

ДО ПИТАННЯ ДИНАМІЧНОГО КОМП'ЮТЕРНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ТИСКОМ

Подано методичку комп'ютерного геометричного моделювання процесу осаджування заготовок у вигляді прямих кругових циліндрів. Запропоновано відповідний математичний апарат, отримані обчислювальні результати проілюстровано на конкретних прикладах формоутворення. Обґрунтовано актуальність та важливість розглянутої технічної задачі в теоретичному і практичному плані для обробки тиском, геометричного моделювання та сучасних комп'ютерних інформаційних технологій. Окреслено перспективи подальшого розвитку проаналізованого напрямку наукових досліджень.

Ключові слова: динамічне геометричне моделювання, комп'ютерні інформаційні технології, обробка тиском, осаджування.

Нині технологічні процеси обробки тиском доволі розповсюджені в машинобудуванні для виготовлення різноманітних деталей. Це обумовлено ефективним забезпеченням даними технологіями потрібної кінцевої форми та розмірів створюваних виробів, необхідного змінювання механічних властивостей їх матеріалів.

Дослідження з математичного моделювання і проектування технології обробки тиском показують, що для відтворення процесів осаджування існує декілька підходів, які відрізняються прийнятими припущеннями [1]. Аналітичний розв'язок із використанням гіпотези про плоскі перерізи та рівномірний розподіл напружень призводить у випадку осаджування прямого кругового циліндра до відсутності виникнення його бочкоподібної бічної поверхні. Розв'язання ж даної задачі обчислювальними засобами (методом скінченних елементів) дозволяє відмовитись від гіпотези про однорідність деформації, краще врахувати умови тертя в зоні контакту з інструментом і, як наслідок, отримати більш точну математичну модель. Остання свідчить, що по мірі збільшення відносного обтискання заготовки та коефіцієнта тертя гіпотеза плоских перерізів стає все менш придатною, а розподіл деформацій має неоднорідний характер. Отже, числовий розв'язок враховує нерівномірність напружень і деформацій та виникнення бочкоподібної бічної поверхні. Однак і при цьому все ж таки залишаються певні проблемні моменти, які пов'язані з пружною складовою деформації, оскільки вихідна заготовка не є ідеально пластичним тілом, впливом історії навантажень і т. д. У виданні [1] зазначається, що наявна нерівномірність деформацій суттєво ускладнює обчислювальні процедури математичного моделювання процесів обробки тиском, у тому числі осаджування циліндричних заготовок.

Прогресивною тенденцією розвитку комп'ютерних інформаційних технологій є динамічне геометричне моделювання, тобто створення та використання змінюваних, у тому числі й у часі, комп'ютерних геометричних моделей, один із напрямків якого спирається на методологію структурно-параметричного формоутворення [2, 3]. У публікації [2] подано загальні теоретичні основи варіантного моделювання геометричних об'єктів методом поліпараметризації, а у праці [3] проаналізовано його практичне застосування для динамічного комп'ютерного відтворення технологічних процесів механічного різання.

Метою даної статті є поширення зазначеної методології на обробку тиском. При цьому головна ідея полягає в побудові комп'ютерних динамічних геометричних моделей, які певним чином узагальнюють результати фізичних або обчислювальних експериментів. Для прикладу взято відомості, що наведені у праці [4] стосовно осаджування прямого кругового циліндра та ілюструють нерівномірність його деформацій.

Запропоновану геометричну модель показано на рис. 1. Вихідний циліндр має радіус основи R та висоту H . Для осадженого тіла з певним відносним обтисканням

$$\varepsilon = (H - H') / H, \quad (1)$$

де H' – зменшена висота, застосовано позначення R'_{min} і R'_{max} відповідно для збільшених радіусів основ у контактних площинах і серединній поверхні (горизонтальній площині симетрії).

