

УДК 621. 983

Сабол С.Ф.к.т.н., доц., Гавриленко В.В.
НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ХОЛОДНОГО ОБТИСКУ ТРУБЧАСТИХ ЗАГОТОВОК ЗА ДОПОМОГОЮ МАТРИЦЬ РІЗНОГО ПРОФІЛЮ

Sabol S., Gavrylenko V.
National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine (sabol1@ukr.net)

INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF COLD CRIMPING TUBULAR BLANKS USING MATRICES OF DIFFERENT PROFILES

В роботі розглянуті способи інтенсифікації процесу обтиску трубчастих заготовок, шляхом використання профільованих матриць. Порівнюються результати обтиску в традиційній радіусній та профільованій матрицях, при чому, в останньому випадку, обтиск здійснювався як з трубчастої циліндричної, так і з попередньо обтиснутої на конус заготовки. Профільована матриця виконана із послідовно розташованих під кутом торових поверхонь, що зменшує площу контакту з матеріалом заготовки. Визначено розподіл ступеню використання ресурсу пластичності, інтенсивностей напружень та деформацій в нижній частині zdeформованої деталі для кожного виду обтиску. Отримано залежності зусилля процесів від переміщення пуансону. На прикладі обтиску заготовки з нержавіючої сталі, розрахунковим шляхом, з використанням методу скінченних елементів, показано, що використання матриці із профільною поверхнею приводить до збільшення максимального коефіцієнту обтиску.

Ключові слова: обтиск, профільована матриця, конічна матриця, зусилля обтиску, коефіцієнт обтиску, кінцеві розміри виробів

Вступ. Найважливішою задачею сучасного виробництва є зниження собівартості виготовлення виробів, що підвищує їх конкурентоспроможність. В трубопровідній арматурі, яка використовується в машинобудуванні, авіабудуванні, використовують труби зі сферичними фланцями. Одним із способів виготовлення таких виробів, є обтиск в холодному стані у матрицях різного профілю трубчастих заготовок [1-4].

На рис. 1 зображена схема закритого обтиску в традиційній сферичній матриці. Трубчаста заготовка 2 діаметром D_0 , висотою H_0 і товщиною S_0 встановлена в контейнер 3 і деформується зусиллям R_d за допомогою пуансону 1. Основним параметром при обтиску є коефіцієнт обтиску $K_{об} = D_0/D_1$, який залежить від товщини заготовки S_0 , радіуса матриці $R_{сф}$ та тертя між матрицею і заготовкою. Собівартість виробів, що отримуються обтиском, в значній мірі залежить від максимального значення коефіцієнту обтиску $K_{об}$, який можна отримати за одну операцію. Одним із способів підвищення коефіцієнту $K_{об}$, є використання ефективних схем обтиску, таких як, обтиск в матрицях з кільцевими канавками [6], закритий обтиск в спрофільованій сферичній матриці та закритий обтиск в профільованій сферичній матриці після попереднього обтиску в традиційній конічній матриці.

Мета роботи. Постановка задачі. Метою роботи є підвищення ефективності процесів холодного обтиску трубчастих заготовок та підвищення коефіцієнта обтиску за один перехід. Для досягнення мети була поставлені наступні задачі: розроблення схем обтиску, які б дозволяли зменшувати площу контакту між матрицею і заготовкою, та проведення порівняльного аналізу енерго силових параметрів та напружено-деформованого стану вказаних процесів з традиційними. Для цього, при обтиску трубчастих заготовок, традиційну сферичну поверхню матриці можна замінити профільною, форма поверхні якої складається із послідовно розташованих під кутом торових поверхонь. На рис.2 показана матриця із спрофільованою поверхнею. Поверхня матриці закруглена радіусами $R_1 = R_{сф} + \frac{d_k}{2}$, причому діаметри d_k розташовані під кутом $\alpha = 2^\circ$ з однаковим кроком $t=0,82$ мм. Для отримання гладкої поверхні zdeформованої частини заготовки після обтиску, необхідно встановити оптимальні величини діаметру d_k і кроку t .

Визначити вказані величини можна шляхом проведення чисельних експериментів з використанням методу скінченних елементів (МСЕ). Для проведення порівняльного аналізу за допомогою МСЕ процесу обтиску в традиційній і спрофільованих сферичних матрицях, було розглянуто моделі заготовок з

властивостями нержавіючої сталі 08X18H10 з умовною межею текучості $\sigma_{0,2} = 401$ МПа, діаметром $D_0 = 42$ мм, висотою $H_0 = 100$ мм і товщиною $S_0 = 1,5$ мм.

