

УДК 621.7.01

М.Ю. Артюх, О.Т.Сердітов, Ю.В. Ключников

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

**Моделювання процесу прокатування сталі на пластилінових моделях**

Вивченню пластиліну як матеріалу для моделювання присвячений ряд робіт [1,2]. У них основна увага приділена розгляду відповідності опору деформації пластиліну і сталі в залежності від величин деформації, швидкості деформації та температури сталі та пластиліну. Однак отримані кількісні залежності справедливі тільки для тієї партії пластиліну, на якій проводили дослідження. Так опір деформації пластиліну при 20°C дорівнює 78 КПа (0,8 кг/мм<sup>2</sup>), а в іншій роботі [2] – 186 КПа (1,9 кг/мм<sup>2</sup>), що може бути пояснено різним хімічним складом матеріалів, а отже, і відмінністю фізичних характеристик, таких як щільність, коефіцієнт тертя, теплопровідність і т.д. Таким чином, отримані залежності не дозволяють провести оцінку подібності формозміни сталі і пластиліну, в тому числі і тих, що випускаються нашою промисловістю.

В даній статті наведені результати експерименту, в якому визначена кількісна міра відповідності формозміни пластиліну і сталі. У якості характеристики формозміни обрана величина розширення при прокатці в гладких циліндричних валках. Зразки сталі Ст5сп і пластиліну однієї партії довжиною 140 мм і поперечним перерізом 35 × 35 мм прокатували на стані 300 в чавунних валках діаметром 290 мм. Поверхня верхнього валка полірована, нижнього - шорстка. Розширення досліджували при величинах обтиску 3,9 і 8,0 мм і температурі прокатки сталевих зразків 1000-1050°C і пластилінових 10±1°C. На поверхню зразків з пластиліну наносили шар тальку, що забезпечує коефіцієнт тертя 0,3-0,4. З зазначеними обтисканнями прокатали по три сталевих і пластилінових зразка кожного кольору.

Розміри зразків до і після прокатки вимірювали важільним мікрометром в трьох перетинах по висоті зразка: на відстані 5 мм від верхньої та нижньої контактних поверхонь і посередині висоти. Зазначені виміри були проведені в шести перетинах по довжині зразка. Точність вимірювань - 0,05 мм. Статистична обробка результатів експерименту проведена наступним чином. З

отриманих масивів значень розмірів поперечного перерізу зразка до і після прокатки за допомогою t-критерію [1,2] були відсіяні ті дослідні дані, що різко виділяються, за методикою, проведеною в роботі [2]. Потім для вихідних розмірів, висоти і ширини, змінених в трьох перетинах по висоті, за допомогою t-критерію Стьюдента визначили істотність відмінності середніх як для кожного зразка, так і для всієї партії зразків (6 сталевих і 42 пластилінових). Ця процедура дозволила зробити висновок про те, що всі зразки мали однакові початкові розміри, так як різниця середніх виявилася статистично незначною, отже, відмінності в розширенні пластиліну різних кольорів не може бути пояснено коливаннями вихідних розмірів. Аналогічно проведена обробка розмірів зразків після прокатки. Для оцінки однорідності дисперсій результатів був використаний критерій Бартлетта [2].

Отримані величини розширення зразків наведені в таблиці 1. Наведені дані дозволяють зробити висновок про те, що розширення пластиліну при 10°C більше, ніж у сталі, в середньому в 1,7 рази. Співвідношення розмірів зразків, діаметра валків і величини обтиснень характерні для процесу прокатки простих сортових профілів, а довжина зразків дозволила встановити величину розширення при сталому процесі.

Отриману величину невідповідності розширення зразків сталі і пластиліну перевірили для випадку несталого процесу прокатки і «високого» осередку деформації, для чого були прокатані зразки розмірами  $H_0 \times B_0 \times L_0 = 80 \times 40 \times 120$  мм, зі сталі Ст3 і пластиліну червоного, коричневого і синього кольорів в гладких сталевих валках діаметром 85 мм; температура прокатки сталі - 110°C, пластиліну - 22°C. Довжину зразків вибрали так, що зона усталеного процесу по довжині зразка практично відсутня. Було проведено чотири проходу з обтисненням 2,2, 4,2, 2,4 і 6,6 мм. І в кожному пропуску розширення пластиліну в 1,6-1,7 рази перевищувало розширення сталі, що повністю підтверджує отриманий раніше результат.

Таким чином, велика величина розширення пластиліну не дозволяє отримувати кількісні залежності для процесів прокатки, пов'язаних з послідовним деформуванням всіх бічних сторін розкату, наприклад, прокату металу на блюмінгах, слябінгах і заготівельних станах.

