

Математична модель формозміни циліндричної заготовки під час торцевого стиснення

Вінницький національний технічний університет

Анотація.

Розроблена методика побудови моделі для аналітичного опису радіуса бочки в залежності від умов тертя та ступеня стиску під час торцевого стиснення циліндричних заготовок в явному вигляді містить закладені гіпотези та умови механіки формозміни. Вказана методика може бути покладена в основу створення математичної моделі динаміки формозміни бічної поверхні циліндричної заготовки під час торцевого стиснення.

Ключові слова: торцеве стиснення, формозміна, бічна поверхня, циліндрична заготовка.

Abstract.

Developed technique constructing a model for the analytical description of the barrel's radius depending on the friction and compression ratio during face-end compression of cylindrical billets in explicit form contains the hypotheses and conditions laid forming mechanics. This technique can be the basis for creating a mathematical model of the dynamics of forming the lateral surface of the cylindrical billets during face-end compression.

Keywords: face-end compression, forming, lateral surface, cylindrical billets.

Одним із найпоширеніших процесів деформування є торцеве стиснення, яке використовується і як складова частина технологічного процесу виготовлення деталей, так і як спосіб дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів. Наукові напрацювання стосовно цього процесу є базовими для створення та удосконалення переважної більшості теоретичних методик розрахунку технологічних параметрів різноманітних процесів пластичного деформування. Отже, отримані дані про особливості та закономірності цього процесу деформування мають надзвичайно великий теоретичний та практичний інтерес [1–8].

Під час торцевого стиснення, у зв'язку із нерівномірністю деформацій, відбувається викривлення форми вільної поверхні, так зване бочкоутворення, від якого залежить напружено-деформований стан та граничні деформації матеріалу. Надзвичайно велику перевагу науковці насамперед надають задачам дослідження напружено-деформованого стану та граничних деформацій бічної поверхні циліндричних заготовок. З цією метою було удосконалено експериментально-аналітичну методику дослідження НДС вказаної небезпечної, стосовно накопичення розсіяних пошкоджень, частини заготовки, розроблено та апробовано моделі граничних деформацій бічної поверхні циліндричних заготовок під час нестационарного деформування під час торцевого стиснення [1–8].

На відмінно від НДС та граничних деформацій, задачам аналітичного опису та аналізу геометричних параметрів заготовки не приділено потрібної уваги. Хоча аналітичний опис заготовки під час нестационарного деформування є не менш важливою задачею під час дослідження та удосконалення технологічних процесів, в основу виготовлення яких покладено процес торцевого стиснення. Зокрема для прогнозування якості поверхонь, можливості їх руйнування, а також забезпечення певної конфігурації деталей під час їх виготовлення [2 – 9]. Проведений аналіз свідчить про те, що під час моделювання форми бічної поверхні циліндричних заготовок під час стиснення використовується велика кількість підходів [2]. Найвідомішими серед них є варіаційний метод, метод жорстких макроблоків та ін. Значна кількість досліджених методик аналізу формозміни вільної поверхні циліндричних заготовок базуються на отриманні співвідношень для обчислення одного із геометричних розмірів бічної поверхні при деформуванні.

Розробка аналітичного представлення геометричних параметрів заготовки під час торцевого стиснення базується на врахуванні таких припущень [9, 10]:

- забезпечення умови незмінного об'єму заготовки

$$V = S_0 \cdot H = const ;$$

де S_0 , H – площа поперечного перерізу та висота заготовки до деформування;

– течія матеріалу має лише радіальний та осьовий компоненти;

– під час стиснення забезпечується симетрія заготовки відносно її вісі, тобто розглядається торцеве стиснення;

– будь-який осьовий переріз є симетричною кривою, яку апроксимуємо параболою.

Використовуючи диференціальне рівняння, яке описує швидкість зміни радіуса бочки при торцевому стисненні

$$\frac{dr_b}{dh} = -\frac{1}{2} \cdot r_0^2 \cdot \frac{H}{h^2} \cdot \frac{1}{r_b h},$$

розроблено методику аналітичного опису геометричних параметрів заготовки під час деформування та отримано аналітичне представлення радіуса бочки під час торцевого стиснення при нестационарному деформуванні, тобто за умови наявності тертя на торцях заготовки:

$$r_b h, k = r_0 \cdot \sqrt{k \cdot \left(\frac{H}{h} - 1 \right) + 1}.$$

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Михалевич В. М. Тензорні моделі накопичення пошкоджень / В. М. Михалевич. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1998. – 195 с. – ISBN 966-7199-20-7.

2. Михалевич В. М. Моделювання напружено-деформованого та граничного станів поверхні циліндричних зразків при торцевому стисненні: монографія / В. М. Михалевич, Ю. В. Добранюк. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 180 с. ISBN 978-966-641-532-8.

3. Михалевич В. М. Моделирование пластического деформирования цилиндрического образца при торцевом сжатии / В. М. Михалевич, А. А. Лебедев, Ю. В. Добранюк // Пробл. прочности. – 2011. – № 6. – С. 5–22.

4. Mikhalevich V. M. Modeling of plastic deformation in a cylindrical specimen under edge compression / V. M. Mikhalevich, A. A. Lebedev and Yu. V. Dobranyuk // Strength of Materials. – Volume 43, Number 6 (2011), P. 591–603, DOI: 10.1007/s11223-011-9332-7.

5. Михалевич В. М. Прогнозування граничного стану бічної поверхні циліндричних зразків при торцевому стисненні / В. М. Михалевич, В. А. Матвійчук, Ю. В. Добранюк, Є. А. Трач // Обработка металлов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА – 2012 – №1(30) – С. 24–30.

6. Добранюк Ю. В. Моделювання за допомогою програмного комплексу DEFORM 3D напружено-деформованого стану на бічній поверхні циліндричного зразка під час торцевого стиснення / Ю. В. Добранюк, Л. І. Алієва, В. М. Михалевич // Обработка металлов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА – 2010 – №4(25) – С. 3–10.

7. Михалевич В. М. Удосконалення експериментальної частини експериментально-аналітичної методики дослідження напружено-деформованого стану бічної поверхні циліндричних зразків під час вісесиметричної осадки [Електронний ресурс] / В. М. Михалевич, Ю. В. Добранюк, Є. А. Трач // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – №4. – Київ: Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського. – 2011. – 8 с. – Режим доступу до журн.: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/VNTU/2011_4/2011-4.files/uk/11vmmwas_ua.pdf.

8. Михалевич В. М. Визначення за початковою ділянкою траєкторії деформацій граничного стану бічної поверхні циліндричних зразків під час вісесиметричного осадження / В. М. Михалевич, Ю. В. Добранюк, Є. А. Трач // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – №2 – С. 163–167.

9. Михалевич В. М. Формозміна бічної поверхні циліндричних заготовок під час вісесиметричного осадження / В. М. Михалевич, Ю. В. Добранюк, Є. А. Трач // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ "ХПІ" – 2013. – №42(1015) – С. 126 – 131.

10. Михалевич В. М. Аналітичне представлення максимального радіуса циліндричних заготовок під час вісесиметричного осадження із бочкоутворенням / В. М. Михалевич, Ю. В. Добранюк // Вісник машинобудування та транспорту. – Вінниця: ВНТУ – 2015 – №1 – С. 59–66.

Добранюк Юрій Володимирович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри вищої математики ВНТУ, Вінницький національний технічний університет, e-mail: dobranuk@mail.ru.