

---

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИЛОВОЇ І ДЕФОРМАЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ СМУГИ І ВАЛКІВ ПРИ ПРОКАТЦІ З ІНТЕНСИВНОЮ ПЛАСТИЧНОЮ ДЕФОРМАЦІЄЮ

Богдан Д.А.<sup>1</sup>, Балакін В. Ф.<sup>2</sup>, Штода М.М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> «Інтерпайп НТЗ»

<sup>2</sup> Національна металургійна академія України

<sup>3</sup> Дніпровський державний технічний університет

Умови експлуатації труб нафтогазового сортаменту визначають жорсткі вимоги до їх структури та властивостей і, зокрема, корозійної стійкості. Відомо, що механічні властивості і корозійна стійкість сталей істотно залежать від ступеня подрібнення зерна і однорідності структури. Одним із способів формування дрібнозернистої структури, підвищення механічних та корозійних властивостей є інтенсивна пластична деформація (ІПД) [1]. З метою визначення впливу ІПД на деформаційне опрацювання сталевих смуг була розроблена схема простого процесу прокатки з холостим роликом (рис.1).

Можливий вплив ІПД в такій схемі на структуру металу потребує розробки математичної моделі, кінцевою метою якої є визначення величини істинної пластичної деформації. Передбачається на основі результатів математичного моделювання, лабораторного експерименту по прокатці смуг і визначення їх корозійної стійкості в запропонованій схемі розробити промислову установку для обробки внутрішньої поверхні труб [2].

Математичну модель запропонованої схеми прокатки з певною величиною ВПС передбачається описати складеною з чотирьох етапів.

Перший – визначення сили притиснення холостого ролика в матеріал при фіксованій величині зусилля, прикладеного до важеля механізму.

Другий – визначення величини сили тиску холостого ролика на смугу що прокочується та робочий валок.

Третій – визначення глибини вдавлення ролика в смугу при заданому навантаженні в відсутності обертання валків.

Четвертий – визначення початкової та еквівалентної ступені деформації смуги холостим роликом.

Визначення сили вдавлення холостого ролика за допомогою важільного механізму.

Запишемо векторне співвідношення при знаходженні системи в рівновазі

$$\vec{F}_6 = -F. \quad (1)$$

У разі відсутності обертання ролика і валків можна покласти  $f=0$ , тоді

$$F_6 = \frac{p \cdot b}{a} \cdot \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{p \cdot b}{a} \cdot \tan \varphi. \quad (2)$$

