

УДК 621.791

В. М. Михалевич, Ю. В. Добранюк

АНАЛІТИЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО РАДІУСА ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗАГОТОВОК ПІД ЧАС ВІСЕСИМЕТРИЧНОГО ОСАДЖЕННЯ ІЗ БОЧКОУТВОРЕННЯМ

Вінницький національний технічний університет

В статті розроблено методику для аналітичного опису радіуса бочки під час вісесиметричного осадження із бочкоутворенням. Розглянуто задачу аналітичного представлення радіуса бочки при вісесиметричному осадженні циліндричних заготовок.

ВСТУП

Одним із найпоширеніших процесів деформування є вісесиметричне осадження, яке використовується і як складова частина технологічного процесу виготовлення деталей, так і як спосіб дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів [1–4]. Як відомо [1–9], під час осадження циліндричних заготовок із малопластичних матеріалів на бічній поверхні утворюються тріщини. При чому ступінь осадження, при якому з'являються тріщини, залежить від інтенсивності бочкоутворення на бічній поверхні. У свою чергу інтенсивність бочкоутворення визначається умовами тертя на торцях заготовки. Наукові напрацювання стосовно цього процесу є базовими для створення та удосконалення переважної більшості теоретичних методик розрахунку технологічних параметрів різноманітних процесів пластичного деформування. Тому отримані дані про особливості та закономірності вказаного процесу деформування мають надзвичайно великий теоретичний та практичний інтерес [1–5].

При вісесиметричному осадженні, у зв'язку із нерівномірністю деформацій, відбувається викривлення форми вільної поверхні, так зване бочкоутворення, від якого залежить напружено-деформований стан та граничні деформації матеріалу. Комплексна характеристика процесу вісесиметричного осадження включає як аналіз напружено-деформованого та граничного станів, так і отримання аналітичного опису геометричних параметрів заготовки під час процесу деформування.

При цьому досить велику перевагу науковці надають задачам дослідження напружено-деформовано та граничного станів матеріалу бічної поверхні циліндричних заготовок. Для розв'язання цієї задачі було удосконалено експериментально-аналітичну методику дослідження НДС небезпечної, стосовно накопичення розсіяних пошкоджень, частини заготовки, розроблено та апробовано різні моделі для опису граничних деформацій бічної поверхні циліндричних заготовок при вісесиметричному осадженні, а також отримано низку практичних рекомендацій стосовно покращення параметрів якості отриманих деталей [1–9].

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 вісесиметричного осадження. 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 при осадженні використовується велика кількість підходів [2, 3, 5, 9, 10]. 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.

Наприклад, в роботі [11] розроблено аналітичні залежності опису форми бічної поверхні, які відтворюють експериментальні дані вісесиметричного осадження в межах допустимої похибки їх визначення. Розглянута методика базується на експериментально отриманих значеннях декількох діаметрів бічної поверхні заготовки, при цьому не отримано залежностей усіх геометричних параметрів заготовки від умов тертя на торцях та інших фізичних особливостей вказаного процесу деформування. В роботі [12] наведено методику аналітичного опису геометричних параметрів заготовки під час деформування. Проте в цій методиці відсутнє обґрунтування ключових аспектів

побудови математичної моделі формозміни циліндричної заготовки під час процесу вісесиметричного осадження.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Метою нашої роботи є з'ясування сутності припущень, що покладені в основу побудови моделі для аналітичного опису максимального радіуса в залежності від умов тертя та ступеня стиснення при вісесиметричному осадженні циліндричних заготовок.

Розробка аналітичного представлення геометричних параметрів заготовки при осадженні базується на врахуванні таких припущень [12]:

- забезпечення умови незмінного об'єму заготовки:

$$V = S_0 \cdot H = const; \quad (1)$$

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

- течія матеріалу має лише радіальний та осьовий компоненти;
- під час осадження забезпечується симетрія заготовки відносно її вісі, тобто розглядається вісесиметричне осадження (рис. 1);
- будь-який осьовий переріз є симетричною кривою, яку апроксимуємо параболою.

