

УДК. 621.73.073

Ю.М. Малафєєв, канд.техн.наук, доц., Є. Ю.Чепурко, студ.
НТУ України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС» ШЛЯХОМ ГАРЯЧОГО ОБ'ЄМНОГО ШТАМПУВАННЯ

В роботі приведені результати математичного моделювання процесу об'ємної штамповки деталі, маючої складні криволінійні поверхності з применением метода конечных элементов. Рассчитаны параметры инструмента и доказана целесообразность спроектированного вида штампа.

The results of mathematical modeling of die forging parts with complex curved surfaces using the finite element method. The parameters of the tool and the expediency of the form designed by the stamp.

В сучасному виробництві методи отримання поковок шляхом гарячого об'ємного штампування набувають широкого використання, оскільки дозволяють отримати заготовки з покращеними фізико-механічними властивостями близькими за формою та розмірами до готових деталей. Це в свою чергу дає можливість мінімізувати габаритні та основні розміри виробів не знижуючи їх міцнісні та експлуатаційні характеристики.

Порівнюючи переваги обробки металів тиском (ОМТ) з іншими методами отримання вихідних заготовок (наприклад лиття, порошкова металургія та ін.) можна зробити висновок, що в сучасному машинобудуванні ОМТ знаходить широке використання і може розглядатися як важливий складовий елемент технології машинобудування.

Володіючи високою продуктивністю, штампування забезпечує отримання поковок з високою точністю розмірів, що суттєво зменшує витрати металу та знижує трудомісткість наступної обробки різанням, оскільки обробленню піддаються лише ті частини майбутньої деталі, які з'єднуються з іншими деталями [1, 2, 3].

Деталь «Корпус» використовується в атомній та нафтогазовій промисловості для передачі та регулювання потоку різних речовин під високим тиском і представляє собою деталь середніх розмірів, яка зображена на рис. 1.

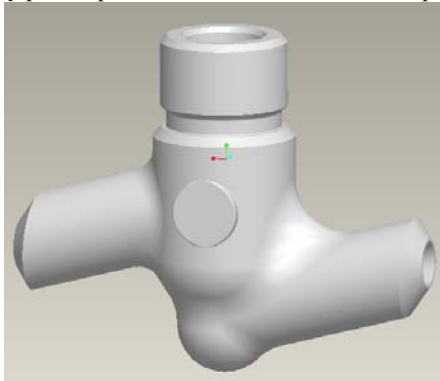


Рис. 1. Корпус СМ 21002-020

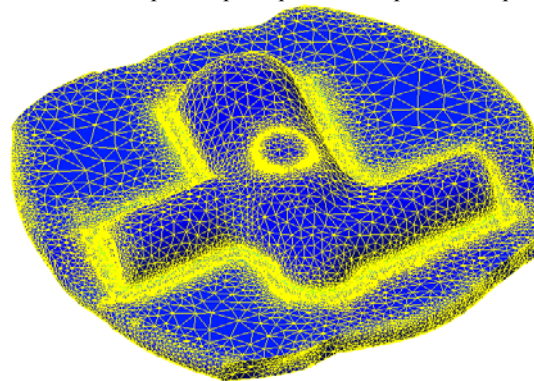


Рис. 2. Сітка кінцевих елементів, отримана на останній операції штампування

Враховуючи той факт, що в залежності від ступеню складності форми отримуваної поковки, можуть бути використані різні способи штампування (одно-, багаторівчакова, комбінована і т.п.), наша задача полягає в тому, щоб звести до мінімуму кількість рівчаків у штампі. Нами розглядається отримання деталі „Корпус” методом об'ємного облойного штампування на механічному пресі зусиллям 4 МН. Температура під осадку - 1200 °С, під штампування 1107 °С. Швидкість деформації становить 0,5...50 м/с (генерується автоматично). Ступінь деформації 0,4. Температура інструменту - 300 °С, матеріал інструменту – сталь 40Х, позиціонування відбувається в контакт без відведення назад.

Метою дослідження було отримання заготовки деталі «Корпус» за два переходи – осадку вихідної заготовки та формоутворення корпусу (штампування в остаточному рівчакові). За класичною схемою штампування виконують за три переходи: осадку, штампування в попередньому рівчакові та штампування в остаточному рівчакові.