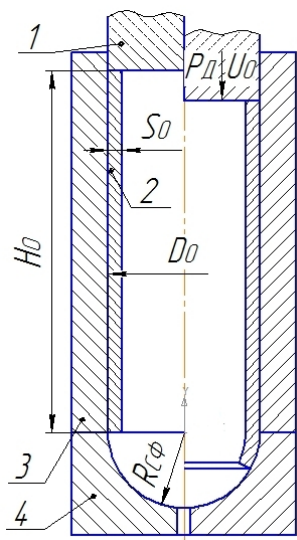


Рис.1. Схема закритого обтиску заготовки в традиційній матриці

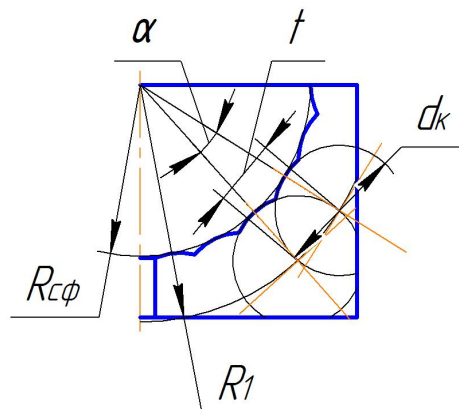


Рис. 2. Матриця зі профільованою поверхнею

Традиційна матриця має радіус $R_{cf} = 21$ мм. Форма спрофільованої матриці: $R_{cf} = 21$ мм, $\alpha = 2^\circ$, крок t змінювався для встановлення можливості отримання гладкої поверхні після обтиску. При моделюванні процес обтиску розподілявся на певну кількість кроків навантаження для встановлення моменту втрати стійкості стінки заготовки та значного потовщення стінки. Для інтенсифікації процесу, було запропоновано використання конічної матриці, як проміжної операції процесу обтиску. В такій матриці отримуємо попередньо обтиснуту на конус заготовку, яку потім встановлюємо у спрофільовану матрицю, і продовжуємо процес обтиску. Схеми наведені на рис.3 і рис.4. Розрахунки виконані в програмному комплексі DEFORM, що був наданий на правах тимчасової ліцензії компанією «ТЕСИС».

Результати досліджень. Був проведений порівняльний розрахунковий аналіз закритого обтиску з коефіцієнтом тертя $\mu = 0,08$ трубчастої заготовки вищенаведених розмірів в традиційній радіусній матриці (рис.1.), закритого обтиску в спрофільованій матриці (рис. 2.) і закритого обтиску (рис. 4) в спрофільованій

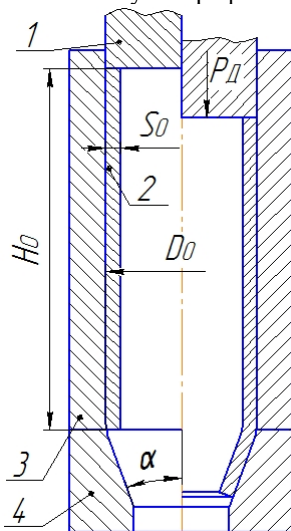


Рис. 3. Схема закритого обтиску трубчастої заготовки в конічній матриці

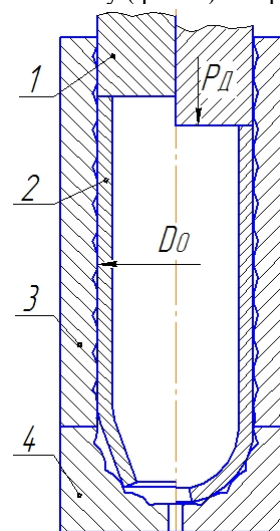


Рис. 4. Схема закритого обтиску трубчастої заготовки в профільованій матриці

матриці, після попереднього обтиску в конічній матриці (рис.3.). При обтиску в спрофільованій матриці, встановлено, що крок профільної поверхні $t = 0,82$ мм при величині $R_{cf} = 21$ мм, забезпечує отримання гладкої по довжині zdeформованої заготовки.