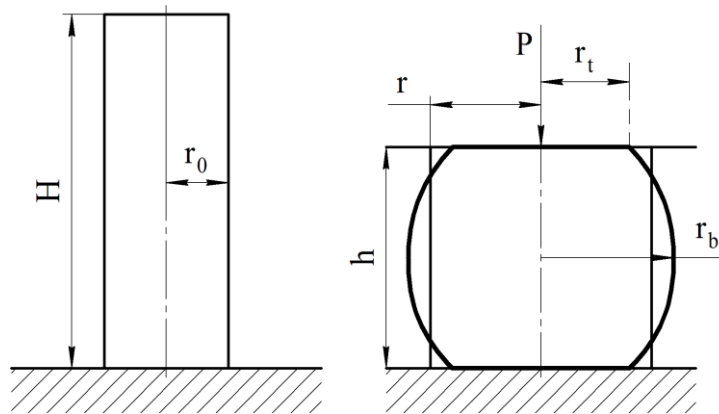


Рисунок 1 – Схематичне зображення формозміни при вісесиметричному осадженні

Розглянемо процес осадження за умови відсутності тертя на торцях ($k = 1$), тобто за умови ідеального осадження, що супроводжується відсутністю бочкоутворення бічної поверхні заготовки. В цьому випадку радіус циліндричної заготовки збільшується із зменшенням його висоти під час деформування та залишається незмінним по висоті для фіксованої стадії деформування. Математичну модель для радіуса циліндричної заготовки r (див. рис. 1) отримуємо із умови сталості об'єму:

$$V = h \cdot \pi \cdot r^2(h) = H \cdot \pi \cdot r_0^2. \quad (2)$$

$$r^2(h) = \frac{H}{h} \cdot r_0^2. \quad (3)$$

$$r_b(h)|_{k=1} = r(h) = r_0 \cdot \sqrt{\frac{H}{h}}, \quad (4)$$

де r_0 , r – початковий та поточний радіуси торців.

За умови наявності тертя на торцях при деформуванні заготовки форма бічної поверхні набуває бочкоподібної форми, при цьому радіуси бочки r_b та торців r_t – значень, які більші та менші відповідно за r , яке ми отримали б за умови відсутності тертя на торцях (рис. 1).

Тому побудову математичної моделі для радіуса бочки r_b із врахуванням коефіцієнта тертя на торцях k логічно здійснювати на основі узагальнення співвідношення (3). При цьому для отриманого співвідношення має виконуватися початкова умова:

$$r_b(H) = r_0. \quad (5)$$

Структурний вигляд шуканого співвідношення, що узагальнює вираз (3) можна шукати шляхом представлення та апробації різних варіантів вказаного виразу. Більш простим, природним та обґрунтованим у цьому випадку, виявляється підхід, відповідно до якого коефіцієнт тертя враховується в диференціальному рівнянні, що характеризує швидкість зміни радіуса бочки при вісесиметричному осадженні в залежності від поточної висоти циліндричної заготовки під час її деформування. Для отримання вказаного диференціального рівняння продиференційовано праву та ліву частини співвідношення (3):

$$2 \cdot r_b(h) \cdot dr_b(h) = -r_0^2 \cdot \frac{H}{h^2} \cdot dh. \quad (6)$$

Використовуючи отримане співвідношення (6) знаходимо шукану швидкість зміни радіуса бочки при вісесиметричному осадженні за умови відсутності тертя на торцях:

$$\frac{dr_b(h)}{dh} = -\frac{1}{2} \cdot r_0^2 \cdot \frac{H}{h^2} \cdot \frac{1}{r_b(h)}. \quad (7)$$

Для узагальнення співвідношення (7), з метою врахування наявності тертя на торцях, приймаємо до уваги такі міркування: за умови наявності тертя радіус бочки буде більшим за рівномірний радіус заготовки за умов відсутності тертя на торцях для однакових ступенів деформування:

$$r_b(h, k) > r_b(h, k = 1) \text{ при } k > 1, \quad (8)$$

де $r_b(h, k)$ – радіус торця з урахуванням тертя на торцях.

Відповідну залежність мають і швидкості зміни радіусів торців:

$$\left| \frac{dr_b(h, k)}{dh} \right| > \left| \frac{dr_b(h, k = 1)}{dh} \right|. \quad (9)$$

Враховуючи отримані залежності, висуваємо гіпотезу, що швидкість зміни радіуса бочки прямо пропорційна коефіцієнту тертя на торцях. При цьому значення коефіцієнта тертя на торцях задовольняє нерівність:

$$1 \leq k < \infty, \quad (10)$$

а шукане диференціальне рівняння набуває вигляду:

$$\frac{\partial r_b(h, k)}{\partial h} = -k \cdot \frac{1}{2} \cdot r_0^2 \cdot \frac{H}{h^2} \cdot \frac{1}{r_b(h)}. \quad (11)$$

За умов відсутності тертя ($k = 1$) рівняння (11) стає тотожним (7). За умов $k > 1$ згідно з (11) швидкість збільшення радіуса бочки перевищує швидкість збільшення радіуса заготовки за умов рівномірної деформації.