Рух металу при штампуванні не являється стаціонарним процесом у зв'язку зі змінною довжиною заготовки і постійно змінними умовами тертя. Задачу неможливо звести до елементарних розрахунків та двовимірного моделювання процесу деформації.

Для розрахунку використовується сітка кінцевих елементів, яка в середині заготовки та інструменті будується на основі лінійних тетраєдрів. Початкова адаптована кінцево-елементна сітка будується повністю автоматично та не потребує втручання при перебудові на протязі розрахунку. Як видно з рис. 2 сітка стає гущішою в місцях більшої

кривизни. Заготовка під час розрахунку розглядається як жорстко-пластичне тіло, деформоване в неізометричних умовах.

Оскільки розрахунок вимагає високої точності та візуалізації скористаємось тривимірними математичними моделями.

Розроблена модель штампування деталі „Корпус” (рис. 1) на основі програми Qform 3D 4.3 враховує великі пластичні деформації в об'ємі обмеженому інструментами з каналами досить складної форми.

На перших етапах роботи спочатку проводилось проектування та розрахунок поковки і заготовки згідно з усіма вимогами та стандартами. Потім за допомогою CAD/CAM/CAE системи ProEngineer було спроектовано, за результатами розрахунків, вихідну заготовку $\varnothing 63 \times 145$ та інструмент, який представлено на рис. 3 [4,5].

Далі було проведено експорт побудованих моделей до програмного комплексу QFORM 3D 4.3, в якому ці моделі розбивалися на кінцеві елементи та проводились подальші розрахунки.

В даній роботі досліджувались: напружено-деформований стан (НДС) заготовки (поле накопиченої деформації), поля швидкостей деформації, перепаду температур, опору матеріалу деформації, поле середнього напруження заготовки, швидкості текучості металу по основних осьових компонентах, поле роботи деформації в заготовці. На основі проведених розрахунків спроектовано та досліджено інструмент, його зношування під час штампування, еквівалентні, об'ємні деформації та деформації за осями, також досліджено еквівалентні, середні напруження та напруження за осями інструменту.

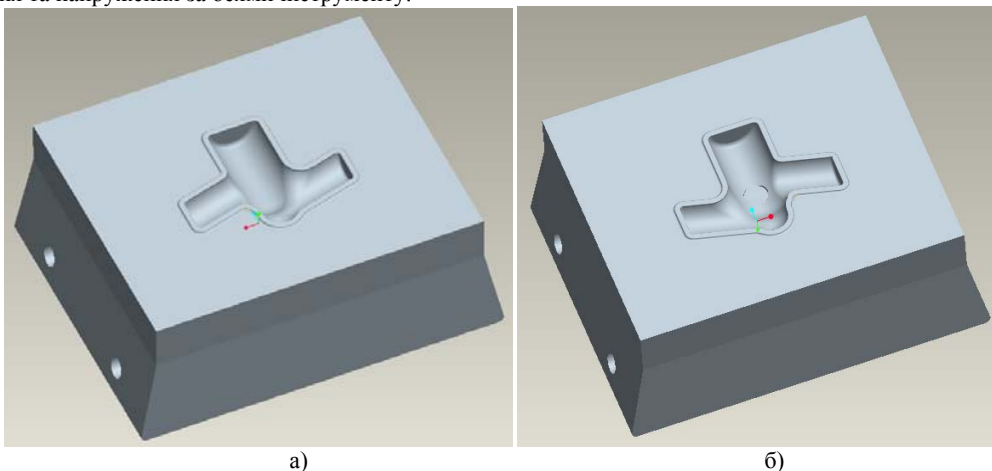


Рис.3. Інструмент для отримання поковки (а-матриця, б-пуансон)

В результаті досліджень було запропоновано удосконалення штампової оснастки, отримано точний об'єм необхідної заготовки, підтверджено доцільність використання обраного виду обладнання, запропоновано отримання даного виду деталей без використання облойної канавки. Всі результати досліджень та їх доцільність підтверджено за допомогою програмного комплексу QFORM 3D.