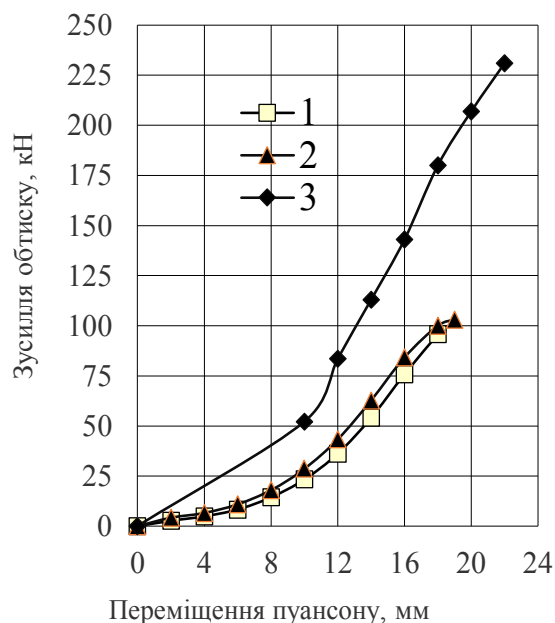


Рис. 5. Залежність зусилля обтиску від переміщення заготовки: схема 1- традиційна матриця; схема 2 - спрофільована матриця; схема 3 – спрофільована матриця, після обтиску заготовки в конічній матриці

сферичній матриці, після попереднього обтиску в конічній матриці (схема 3) досягається коефіцієнт обтиску $K_{об}=2,12$. При всіх схемах обтиску має місце потовщення стінок по довжині zdeформованих частин заготовок. При зростанні коефіцієнту обтиску - потовщення збільшується. Потовщення, з 1,5 до 1,6-1,7 мм, для всіх розглянутих схем обтиску спостерігається в місці переходу циліндричної частини виробу в сферичну.

Розподіл ступеню використання ресурсу пластичності ψ zdeформованого металу в нижній частині заготовки після обтиску показаний на рис. 8. При закритому обтиску в традиційній матриці (спосіб 1) максимальне значення використаного ресурсу складає $\psi=0,4$. При закритому обтиску в спрофільованій сферичній матриці (спосіб 2), збільшується коефіцієнт обтиску і зростає використаний ресурс, досягнувши значення $\psi=0,51$. При закритому обтиску в спрофільованій сферичній матриці, після попереднього обтиску в конічній матриці, (спосіб 3), досягаємо максимальне значення використання ресурсу пластичності матеріалу $\psi=0,96$ але відбувається незначне потовщення стінки.

