченних елементів створені моделі та проведено розрахунковий аналіз відкритої роздачі зпрофільованими пуансонами з різним кутом конусу. Деформуюча поверхня пуансона утворена перетином кіл постійного діаметру, які розміщені під кутом з однаковим кроком. Формоутворенню в холодному стані підлягали трубчасті заготовки з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т. Визначені зусилля роздачі, кінцеві форми та розміри zdeформованих заготовок, напружено-деформований стан і ступінь використання ресурсу пластичності в них. Визначено кут пуансону, який забезпечує максимальний коефіцієнт роздачі.

Ключові слова: роздача, трубчаста заготовка, конусний зпрофільований пуансон, метод скінченних елементів, зусилля роздачі, коефіцієнт роздачі.

Вступ. У різних галузях промисловості користуються попитом циліндричні, конічні і криволінійні перехідники без фланців та з фланцями, які розташовані як перпендикулярно до осі заготовки, так і похило для відгалуження трубопроводів на необхідний кут. Технології виготовлення вказаних виробів залежно від вимог і умов виробництва можуть змінюватися. Широко розповсюджена технологія виготовлення шляхом роздачі трубчастих заготовок в гарячому стані. В якості вихідних заготовок використовують заготовки, які отримані розподілом труб обробкою різанням, або безвідхідним різанням труб зсувом в штампах. При відсутності труб з необхідного матеріалу можна використовувати заготовки, що отримані витягуванням з подальшими пробиванням дна та відборткуванням. Використання мірних заготовок з труб, в порівнянні з заготовками, що отримані методами глибокого витягування з листової заготовки, дає значну економію металу та виключення операцій доопрацювання заготовок.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. В теперішній час напрацьований досвід виготовлення перехідників за допомогою операцій роздачі трубчастих заготовок в холодному стані [1-3]. Найбільше розповсюджена відкрита роздача, коли на внутрішню та зовнішню поверхні заготовки при формоутворенні відсутня дія жорстких упорів. Основний показник, по якому проводиться проектування технології роздачі, – це коефіцієнт роздачі $k = D / D_o$ (D – діаметр торця zdeформованої заготовки, D_o – діаметр вихідної трубчастої заготовки). При відкритій роздачі величина коефіцієнту k обмежена по причині втрати стійкості стінки заготовки при роздачі, або руйнуванням торця zdeформованої частини. Коефіцієнт роздачі залежить від відносної товщини заготовки S_o / D_o (S_o - товщина стінки трубчастої заготовки), а також від коефіцієнту тертя, який впливає на зусилля роздачі та втрату стійкості стінки.

Вплив коефіцієнту тертя на напружений стан та зусилля роздачі приведений в джерелах [2,4,5] в аналітичних залежностях, які отримані методом спільного вирішення диференціальних рівнянь рівноваги з умовою пластичності. Використання методу скінченних елементів (МСЕ) дозволяє встановити всі необхідні параметри процесу роздачі для проектування технології та оцінити якість виробів [6]. До показників якості відносяться форма та розміри zdeформованої заготовки, розподіли ступеню використання

ресурсу пластичності та інтенсивності деформацій і напружень, по яких можна встановити пропрацювання структури металу холодною пластичною деформацією.

На рис. 1 приведена схема відкритої роздачі Трубчаста заготовка 1 висотою H , діаметром D_0 та товщиною стінки S_0 розміщена в оправці 2 і встановлена на плиті 3. Зусилля деформування P_d прикладається за допомогою зпрофільованого конусного пуансону 4. Для зменшення впливу сил тертя на зусилля відкритої роздачі та втрату стійкості стінки заготовки використаний пуансон, у якого деформуюча поверхня утворена перетином кіл постійного діаметру d з центрами, що розташовані під кутом α з кроком t (рис. 2) [7]. При формоутворенні виробів таким пуансоном зменшується площа контакту здеформованої частини заготовки з пуансоном та знижуються сили тертя, що приводить до зменшення зусилля роздачі. Величини діаметру d та кроку t повинні бути такими, щоб забезпечити рівну по довжині здеформовану частину заготовки.

Актуальною задачею є встановлення величини кута конусу α , який забезпечує мінімальне зусилля роздачі та збільшення коефіцієнту роздачі.