В роботі представлено порівняння отримання заготовки звичайним методом та методом без використання облойної канавки. Матеріал заготовки – сталь 20, заготовкою являється пруток $\varnothing 63 \times 145$ мм. Додатково розраховувався показник зносу інструменту та робота пластичної деформації.

На рис. 4 показано початкове та кінцеве положення інструменту при осаджуванні вихідної заготовки довжиною до 100 мм. Також з цього рисунку видно, що максимальна величина поля накопиченої деформації в заготовці при осадці становить 0,625.

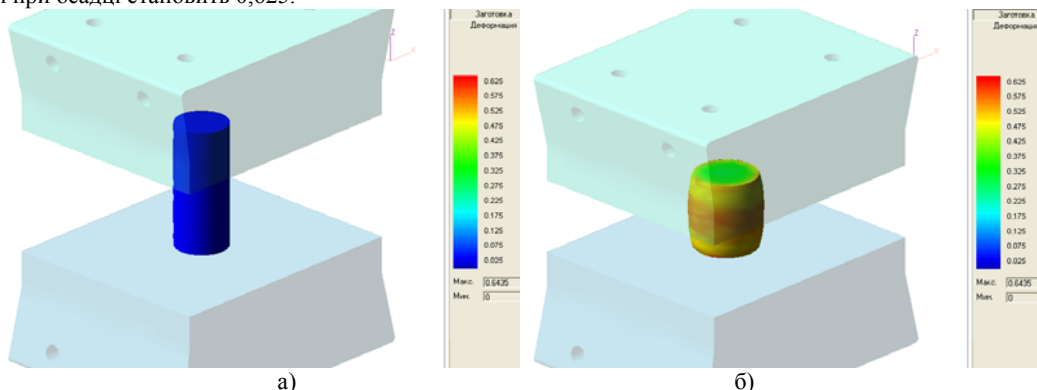


Рис. 4. Початкове (а) та кінцеве (б) положення інструменту при осаджуванні вихідної заготовки та діаграма поля розподілу накопиченої деформації

Далі представлено розраховані параметри деталі після завершення штампування для спроектованого інструменту, які підтверджують доцільність розробленої конструкції штампу.

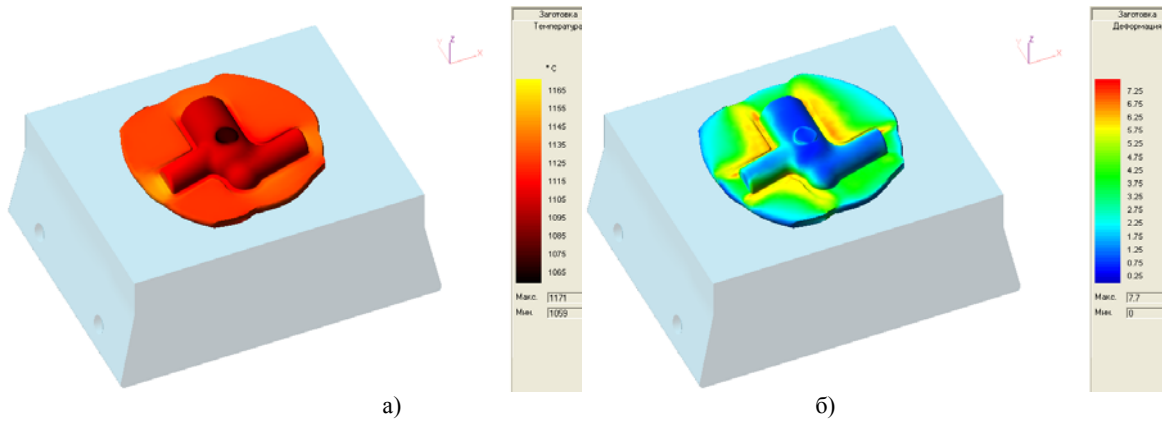


Рис. 5. а) поле розподілу температур, б) поле розподілу деформації заготовки

Як видно з рис. 5а розподіл температур по заготовці відбувається рівномірно і в середньому становить 1115 °С. Максимальне значення температури спостерігається на кінцях патрубків – близько 1155 °С. Поле розподілу деформації (рис. 5б) набуває свого максимального значення на краях заготовки і його показник становить 7,5. По самій заготовці розподіл деформації відбувається рівномірно і становить в середньому 1,25.