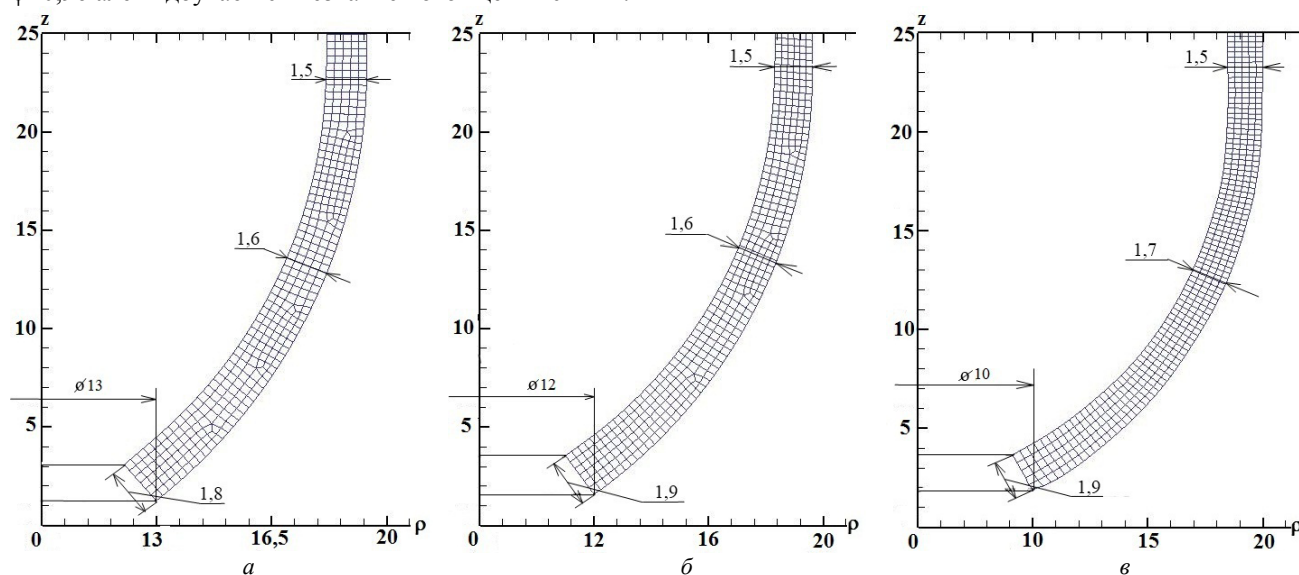


Рис. 6. Форма і розміри виробів, які отримані по різних схемах обтиску (всі розміри в міліметрах): а – обтиск в традиційній матриці, б – обтиск в профільованій матриці, в – обтиск в профільованій матриці, після попереднього обтиску в конічній матриці

При значеннях кроку $t > 0,82$ мм - отримується хвилеподібна зовнішня поверхня. Залежності зусилля обтиску від переміщення пуансону для розглянутих варіантів обтиску трубчастих заготовок зображені на рис. 5. При обтиску в традиційній і спрофільованій сферичній матрицях, максимальні значення зусилля практично однакові (відповідно 95,9 і 103 кН), хоча переміщення заготовок до моменту значного потовщення стінки різні (відповідно $D=26$ мм і $D=22$ мм). При закритому обтиску в традиційній конічній матриці, а потім у спрофільованій сферичній матрицях, досягається більший коефіцієнт обтиску. При цьому, в спрофільованій матриці, максимальне значення зусилля складає 231 кН і отримане найменше значення діаметру трубчастої заготовки ($D=19,8$ мм), але при цьому спостерігається незначне потовщення стінки заготовки до товщини $S=1,67$ мм.

Форми і розміри виробів, які отримані при різних схемах обтиску, з вищенаведеними позначеннями схем (див. рис. 1, 2, 3, 4) зображені на рис. 6. Загальний вигляд виробу в розрізі, який отриманий при закритому обтиску, зображений на рис. 7.

По першій схемі обтиску отриманий коефіцієнт обтиску $K_{об}=1,61$. Використання спрофільованої сферичної матриці (схема 2) приводить до значення $K_{об}=1,75$. При закритому обтиску в спрофільованій



Рис. 7. Загальний вигляд виробу в розрізі після закритого обтиску

На рис. 9 показані розподіл інтенсивності деформацій ϵ_i та інтенсивності напружень σ_i для розглянутих трьох схем обтиску. По вказаних розподілах можна оцінити пропрацювання структури металу холодною пластичною деформацією, зміцнення здеформованого металу та прогнозувати його межу текучості σ_s . Перша схема обтиску в традиційній матриці забезпечує максимальні величини $\epsilon_i=0,56$ і $\sigma_i=1100$ МПа на торці здеформованої заготовки (схема 1). При закритому обтиску в спрофільованій сферичній матриці (схема 2), максимальні значення вже складають $\epsilon_i=0,63$ і $\sigma_i=1200$ МПа. Закритий обтиск в спрофільованій сферичній матриці, після попереднього обтиску в конічній матриці (схема 3), приводить до отримання значень $\epsilon_i=1,3$, а інтенсивність напружень $\sigma_i=1200$ МПа розповсюджується на передню частину здеформованої заготовки.

