

Abstract

The article suggests ways to improve the characteristics of internal gear pumps, taking into account the influence of different criteria on the design of pumping unit with the specified quality indicators. The need to develop techniques, which would provide high output characteristics at the design phase, is acknowledged by many researchers in the field of gear pumps. The work on the modeling of the basic units of the pump showed that to improve the adequacy of the models and efficiency of application of modern optimization methods while designing, one should take into account a number of important factors. The experience in the design of machines of various technical purposes using the optimization method shows that these problems are multicriterial, as when choosing the best variant, one has to take into account a lot of different requirements, which are often contradictory. Equally, it refers to the volume hydraulic machines, where there are reserves to reduce the volume and hydro-mechanical losses in the main units, and to reduce "bad volume" and weight and size characteristics. Herewith, the modern methods of optimization theory of systems and creation of software complexes of PCs create objective conditions for the solution of these issues

Keywords: gear pump, pumping unit, quality indicators, mathematical model

УДК 621.771.014

ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО ОБ'ЄМУ ОСЕРЕДКУ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ПРОКАТУВАННІ ШТАБИ У ГЛАДКИХ ВАЛКАХ

Наведені результати розрахунку геометричного об'єму осередку деформації за допомогою комп'ютерної програми. Встановлені закономірності зміни об'єму осередку деформації від кількості проходів при прокатуванні штаби у гладких валках

Ключові слова: поздовжня прокатка, штаба, осередок деформації, розширення, кліть

Приведены результаты расчета геометрического объема очага деформации с помощью компьютерной программы. Установлены зависимости изменения объема очага деформации от количества проходов при прокатке штабы в гладких валках

Ключевые слова: продольная прокатка, полоса, очаг деформации, уширение, клеть

К.В. Герасимова

Кандидат технічних наук

Кафедра фізики**

Контактний тел.: 096-245-67-52

E-mail: kate-geras@yandex.ru

С.О. Мацішин

Асистент*

Контактний тел.: 067-190-52-31

E-mail: brend.1988@mail.ru

А.О. Шепель

Аспірант*

Контактний тел.: 067-146-70-02

E-mail: anna.shepel@online.ua

*Кафедра обробки металів тиском та металургійного обладнання**

**ДВНЗ «Криворізький національний університет»

вул. XXII – Партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, Україна, 50027

1. Вступ

Найбільш розповсюдженим методом обробки металів є прокатка, при якій вихідна заготовка обтискується валками прокатного стану для зменшення поперечного перерізу заготовки і надання їй заданої форми.

З усіх відомих методів прокатки: поздовжньої, поперечної та поперечно-гвинтової нами розглядається тільки гаряча поздовжня безперервна прокатка, при якій метал знаходиться одночасно відразу в декількох клітях. З одного боку, це прискорює обробку та змен-

шує енерговитрати на повторний нагрів металу між циклами прокатки. З іншого - вимагає високої точності і злагодженості роботи всіх механізмів прокатного стану для забезпечення необхідних геометричних розмірів і фізичних властивостей одержуваних виробів.

Будь який процес обтиснення металу тиском характеризується геометричними розмірами та формою осередку деформації.

Як зазначено в роботі [1], осередок деформації для обробки металів тиском по важливості можна порівняти з корисним об'ємом доменної печі при виробництві

чавуну. Але недостатня увага об'єму металу в осередку деформації та часу перебування в ньому може негативно впливати на якість металу при прокатуванні. Тому дослідження об'єму осередку деформації з метою забезпечення необхідних геометричних розмірів і фізичних властивостей кінцевого продукту є актуальним науково-практичним завданням.

2. Аналіз попередніх досліджень і постановка завдання

В процесі прокатки, в результаті обтиснення штаби валками, метал тече як в поздовжньому, так і в поперечному напрямі. Величина розширення залежить перш за все від обтиснення, причому по мірі збільшення обтиснення в осередку деформації росте і розширення. Багатьма авторами встановлено, що зміна ширини штаби по довжині осередку деформації має криволінійний характер. В теоретичних висновках форму осередку деформації в плані зазвичай приймають за трапецію [2].

Разом зі встановленням характеру зміни ширини штаби в осередку деформації треба знати також величину повного розширення Δb , отриманого штабою при прокатці. Це особливо важливо при прокаті в калібрах, оскільки неточно визначена величина розширення може привести до переповнення або до не заповнення калібру. Але для спрощення розв'язання задач у багатьох випадках розширенням штаби знехтують [3].

Розширення штаби при сталому режимі прокатування - одна з найголовніших проблем, тому що в результаті необхідно отримати заготовку з заданими параметрами. По вертикалі контроль здійснюється підвищенням жорсткості робочих клітей, а по горизонталі наплив контролювати набагато важче через те, що він залежить від багатьох параметрів технологічного процесу.