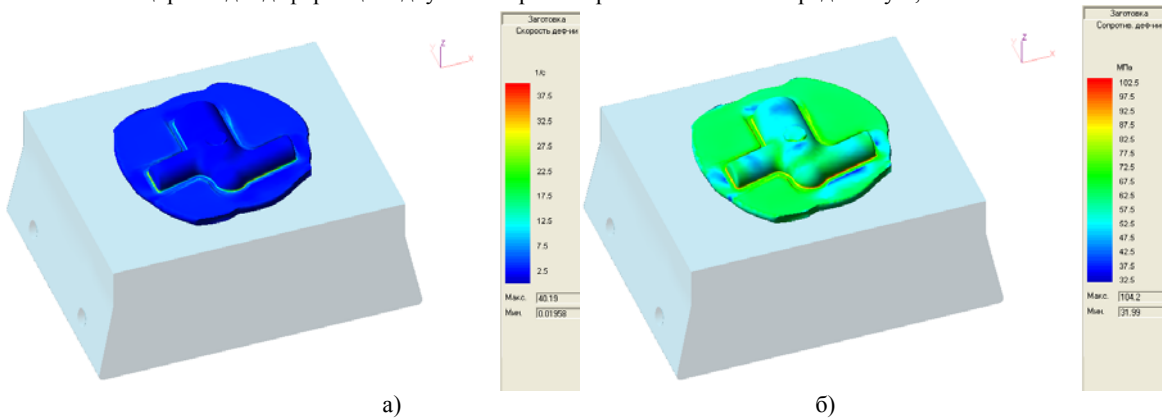


Рис. 6. а) швидкість деформації, б) опір деформації заготовки

Швидкість деформації (рис. 6а) по всьому об'ємі заготовки розподіляється рівномірно і її середнє значення становить 7 м/с. Максимальна швидкість деформації спостерігається в області облоїного містка і становить близько 38 м/с. Розподіл опору деформації (рис. 6б), також відбувається рівномірно і становить 57,5 МПа, максимальний опір спостерігається по краях заготовки і становить 100 МПа.

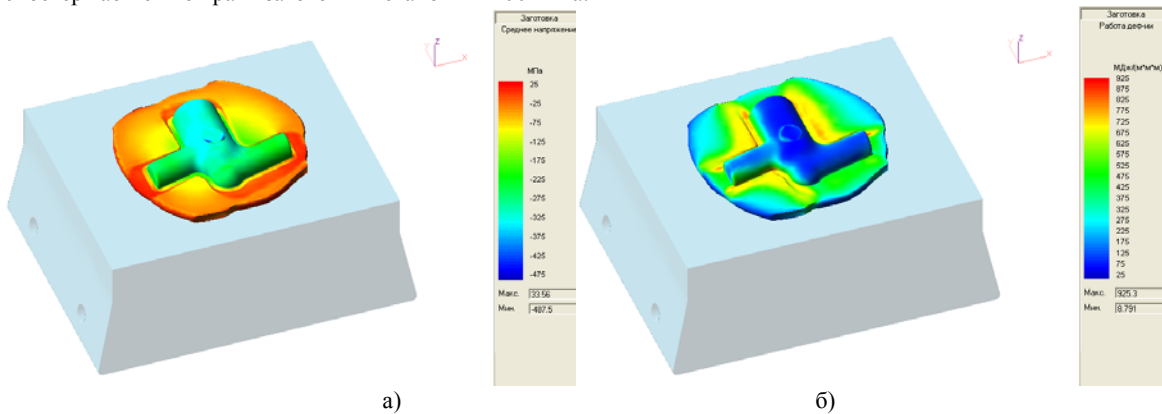


Рис. 7. а) середні напруження в заготовці, б) робота деформації заготовки

З рис. 7а видно, що максимальне значення середніх напружень спостерігається в облоїній області заготовки (близько 25 МПа). Робота деформації, також досягає свого максимуму в області облоїного містка і становить 925 МДж/м³.

