

С.М.Жучков, А.И.Лещенко, А.П.Лохматов, П.В.Токмаков

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ,
СОЗДАВАЕМОГО НЕПРИВОДНОЙ КЛЕТЬЮ ПРИ ДВУХНИТОЧНОЙ
ПРОКАТКЕ**

Разработана методика оценки сопротивления, создаваемого неприводной клетью при ее использовании в процессе двухниточной прокатки. Новым в этой методике является учет одновременности входа ниток раската в валки неприводной клетки. Новая методика использовалась при разработке предложений по использованию неприводных клеток в черновой группе двухниточного проволочного стана 150.

Современное состояние вопроса. В последние годы все большее развитие получают технологии сортовой прокатки, основанные на нетрадиционном энергосберегающем процессе, предусматривающем более полное использование резерва втягивающих сил трения, образующегося в очагах деформации приводных рабочих клеток. Одна из разновидностей этого процесса предусматривает использование неприводных рабочих клеток в линии непрерывного прокатного стана.

Одним из факторов, определяющих условия реализации процесса прокатки с использованием неприводных рабочих клеток, является сопротивление, создаваемое неприводной клетью при деформации в ней металла. Вопросы, связанные с определением продольного сопротивления, создаваемого деформирующим инструментом, рассматривались в работах [1–3]. Однако специфика направленности указанных исследований, описывающих процессы калибрования, прессования или волочения, не позволяет использовать их результаты для расчета параметров прокатки с использованием неприводных рабочих клеток, и, в частности, для определения сопротивления, создаваемого неприводной клетью при деформации в ней металла.

Постановка задачи. Наиболее полно описан метод определения сопротивления, создаваемого неприводной клетью при непрерывной прокатке и адаптированный для условий горячей сортовой прокатки, в работе [4]. Вместе с тем, известные методы определения сопротивления, создаваемого неприводным деформирующим инструментом, разработаны для случая прокатки в одну нитку, и, соответственно, не учитывают изменения величины сил прокатки в приводных и неприводных клетях, возникающего из-за одновременности входа каждой нитки раската в их очаги деформации.

Изложение основных материалов исследования. Сопротивление, создаваемое неприводной клетью, определяется из выражения [4]:

$$\psi_0 = 2 \left\{ \delta \ln \frac{2\eta}{\eta + 1} \frac{0.5 + \frac{1}{\delta(\eta-1)}}{-1} \right\} \quad (1)$$

где δ – показатель деформации, $\delta = \frac{2\alpha}{f}$; η – коэффициент обжатия,

$$\eta = \frac{h_0}{h_1}; \quad \alpha - \text{угол захвата, определяемый как } \alpha = \arccos \frac{R - \Delta h / 2}{R}.$$

Учитывая упругую деформацию клетки $\Delta f = \frac{P}{c}$, где P – сила прокатки в неприводной клетки, c – коэффициент жесткости неприводной клетки, составляющие выражения (1) будут иметь вид:

$$\Delta h = h_0 - h_1 - \frac{P}{c} \quad (2)$$

$$\alpha = \arccos \frac{R - \frac{1}{2}(\Delta h - \frac{P}{c})}{R} \quad (3)$$

$$\eta = \frac{h_0}{h_1 + \frac{P}{c}} \quad (4)$$

При двухниточной прокатке, в случае, когда в очаге деформации одновременно находятся две нитки раската, сопротивление, создаваемое неприводной клетью, будет определяться из выражения (1), при этом

$$\eta = \frac{h_0}{h_1 + 2 \frac{P}{c}} \quad (5)$$

$$\alpha = \arccos \frac{R - \frac{1}{2}(\Delta h - 2 \frac{P}{c})}{R} \quad (6)$$

Уширение в неприводной клетки $\Delta b_{нк}$ с учетом упругой деформации клетки Δf определяется из выражения

$$\Delta b_{HK} = C_{\sigma} \frac{2h_{cp}\Delta h_{HK}}{(h_{0HK} + h_{1HK})[1 + (\alpha + 1)\left(\frac{h_{cpHK}}{R\alpha}\right)^2]} \quad (7)$$

где Δh_{HK} и α – определяются по выражениям (2) и (6), средняя высота раската в неприводной клетке

$h_{cp} = \frac{h_0 + h_1 + \frac{P}{c}}{2}$, коэффициент, учитывающий влияние натяжения или подпора $C_{\sigma} = 1 - 2\Psi_0$.