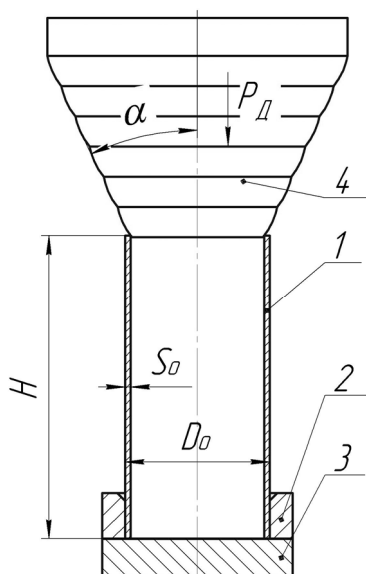


Рис. 1. Схема процесу відкритої роздачі трубчастої заготовки

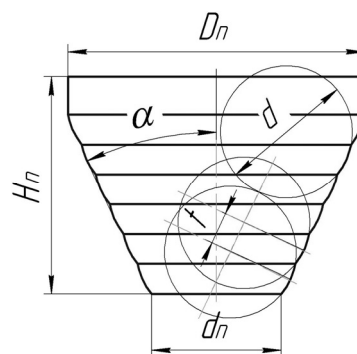


Рис. 2. Ескіз зпрофільованого конусного пуансону

Постановка завдання. Метою даної роботи є вивчення, з використанням МСЕ, впливу кута конусу α , діаметра d та кроку t зпрофільованого пуансону на зусилля деформування, напружено-деформований стан заготовки та коефіцієнт роздачі.

МСЕ дозволяє комплексно враховувати конструктивні фактори (геометричну форму пуансону), технологічні фактори (форму та розміри вихідної заготовки, тип змащення, швидкість деформування) та фізико-механічні фактори (пружні властивості металу, діаграму істинних напружень і діаграму пластичності металу, що деформується).

В роботі було проведено дослідження відкритої роздачі трубчастих заготовок шляхом моделювання в програмному комплексі DEFORM, що був наданий на правах тимчасової ліцензії компанією «ТЕСИС». Вихідними даними для моделювання були: розміри заготовки з нержавіючої сталі - діаметр $D_0 = 38$ міліметрів (мм), висота $H = 80$ мм, товщина стінки $S_0 = 1,5$ мм. Коефіцієнт тертя 0,1. Кут α брали 15° , 25° , 35° та 45° .

Процес роздачі розподілявся на певну кількість кроків навантаження з виявленням моменту втрати стійкості стінки заготовки.

Основний матеріал та результати. Моделюванням встановлені діаметр $d = 6$ мм та крок $t = 1,8$ мм, які забезпечують рівну по довжині здеформовану частину заготовки. Розрахункові залежності зусилля роздачі від переміщення пуансону показана на рис. 3. Зі

збільшенням кута конусу α зпрофільованого пуансону кінцеве переміщення пуансону до моменту втрати стійкості деформованої заготовки спадає. Максимального значення переміщення пуансону до втрати стійкості в стінці заготовки набуває 44,4 мм при роздачі зпрофільованим пуансоном з кутом $\alpha = 15^\circ$, а мінімального – 14,3 мм при роздачі пуансоном з кутом $\alpha = 45^\circ$. Втрата стійкості в стінці деформованої заготовки відбувається при однаковому максимальному значенні зусилля в межах 71 – 73 кН.

Залежність коефіцієнтів роздачі k від кута конусу зпрофільованого пуансону зображена на рис. 4. Чим більший кут пуансону, тим менший коефіцієнт роздачі.

