

УДК 621.771.23

Чуруканов А. С., Федоринов М. В., Файчак А. А**ПЕРСПЕКТИВЫ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА
ПРЕДВАРИТЕЛЬНО-НАПРЯЖЕННЫХ РАБОЧИХ КЛЕТЕЙ СТАНОВ
ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ**

Нынешнее и дальнейшее развитие технологий и оборудования прокатного производства неразрывно связано с применением научно обоснованного подхода к механизмам формирования напряженно-деформированного состояния металла, что в ряде случаев позволяет улучшить основные показатели качества выпускаемой металлопродукции. По отношению к прокатке драгоценных металлов и сплавов, то данный показатель имеет очень важное значение. Принимая во внимание конкуренцию на мировом и внутреннем рынке готовой металлопродукции необходимо создание новых повышенных требований к качеству проката и уменьшению отбраковки [1].

Процесс холодной прокатки достаточно полно исследован с точки зрения инженерных подходов, однако математические модели данного класса обладают рядом грубых допущений. В основном, данные математические модели рассчитаны на применение при прокатке с достаточно грубыми допусками, либо позволяют производить расчет, лишь, энергосиловых параметров реализуемого процесса, в то время как наибольший интерес в настоящее время представляют показатели качества готовой металлопродукции.

Одним из конструктивных решений, направленных на повышение точности листового металлопроката, является создание и широкое промышленное освоение предварительно напряженных рабочих клеток [1–3]. При этом с точки зрения максимальной конструктивной и технологической простоты наиболее перспективными является использование механизмов предварительного напряжения по подушкам рабочих клеток (рис. 1), обеспечивающих предварительное напряжение при различной толщине прокатываемых заготовок. В то же время необходимость определения требуемой величины предварительного напряжения, являющихся дополнительной нагрузкой на основные элементы силовой линии, требует развития соответствующих методов её расчета.

Целью данной статьи является подтверждение возможности повышения точности геометрических параметров холоднокатаных лент, листов и полос на основе использования новой конструкции предварительного напряжения клетки по подушкам рабочих валков и уточненной методики по определению жесткости.

Для прокатных станков, ориентированных на прокатку драгоценных металлов и сплавов, применяется наиболее простой способ, работающий по схеме винт-гайка. На кафедре АММ ДГМА (г. Краматорск) уточнена инженерная методика расчёта модуля жёсткости предварительно-напряжённых рабочих клеток листовых прокатных станков, обеспечивающих производство готового металлопроката с повышенной точностью геометрических характеристик.

Анализ результатов полученной численной реализации показал, что при создании предварительно напряженной конструкции и увеличении относительного значения модуля жесткости соответствующего механизма результирующее значение модуля жесткости рабочей клетки прокатного стана возрастает. Получила развитие методика по определению модуля жесткости предварительно напряженных по подушкам рабочих клеток листовых прокатных станков. На основе результатов численной реализации данной методики показано, что использование механизмов предварительного напряжения позволяет при прочих равных условиях повысить модуль жесткости рабочих клеток в 1,5...2,0 раза, где более высокие значения указанного диапазона соответствуют максимальным значениям модуля жесткости самого механизма предварительного напряжения.

