

Л. Е. Баланчук

УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

l.balanchuk@bk.ru

Научные руководители – канд. техн. наук *Ю. В. Инатович*, проф., д-р техн. наук *Ю. Н. Логинов*

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОКАТКЕ ПО СИСТЕМЕ КАЛИБРОВ КВАДРАТ-КВАДРАТ

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты исследования формоизменения металла при прокатке по системе калибров «квадрат-квадрат».

Ключевые слова: прокатка, валки

ABSTRACT

Here is research results of metal forming at rolling by “square-square” gauges system.

Keywords: rolling, mangle

В системе калибров квадрат-квадрат (рис. 1, а) каждый промежуточный калибр одновременно позволяет получить готовый профиль квадратного поперечного сечения или подкат для последующей прокатки квадратных профилей меньшего поперечного сечения [1]. В первом случае в чистовом калибре делается два прохода с кантовкой полосы на 90° между ними, во втором – после прохода полоса передается с кантовкой на 90° в следующий калибр.

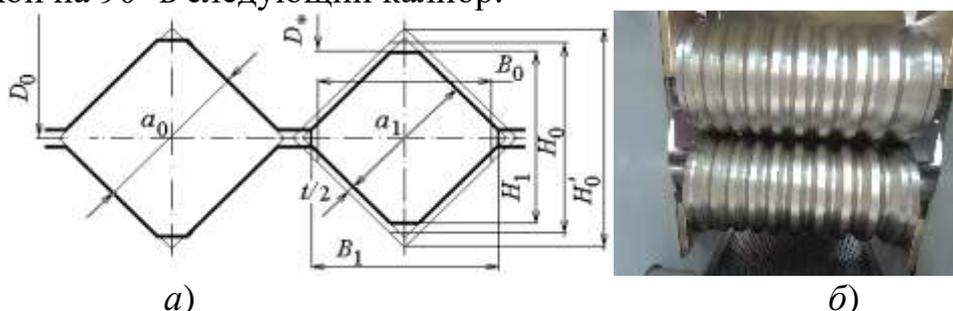


Рис. 1. Схема прокатки по системе калибров квадрат-квадрат(а) и вид калибровки валков для прокатки квадратных профилей стана фирмы «Mario Di Maio» (б)

Анализ заводских калибровок валков показал, что в рассматриваемой системе калибров разность t между сторонами большего a_0 и меньшего a_1 смежных квадратов (см. рис. 1) принимается при прокатке квадратов со стороной более 60 мм – 5–7 мм, – со стороной 30–60 мм – 2,5–3 мм, то есть отношение t/a находится в интервале $0,05 \div 0,10$.

При прокатке за несколько проходов коэффициент вытяжки в любом проходе может быть вычислен по формуле:

$$\lambda = \frac{[a_0 - t(n-1)]^2}{[a_0 - tn]^2},$$

где n – порядковый номер прохода.

Обычно построение калибров производится в виде геометрически правильных квадратов, или же калибр расширяется по горизонтальной диагонали и угол при вершине калибра выполняется $91 \div 93^\circ$. Недостатком системы калибров квадрат-квадрат являются невозможность получения больших вытяжек (обычно в пределах $8 \div 20\%$) и опасность образования заусенцев, так как места на уширение в калибре практически не остается. Относительное обжатие крайних частей сечения полосы больше чем средних, что приводит к вынужденному их уширению, а это, в свою очередь, – к переполнению калибра. Поэтому вершину калибров притупляют горизонтальной площадкой (см. рис. 1) или закругляют радиусом так, чтобы отношение $\frac{H_1}{\sqrt{2}a_1}$ (см. рис. 1) составляло $0,8-0,85$. В чистовом калибре

это отношение принимают $1,0$. Калибры, построенные с углом при вершине более 90° , допускают несколько большие величины вытяжек.

Таким образом, при проектировании режимов прокатки по системе калибров квадрат-квадрат, необходимо рассчитывать уширение с достаточно высокой точностью.

В работе [2] получена зависимость для расчета коэффициента уширения β при прокатке по системе калибров ромб-квадрат, однако решений для системы калибров квадрат-квадрат – нет.

В настоящей работе была предпринята попытка адаптации взятой за основу формулы для расчета β при прокатке ромбической полосы в квадратном калибре [2] для расчета величины $\beta = B_1 / B_0$ при прокатке по системе калибров квадрат-квадрат. Здесь B_0 и B_1 – ширина полосы соответственно до и после прокатки (см. рис. 1).

На основе статистического анализа данных промышленных калибровок валков были внесены поправки в формулу для расчета β при прокатке ромбической полосы в квадратном калибре и получена формула для расчета величины β при прокатке по системе калибров квадрат-квадрат углеродистой стали

$$\beta = 1 + 0,506 \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)^{2,010} A^{0,665} \delta_0^{-1,300} \psi^{0,700},$$

где (см. рис. 1) $1/\eta = a_0/a_1$ – коэффициент обжатия; $A = D^*/H_1$ – приведенный диаметр валков ($D^* = D_0 - H_1$); $\delta_0 = H_0/H_0'$ – степень заполнения

предыдущего по ходу прокатки калибра, где H_0' – максимально возможная высота раската при идеальном заполнении предыдущего по ходу прокатки калибра; H_0 – действительная ширина раската в предыдущем калибре; $\psi = 0,768(t/1000)^{-2,486}$ – показатель трения при температуре раската $t \geq 900$ °С, при $t < 900$ °С $\psi = 1$.

С применением полученной формулы выполнили расчет формоизменения металла при прокатке квадратных профилей из углеродистой стали на лабораторно-промышленном стане фирмы «Mario Di Maio», калибровка валков которого показана на рис. 1, б.

Стан имеет начальный диаметр валков $D_0=90$ мм. Привод стана от электродвигателя переменного тока номинальной мощностью 4 кВт обеспечивает конечную скорость прокатки 7 м/мин. На бочке валков длиной 175 мм нарезаны 9 квадратных калибров со сторонами квадратов от 11,0 до 6,3 мм с шагом изменения стороны квадрата 0,6 мм.

С применением полученной формулы были рассчитаны коэффициенты уширения при последовательной прокатке во всех 9 калибрах с кантовкой раската после каждого прохода. Результаты расчетов свидетельствуют, что коэффициенты уширения и ширина полосы в калибрах $B_1 = \beta B_0$ рассчитываются с достаточной точностью. Поскольку расчетные значения B_1 не превышают ширины калибров по врезу в валки, можно прогнозировать, что перепополнения калибров металлом (вытекания металла в межвалковый зазор) не будет при прокатке по данной калибровке валков. Естественно, что формоизменение будет зависеть от дополнительных факторов, таких как трение [3], характеристик упрочнения металла [4], тепловой режим и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А. П., Писаренко В. А., Богатырев С. Т. Рационализация калибровок валков сортовых прокатных станов. – Харьков: ОНТИ НКТП, 1935. – 257 с.
2. Смирнов В. К., Шилов В. А., Инатович Ю. В. Калибровка прокатных валков. – М.: Металлургия, 2010. – 461 с.
3. Логинов Ю. Н., Инатович Ю. В., Зуев А. Ю. Исследование контактного трения при непрерывной горячей прокатке катанки из электротехнической меди. Производство проката. – 2010. – № 2. – С. 14–18.
4. Логинов Ю. Н., Зуев А. Ю., Инатович Ю. В. Анализ сортовой прокатки кислородосодержащей меди с учетом немонотонности характеристик упрочнения. Цветные металлы. – 2012. – № 7. – С. 77–81.