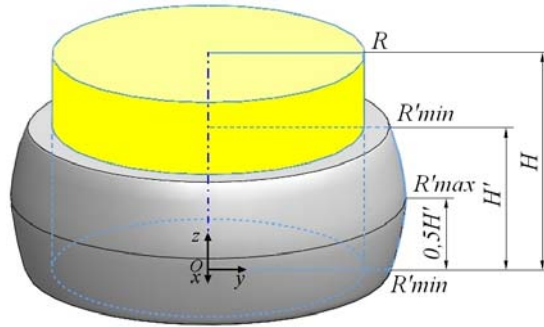


Рис. 1. Геометрична модель осаджування циліндра

Нижня та верхня частини бічної поверхні осадженого тіла, які симетричні відносно його серединної площини, формуються у прямокутній системі координат $Oxyz$ шляхом обертання навколо осі z дуг кривих другого порядку у векторній параметричній формі

$$\mathbf{r}_i(u) = \frac{(1-u)^2 \mathbf{r}_{0i} + w_1 2u(1-u) \mathbf{r}_{1i} + u^2 \mathbf{r}_{2i}}{(1-u)^2 + w_1 2u(1-u) + u^2}, \quad (2)$$

де $i \in \{n, v\}$ – індекси нижньої та верхньої частин; $\mathbf{r}_{0n} = (0, R'_{min}, 0)$, $\mathbf{r}_{1n} = (0, R'_{max}, 0)$, $\mathbf{r}_{2n} = (0, R'_{max}, H'/2)$, $\mathbf{r}_{0v} = (0, R'_{max}, H'/2)$, $\mathbf{r}_{1v} = (0, R'_{max}, H')$, $\mathbf{r}_{2v} = (0, R'_{min}, H')$ – радіус-вектори вершин характеристичних трикутників; $w_1 \geq 0$ – ваговий коефіцієнт вершин $\mathbf{r}_{1i}$; $u \in [0, 1]$ – параметр.

Як бачимо, твірні (2) лежать у координатній площині Oyz .

Під час пластичного деформування об'єм металевого виробу може як збільшуватися, так і зменшуватися, але ці зміни не перевищують 0,1 ... 0,25 % [4]. Тому ними нехтують і для розрахунків приймають умову сталого об'єму.

Для поданої вище динамічної геометричної моделі об'єм обчислимо як

$$\begin{aligned} V &= 2 \cdot \pi \int_0^{H'/2} y(z)^2 dz = 2 \cdot \pi \int_0^1 y(u)^2 \dot{z}(u) du = \\ &= 2 \cdot \pi \int_0^1 \frac{((1-u)^2 R'_{min} + ((1-2w_1)u^2 + 2w_1u) R'_{max})^2 u(1-u + w_1u) H'}{((1-u)^2 + 2w_1(1-u)u + u^2))^4} du. \end{aligned} \quad (3)$$

Згідно з виданням [4] досліджуваний процес осаджування має наступні геометричні параметри: $\varepsilon = 0$ % (вихідний циліндр) – висота $H=27$ мм, радіус $R=19$ мм; $\varepsilon=8$ % – $R'_{min}=19,4$ мм, $R'_{max}=20,1$ мм; $\varepsilon=22$ % – $R'_{min}=19,8$ мм, $R'_{max}=22,6$ мм; $\varepsilon=33,5$ % – $R'_{min}=22$ мм і $R'_{max}=24$ мм.

Відповідно до цих даних та виразів (1) і (3) потрібний об'єм деформованого тіла забезпечується належними величинами вагового коефіцієнта w_1 , що обчислюються мінімізацією цільової функції

$$F(w_1) = \left| \pi R^2 H - V(w_1) \right|, \quad (4)$$

екстремальне значення якої дорівнює нулю.

На підставі залежності (4) розраховано наступні значення для: $\varepsilon=0$ % – $w_1=0$; $\varepsilon=8$ % – $w_1=0,0903$; $\varepsilon=22$ % – $w_1=0,1649$; $\varepsilon=33,5$ % – $w_1=0,246$. При цьому об'єм $V=30621$ мм³. Відповідні приклади зображено на рис. 2.