Для розрахунку розширення при прокатці запропоновано багато формул. Ці формули створювалися на різних етапах розвитку теорії прокатки і відрізняються істотно. Одна з найбільш ранніх є формула Л. Жеза [2], яка враховує вплив тільки абсолютного обтиснення на розширення. Мається на увазі, що вплив решти всіх параметрів прокатки може бути врахований показником, величина якого визначається експериментальним шляхом

Дослідженнями встановлено, що показник розширення a при прокатці з великими обтисненнями не є константою і набуває значень до 1,0. Тому формулою Л. Жеза можна користуватися тільки при прокатці з помірними обтисненнями ($a=0,25-0,48$), або в тих випадках, коли відома величина показника a для конкретних умов прокатки.

Наступною, відносно простою і популярною є формула Е. Зібеля [2], яка в порівнянні з формулою Л. Жеза враховує вплив на розширення відносного обтиснення і довжини осередку деформації.

До більш складніших і точніших формул для розрахунку розширення відносяться формули С.І. Губкіна і О.П. Чекмарьова [4].

Вони належать до розряду емпіричних оскільки отримані в результаті обробки і опису експериментальних даних.

Враховуючи різноманітність існуючих формул, було вирішено при розрахунку об'єму осередку деформації скористатись найбільш відомими з метою порівняння точності обчислень.

3. Мета і завдання дослідження

Метою роботи є встановлення закономірностей зміни об'єму осередку деформації від кількості проходів штаби у клітях при прокатуванні у гладких валках.

4. Викладення основного матеріалу

Виконаємо розрахунок об'єму осередку деформації. Тіло осередку деформації показано на рис. 1.

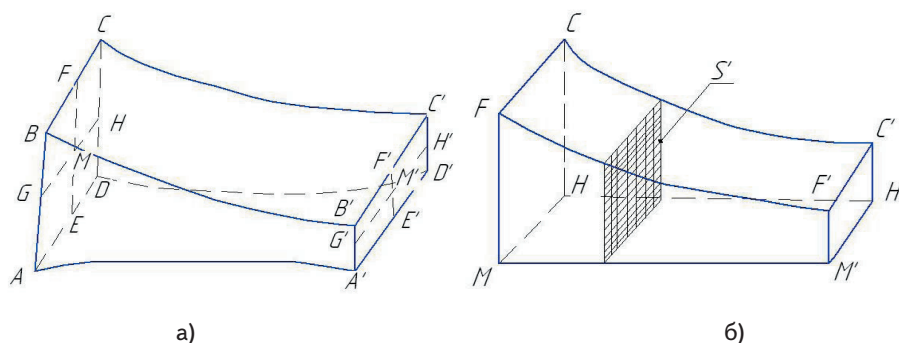


Рис. 1. Тіло осередку деформації: а- ціле тіло; б- частина тіла осередку деформації

Дана фігура симетрична відносно площини проведеної через середини відрізків BC та B'C', AD та A'D'. Вона також симетрична відносно площини проведеної через середини відрізків AB та DC, A'B' та D'C'.

Провівши ці площини вихідна фігура розділиться на чотири частини, які мають однаковий об'єм. Тому достатньо знайти об'єм однієї частини, а об'єм осередку деформації буде у чотири рази більше.

З боків дана фігура обмежена площинами FCHM, HCC'H', F'C'H'M' та FF'M'M, які перпендикулярні площині основи MHH'M' зверху тіло обмежене циліндричною поверхнею з радіусом валка R.

Помістимо початок координат в точку M, так як площини MHH'M', MFF'M' і MFCH взаємно перпендикулярні, тоді відрізок MM' буде розташовуватись на осі x, відрізок MH на осі y і відрізок MF на осі z.

Переріз S' являє собою прямокутник паралельний площині MFCH, тоді об'єм даної фігури може бути знайдений шляхом інтегрування площ перерізу S' уздовж прямої MM' :

$$V = \int_0^{MM'} S(x) dx,$$

де $|MM'|$ - довжина відрізка MM' ; $S'(x)$ - площа перерізу.

Площу перерізу знаходимо як добуток довжин основи та висоти: $S'(x) = y(x)z(x)$, де $y(x), z(x)$ - відповідно довжина основ та висоти.

Для знаходження $y(x)$ спроекуємо нашу фігуру на площину $хоу$ (рис. 2а).