Проаналізувавши наведені вище розраховані параметри заготовки можна сказати, що розподіл температур та швидкість деформації заготовки відбувається рівномірно, сама деформація досягає свого максимуму при проходженні облоїного містка, який використовується для більш повного заповнення штампку. Розподіл опору деформації заготовки можна назвати більш стабільним, свого сталого значення він набуває при досягненні периферії заготовки. Середні напруження та робота деформації збільшують своє значення від середини до кінця заготовки. З цього можна зробити висновок, що найбільш навантаженим елементом штампової оснастки є облоїний місток, який

сприймає всі перенавантаження на свою поверхню, що потребує додаткових розрахунків інструменту для однозначного визначення доцільності даної конструкції оснастки.

Для підтвердження доцільності використання спроектованого інструменту проведемо порівняння оснастки класичної та розробленої конструкцій. Оскільки інструмент повністю симетричний і кінцеві значення суттєво не будуть відрізнятися, то в якості порівнюваних елементів візьмемо нижню частину інструменту – матрицю.

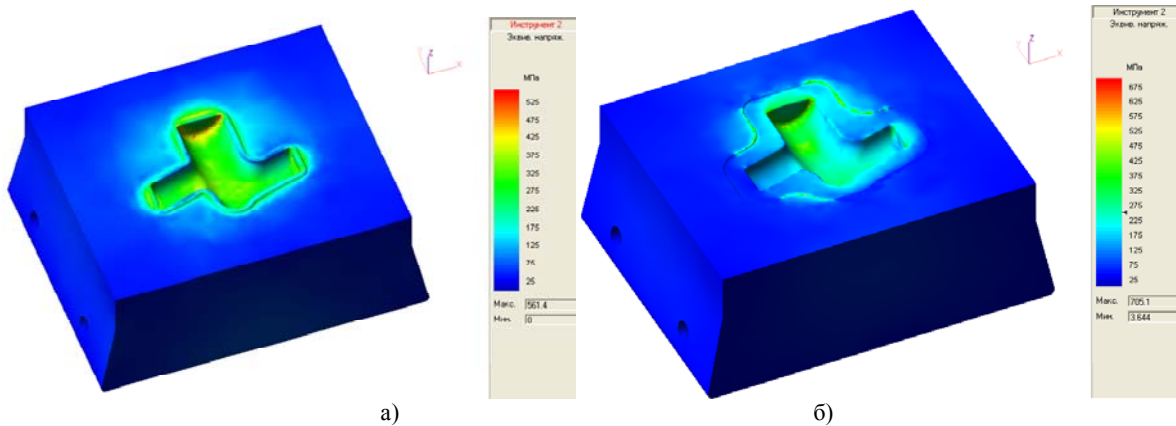


Рис. 8. Еквівалентні напруження в інструменті (а – спроектований, б – класичний варіант)

Як видно з рис. 8а (спроектований варіант) розподілення напружень по рівчаку відбувається рівномірно і становить близько 325 МПа, така ж величина напруження спостерігається безпосередньо за облоїним містком, але на самому місткові становить близько 175 МПа. Розподілення напружень в інструменті класичної форми по рівчакові відбувається не рівномірно і коливається в діапазоні 275-425 МПа, місток навантажений в основному по торцях інструменту, напруження в об'ємі облоїної канавки не значні, але при досягненні її меж досягають 475 МПа, також спостерігається напруження міжштампової області в тих місцях, де метал потрапив за межі облоїної канавки, заповнення самого штапу відбувається нерівномірно на відміну від розробленої конструкції. Еквівалентне напруження обох штампів при цьому близько 25 МПа.