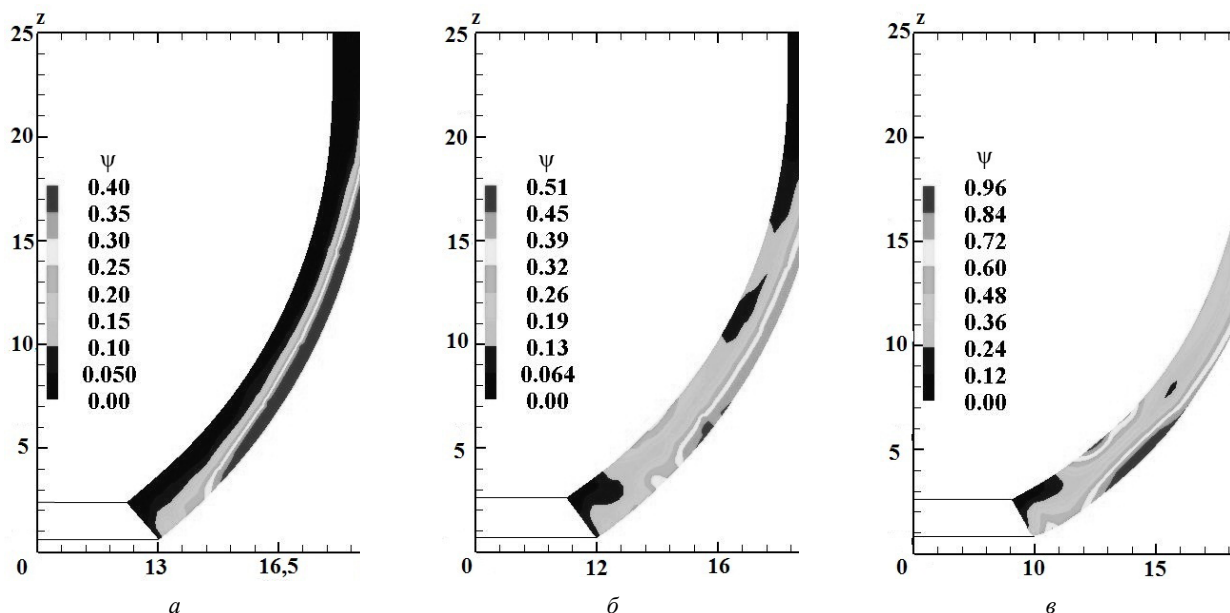
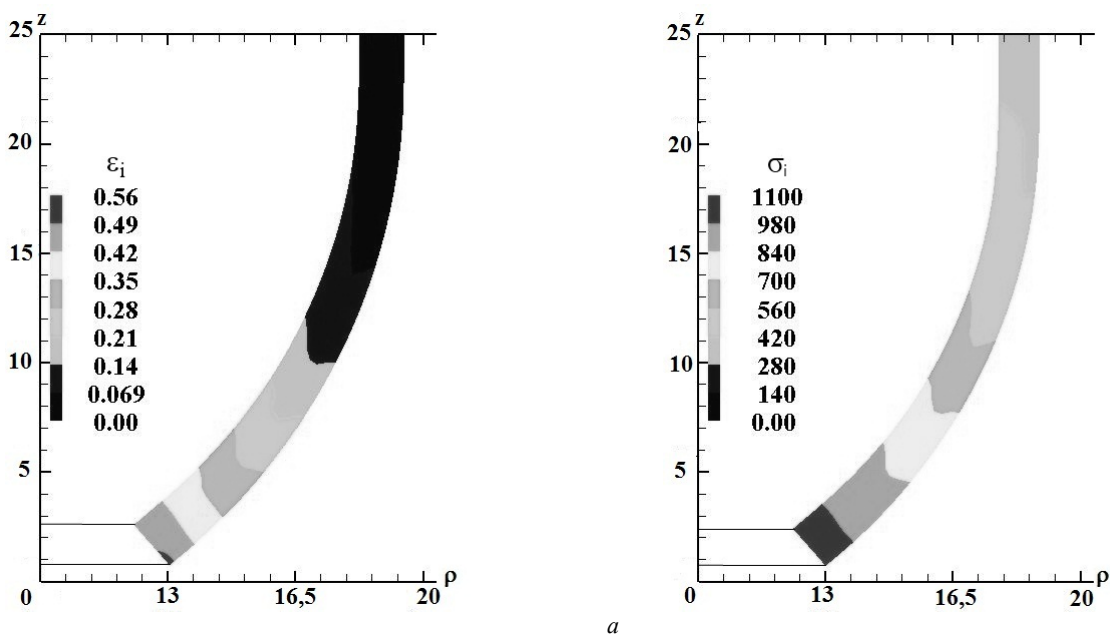


Рис. 8. Розподіл ступеню використання ресурсу пластичності. Розміри по осях в міліметрах: а- обтиск в традиційній матриці, б – обтиск в спрофільованій матриці, в – обтиск в спрофільованій матриці, після попереднього обтиску в конічній матриці