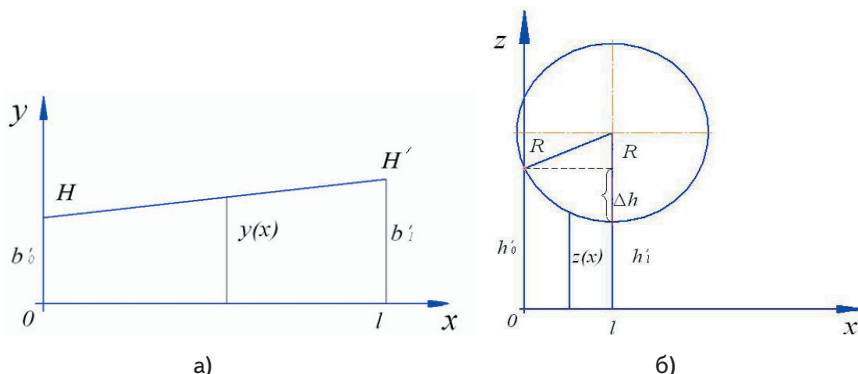


Рис. 2. Проекція фігури на площину: а) $хоу$; l - довжина відрізка MM' ; b'_0 - половина ширини штаби на вході в кліть; b'_1 - половина ширини штаби на виході із кліті; б) $хоz$; h'_0, h'_1 - половина висоти штаби відповідно на вході та виході з кліті; R - радіус валка; $\Delta h'$ - $h'_0 - h'_1$ зміна висоти

Для знаходження зміни ширини $y(x)$ знайдемо рівняння прямої HH' :

$$\frac{x}{y} = \frac{y - b'_0}{b'_1 - b'_0}$$

Звідси:

$$y(x) = \frac{x}{l}(b'_1 - b'_0) + b'_0.$$

Для знаходження $z(x)$ скористаємося рис. 2б, на якому показана проекція, фігури на площину $хоz$, і рівнянням кола:

$$(x-1)^2 + (z - (R + h'_1))^2 = R^2.$$

Звідси:

$$z(x) = \sqrt{R^2 - (x-1)^2} + (R + h'_1).$$

З цього ж рисунка знаходимо довжину l :

$$l = \sqrt{R^2 - (R - \Delta h')^2}.$$

Таким чином, площа перерізу $S'(x)$ визначається за формулою:

$$S'(x) = \left(\frac{x}{l}(b'_1 - b'_0) + b'_0 \right) \times \left(\sqrt{R^2 - (x-1)^2} + (R + h'_1) \right)$$

Позначимо: $\Delta b' = b'_1 - b'_0$ - приріст ширини штаби, таким чином об'єм осередку деформації буде:

$$V = 4 \int_0^{\sqrt{R^2 - (R - \Delta h')^2}} \left(\frac{x}{l} \Delta b' + b'_0 \right) \left(\sqrt{R^2 - (x-1)^2} + R + h'_1 \right) dx.$$

Так як наша фігура розділена на чотири симетричні частини, тому для знаходження об'єму осередку деформації усієї фігури достатньо занести коефіцієнт 4 під знак інтеграла

$$V = \int_0^{\sqrt{R^2 - (R - \Delta h')^2}} \left(\frac{x}{l} \Delta b' + b'_0 \right) \times \left(\sqrt{D^2 - 4(x-1)^2} + D + h_1 \right) dx, \tag{1}$$

де b_0 - ширина штаби на вході в кліть; $\Delta b = b_1 - b_0$ - розширення штаби; D - діаметр валка; h_1 - ширина штаби на виході з кліті.

Так як обчислення виконується на комп'ютері, немає необхідності в явному знаходженні певного інтеграла.

Геометрична фігура містить елементи кола, то для чисельного визначення об'єму зручно скористатися відомою формулою Сімпсона [5] з автоматичним вибором кроку інтегрування для заданої точності.

Отже, до кінцевої формули (1) розрахунку об'єму осередку деформації входить такий параметр розширення, який можна визначити за формулами: Жеза, Зібеля, Губкіна та Чекмарьова. Розрахуємо розширення для всіх клітей чорнової та чистої групи. За результатами розрахунків побудуємо графіки залежності об'єму осередку деформації від номеру кліті (рис. 3).

Методами кореляційно-регресивного аналізу встановлені тіснота зв'язку та форми зв'язку між об'ємом осередку деформації та номером кліті.