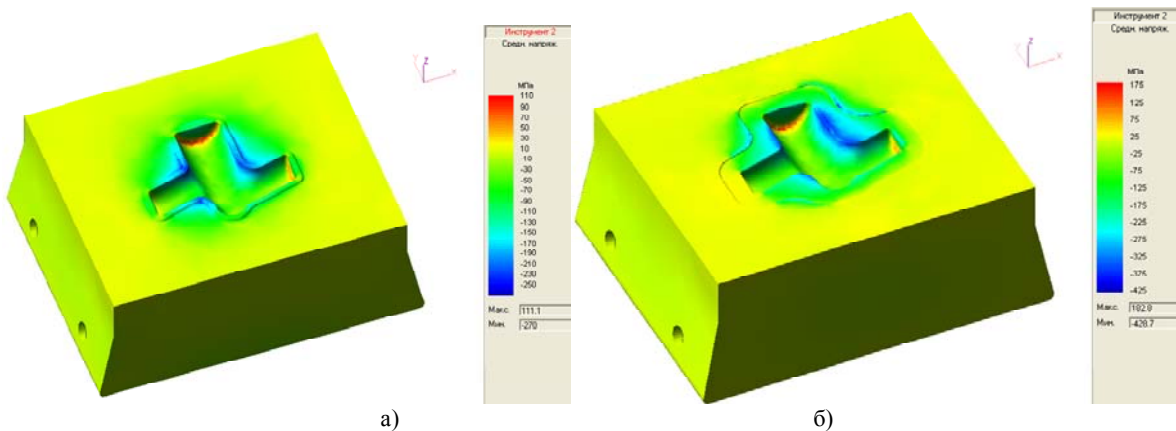


Рис. 9. Середні напруження в інструменті (а – спроектований, б – класичний варіант)

При розподілі середніх напружень в інструменті дублюється ситуація з еквівалентними напруженнями. Як видно з рис. 9б відбувається перенапруження зони облоїної канавки за рахунок потрапляння металу в площину роз'єму штапа. У випадку із спроектованим штампом така ситуація не спостерігається, оскільки тут передбачено рух металу в міжштамповому просторі. Заповнення штапу та розподіл напружень відбувається рівномірно, що не можна сказати про інструмент класичної конструкції. При цьому середнє напруження обох штампів становить близько 25 МПа.

Як видно з рис. 8а та 9а розподілення напружень по облоїному містку відбувається таким чином, що найбільші напруження отримує зона, котра знаходиться безпосередньо за містком, тобто навантаження діючі на нього по значенню не максимальні, отже вони не являються руйнівними.

Максимальне значення показника зносу спостерігається на краях рівчака (в обох випадках), але для спроектованого інструменту його величина майже в 3 рази менша, ніж в інструменті класичної конструкції і її максимальне значення становить близько 0,0035 мм, коли для класичної конструкції – 0,00925 мм [6].

Розробка нової конструкції інструменту проводилася з метою запобігання пере-навантаження обладнання при штампуванні. Для обраного виду обладнання зусилля становить 4 МН. Перевіримо, чи досягнута кінцева мета роботи.

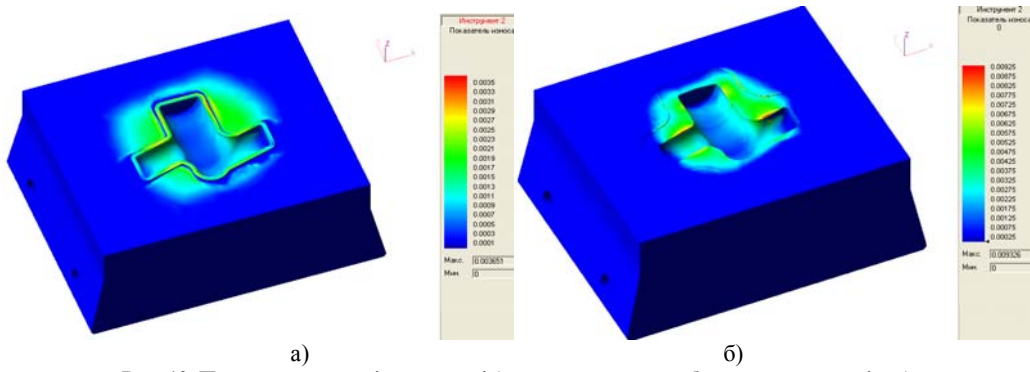


Рис. 10. Показник износу в інструменті (а – спроектований, б – класичний варіант)