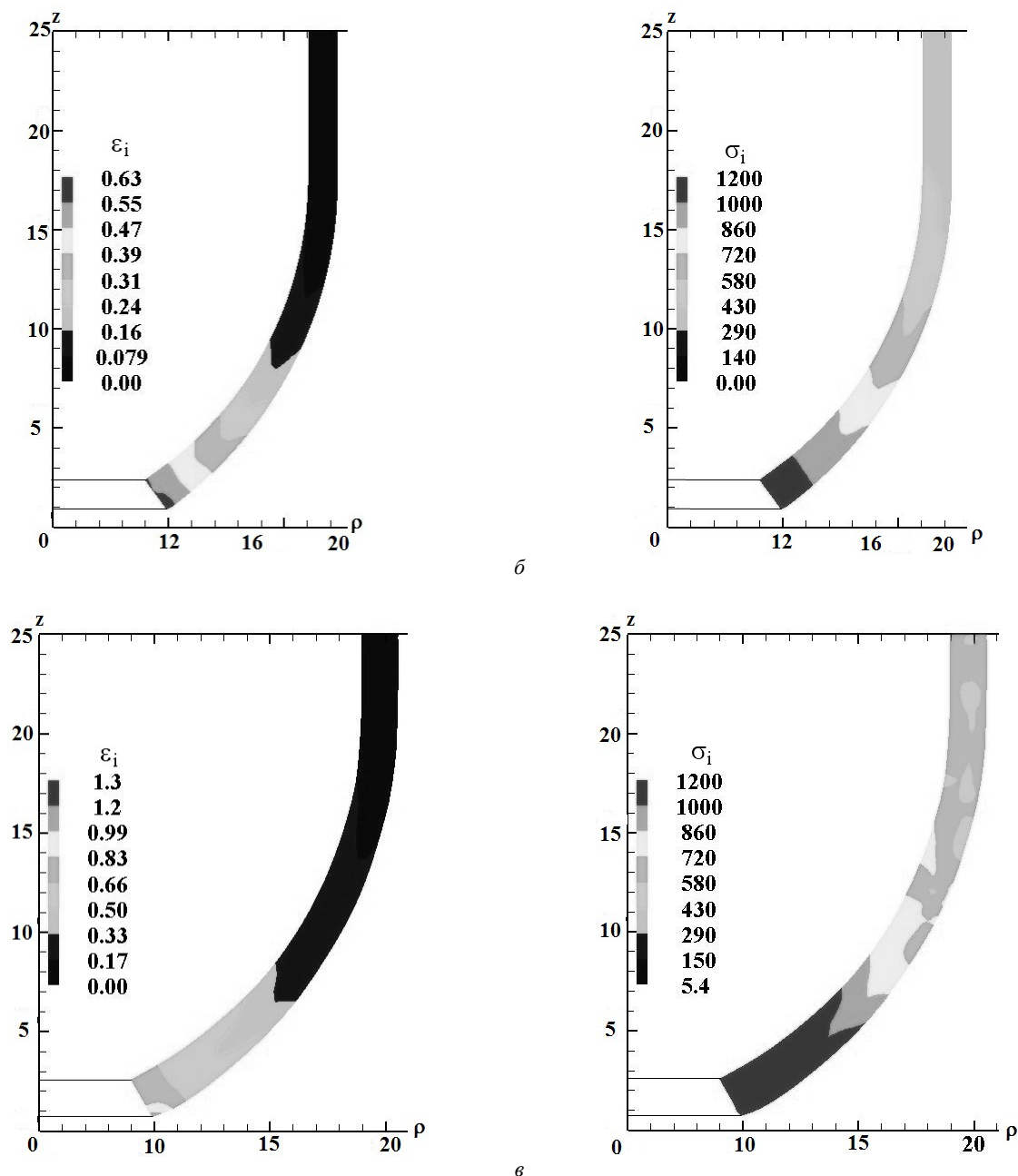


Рис. 9. Розподіл інтенсивності деформацій ϵ_i і інтенсивності напружень σ_i в нижній частині zdeформованої заготовки, яка отримана по різних схемах обтиску: а- обтиск в традиційній матриці, б – обтиск в спрофільованій матриці, в – обтиск в спрофільованій матриці, після попереднього обтиску в конічній матриці. Розміри по осях в міліметрах

Таким чином, використання спрофільованих матриць, забезпечує зміцнення металу в місці переходу циліндричної частини виробу в сферичну.

Висновки. Показана можливість інтенсифікації процесу обтиску трубчастих заготовок шляхом зниження впливу тертя на формоутворення виробів. На прикладі обтиску трубчастих заготовок з нержавіючої сталі в профільованій матриці та обтиску в профільованій матриці, після попереднього обтиску в конічній матриці, встановлено, що використання матриць із спрофільованими сферичними поверхнями, в порівнянні із традиційною сферичною матрицею, приводить до підвищення коефіцієнту обтиску та підвищенню продуктивності процесу.