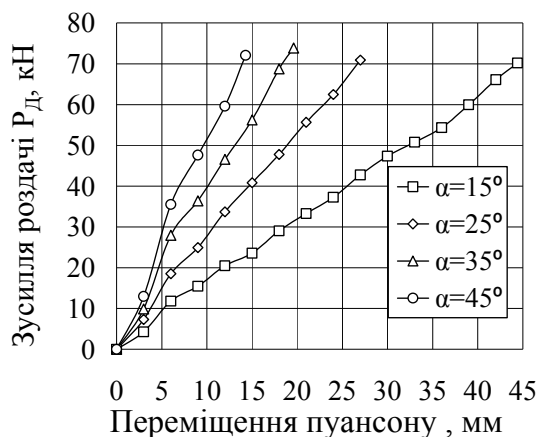


Рис. 3. Залежність зусилля роздачі від переміщення пуансону

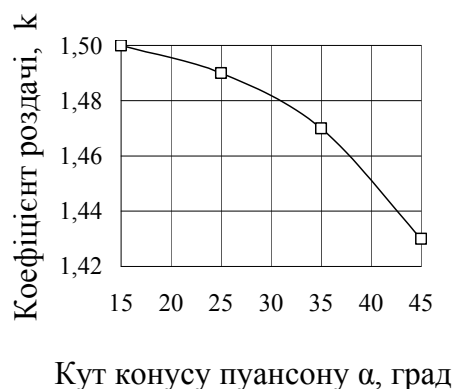


Рис. 4. Залежність коефіцієнту роздачі в від кута конусу зпрофільованого пуансону

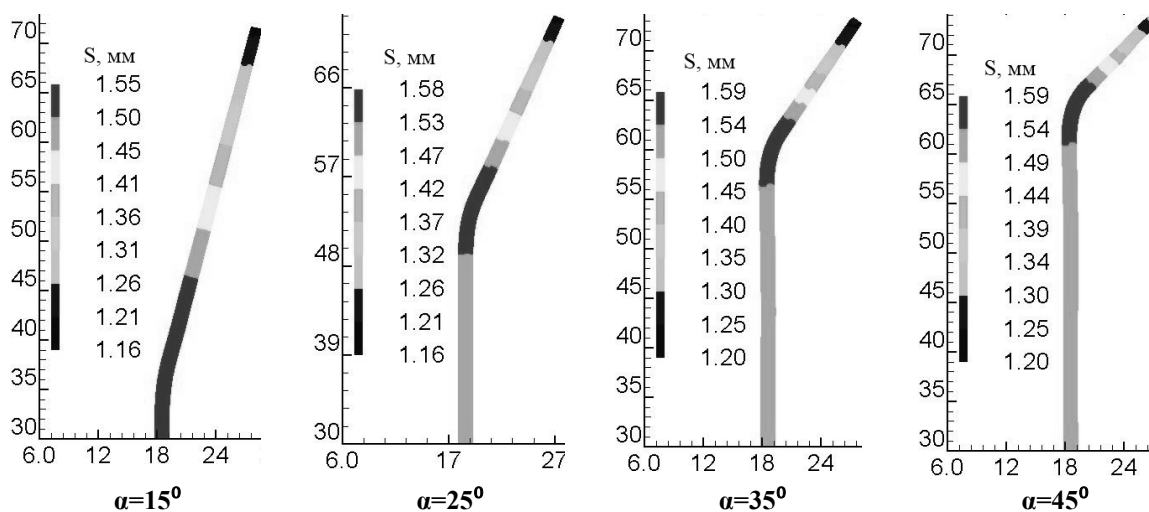


Рис. 5. Кінцева форма та товщина S стінок деформованих частин заготовок. Товщина в міліметрах

. В результаті моделювання встановлені кінцеві форми і розміри деформованих заготовок. Зміна товщини в деформованих частинах заготовок, які отримані різними пуансонами, зображена на рис. 5

В деформованих частинах заготовок спостерігається дві зони: зона потовщення та зона потоншення стінок. Зона потоншення значно більша за зону потовщення. Зона потовщення локалізується в місці радіусу переходу від циліндричної до конічної частини деформованої заготовки. Зі збільшення кута конусу зпрофільованого пуансону величина потовщення зростає.

Мінімальне значення величина потовщення складає 1,55 мм при роздачі зпрофільованим пуансоном з кутом конусу $\alpha=15^\circ$, а максимального – 1,59 мм при роздачі пуансоном з кутом $\alpha=45^\circ$. Зона потоншення має місце в конічній частині zdeформованої заготовки. Величина потоншення зростає з наближенням до торця заготовки.