Розв'язанням диференціального рівняння (11), отримуємо співвідношення для аналітичного представлення радіуса бочки при вісесиметричному осадженні за наявності тертя на торцях:

$$\int r_b(h, k) \cdot dr_b(h) = -\frac{1}{2} \cdot k \cdot r_0^2 \cdot H \cdot \int \frac{dh}{h^2}. \quad (12)$$

$$r_b^2(h, k) = k \cdot r_0^2 \cdot \frac{H}{h} + C(k). \quad (13)$$

Функцію $C(k)$ в співвідношенні (13) знаходимо із необхідності виконання початкової умови (5), що набуває вигляду $r_b(h = H, k) = r_0$:

$$C(k) = \left(r_b^2(h, k) - k \cdot r_0^2 \cdot \frac{H}{h} \right) \Big|_{\substack{h=H \\ r_b(H, k)=r_0}} = r_0^2 - k \cdot r_0^2 \cdot \frac{H}{H} = (1 - k) \cdot r_0^2. \quad (14)$$

Із урахуванням виразу (14), вираз (13) набуде вигляду:

$$r_b^2(h, k) = r_0^2 \cdot \left(k \cdot \left(\frac{H}{h} - 1 \right) + 1 \right). \quad (15)$$

Отже, аналітичне представлення радіуса бочки під час вісесиметричного осадження при нестационарному деформуванні, тобто за умови наявності тертя на торцях заготовки, набуває вигляду:

$$r_b(h, k) = r_0 \cdot \sqrt{k \cdot \left(\frac{H}{h} - 1 \right) + 1}. \quad (16)$$

Отриманий вираз (15) має подібну структуру до виразу радіуса торців, що отриманий відповідно до методики, яка представлена в роботі [12].

Більш високий ступінь прозорості методики побудови математичної моделі сприяє кращій її усвідомленості, що, в свою чергу, закладає кращі підґрунтя для подальшого розвитку моделі. Шляхом аналізу співвідношення (16) запропоновано альтернативну модель:

$$r_b(h, k) = r_0 \cdot \left(k \cdot \left(\sqrt{\frac{H}{h}} - 1 \right) + 1 \right), \quad (17)$$

що так само, як і (16), задовольняє умови:

$$r_b(h = H, k) = r_0; \quad r_b(h, k = 1) = r(h); \quad r_b(h, k) > r_b(h, k = 1) \text{ при } k > 1. \quad (18)$$

На відміну від співвідношення (16) модель (17) є розв'язком лінійного диференціального рівняння першого порядку.

Використовуючи співвідношення (16), або (17), для конкретних початкових геометричних розмірів заготовки, можна обчислити радіус бочки на будь-якому ступені осадження. (рис. 2).

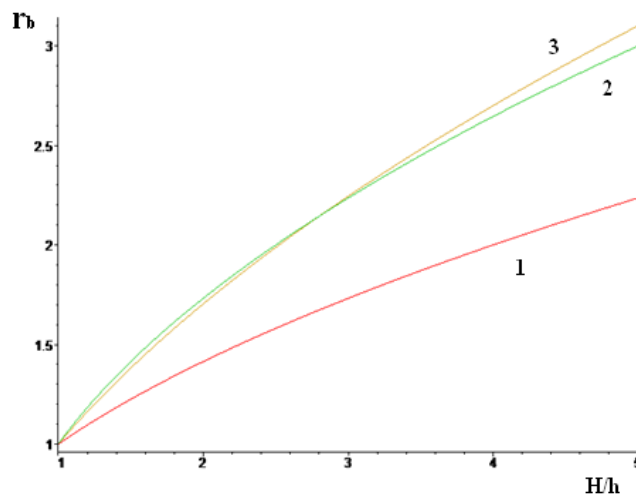


Рисунок 2 – Залежність радіуса бочки від етапу вісесиметричного осадження при різних значеннях коефіцієнта тертя k : 1 – $k = 1$; 2 – $k = 1,7$; 3 – $k = 2$

ВИСНОВКИ

Розроблена методика побудови моделі для аналітичного опису радіуса бочки в залежності від умов тертя та ступеня стиску при вісесиметричному осадженні циліндричних заготовок є більш простою та прозорою і в явному вигляді містить закладені гіпотези та умови механіки формозміни. Такий підхід сприяє кращому розумінню особливостей моделі, усвідомленню різних шляхів побудови її альтернативних варіантів, що, в свою чергу, закладає підґрунтя як для подальшого розвитку моделі, так і для її аналізу.

