## Лабораторна робота № 1

# ВИЗНАЧЕННЯ СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ МАКСИМАЛЬНИМ КУТОМ ЗАХВАТУ І МАКСИМАЛЬНИМ КУТОМ ТОРКАННЯ

### 1.1 Мета роботи

Вивчення умов захвату і визначення співвідношення між максимальним кутом торкання в сталому процесі і максимальним кутом захвату в початковому періоді процесу прокатки.

### 1.2 Теоретичний вступ

Природний захват штаби валками здійснюється за умови коли:

$$\alpha_з \le \beta_з \qquad (1.1)$$

де $\alpha_з$ – кут захвату в початковий момент захвату; $\beta_з$ – кут тертя у момент захвату.

Схема дії сил при захваті штаби валками представлена на рис.1.1.

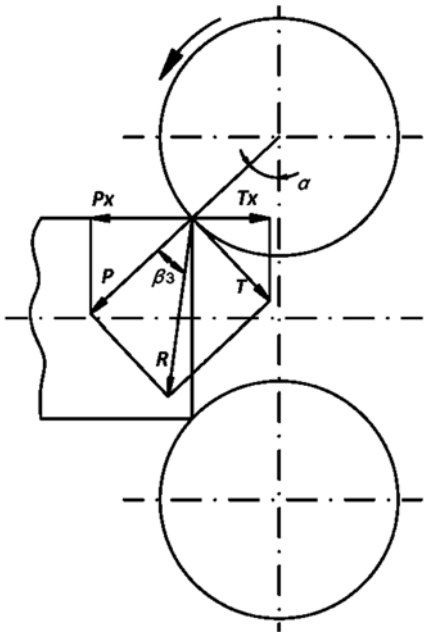


Рисунок 1.1 – Схема дії сил на штабу при захваті штаби валками

При торканні штаби з валками з боку валків діє нормальна сила $P$ і сила тертя $T$, що виникла під дією сили $P$. Горизонтальні складові цих сил $P_x$ і $T_x$ направлені у протилежні сторони, при цьому сила $T_x$ втягує штабу в зазор між валками, а сила $P_x$ заважає цьому. Захват металу валками починається при рівності сил $P_x$ і $T_x$, що можливо при рівності кутів $\alpha_з$ і $\beta_з$.

У сталому процесі прокатки (рис. 1.2) контакт між прокатуваним металом і валками відбувається не по лінії, як це було у момент захвату, а по поверхні, довжина якої дорівнює довжині дуги захвату. Точці прикладення рівнодіючої

зусилля прокатки відповідає кут $\varphi$. В цьому випадку рух металу між валками характеризується умовою:

$$\varphi \le \beta_y \text{ або } \alpha_y \le K_\varphi \cdot \beta_y \qquad (1.2)$$

де $\varphi$ – кут, що відповідає положенню точки прикладення рівнодіючої зусилля прокатки; $\alpha_y$ – кут торкання в сталому процесі; $K_\varphi$ – коефіцієнт положення рівнодіючої.

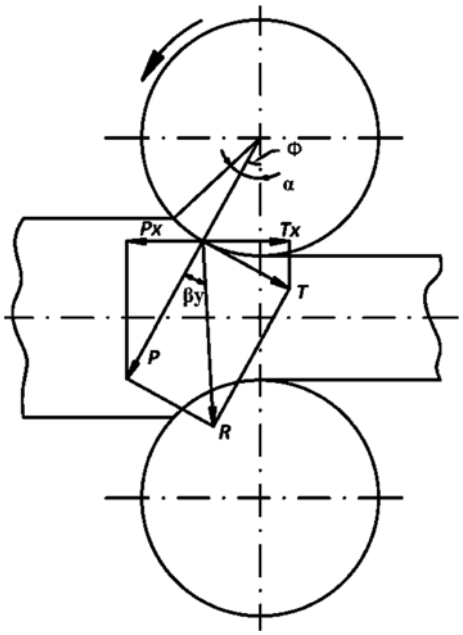


Рисунок 1.2 – Схеми дії сил на штабу в сталому процесі прокатки

За дослідними даними коефіцієнт положення рівнодіючої $K_\varphi$ дорівнює 1,3–3,0, при цьому більше його значення відноситься до процесу холодної прокатки.

Таким чином, сталий процес прокатки здійснюється в надійніших умовах, ніж захват металу, тобто при надлишку сил тертя, що сприяє розвитку випередження при прокатуванні. Проте це твердження справедливе у разі, коли $\beta_з = \beta_y$. Насправді кут тертя у момент захвату $\beta_з$ як правило більше кута тертя в сталому процесі $\beta_y$ звідси показник співвідношення кутів тертя дорівнює:

$$K_\beta = (\beta_з / \beta_y) > 1 \qquad (1.3)$$

При холодному прокатуванні $K_\beta$ = 1,6 – 2,8.