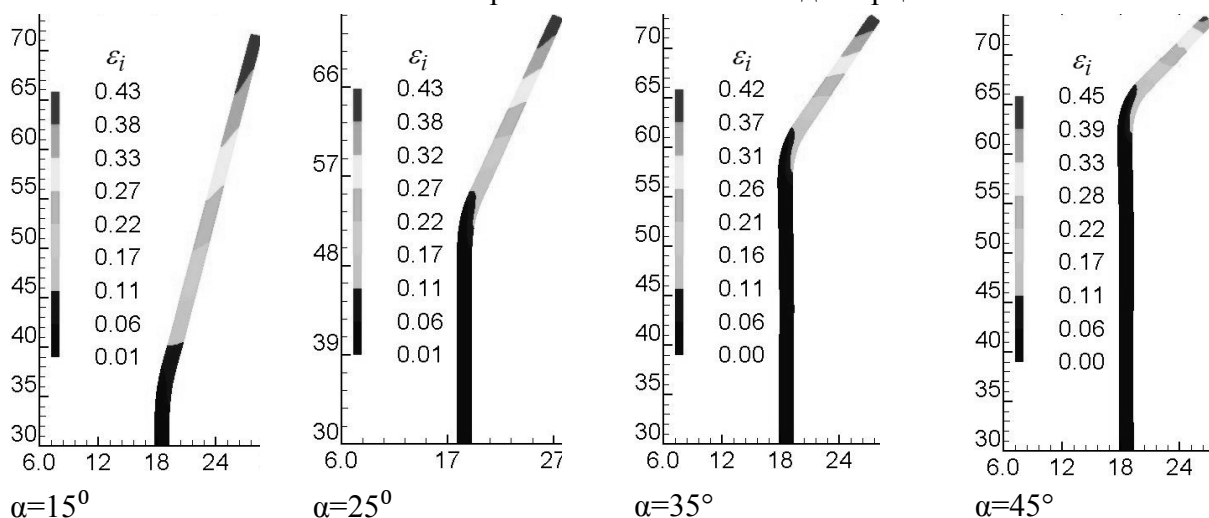


Рис. 6. Розподіл інтенсивності деформацій ϵ_i в об'ємі zdeформованої заготовки

Моделюванням МСЕ встановлений напружено-деформований стан в zdeформованих заготовках. Пропрацювання структури металу холодною пластичною деформацією та зміцнення zdeформованого металу можна оцінити по розподілу інтенсивності деформацій ϵ_i та інтенсивності напружень σ_i . Розподіли ϵ_i в zdeформованих частинах заготовок, які отримані роздачею пуансонами з різним кутом конусу, приведені на рис. 6. Досягнуті величини ϵ_i залежать від отриманого коефіцієнту роздачі k .

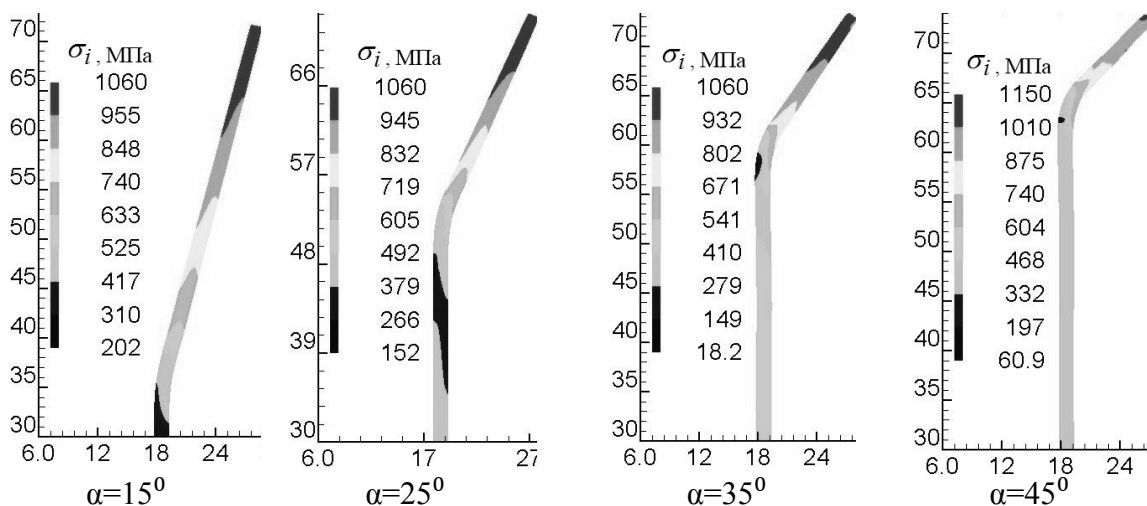


Рис. 7. Розподіли інтенсивності напружень σ_i в zdeформованих частинах заготовок

Найбільші значення ϵ_i зосереджені в області торців zdeформованих частин заготовок з поступовим зменшенням до місця переходу zdeформованої конусної частини в циліндричну. Максимального значення величина інтенсивності деформацій $\epsilon_i=0,45$ набуває при роздачі зпрофільованим пуансоном з кутом конусу $\alpha=45^\circ$, а мінімального $\epsilon_i=0,42$ при роздачі з кутом конусу зпрофільованого пуансону $\alpha=15^\circ$.