Вказану методику покладено в основу створення математичної моделі динаміки формозміни бічної поверхні циліндричної заготовки при вісесиметричному осадженні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Смирнов-Аляев Г. А. Сопrotivlenie материалoв пластическoму деформированию. Инженерные методы расчета операций пластической обработки материалoв / Г. А. Смирнов-Аляев. – М.–Л. : Машгиз, 1961. – 463 с.
2. Матвийчук В. А. Совершенствование процессов локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов : монография / В. А. Матвийчук, И. С. Алиев. – Краматорск : ДГМА, 2009. – 268 с.
3. Михалевич В. М. Тензорні моделі накопичення пошкоджень / В. М. Михалевич. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1998. – 195 с.
4. Огородников В. А. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формoизменении / В. А. Огородников. – К. : УМК ВО, 1989. – 152 с.
5. 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.
6. 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.
7. 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. – 2011. – V. 43, № 6. – P. 591–603.
8. 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.
9. 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.
10. Воронцов А. Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением : учеб. пособие : в 2 т. / А. Л. Воронцов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2014. – Т. 2. – 441 с.
11. Михалевич В. М. Формозміна бічної поверхні циліндричних заготовок під час вісесиметричного осадження / В. М. Михалевич, Ю. В. Добранюк, Е. 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.
12. Walter Gander. Solving problems in scientific computing using Maple and Matlab / Walter Gander, Jiri Hrebicek // Springer Berlin Heidelberg New York. – 4th edition. – 2004. – 520 p.

REFERENCES

1. Smirnov-Alyayev G. A. Soprotivlenie materialov plasticheskomu deformirovaniyu. Inzhenernye metody rascheta operatsiy plasticheskoy obrabotki materialov./ Smirnov-Alyayev G. A. –M.–L.: Mashgiz, 1961. – 463 s.
2. Matviychuk V. A. Sovershenstvovaniye protsessov lokal'noy rotatsionnoy obrabotki davleniyem na osnove analiza deformiruyemosti metallov: monografiya / V. A. Matviychuk, I. S. Aliyev. – Kramatorsk: DGMA, 2009. – 268 s. ISBN 978-966-379-317-7.
3. Mykhalevych V. M. Tenzorni modeli nakopychennya poshkodzhen' / V. M. Mykha-levych – Vinnytsya : UNIVERSUM–Vinnytsya, 1998. – 195 s. – ISBN 966-7199-20-7.

4. Ogorodnikov V. A. Otsenka deformiruyemykh metallov pri obrabotke davleniyem / V. A. Ogorodnikov – K. : Vyshcha shk., 1983. – 200 s.
5. Mykhalevych V. M. Modelyuvannya napruzhenno-deformovanoho ta hranychnoho staniv poverkhni tsylindrychnykh zrazkiv pry tortsevomu stysnenni: monohrafiya / V. M. Mykhalevych, Yu. V. Dobranyuk. – Vinnytsya: VNTU, 2013. – 180 s. ISBN 978-966-641-532-8.
6. Mikhalevich V. M. Modelirovaniye plasticheskogo deformirovaniya tsilindricheskogo obraztsa pri tortsevom szhatii / V. M. Mikhalevich, A. A. Lebedev, YU. V. Dobranyuk // Probl. prochnosti. – 2011. – № 6. – S. 5–22.
7. 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.
8. Mykhalevych V. M. Prohnozuvannya hranychnoho stanu bichnoyi poverkhni tsylindrychnykh zrazkiv pry tortsevomu stysnenni / V. M. Mykhalevych, V. A. Matviychuk, YU. V. Dobranyuk, Ye. A. Trach, // Obrabotka metallov davleniyem : sbornyk nauchnykh trudov. – Kramatorsk : DHMA.– 2012. – №1(30). – S. 24–30.
9. Dobranyuk YU. V. Modelyuvannya za dopomohoyu prohrannoho kompleksu DEFORM 3D napruzhenno-deformovanoho stanu na bichniy poverkhni tsylindrychnoho zrazka pid chas tortsevoho stysnennya / YU. V. Dobranyuk, L. I. Aliyeva, V. M. Mykhalevych // Obrabotka metallov davleniyem : sbornyk nauchnykh trudov. – Kramatorsk : DHMA.– 2010. – №4(25). – S. 3–10.
10. Vorontsov A. L. Teoriya i raschety protsessov obrabotki metallov davleniyem : ucheb. posobie : v 2 t. / A. L. Vorontsov. – M. Izd-vo MGTU im. N. E. Bauman. – 2014. – T. 2. – 441 s. ISBN 978-5-7038-3918-8.
11. Mykhalevych V. M. Formozmina bichnoyi poverkhni tsylindrychnykh zahotovok pid chas visesymetrychnoho osadzhennya / V. M. Mykhalevych, Yu. V. Dobranyuk, E. A. Trach // Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "KhPI". Zbirnyk naukovykh prats'. Tematychnyy vypusk: Novi rishennya v suchasnykh tekhnolohiyakh. – Kharkiv: NTU "KhPI" – 2013.– №42(1015) – С. 126 – 131.
12. Walter Gander Solving problems in scientific computing using Maple and Matlab / Walter Gander, Jiri Hrebicek // Springer Berlin Heidelberg New York. – 4th edition. – 2004. – 520 p.