Аннотация. В работе рассмотрены способы интенсификации процесса обжима трубчатых заготовок, путем использования спрофилированных матриц. Сравниваются результаты обжима в традиционной радиусной и спрофилированной матрицах, причем, в последнем случае, обжим осуществляется как с трубчатой цилиндрической, так и с предварительно обжатой на конус заготовки. Спрофилированная матрица выполнена из последовательно расположенных под углом торových поверхностей, что уменьшает площадь контакта с материалом заготовки. Определено распределение степени использования ресурса пластичности, интенсивностей напряжений и деформаций в нижней части сдеформированной детали для каждого вида обжима. Получены зависимости усилия процессов от перемещения пуансона. На примере обжима заготовки из нержавеющей стали, расчетным путем, с использованием метода конечных элементов, показано, что использование матрицы с профильной поверхностью приводит к увеличению максимального коэффициента обжима.

Ключевые слова: обжим, спрофилированная матрица, коническая матрица, усилия обжима, коэффициент обжатия, конечные размеры изделий.

Abstract. There're considered ways to intensify the process of crimping tubular blanks by using the profiled matrices in this work. Results are compared of the traditional crimping in profiled and radiused matrices, and, in the latter case, crimping is carried out both with a cylindrical workpiece or pre-crimped to the cone blank workpiece. Matrix made of profiled consistently angled torus surfaces, which reduces the contact area with the workpiece's material. There're obtained the distribution of the degree of using resource of plasticity, the intensities of the stresses and strains at the bottom of deformed workpieces for each type of crimp in this work. The dependence of crimping's efforts of punch's moving is obtained there. There're shown that using the matrix with profiled surface leads to an increase maximum rate of crimping by theoretical analyze, using the finite element method, on example of the crimping stainless steel tubular workpiece.

Keywords: crimping, profiled matrix, cone matrix, crimping's force, crimping's coefficient, the final size of the products

Бібліографічний список використаної літератури

1. Аверкиев Ю. А. Холодная штамповка/ Ю. А. Аверкиев. Издательство Ростовского университета, 1984. - 288 с.
2. Аверкиев Ю. А. Технология холодной штамповки / Ю. А. Аверкиев., А. Ю. Аверкиев. - М: Машиностроение, 1989. - 304 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. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. 6-е изд., перераб. и доп. / В. П. Романовский. — Ленингр. отд-ние: Машиностроение. 1979. — 520 с.
5. Непершин Р.И. Идеальные процессы обжима и раздачи толстостенных трубных заготовок / Р.И.Непершин //Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. - 2010. - №6. - С.23-29.
6. Кривошеин В.А. Сравнительный анализ теоретических и экспериментальных данных при исследовании процесса обжима в матрице с кольцевыми канавками / А.В. Кривошеин // Известия вузов. Машиностроение. - 2011. - № 3. - С. 49-53

References

1. Averkjev Yu. A. Kholodnaya shtampovka. Yu. A. Averkjev. Yzdatel'stvo Rostovskoho unyversyteta, 1984. 288 p.
2. Averkjev Yu. A. Tekhnolohyya kholodnoy shtampovky. Yu. A. Averkjev., A. Yu. Averkjev. Moscow: Mashynostroenye, 1989. 304 p.
3. Kovka y shtampovka: Spravochnyk: V 4 t. T. 4. Lystovaya shtampovka. Pod red. A.D. Matveeva; Red. sovet: E.Y. Semenov (pred.) y dr. Moscow: Mashynostroenye, 1985-1987. 544 p.
4. Romanovskyy V. P. Spravochnyk po kholodnoy shtampovke. 6-e yzd., pererab. y dop. V. P. Romanovskyy. Lenynhr. otd-nye: Mashynostroenye. 1979. 520 p.
5. Nepershyn R. Y. Ydeal'nyye protsessy obzhyma y razdachy tolstostennykh trubnykh zahotovok. R. Y. Nepershyn. Kuznechno-shtampovochnoe proyzvodstvo. Obrabotka metallov davlenyem. 2010. No 6. P. 23-29.
6. Kryvosheyn V. A. Sravnitel'nyy analiz teoreticheskykh y eksperymental'nykh dannykh pry yssledovanyu protsessa obzhyma v matrytse s kol'tsevymy kanavkamy. A. V. Kryvosheyn. Yzvestyya vuzov. Mashynostroenye. 2011. No 3.

Подана до редакції 17.04.2015