На рис. 7 зображено розподіли інтенсивності напружень σ_i в zdeформованих частинах заготовок. Вигляд розподілів σ_i аналогічний

розподілу інтенсивності деформацій ε_i . Найбільшого значення величина інтенсивності напружень σ_i набуває 1150 МПа при роздачі зпрофільованим пуансоном з кутом конусу $\alpha=45^\circ$, а мінімального – 1060 МПа при роздачі пуансоном з кутом конусу $\alpha=15^\circ$.

По напружено-деформованому стану був визначений ступінь використання ресурсу пластичності ψ zdeформованого металу в заготовках після роздачі. Розподіли величин ψ в zdeформованих частинах заготовок, які отримані роздачею з різним кутом конусу зпрофільованого пуансону, приведені на рис. 8.

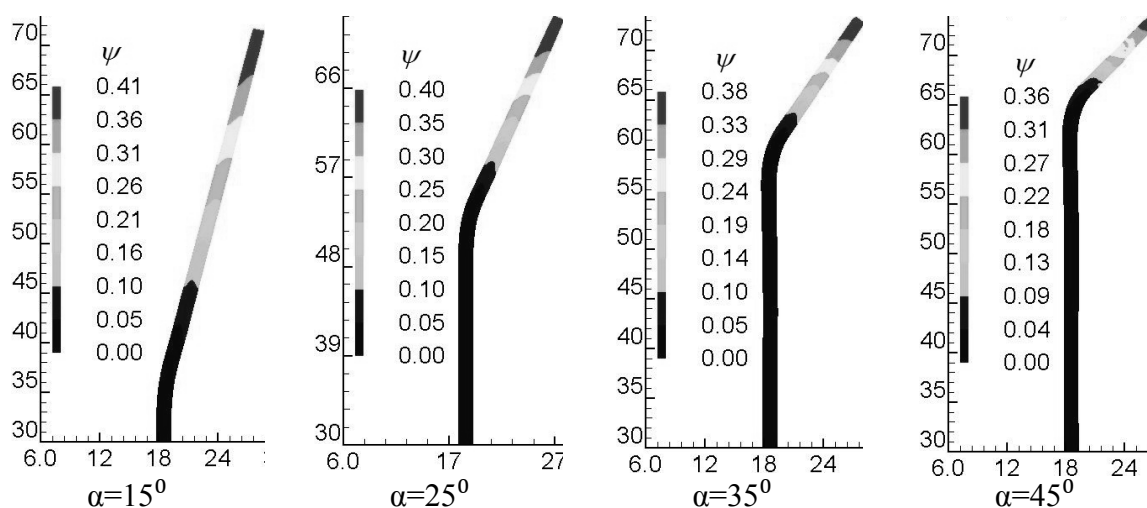


Рис. 8. Розподіл ступеня використання ресурсу пластичності ψ в zdeформованих частинах заготовок



Рис. 9. Оснащення на випробувальний стенді TIRA test 2300

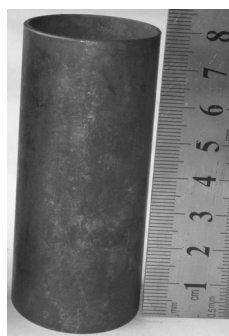


Рис. 10. Вихідна трубчаста заготовка



Рис. 11. Zдеформована заготовка та зпрофільований конусний пуансон

Максимального значення величина ступеня використання ресурсу пластичності в об'ємі zdeформованої заготовки набуває $\psi=0,41$ при роздачі зпрофільованим пуансоном з кутом конусу $\alpha=15^\circ$.