В. М. Михалевич, Ю. В. Добранюк

АНАЛІТИЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО РАДІУСА ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗАГОТОВОК ПІД ЧАС ВІСЕСИМЕТРИЧНОГО ОСАДЖЕННЯ ІЗ БОЧКОУТВОРЕННЯМ

Вінницький національний технічний університет

В статті розроблено методику для аналітичного опису радіуса бочки під час вісесиметричного осадження із бочкоутворенням.

Об'єкт дослідження – максимальний радіус вільної бічної поверхні циліндричних заготовок при вісесиметричному осадженні.

Мета роботи – з'ясування сутності припущень, що покладені в основу побудови моделі для аналітичного опису максимального радіуса в залежності від умов тертя та ступеня стиснення при вісесиметричному осадженні циліндричних заготовок.

Розроблена методика побудови моделі для аналітичного опису радіуса бочки в залежності від умов тертя та ступеня стиснення при вісесиметричному осадженні циліндричних заготовок в явному вигляді містить закладені гіпотези та умови механіки формозміни. Такий підхід сприяє кращому розумінню особливостей моделі, усвідомленню різних шляхів побудови її альтернативних варіантів, що, в свою чергу, закладає підґрунтя як для подальшого розвитку моделі, так і для її аналізу.

Вказана методика може бути покладена в основу створення математичної моделі динаміки формозміни бічної поверхні циліндричної заготовки при вісесиметричному осадженні.

Детально розглянуто задачу аналітичного представлення радіуса бочки при вісесиметричному осадженні циліндричних заготовок. Розроблено методику для отримання співвідношення для радіуса бочки із урахуванням основних фізичних особливостей процесу вісесиметричного осадження. Використовуючи аналітичне представлення радіуса бочки при деформуванні, побудовано залежність,

яка характеризує залежність радіуса бочки від коефіцієнта тертя та етапу деформування при вісесиметричному осадженні.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІСЕСИМЕТРИЧНЕ ОСАДЖЕННЯ, ФОРМОЗМІНА, БІЧНА ПОВЕРХНЯ, ЦИЛІНДРИЧНА ЗАГОТОВКА, КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ, НЕСТАЦІОНАРНЕ ДЕФОРМУВАННЯ.

Михалевич Володимир Маркусович, доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри вищої математики ВНТУ, e-mail: vmykhal@gmail.com, тел. +380973874944, Україна, 21000, м. Вінниця, вул. Кв'ятека, 15, к. 9.

Добранюк Юрій Володимирович, кандидат технічних наук, Вінницький національний технічний університет, старший викладач кафедри вищої математики ВНТУ, e-mail: dobranuk@mail.ru, тел. +380989962730, Україна, 21000, м. Вінниця, вул. Воїнів Інтернаціоналістів, 3, к. 407.

V. M. Mykhalevych, Yu. V. Dobraniuk

ANALYTICAL REPRESENTATION OF THE MAXIMUM RADIUS CYLINDRICAL BILLET DURING AXISYMMETRIC COMPRESSION WITH BARRELS FORMING

Vinnitsia National Technical University

The method for the analytical description of the radius of barrel during axisymmetric compression with barrels formation is developed in the paper.