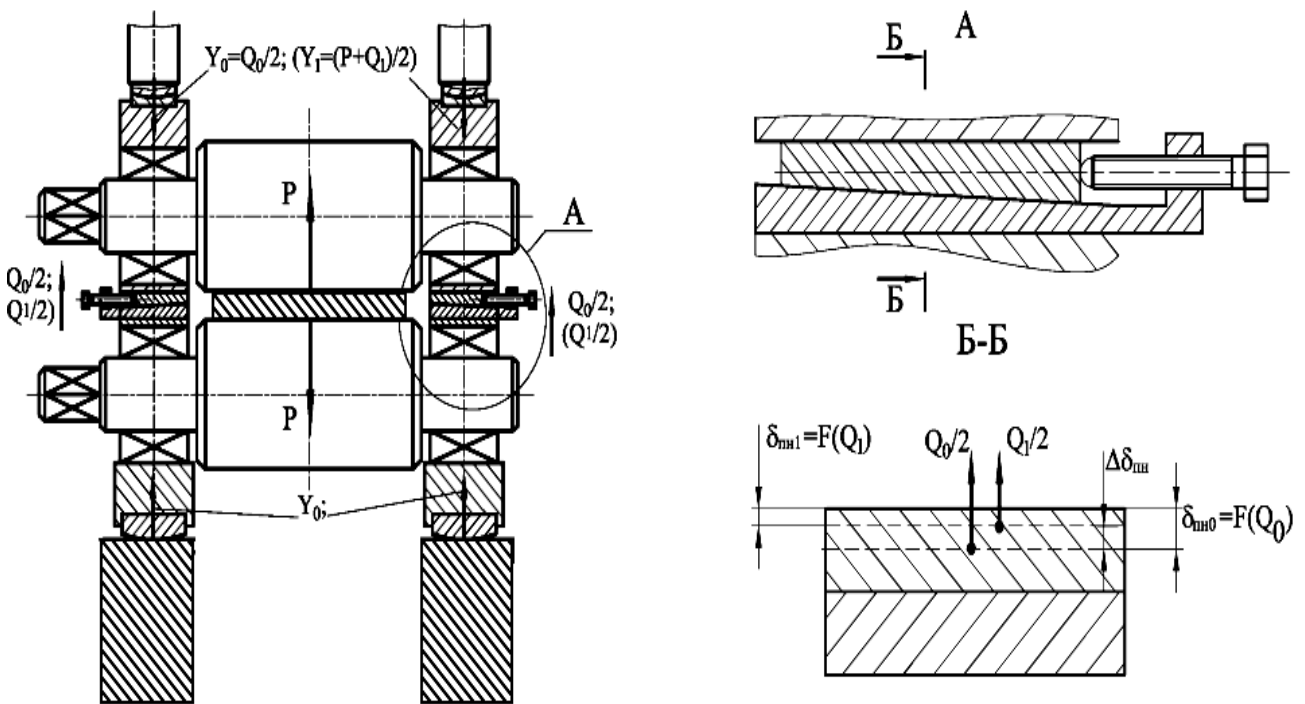


Рис. 1. Конструкция и расчетная схема клинового механизма предварительного напряжения рабочей клетки прокатного стана по подушкам рабочих клеток

Аналитически с учетом первоначального значения силы [4] предварительного напряжения Q_0 величина суммарной упругой деформации элементов силовой линии рабочей клетки d_o (см. рис. 1), включающих в себя подушки рабочих валков, месдозы, промежуточные опорные элементы, нажимные винты и узел станин, может быть определена как:

$$d_{oj} = Q_{oj} / G_{cm} = Q_o / G_{nj}, \tag{1}$$

где G_{cm} – обобщенное значение модуля жесткости указанных выше элементов силовой линии рабочей клетки прокатного стана [2–4];

G_{nj} – модуль жесткости j -го механизма предварительного напряжения рабочей клетки [1].

По мере приложения силы прокатки P (см. рис. 1) суммарная упругая деформация рабочей клетки d_{1j} , определяющая величину продольной разнотолщинности готового металлопроката, будет равна:

$$d_{1j} = P / G_{gy} + (P + Q_{1j}) / G_{cm}, \tag{2}$$

где G_{gy} – модуль жесткости валкового узла по отношению к продольной разнотолщинности прокатываемых листов;

Q_{1j} – новое значение силы предварительного напряжения, учитывающее упругую разгрузку соответствующего механизма на величину Δd_{nj} (см. рис. 1), наличие которой обусловлено повышением суммарной силы $(P + Q_{1j})$, действующей на узел станин.

Учитывая, что новое значение силы предварительного напряжения Q_{1j} может быть определено как:

$$Q_{1j} = Q_{0j} - \Delta d_{ннj} G_{нн} = Q_0 - G_{нн} (P + Q_{1j} - Q_{0j}) / G_{см}, \quad (3)$$

откуда:

$$Q_{1j} = [Q_{0j} - (P - Q_{0j})(G_{ннj} / G_{см})] / (1 + G_{ннj} / G_{см}). \quad (4)$$

С учетом подстановки выражения (4) в условие (2) приращение величины меж валкового зазора $\Delta d_j = d_{1j} - d_{0j}$, а вместе с ним и новое значение модуля жесткости рабочей клетки $G_{клj} = P / \Delta d_j$, учитывающее наличие механизма ее предварительного напряжения, аналитически могут быть представлены в виде:

$$\Delta d_j = \frac{P}{G_{гy}} + \frac{P + Q_{0j} - PG_{ннj} / (G_{см} + G_{ннj})}{G_{см}} - \frac{Q_{0j}}{G_{см}} = \quad (5)$$

$$= P \left\{ \frac{1}{G_{кл0}} - \frac{G_{ннj}}{(G_{см} + G_{ннj})G_{см}} \right\}$$

$$G_{клj} = \frac{1}{1/G_{кл0} - G_{клj} / [(G_{см} + G_{клj})G_{см}]} = \quad (6)$$

$$= \frac{G_{кл0}(1 + G_{ннj} / G_{см})}{(1 + G_{ннj} / G_{см}) - (G_{ннj} / G_{см})(G_{кл0} / G_{см})},$$

где $G_{кл0} = G_{гy} \cdot G_{см} / (G_{гy} + G_{см})$ – номинальное, используемое в качестве опорного, значение модуля жесткости рабочей клетки, то есть значение модуля жесткости рабочей клетки без учета механизма ее предварительного напряжения.

Анализ результатов численной реализации полученного аналитического решения (6) (рис. 2) показал, что при создании предварительно напряженной конструкции и увеличении относительного значения модуля жесткости соответствующего механизма $G_{ннj} / G_{см}$ результирующее значение модуля жесткости рабочей клетки прокатного стана возрастает.