Підтверджено припущення [3] про те, що властивості пластиліну одного кольору в межах партії однорідні, так як відповідне розширення різних зразків

одного кольору відрізняється незначно. У той же час різниця в розширенні пластиліну різних кольорів істотна. Оцінка відмінності  $\Delta B_{cp}$  проведена для рівня значущості  $L = 0,05$  і числа ступенів свободи  $f = 5$ .

Розширення сталі та пластиліну при прокатці. Таблиця 1.

|                   | Обтиски, мм            |                                     |                     |                        |                                     |                     |
|-------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------|
|                   | 3,9                    |                                     |                     | 8,0                    |                                     |                     |
|                   | Середнє розширення, мм | Середньо-квадратичне відхилення, мм | Показник розширення | Середнє розширення, мм | Середньо-квадратичне відхилення, мм | Показник розширення |
| Сталь             | 1,21                   | 0,10                                | 0,32                | 3,26                   | 0,16                                | 0,41                |
| Пластилін жовтий  | 3,1                    | 0,32                                | 0,80                | 5,0                    | 0,30                                | 0,62                |
| коричневий        | 2,2                    | 0,31                                | 0,60                | 4,1                    | 0,34                                | 0,51                |
| сірий             | 2,5                    | 0,30                                | 0,60                | 4,3                    | 0,28                                | 0,54                |
| синій             | 2,7                    | 0,35                                | 0,70                | 4,5                    | 0,38                                | 0,56                |
| червоний          | 2,2                    | 0,24                                | 0,60                | 4,0                    | 0,22                                | 0,50                |
| світло-коричневий | 2,9                    | 0,40                                | 0,70                | 4,7                    | 0,40                                | 0,60                |
| зелений           | 2,3                    | 0,29                                | 0,60                | 4,0                    | 0,30                                | 0,50                |

При моделюванні деяких процесів прокатки слід використовувати пластилін червоного, зеленого та коричневого кольорів, так як їх показники розширення ближче до показника розширення сталі, ніж інших кольорів, особливо жовтого та світло-коричневого. Величина середньоквадратичного відхилення результатів дозволяє зробити висновок про те, що застосування червоного пластиліну дозволяє зменшити розкид отриманих даних в 1,3-1,8 рази.

Термін «колір» пластиліну вживається для позначення вмісту різних барвників в матеріалі. Основним сполучним компонентом при виробництві пластиліну є петролатум селективний, що структурно складається з довгих,

безладно орієнтованих органічних молекул різного складу. Дрібнодисперсні порошки оксиду цинку і каоліну, що вводяться при виробництві пластиліну, рівномірно розподіляються за обсягом матеріалу. Барвники, що додаються, мабуть, впливають як на силу взаємодії молекул петролатуму між собою, так і на взаємодію їх з частинками каоліну та оксиду цинку, що мікроскопічно проявляється як відмінність пластичних властивостей пластиліну в залежності від кольору.

Розкид властивостей пластиліну різних партій або заводів-виготовлювачів пояснюється коливаннями властивостей сировини, порушеннями технології приготування матеріалу і тому не може бути повністю врахований аналітично. Сила впливу коливань складу пластиліну на його формозміни невелика [4].

Аналіз результатів дозволив виявити вплив стану контактних поверхонь інструменту на величину розширення пластиліну. Для сталевих зразків розширення на 8%, а для пластилінових на 17% більше на поверхнях, що контактують з шорсткою поверхнею, ніж з полірованою. Отже, пластилін більш чутливий до зміни стану контактної поверхні, що також необхідно враховувати при моделюванні процесів обробки металів тиском.

#### Висновки:

1. Встановлено, що розширення пластиліну при температурі 10-22°C і значеннях фактору форми осередку деформації, рівних 0,1- 0,3, характерних для умов прокатки «високих» осередків деформації і умов сортової прокатки при  $ld/R_{\text{ср}} = 0,7 \div 1,1$  [3] більше розширення сталі в 1,6-1,7 рази, що не дозволяє отримувати кількісні залежності параметрів формозміни від факторів процесу деформації на обтискних і заготовочних станах.

2. Формозміни пластиліну залежить від вмісту в ньому різних барвників, і застосування червоного пластиліну для моделювання краще.

3. При моделюванні процесів обробки металів тиском необхідно враховувати, що пластилін більш чутливий до зміни стану контактних поверхонь деформуючого інструменту.

Список використаних джерел:

1. Сугамото Т. и др. «Исследование пластилина применительно к температурным характеристикам стали». – «Тэтцу-то-хаганэ», 1977, т.63, вып. 1, с.208.
2. Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., «Наука», 1970, 283 с. сил.
3. Журавлёв Д.В. Моделирование процессов получения деформированных заготовок. Журнал Проблемы и перспективы студенческой науки, Новокузнецк, 2019, №1(5), стр.29-32.
4. Романцев Б.А., Чан Ба Хюси. Исследование процессов винтовой прокатки в четырехвалентной клетки методом моделирования. Metallurg, №7, 2018, с.21.29.