С учетом упругой деформации рассчитывается площадь поперечного сечения раската на выходе из неприводной клетки и уточняется коэффициент вытяжки μ_{HK} . Положение нейтрального сечения в очаге деформации неприводной клетки определяется как:

$$\frac{h_{\gamma}}{h} = \eta_{HK} \left[0.5 + \frac{1}{\delta(\eta_{HK} - 1)e^{\frac{-\Psi_{0HK} - 2}{2\delta_{HK}}}} \right], \quad (8)$$

где Ψ_{0HK} определяются по выражению (1).

Изменение среднего контактного давления в неприводной клетке при нахождении одной нитки раската в очаге деформации, учитывая упругую деформацию клетки:

$$\frac{p_{cp}}{\sigma_s} = \frac{1}{\eta - 1} \left[\delta \left(\eta - 2 \frac{h_{\gamma}}{h} + 1 \right) - \Psi_0 \eta \right], \quad (9)$$

где η определяется из выражения (4), ψ_0 из выражения (1), а составляющие выражения (1) определяются с учетом упругой деформации Δf .

Сила прокатки определяется по известным в теории прокатки формулам (1,2)

Влияние сопротивления, создаваемого неприводной клетью, на силовые параметры прокатки в приводной клетке, учитывается выражением

$$\frac{p_{cpPK}}{\sigma_{sPK}} = \frac{1}{\eta_{PK} - 1} \left[\delta_{PK} \left(\eta - 2 \frac{h_{\gamma PK}}{h_{PK}} + 1 \right) - \Psi_1 \right], \quad (10)$$

где δ_{PK} , η_{PK} , $\frac{h_{\gamma PK}}{h_{PK}}$, σ_{sPK} – параметры, характеризующие процесс прокатки в приводной клетке; Ψ_1 – передний подпор, учитывающий сопротивление, создаваемое неприводной клетью, $\Psi_1 = \Psi_0$.

В случае, когда в очаге деформации будут одновременно находиться две нитки раската, приведенные выше выражения (7–9) и их составляющие

щие должны определяться, соответственно, с учетом упругой деформации от двух ниток: $\Delta f = 2 \frac{P}{c}$.

Учет влияния сопротивления, создаваемого неприводной клетью при двухниточной прокатке, на изменение силовых параметров прокатки в приводной клети, определяется по выражению (10). Передний подпор, учитывающий сопротивление создаваемое неприводной клетью, будет определяться по выражению (1), а его составляющие по выражениям (5–6).

Разработанная методика была использована при расчете энергосиловых параметров процесса непрерывной двухниточной прокатки с использованием неприводной рабочей клети в линии проволочного стана 150–1. Результаты расчетов приведены на рис.1–3 для возможности сравнения результатов расчетов значения среднего сопротивления металла деформации, силы прокатки и мощности формоизменения на рис.1–3 условно представлены для одной нитки раската.

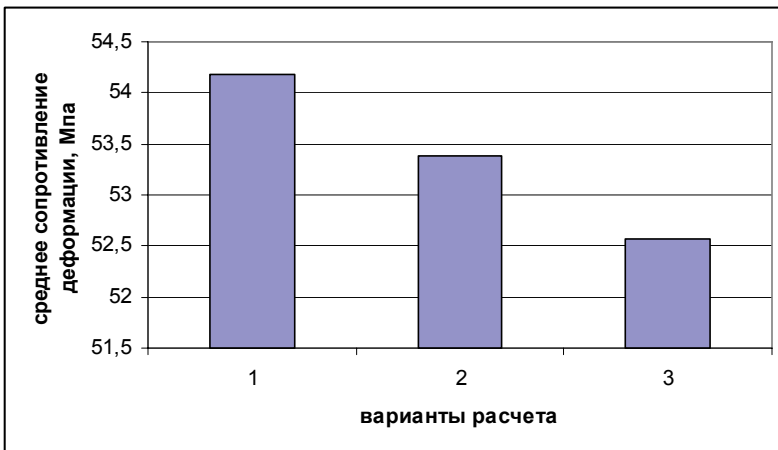


Рис.1. Среднее сопротивление металла деформации при прокатке в неприводной клети для одной нитки раската без учета упругой деформации клети (1), с учетом упругой деформации клети при прокатке одной нитки раската (2), с учетом упругой деформации клети при прокатке двух ниток (3)

Анализ результатов расчета показал, что учет влияния упругой деформации клети на энергосиловые параметры прокатки, для условий прокатки с использованием неприводной клети в черновой группе проволочного стана, дает разницу в расчетах, составляющую 5–8%. Для указанных условий прокатки, с установкой неприводной клети в черновой группе клетей двухниточного стана, особенности процесса непрерывной двухниточной прокатки, характеризующиеся одновременностью входа каждой

нити раската в очаги деформации приводных и неприводных клеток и выхода из них, оказывают несущественное влияние на силовое взаимодействие этих клеток, осуществляемое через прокатываемую полосу.