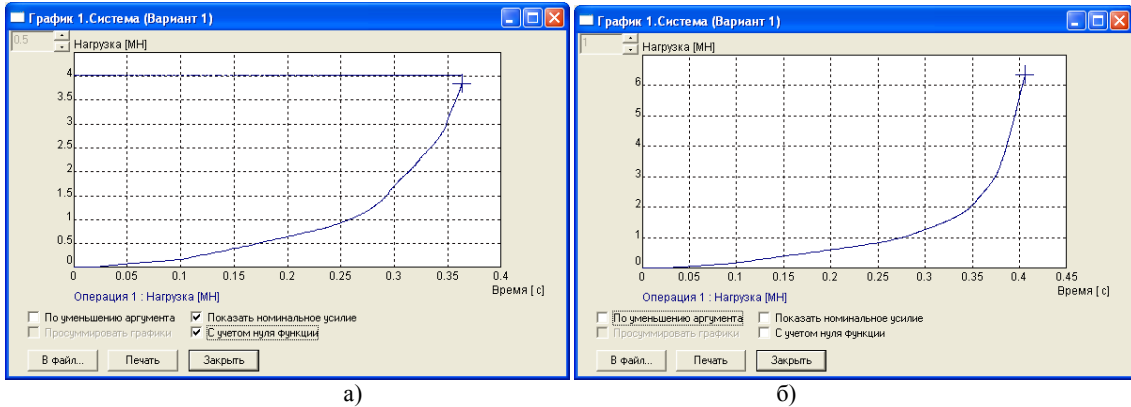


Рис. 11. Графіки залежності навантаження пресового обладнання від часу для розробленої а), та класичної б) конструкції інструменту

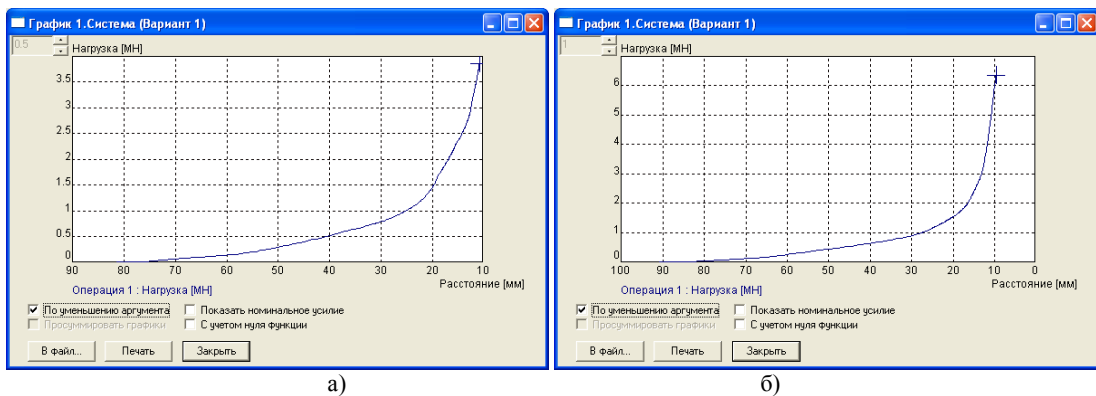


Рис. 12. Графіки залежності штампувального зусилля від пройденого перерізу деталі для розробленої а), та класичної б) конструкції інструменту

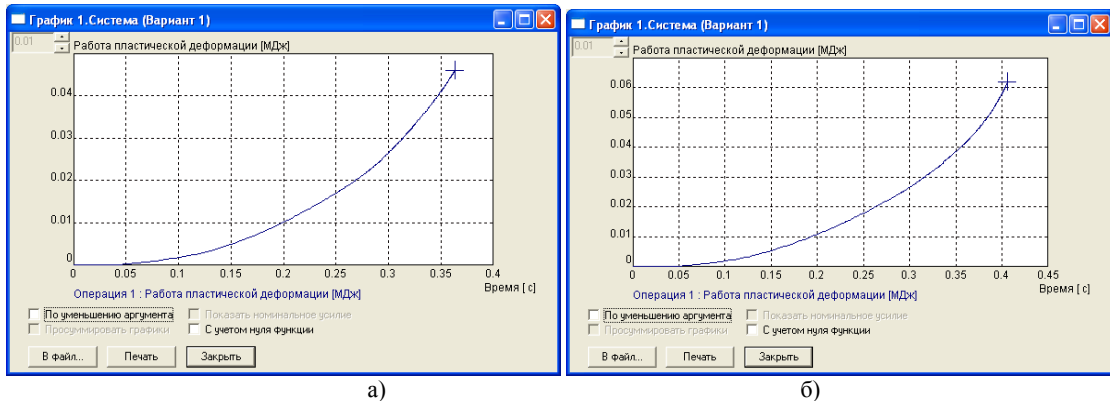


Рис. 13. Графіки залежності роботи пластичної деформації від часу для розробленої а), та класичної б) конструкції інструменту