По результатах розрахунків було виготовлене оснащення та проведені експериментальні дослідження. На рис. 9 показано оснащення для роздачі зпрофільованим конусним пуансоном, яке встановлене на випробувальному стенді TIRA test 2300. Вихідна трубчаста заготовка зображена на рис. 10. В якості змащення при роздачі використовува-

ли ВНИИНП-232. Здеформована заготовка, яка отримана роздачею, та зпрофільований конусний пуансон показані на рис. 11.

Висновки. Методом скінчених елементів розроблені математичні моделі та проведений розрахунковий аналіз процесів роздачі трубчастих заготовок з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т зпрофільованим конусним пуансоном. Розрахунком виявлені енергосилові режими формоутворення при роздачі, кінцеві форми та розміри zdeформованих заготовок та напружено-деформований стан в них. Встановлено, що кут конусу зпрофільованого пуансону $\alpha = 15^{\circ}$ забезпечує максимальний коефіцієнт роздачі.

Література

1. Романовский В.П. *Справочник по холодной штамповке* / В.П. Романовский Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1979. 520 с.
2. Аверкиев Ю.А. *Холодная штамповка: Формоизменяющие операции* / Ю.А. Аверкиев. Издательство Ростовского университета, 1984. - 288 с.
3. *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.
4. Попов Е.А. *Основы теории листовой штамповки* / Е.А. Попов. Изд. 2-е перераб и доп.. М: Машиностроение, 1977. – 278 с.
5. Сосенушкин Е.Н. *Анализ процесса раздачи трубных заготовок при штамповке изделий с коническими поверхностями* / Е.Н. Сосенушкин, Е.А. Яновская, Д.В. Хачатрян и др. // *Обработка материалов давлением: сб. науч. тр.* – Краматорск: ДГМА, 2013. – № 2 (35). – С. 135.
6. Калюжний В.Л. *Двухстороння роздача трубчастой заготовки з подальшим утворенням плоского фланця* / В.Л. Калюжний, В.В. Піманов, Я.С. Олександренко та ін. // *Пластическая деформация металлов: Коллективная монография. Днепрпетровск, 2014.* – С. 311 – 315.
7. Калюжний В.Л. *Визначення профілю пуансону для роздачі трубчастих заготовок з різною відносною товщиною* / В.Л. Калюжний, Я.С. Олександренко, І.П. Куліков // *Тези доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції «Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти».* – Київ, 2014. – С. 76 – 77.

©Олександренко Я.С.,Куліков І.П.

УДК.621.983

Олександренко Я.С., інженер

Куліков І.П., інженер

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

ВЛИЯНИЕ УГЛА КОНУСА СПРОФИЛИРОВАННОГО ПУАНСОНА НА СИЛОВЫЕ РЕЖИМЫ И КАЧЕСТВО ИЗДЕЛИЙ ПРИ РАЗДАЧЕ ТРУБЧАСТЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ СТАЛИ 12Х18Н10Т

Методом конечных элементов созданы модели и проведен расчетный анализ открытой раздачи спрофилерованными пуансонами с разным углом конуса. Деформирующая поверхность пуансона образована пересечением окружностей постоянного диаметра и расположенных под углом с одинаковым шагом. Формообразованию в холодном состоянии подлежали трубчатые заготовки из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Определены усилия раздачи, конечные формы и размеры сдеформированных заготовок, напряженно-деформированное состояние и степень использования ресурса пластичности в них. Установлен угол конуса пуансона, который обеспечивает максимальный коэффициент раздачи.

Ключевые слова: раздача, трубчатая заготовка, конусный профилированный пуансон, метод конечных элементов, усилия раздачи, коэффициент раздачи.

**INFLUENCE CONE ANGLE OF THE PUNCH PROFILED ON POWER
MODES AND QUALITY PRODUCTS AT THE DISTRIBUTION OF STEEL
TUBE BLANKS 12X18H10T**

Finite element method developed models and design analysis conducted open bulging profiled punches with different angle of the cone. The deforming surface of the punch formed by the intersection of the circles of constant diameter and angled at an equal pitch. Shaping cold subject tubular blanks of stainless steel 12X18H10T. Determined efforts bulging, the final shape and dimensions of deformed workpieces, stress-strain state and the degree of resource utilization plasticity in them. Set the cone angle of the punch, which provides maximum bulging ratio.

Keywords: *bulging, tubular blank, profiled conical punch, finite element method, effort bulging, coefficient bulging.*