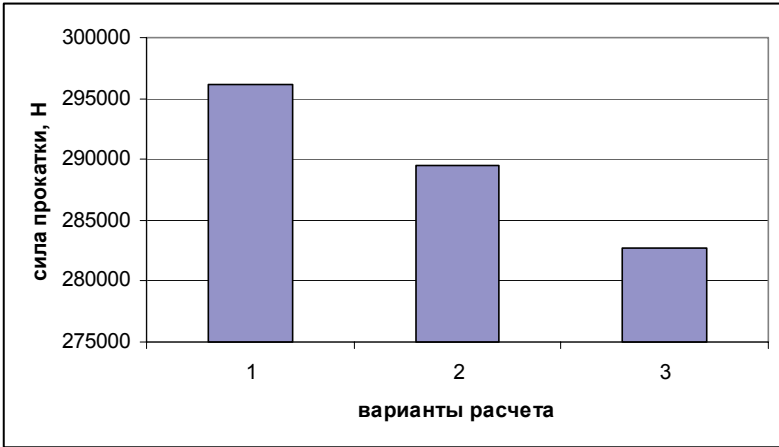


Рис.2. Сила прокатки в неприводной клетке для одной нитки раската без учета упругой деформации клетки (1), с учетом упругой деформации клетки при прокатке одной нитки раската (2), с учетом упругой деформации клетки при прокатке двух ниток (3)

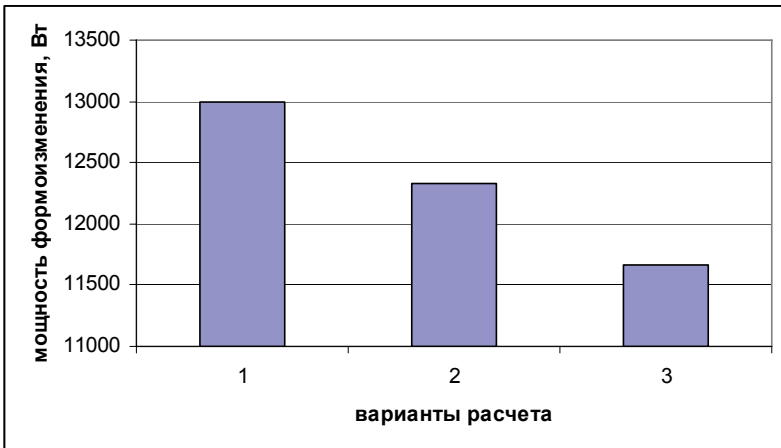


Рис.3. Мощность, затрачиваемая на формоизменение металла в очаге деформации неприводной клетки для одной нитки раската без учета упругой деформации клетки (1), с учетом упругой деформации клетки при прокатке одной нитки раската (2), с учетом упругой деформации клетки при прокатке двух ниток (3)

Вместе с тем, с понижением температуры и увеличении скорости прокатки, повышающими сопротивление металла деформации, что имеет место при использовании неприводной клетки в промежуточных и чистовых группах сортовых станов, влияние разновременности входа ниток раската в очаги деформации существенно увеличивается. Поэтому, при проектировании технологии прокатки с использованием неприводных рабочих клеток в промежуточных и чистовых группах сортовых станов, необходимо учитывать в расчетах параметров прокатки упругую деформацию рабочих клеток.

Выводы.

Разработана методика расчета параметров, определяющих условия реализации процесса двухниточной прокатки при использовании неприводных рабочих клеток, в частности, сопротивления, создаваемого неприводной клетью, с учетом изменения величины сил прокатки в приводных и неприводных клетях из-за разновременности входа каждой нитки раската в их очаги деформации.

Методика применялась при разработке исходных данных для проектирования технологии непрерывной двухниточной прокатки с использованием неприводных рабочих клеток в условиях проволочного стана 150–1.

1. *Целиков А.И.* Теория расчета усилий в прокатных станах. // М.: Металлургия. – 1962. – 494с.
2. *Целиков А.И., Никитин Г.С., Рокотян С.Е.* Теория продольной прокатки. / М.: Металлургия. – 1980. – 320с.
3. *Бровман М.Я.* Применение теории пластичности в прокатке. // М.: Металлургия. – 1991. – 254с.
4. *Непрерывная* прокатка сортовой стали с использованием неприводных рабочих клеток. / А.П. Лохматов, С.М. Жучков, Л.В. Кулаков и др. // Киев: Наукова думка. – 1998. – 244 с.

Статья рекомендована к печати докт.техн.наук, проф. Г.В.Левченко