Подальше динамічне комп'ютерне формоутворення реалізується на основі апроксимації величин R'_{min} , R'_{max} та w_1 для проаналізованого проміжку варіювання $\varepsilon=[0 \text{ %}; 33,5 \text{ %}]$.

Викладеною методикою осаджування показано важливість розглянутої задачі в теоретичному і практичному плані для обробки тиском, геометричного моделювання та сучасних комп'ютерних інформаційних технологій.

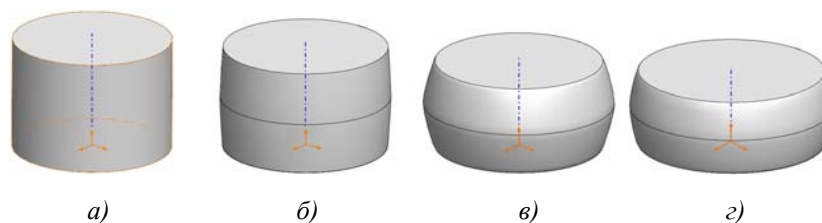


Рис. 2. Моделювання осаджування циліндра:

а) $\varepsilon = 0\%$; б) $\varepsilon = 8\%$; в) $\varepsilon = 22\%$; г) $\varepsilon = 33,5\%$

Перспективами подальших наукових досліджень можна вважати напрямки опрацювання різних за своєю формою й розмірами осаджуваних виробів та їх матеріалів.

Список використаних джерел

1. Рыбин Ю. И. Математическое моделирование и проектирование технологических процессов обработки металлов давлением / Ю. И. Рыбин, А. И. Рудской, А. М. Золотов. — СПб. : Наука, 2004. — 645 с.
2. Ванін В. В. Варіантне моделювання геометричних об'єктів методом поліпараметризації / В. В. Ванін, Г. І. Вірченко, С. Г. Вірченко // Проблеми інформаційних технологій. — № 2, 2014. — Херсон : ХНТУ, 2014. — С. 76—79.
3. Вірченко С. Г. До питання автоматизованого динамічного формоутворення об'єктів машинобудування / С. Г. Вірченко // Вісник Сумського нац. аграр. ун-ту. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»: наук. журнал. — Вип. 10/3 (31). — Суми : СНАУ, 2016. — С. 31—35.
4. Громов Н. П. Теория обработки металлов давлением: учебник для студентов вузов специальности «Обработка металлов давлением» / Н. П. Громов. — М. : Металлургия, 1978. — 360 с.

Serhiy VIRCHENKO

Kyiv

TO THE QUESTION OF DYNAMIC COMPUTER GEOMETRIC MODELING OF PRESSURE TECHNOLOGICAL PROCESSES

A new technique for computer-aided geometric modeling of the pressure processing of right circular cylinders is presented in this article. The corresponding mathematical apparatus was proposed. The calculation results were obtained. Specific examples of automated shaping were shown. This technical problem is relevant in theoretical and practical terms. The task is important for pressure processing, geometric modeling and modern computer information technologies. Perspectives for further development of this scientific research have been identified.

Key words: dynamic geometric modeling, computer information technologies, pressure processing, forging.

Сергей ВИРЧЕНКО

г. Киев

К ВОПРОСУ ДИНАМИЧЕСКОГО КОМПЬЮТЕРНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

В статье представлена разработанная новая методика компьютерного геометрического моделирования процесса осадки заготовок в виде прямых круговых цилиндров. Предложен соответствующий математический аппарат, полученные вычислительные результаты проиллюстрированы на конкретных примерах автоматизированного формообразования. Обоснована актуальность и важность рассмотренной технической задачи в теоретическом и практическом плане для обработки давлением, геометрического моделирования и современных компьютерных информационных технологий. Определены перспективы дальнейшего развития проанализированного направления научных исследований.

Ключевые слова: динамическое геометрическое моделирование, компьютерные информационные технологии, обработка давлением, осадка.

Стаття надійшла до редколегії 31.03.2017