The research object is the maximum radius of the free lateral surface of cylindrical billets during axisymmetric compression.

The purpose of work is to determine the essence of the assumptions underlying the model construction for analytical description of the maximum radius depending on the friction and compression ratio during axisymmetric compression of cylindrical billets.

The developed technique of constructing model for the analytical description of the radius of barrel depending on the friction and compression ratio during axisymmetric compression of cylindrical billets in explicit form contains the hypotheses and conditions of forming mechanics. This approach contributes to a better understanding of the model, awareness of different ways of building of its alternatives, which in turn lays the foundation for further development of the model and to analyze it.

This technique can be the basis for creating a mathematical model of the dynamics of forming the lateral surface of the cylindrical billets during axisymmetric compression.

The problem of analytic representation of the barrel radius during axisymmetric compression of cylindrical billets is considered in detail. A method for obtaining the ratio for the barrel radius is developed, taking into account the main physical characteristics of axisymmetric compression process. Using an analytic representation of barrel radius during strain, dependence that characterizes dependence of radius of barrel on the coefficient of friction and stage of deformation during axisymmetric compression is built.

KEYWORDS: AXISYMMETRIC COMPRESSION, FORMING, LATERAL SURFACE, CYLINDRICAL BILLETS, FRICTION COEFFICIENT, NONSTATIONARY STRAIN.

Mykhalevych Volodymyr M. – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Higher Mathematics of Vinnitsia National Technical University, e-mail: vmykhal@gmail.com, tel. +380973874944, Ukraine, 21000, Vinnitsia, Kviatyka str., 15, 9.

Dobraniuk Yurii V. – Cand. Sc. (Eng.), Senior Lecture of the Chair of Higher Mathematics of Vinnitsia National Technical University, e-mail: dobranuk@mail.ru, tel. +380989962730, Ukraine, 21000, Vinnitsya, Voiniv Internacjonalistiv str., 3, 407.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО РАДИУСА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК ПРИ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ОСАДКЕ С БОЧКООБРАЗОВАНИЕМ

Винницкий национальный технический университет

В статье разработана методика для аналитического описания радиуса бочки при осесимметричной осадке из бочкообразованием.

Объект исследования – максимальный радиус свободной боковой поверхности цилиндрических заготовок при осесимметричной осадке.

Цель работы – выяснение сущности предположений, которые положены в основу построения модели для аналитического описания максимального радиуса в зависимости от условий трения и степени сжатия при осесимметричной осадке цилиндрических заготовок.

Разработанная методика построения модели для аналитического описания радиуса бочки в зависимости от условий трения и степени сжатия при осесимметричной осадке цилиндрических заготовок в явном виде содержит заложенные гипотезы и условия механики формоизменения. Такой подход способствует лучшему пониманию особенностей модели, пониманию различных путей построения ее альтернативных вариантов, что, в свою очередь, закладывает основу как для дальнейшего развития модели, так и для ее анализа.

Указанная методика может быть положена в основу создания математической модели динамики формоизменения боковой поверхности цилиндрической заготовки при осесимметричной осадке.

Подробно рассмотрена задача аналитического представления радиуса бочки при осесимметричной осадке цилиндрических заготовок. Разработана методика для получения соотношения для радиуса бочки с учетом основных физических особенностей процесса осесимметричной осадки. Используя аналитическое представление радиуса торца при деформировании, построена зависимость, которая характеризует зависимость радиуса бочки от коэффициента трения и этапа деформирования при осесимметричной осадке.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ОСЕСИММЕТРИЧНАЯ ОСАДКА, ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ, БОКОВАЯ ПОВЕРХНОСТЬ, ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ЗАГОТОВКА, КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ, НЕСТАЦИОНАРНОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ.

Михалевич Владимир Маркусович, доктор технических наук, профессор, Винницкий национальный технический университет, заведующий кафедрой высшей математики ВНТУ, e-mail: vmukhal@gmail.com, тел. +380973874944, Украина, 21000, г. Винница, ул. Квятика, 15, к. 9.

Добранюк Юрий Владимирович, кандидат технических наук, Винницкий национальный технический университет, старший преподаватель кафедры высшей математики ВНТУ, e-mail: dobranuk@mail.ru, тел. +380989962730, Украина, 21000, г. Винница, ул. Воинов Интернационалистов, 3, к. 407