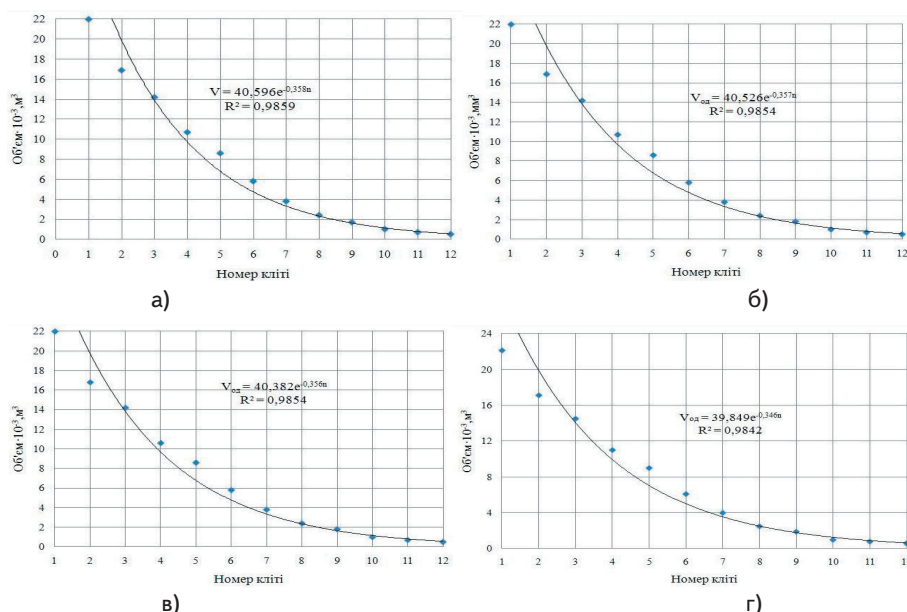


Рис. 3. Графіки залежності об'єму осередку деформації ($V_{ол}$) від номеру кліті (n): а) за Жезом; б) за Губкіним; в) за Зібелем г) за Чекмарьовим

Зміна осередку деформації у всіх випадках на 98 % причинно зумовлена номером кліті і на 0,02 % припадає на долю інших неврахованих факторів.

Залежність об'єму осередку деформації від номеру кліті має високі значення коефіцієнта детермінації, що пояснюється високим зв'язком факторіальної ознаки.

5. Висновки і напрямок подальших досліджень

Отже, за допомогою розробленої комп'ютерної програми було визначено обтиснення штаби за 12 проходів та досліджена зміна геометричного об'єму осередку деформації впродовж прокатного стану, від кліті до кліті.

Методами кореляційно-регресивного аналізу встановлені тіснота та форми зв'язку між об'ємом осередку

деформації та номером кліті для розширення, розрахованого за різними формулами. Встановлено, що у всіх випадках спостерігається стійка статистична, нелінійна залежність об'єму осередку деформації від номеру кліті.

Вперше запропонована формула для обчислення об'єму осередку деформації, яка враховувала розширення штаби, визначене за теоретичними формулами: Жеза, Губкіна, Зібеля, Чекмарьова. Встановлені закономірності дозволили розширити уявлення о взаємозв'язках характерних параметрів геометричного осередку деформації.

Розроблення моделі з метою комплексного дослідження фізичного і геометричного осередку деформації при прокатуванні листового металу буде складовою частиною подальших досліджень авторів.

Література

1. Бережний, М.М. Енергетичний баланс та реологічні властивості осередку деформації при прокатуванні штаби гладкими валками [Текст] : монографія / М.М.Бережний, В.А.Чубенко, А.А.Хіноцька. – Кривий Ріг : Чернявський Д.О. 2011. – 117.
2. Грудев, А.П. Теория прокатки [Текст] : Учебник для вузов [Текст] / А.П.Грудев – М. : Металлургия, 1988. – 240 с
3. Старченко, Д.І. Динаміка повздовжньої прокатки [Текст] : навч.посібник / Д.І. Старченко – Київ : ІСДО, 1995. – 384 с.
4. Коновалов, Ю.В. Справочник прокатчика. Часть 1. Производство горячекатаных полос и листов [Текст] / Ю.В. Коновалов. – М. : Теплотехник, 2008. – 640 с.
5. Демидович, Б.П. Основы вычислительной математики [Текст] / Б.П. Демидович, И.А. Марон. – М. : Наука, - 1966. – 664 с

Abstract

The article considers the longitudinal rolling of a thin strip in smooth rolls. The deformation takes place between rolls during their rotation in opposite directions.

The process of reduction of metal by pressure is characterized by geometric sizes and shape of the deformation zone.

Geometrically, the deformation zone contains elements of a circle, and for the numerical determination of the volume of the deformation zone we used Simpson's formula with automatic choice of an integration step for a prescribed accuracy.

Using the developed computer program we have defined the reduction of a strip for twelve passes and we have investigated the change of the geometric volume of the deformation zone along the rolling mill, from cage to cage.

By the methods of correlation and regression analysis we have established the tightness and form of relation between the volume of the deformation zone and the number of a cage for expansion, calculated according to different formulas. It was determined that in all cases there was a steady statistical, nonlinear dependence of the volume of the deformation zone on a number of a cage.

The formula was suggested to calculate the volume of deformation zone, which took into account the extension of a strip, determined by theoretical formulas of Zhez, Gubkin, Zibel and Chekmarev. The established rules have expanded the concept of relations of characteristic parameters of the geometric deformation zone

Keywords: *longitudinal rolling, strip, deformation zone, expansion, cage*