При этом максимальная интенсивность указанного увеличения имеет место при максимальных значениях относительного показателя $G_{кл0} / G_{см}$, то есть в случаях минимальных удельных значениях модуля жесткости элементов силовой линии узла станин $G_{см} / G_{кл0}$.

Учитывая реальные диапазоны возможного изменения варьируемых параметров $G_{кл0} / G_{см} = 0,4 \dots 0,6$ и $G_{ннj} / G_{см} \approx 6 \dots 10$, можно отметить, что диапазон возможного повышения модуля жесткости рабочих клеток прокатных станов за счет создания их предварительного

напряжения и прочих равных условиях соответствует $G_{клj}/G_{кл0} = 1,5...2,0$ (см. рис. 2) и именно данные количественные оценки могут быть использованы при анализе перспектив совершенствования конкретных технологий и оборудования.

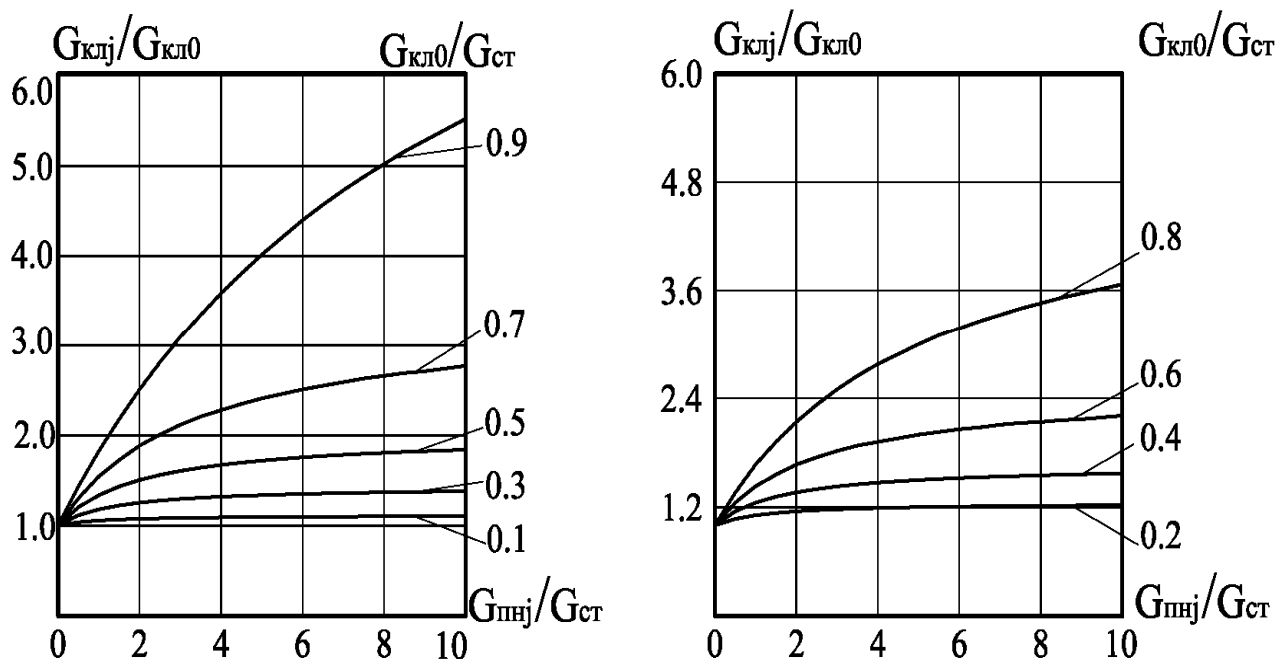


Рис. 2. Расчетные согласно (6) распределения относительного значения модуля жесткости рабочих клеток листопркатных станов с учетом предварительного напряжения ($G_{клj}/G_{кл0}$) в зависимости от удельного значения модуля жесткости механизма предварительного напряжения ($G_{плj}/G_{ст}$) и конструктивного соотношения $G_{кл0}/G_{ст}$

ВЫВОДЫ

Получила развитие методика по определению модуля жесткости предварительно напряженных по подушкам рабочих клеток листовых прокатных станов. На основе результатов численной реализации данной методики показано, что использование механизмов предварительного напряжения позволяет при прочих равных условиях повысить модуль жесткости рабочих клеток в 1,5...2,0 раза, где более высокие значения указанного диапазона соответствуют максимальным значениям модуля жесткости самого механизма предварительного напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Меерович И. М. Прокатка плит и листов из легких сплавов / И. М. Меерович. – М. : Металлургия, 1969. – 250 с.
2. Машины и агрегаты металлургических заводов : учебник для вузов в 3 т. Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник и др. – М. : Металлургия, 1981. – 376 с.
3. Королев А. А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / А. А. Королев. – М. : Металлургия, 1969 – 424 с.
4. Алгоритмы расчетов основных параметров прокатных станов / В. П. Полухин, В. Н. Хлопонин, Е. В. Сигитов и др. – М. : Металлургия, 1975. – 232 с.