На величину $K_\beta$ впливає температура, наявність на поверхні металу мастила або оксидів, відносна швидкість переміщення поверхні валків і металу, що прокатується. Наявність мастила в основному знижує $\beta_y$ і майже не змінює $\beta_з$.

Отже, маємо умову, що характеризує захват $\alpha_з \le \beta_з$ і умову, відповідну сталому процесу $\alpha_y \le K_\varphi \cdot \beta_y$. Звідси для максимальних кутів $\alpha_{мз} = \beta_з$; $\alpha_{му} = K_\varphi \cdot \beta_y$.

Відношення максимального кута торкання в сталому процесі $\alpha_{му}$ до максимального кута захвату $\alpha_{мз}$ позначимо, як:

$$K_\alpha = \alpha_{му} / \alpha_{мз} \tag{1.4}$$

Коефіцієнт $K_\alpha$, як буде показано нижче, характеризує стійкість процесу прокатки і ступінь розвитку випередження. Чим більше $K_\alpha$, тим стійкіше процес прокатки і більше випередження. Величина $K_\alpha$ залежить від співвідношення кутів тертя $\beta_з$ і $\beta_у$.

Якщо прийняти $\beta_з = \beta_у$, то $K_\alpha = (\alpha_{му} / \alpha_{мз}) = K_\varphi$. Приймаючи середнє значення $K_\varphi = 2$ отримаємо $\alpha_{му} = 2\alpha_{мз}$.

Проте, частіше зустрічається випадок, коли $\beta_з > \beta_у$, тоді

$$K_\alpha = \frac{\alpha_{му}}{\alpha_{мз}} = \frac{K_\varphi \cdot \beta_у}{\beta_з} = \frac{K_\varphi}{K_\beta} \tag{1.5}$$

Оскільки $K_\varphi > K_\beta$, то в даному випадку $K_\alpha > 1$.

Стійкість процесу прокатки можна оцінювати за коефіцієнтом $K_{\varphi у}$, що дорівнює відношенню максимального кута торкання в сталому процесі $\alpha_{му}$ до дійсного кута торкання $\alpha_{ду}$:

$$K_{\varphi у} = \frac{\alpha_{му}}{\alpha_{ду}} = K_\varphi \cdot \beta_у / \alpha_{ду} \tag{1.6}$$

Приймаючи коефіцієнт стійкості захвату $K_{уз} = (\alpha_{мз} / \alpha_{дз}) = \beta_з / \alpha_{дз}$, де $\alpha_{дз}$ – дійсний кут захвату, і враховуючи, що практично процес прокатки завжди протікає за умови $\alpha_{ду} = \alpha_{дз}$, остаточно отримуємо:

$$K_{\varphi у} = \frac{K_\varphi}{K_\beta} \cdot K_{\varphi з} = K_\alpha \cdot K_{\varphi з} \tag{1.7}$$

## 1.3 Устаткування, інструмент, матеріали

У роботі використовували прокатний стан 200, лінійку, штангенциркуль, клиновидні зразки зі свинцю (рис. 1.3):

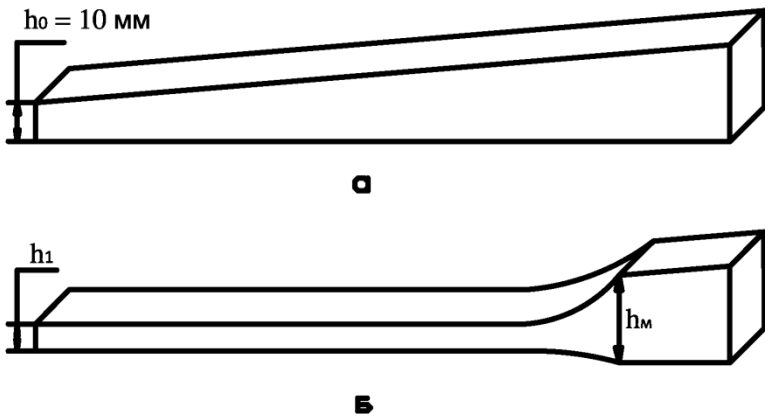


Рисунок 1.3 – Зразка до (а) і після прокатки (б)

## 1.4 Методика проведення роботи

Прокатку проводили за різних умов тертя: у сухих валках, з мастилом і у валках, покритих крейдою. У останньому випадку зразок також покривали крейдою.

