

рециркуляційних пристроїв, обумовлених складом та особливими властивостями шихтових матеріалів, які піддаються агрегуванню. До складу шихти входили: металовмісні мінерали, які пройшли стадії збагачення, одно- та двох-стадійну високотермічну обробку; активне і пов'язане вапно; твердий вуглець; вюстит; гематит; магнетит; інші сполуки та елементи.

Таким чином можна зробити наступні висновки: відкрите складування металургійних шламів завдає істотної шкоди навколишньому середовищу; наявність в шламах від 37 до 52 % заліза і більше 6,5 % вуглецю дозволяє розглядати їх як цінну металургійну сировину; одним із перспективних шляхів утилізації шламів є отримання безвипалювальних окатишів; при утилізації шламовмісних шихт істотно зростає роль процесу гранулювання через їх відносно низьке грудкування, обрана технологія гранулювання показала істотні переваги та перспективи подальших досліджень.

### Список літератури

1. Саввін О. В. Утворення та утилізація шламів металургійного виробництва / О. В. Саввін, І. І. Іванов, Л. В. Бабенко, А. Г. Мешкова, С. В. Кравцов // Теплотехніка, енергетика та екологія в металургії: колективна монографія. У двох книгах. – Книга друга / Під загальною редакцією д.т.н., проф. Ю. С. Пройдака. – Дніпро: Нова ідеологія, 2017. – С. 174-178.

УДК 621.777.22.07

**В. В. Свяцький**

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

### **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРЯМОГО ПРЕСУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КРИВОЛІЙНИХ ПРОФІЛІВ МАТРИЧНИХ ЛІЙОК**

Оптимізація технологічних параметрів процесів пресування з метою одержання виробів з мінімальними енергосиловими параметрами має великий науковий і практичний інтерес. Напружений і деформований стан металу, а також розміри вогнища деформації при пресуванні суттєво залежать від конструкції інструмента і, зокрема, від форми матричної лійки. Проте, дотепер не існує єдиної точки зору про

вплив геометрії вогнища деформації на енергосилові параметри процесу пресування металів.

Проведене дослідження з визначення профілю матричної лійки на основі аналізу поля ліній ковзання сталої стадії пресування через симетричну одноканальну матрицю [1]. За допомогою комп'ютерного моделювання прямого пресування сплаву AD1 ГОСТ 4784-97 із величиною витяжки  $\mu = 81$  та зі швидкістю деформації 1 мм/сек досліджувалися такі типи профілів матричних лійок [2]: матриця, форма якої відповідає усіченому конусу; увігнутий профіль, побудований по циклоїді з радіусом  $R_c$  за умови найбільшої рівномірності пластичної течії металу в матричній лійці; опуклий профіль, побудований по експоненті, аргументований умовою сталості логарифмічної деформації  $\lambda_z$  на одиницю висоти матричної лійки; опуклий профіль, обґрунтований умовою забезпечення сталості усередненої швидкості деформації по висоті матричної лійки; матриця, профіль якої виконаний по лінії ковзання, що відокремлює пластичну зону від пружної сталої стадії пресування.

Аналіз комп'ютерного моделювання за допомогою програмного комплексу Deform 2D/3D силових параметрів пресування показав суттєву перевагу увігнутих профілів матриць щодо інших профілів. При пресуванні через матрицю, профіль якої виконаний по лінії ковзання, що відокремлює пластичну зону від пружної, відзначені найменші енергосилові витрати в порівнянні із іншими профілями матриць [3].

Величину спрацювання інструменту оцінювали за моделлю Рейе-Арчарда-Хрущова, яка заснована на теорії контакту з нерівностями і використовується для опису спрацювання ковзання [4]. Спрацювання контактної поверхні матричної лійки при цьому є функцією від тиску пресування на границі поділу "інструмент – заготовка", швидкості ковзання, твердості матеріалу матриці та часу технологічної операції. Відзначено, що найбільше значення спрацювання є характерним для опуклих профілів інструменту (рис. 1, а), мінімальних – для увігнутої по лінії ковзання матричної лійки (рис. 1, б).

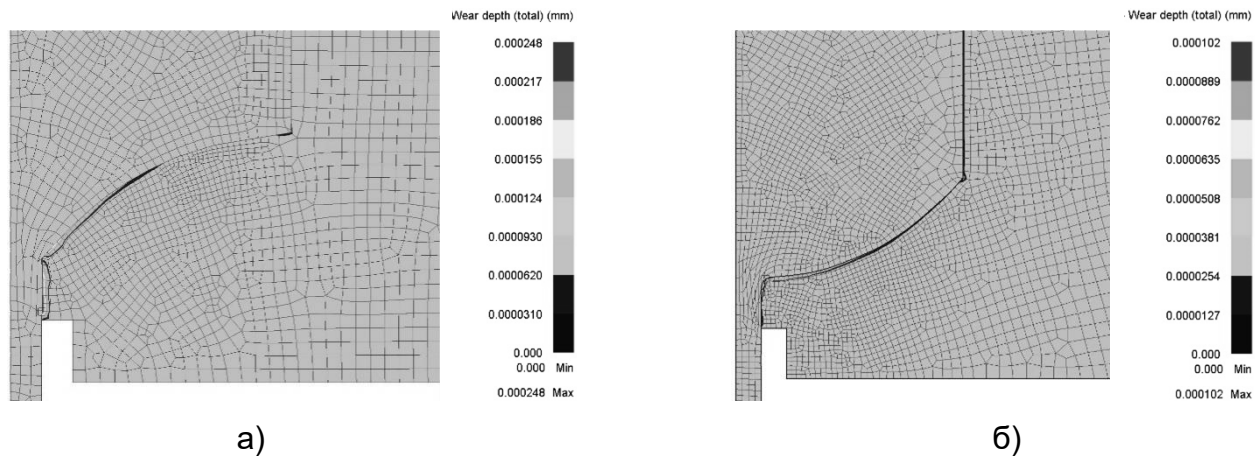


Рисунок 1 – Характер і величини спрацювання матриць з різними профілями лійки

Таким чином, результати теоретичних досліджень, комп'ютерного моделювання процесу прямого пресування за допомогою програмного комплексу Deform 2D/3D, експериментальних дослідів показали, що оптимальні енергосилові умови досягаються при пресуванні через матрицю, що має профіль, виконаний по лінії ковзання.

### Список літератури

1. *Шепельский, Н.В.* Оптимизация профиля матричной воронки для прессования / Н.В. Шепельский, В.В. Свяцкий // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2000. – № 8. – С. 10-12.
2. *Шепельский, Н.В.* Выбор рациональной геометрии матричной воронки для прессования / Н.В. Шепельский, В.В. Свяцкий // Физика и техника высоких давлений. – 2000. – Том 10. – № 4. – С. 57-61.
3. *Свяцкий, В.В.* Інтенсифікація технологічного процесу пресування профільним інструментом / В.В. Свяцкий, О.В. Юшко // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнар. наук.-практ. конф., 3-4 жовтн. 2019 р. – Дніпро: WayScience. – Том 3. – С. 237-242.
4. *Kato, K.* Classification of wear mechanisms/models / K. Kato // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology. – 2002. – № 216(6). – P. 349-355.