З вище приведених графіків наглядно видно, що у всіх випадках при використанні класичної конструкції інструменту відбувається перенавантаження пресового обладнання, оскільки величина номінального зусилля становить 4 МН. З графіків також видно, що при штампуванні на розробленій оснастці процес відбувається більш плавно в порівнянні з класичною конструкцією. Наведені графіки побудовано в програмному комплексі QFогm.

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що розроблена конструкція інструменту задовольняє нашим вимогам, а в деяких випадках і перевершує інструмент класичної конструкції. Перевага нового виду оснастки полягає в тому, що облой не обмежується облойною канавкою і може вільно переміщатися в міжштамповому просторі, що запобігає перенавантаженню пресового обладнання та зменшує величину навантажень та зносу на сам інструмент.

Список літератури

1. Афонькин М.Г., Магницкая М.В. Производство заготовок в машиностроении.-Л.: Машиностроение, 1987
2. З.И. Юсипов, Ю.И. Каплин, Машиностроение. Обработка металлов давлением и конструкции штампов 1981
3. Афонькин М.Г., Звягин В.Б., СПб.: Политехника. Производство заготовок в машиностроении, 2007
4. Ковка и штамповка: под ред. Семенова Е. И. том 1. – М, Машиностроение, 1986.
5. Справочник конструктора штампов: Рудман Л. И. – М, Машиностроение, 1988.
6. Л.Ш.Шустер. Основы триботехники. Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, 1994.- 107с.

УДК 539.3

О.М. Чемерис, канд.техн.наук, доц.
НТУ України «Київський політехнічний інститут» м.Київ, Україна

КОЛИВАННЯ КРУГЛИХ ШАРНІРНО ЗАКРІПЛЕНИХ НАВАНТАЖЕНИХ ПЛАСТИН

Круглая цельная шарнирно опёртая пластинка равномерно сжата по контуру погонной нагрузкой. Составлены частотные уравнения и уравнения для определения положения узловых окружностей при $s=0,1..3$ для симметричных и несимметричных изгибных колебаний. Проведены расчёты частот и форм в случае, когда число узловых диаметров $n=0,1..2$, а число узловых окружностей $s=0,1..3$

Circular solid pin-ended plate was compressed by linear load in the line of contour uniformly. Frequencies and forms of symmetrical and unsymmetrical bending vibrations were equated. Frequencies values and forms were calculated in the event that number of node diameter $n=0,1...2$ and number of node circles $s=0,1...2$.

Вступ

Круглі пластинки зустрічаються в різного типу конструкціях в вигляді днищ, діафрагм, пружин. Рішення задачі по визначенню частот власних коливань для защемлених стиснутих і розтягнутих пластин приведені в роботі [1]. Результати цих досліджень приведені також в довіднику [2], де приведена форма рішення і результати обчислення частотного параметра для симетричних і несиметричних форм коливань включно до третьої форми. В даній роботі проведені також результати обчислень по визначенню радіусів вузлових кілець. Дані частотні параметри приведені в довіднику для інженерів-конструкторів [3] та в монографії [4]. Для стиснутих чи розтягнутих шарнірно-закріплених пластин даних по визначенню частот коливань в довідковій літературі [6] не зустрічається. Для защемлених і шарнірно закріплених пластин форми коливань не визначались.

В роботі приведені частотні рівняння коливань стиснутих та розтягнутих шарнірно закріплених пластин та знайдено частоти симетричних і несиметричних коливань при різних значеннях вузлових діаметрів та кругових кілець в залежності від величини контурних сил. В кожному випадку визначено положення вузлових діаметрів. Для коливань стиснутих та розтягнутих пластин визначені форми коливань.

Мета досліджень

Цільна кругла шарнірно закріплена по зовнішньому краю пластинка навантажується в площині погонним рівномірно розподіленим по контуру тиском. Для різних величин розтягуючи чи стискаючих зусиль необхідно