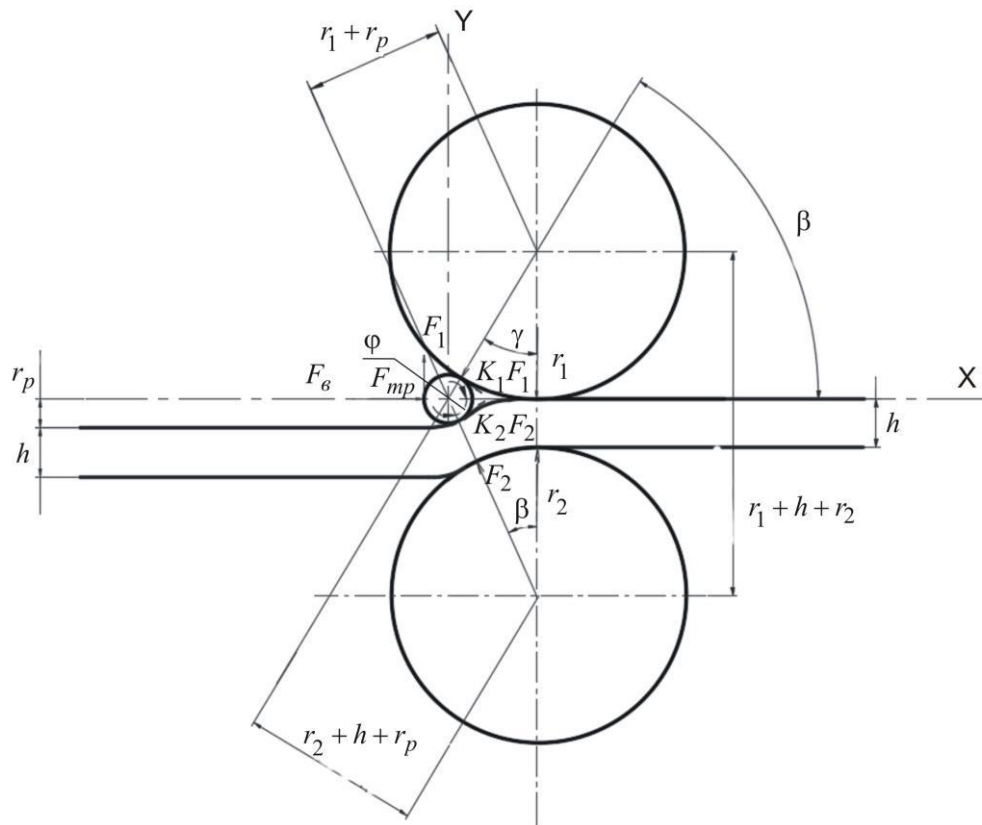


Рисунок 1 – Розрахункова схема до визначення величини сили тиску ролика на смугу при прокатці при заданій величині  $F_6$

У відсутності обертання

$$F_{mp} = 0, \quad f_1 = f_2 = 0,$$

тоді рівняння рівноваги ролика набувають такий вигляд:

$$\sum x = F_1 \cdot \sin \alpha + F_2 \cdot \sin \beta = F_6, \quad (3)$$

$$\sum y = F_1 \cdot \cos \alpha + F_2 \cdot \cos \beta = 0.$$

Оскільки початкова товщина смуги  $h$  не перевищує 1,5% від суми радіусів робочого валка і ролика, прийmemo  $h=0$ , тоді  $\alpha=\beta$  і (3) трансформується в вираз:

$$F_2 = F_1 = \frac{F_6 \cos \alpha}{2 \cos \alpha \sin \alpha} = \frac{F_6}{2 \sin \alpha}. \quad (4)$$

Визначення глибини вдавнення ролика в смугу при заданому навантаженні в наслідок обертання валків.

$$h_{e.p} = \sqrt{\sqrt{r_p \cdot \varphi}} \quad (5)$$

Порівняння схеми деформування при крученні під високим гідростатичним тиском в ковадлах Бриджмена і в запропонованій схемі тиском холостим роликом дозволяє зробити висновок про їх приблизну аналогію. Можна припустити, що за умови повного прилипання металу до поверхонь смуги і ролика, об'єм що знаходиться між ними підвергається [3].

Об'єм істинної деформації

$$e = \ln\left(\frac{2\varphi \cdot r}{n}\right),$$

де  $\varphi$  – половина кута дуги контакту ролика з валком, рад;  $z$  – радіус ролика, мм;  $n$  – товщина смуги, мм.

Еквівалентна ступінь деформації відповідно до критерію Мізеса

$$e_{\text{екв}} = \frac{e}{\sqrt{3}}.$$

**Висновки.** Математична модель запропонованого способу прокатки з інтенсивною пластичною деформацією, проведені розрахунки дають можливість припустити значне зменшення розмірів зерен, що безумовно має відобразитися на зміні корозійної стійкості і рівні механічних властивостей матеріалу.

### Література

1. Валиев Р.З., Рааб Г.И., Боткин А.В., Дубинина С.В. Получение ультрамелкозернистых металлов и сплавов методами интенсивной пластической деформации: новые подходы в разработке технологий // Известия ВЗов. Черная металлургия. – 2012. – №8. – С. 44-47.
2. Бейгельзімер Я.Ю. Кручення під високим тиском: нестійкість пластичного плинину в екстремальних умовах / Я.Ю. Бейгельзімер, Р.Ю. Кулагін, О.А. Давиденко // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки", Луцьк. – 2017. – Випуск № 58. – С. 36-40.
3. Пинчук С.И., Балакин В.Ф., Тышкевич Д.Г. Влияние интенсивной пластической деформации на структурные превращения и свойства стали 45/ Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2014. – №2. – с. 57-59.