Перед прокаткою валки слід встановити з таким зазором, щоб природний захват не здійснювався, потім покласти на стіл зразок і за допомогою дерев'яного бруска злегка притиснути зразок передньою гранню (тонким кінцем) до валків, після чого поволі підводити валок до тих пір, поки відчується тремтіння зразка. При подальшому незначному підйомі валки захоплюють зразок і прокатують до певного моменту, коли починається ковзання валків по металу. Після цього валки зупиняють, піднімають верхній валок і витягують зразок.

Для ділянки зразка з постійною висотою по довжині, визначають максимальний кут захвату $\alpha_{мз}$:

$$\cos\alpha_{мз} = 1 - \frac{h_0 - h_1}{d} \tag{1.8}$$

де d – діаметр валка; $h_0$, $h_1$ – толщина штаби до і після прокатки.

Знаючи значення $\cos\alpha_{мз}$, по значенню тригонометричної функції (табл. 1.1) знаходимо $\alpha_{мз}$. В цьому випадку $\alpha_{мз} = \beta_з$. Максимальний кут торкання сталого процесу прокатки $\alpha_{му}$ визначається за формулою:

$$\cos\alpha_{му} = 1 - \frac{h_м - h_1}{d} \tag{1.9}$$

де $h_м$ – товщина штаби перед зоною деформації на конусній ділянці довжини зразка.

Таблиця 1.1 – Значення тригонометричної функції

| Кут α, град. | cosα | Кут α, град. | cosα | Кут α, град. | cosα | Кут α, град. | cosα |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,0000 | 11 | 0,9816 | 22 | 0,9272 | 33 | 0,8387 |
| 1 | 0,9998 | 12 | 0,9781 | 23 | 0,9205 | 34 | 0,8290 |
| 2 | 0,9994 | 13 | 0,9744 | 24 | 0,9135 | 35 | 0,8192 |
| 3 | 0,9986 | 14 | 0,9703 | 25 | 0,9063 | 36 | 0,8090 |
| 4 | 0,9976 | 15 | 0,9659 | 26 | 0,8988 | 37 | 0,7986 |
| 5 | 0,9962 | 16 | 0,9613 | 27 | 0,8910 | 38 | 0,7880 |
| 6 | 0,9945 | 17 | 0,9563 | 28 | 0,8829 | 39 | 0,7771 |
| 7 | 0,9925 | 18 | 0,9511 | 29 | 0,8746 | 40 | 0,7660 |
| 8 | 0,9903 | 19 | 0,9455 | 30 | 0,8660 | 41 | 0,7547 |
| 9 | 0,9877 | 20 | 0,9397 | 31 | 0,8572 | 42 | 0,7431 |
| 10 | 0,9848 | 21 | 0,9336 | 32 | 0,8480 | 43 | 0,7314 |

Усі експериментальні і розрахункові дані заносяться до табл. 1.2 і будується графік (рис. 1.4) залежності коэффициента $К_α$ від умов прокатки (номеру зразка). Наводяться висновки. Приклад заповнення табл. 1.2 і графіка на рис. 1.4 наведено нижче.

Таблиця 1.2 – Дослідні і розрахункові дані визначення $\alpha_{мз}$ і $\alpha_{му}$

| № зразка | Умови досліду | $h_0$, мм | $h_1$, мм | $h_м$, мм | $h_0 - h_1$, мм | $h_м - h_1$, мм | d валків мм | cos $\alpha_{мз}$ | $\alpha_{мз}$, радіан | cos $\alpha_{му}$ | $\alpha_{му}$, радіан | $К_\alpha$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Валки, покриті крейдою | 10 | 8 | 19,4 | 2 | 11,4 | 200 | 0,9900 | 0,1415 | 0,943 | 0,3393 | 2,40 |
| 2 | Чисті валки | 10 | 8,5 | 16,6 | 1,5 | 8,1 | 200 | 0,9925 | 0,1226 | 0,9595 | 0,2856 | 2,33 |
| 3 | Валки, покриті мастилом | 10 | 9 | 14,1 | 1 | 5,1 | 200 | 0,9950 | 0,1 | 0,9745 | 0,2263 | 2,26 |

Рисунок 1.4 – Залежність коефіцієнта $К_\alpha$ від умов прокатки

Необхідно оформити звіт і зробити висновки.

**Контрольні питання**

1. Поясніть схему дії сил на штабу при захваті штаби валками.
2. Поясніть схему дії сил на штабу в сталому процесі прокатки.
3. Що таке кут захвату?
4. Що таке кут торкання?
5. Який процес прокатки здійснюється в надійніших умовах і чому: в момент захвату металу валками чи в сталому процесі прокатки?
6. Що показує співвідношення між максимальним кутом торкання в сталому процесі прокатки і максимальним кутом захвату в початковому періоді процесу прокатки.
7. За яким коефіцієнтом можна оцінювати стійкість процесу прокатки?

**Література до лабораторної роботи 1: [1, 2, 5, 6]**