УДК 621.77.014.001.53

М.В.ЦЫМБАЛЮК
Норильский государственный индустриальный институт

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ПРИ ПРОКАТКЕ ЗАГОТОВОК НА ОБЖИМНЫХ И ТОЛСТОЛИСТОВЫХ СТАНАХ

Исследования относятся к области испытаний на трение и износ, в частности к способам определения коэффициента трения между прокатываемой заготовкой и валками прокатного стана. Результаты могут быть использованы в лабораторных и производственных условиях при установлении технологических параметров прокатки на обжимных и толстолистовых станах.

The research concerns friction and wear testing, particularly assessment of the friction coefficient between rolled feed and mill rollers and its results can be used in laboratory and plant conditions to determine technological parameters of rolling in cogging and plate mills.

Целью исследований является повышение надежности работы узлов проектируемых и реконструируемых прокатных станов.

Результатом работы является разработка экспериментального метода определения коэффициента трения при прокатке заготовок с геометрическим параметром $l_d / h_{\text{ср}} \le 1$.

При расчетах энергосиловых параметров прокатки заготовок на обжимных и толстолистовых станах для определения коэффициента трения, по данным работы А.П.Грудева[*], используют несколько методов: метод торможения полосы в валках, метод крутящего момента, метод последовательного приближения опытных и расчетных усилий прокатки и метод предельного обжатия.

Недостатком первых трех методов является необходимость установки специальных приспособлений, оборудования и измерительной аппаратуры, что усложняет работу, особенно в производственных условиях. Наиболее простым способом определения коэффициента трения при прокатке является метод предельного обжатия.

Авторы работы «Теория продольной прокатки»[**] допускают, что нормальные давления рапределены равномерно по дуге контакта, равнодействующая усилия проходит посередине угла контакта α и выражение для определения коэффициента трения принимает вид $f_y = \text{tg}\alpha_y / 2$.

Таким образом, определение коэффициента трения существующим методом основывается на том, что по мере прокатки клиновидной заготовки угол контакта заготовки с валком увеличивается, достигая предельного значения, что вызывает буксование валков по заготовке. Последующими измерениями определяют достигутое максимальное обжатие Δh_y, с учетом которого вычисляют угол контакта

$$\alpha_y = \sqrt{\Delta h_y / R},$$

где R – радиус валка.

Затем определяют коэффициент трения $f_y = \text{tg}\alpha_y / 2$.

Однако, как показывают выполненные нами исследования, в зависимости от значения угла клиновидности заготовки изменяются значения предельного обжатия Δh, а значит, и коэффициент трения f. Недостатком существующего метода является то, что в нем не учитывается влияние угла клиновидности на предельное обжатие Δh.

Для определения влияния угла клиновидности на предельное значение обжатия были выполнены исследования на лабора-

[*] *Грудев А.П.* Теория прокатки. М., 1988. 240 с.

[**] *Чекмарев А.П.* Теория продольной прокатки / А.П.Чекмарев, А.А.Нефедов, В.А.Николаев. Харьков, 1965. 206 с.

торном прокатном стане «Дуо-120», где прокатывали по пять свинцовых образцов с углами клиновидности $\varphi_1 = 4{,}7°$ и $\varphi_2 = 11{,}5°$, после чего определяли полученные предельные обжатия $\Delta h_1 = 9{,}5$ мм и $\Delta h_2 = 3{,}7$ мм. При расчете существующим способом получили значения коэффициента трения

$$f_1 = \frac{\sqrt{\Delta h_1}}{2\sqrt{R}} = \frac{\sqrt{9{,}5}}{2\sqrt{60}} = 0{,}199$$

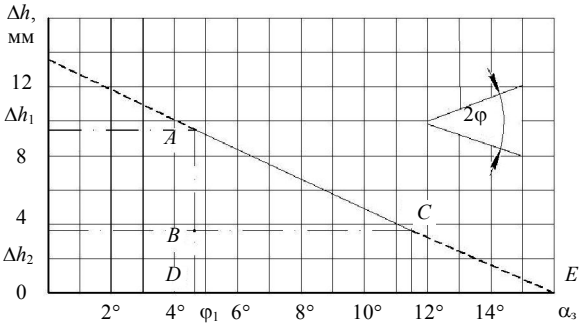
и

$$f_2 = \frac{\sqrt{\Delta h_2}}{2\sqrt{R}} = \frac{\sqrt{3{,}7}}{2\sqrt{60}} = 0{,}138\,.$$

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что угол клиновидности образца при прочих равных условиях влияет на предельное обжатие Δh. Причем с увеличением угла клиновидности величина Δh линейно уменьшается.

Экстраполируя эту прямую до пересечения с осью абсцисс (см. рисунок), мы получили значение предельного угла естественного захвата α_3. Из составленного уравнения прямой найдем угол захвата $\alpha_3 = \Delta h_1\varphi_2 - \Delta h_2\varphi_1/(\Delta h_1 - \Delta h_2)$ и коэффициент трения $f = tg\alpha_3$.

Расчет предлагаемым способом осуществляется следующим образом: берут два клиновидных образца с известной клиновидностью φ_1 и φ_2. Углы клиновидности образцов выбирают из условия $\alpha_3 > \varphi_2 > \varphi_1$. Для большей точности расчетов разность $\varphi_2 - \varphi_1$ должна быть максимально возможной. Учитывая, что с уменьшением φ, длина образцов будет увеличиваться, можно принимать $\varphi_1 = (0{,}3–0{,}4)\alpha_3$. Тогда $\varphi_1 = (0{,}8–0{,}9)\alpha_3$. Образцы прокатывают до буксования валков. Последующими измерениями зоны деформации образцов определяют достигнутые предельные обжатия Δh_1 и Δh_2 и рассчитывают коэффициент трения f.



Влияние угла клиновидности заготовки на предельное обжатие

Используя опытные значения обжатий образцов с углами клиноводности $\varphi_1 = 4{,}7°$ и $\varphi_2 = 11{,}5°$ рассчитаем коэффициент трения по предлагаемой методике:

$$f = \mathrm{tg}\left[\frac{\Delta h_1\varphi_2 - \Delta h_2\varphi_1}{\Delta h_1 - \Delta h_2}\right] = \mathrm{tg}\left[\frac{9{,}5\cdot 11{,}5 - 3{,}7\cdot 4{,}6}{9{,}5 - 3{,}7}\right] =$$

$$= tg15^{\circ}54' = 0{,}2865\,.$$

Для оценки точности полученных значений коэффициента трения, существующим и предлагаемым методами произвели прокатку свинцовых параллелепипедных образцов на валках без смазки, с измерением усилия прокатки при помощи месдоз. Сравнили опытные значения усилий с расчетными, вычисленными по формуле Целикова. При расчетах существующим методом погрешность составила 16-47 %, предлагаемым способом 2-4 %.

Применение предлагаемого способа позволит существенно повысить достоверность определения коэффициента трения при прокатке, поскольку учитывается зависимость предельного обжатия от угла клиновидности образцов, а значит, и неравномерность распределения давлений по дуге контакта полосы и валка. Использование достоверных значений коэффициента трения позволит оптимизировать соответствующие режимы прокатки и обеспечит устойчивость процессов при максимальной производительности.

Научный руководитель доц. *С.С.Пилипенко*