

УДК 621.711.23

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАГРУЖЕНИЯ ОПОРНЫХ ВАЛКОВ ТОНКОЛИСТОВЫХ СТАНОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ НА МАРШРУТ ИХ ДВИЖЕНИЯ ПО КЛЕТЯМ СТАНА

Жильцов А. П., Челядина А. Л., Ахтырцев С. А.

ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, ул. Московская, д.30, 398600, e-mail: kaf-mo@stu.lipetsk.ru

В статье рассматриваются факторы, влияющие на показатели долговечности опорных валков листовых станов горячей прокатки. Установлено существенное влияние на долговечность по контактной усталости уровня и неравномерности нагрузок, действующих на валки в процессе эксплуатации. Установлено, что неравномерность межвалковых давлений в контакте рабочего и опорного валков приводит к значительной разнице величин максимальных касательных напряжений. Неравномерность нагрузочных параметров приводит к различной степени сопротивляемости активного слоя валков, ее снижению по мере расхода активного слоя вследствие появления усталостных дефектов. Представлен критерий при определении рациональных расстановок и маршрутов по клетям тонколистового стана. Разработана схема возможных вариантов маршрутов с учетом внешних воздействий и внутренних валковых факторов. Приведена графическая интерпретация оптимизации маршрутов. Обоснован порядок эксплуатации опорных валков по клетям непрерывной группы стана в соответствии с принятым критерием. Предложенный маршрут учитывает уровень нагружения валков в различных клетях стана и степень расхода активного слоя.

Ключевые слова: опорные валки, тонколистовой стан горячей прокатки, уровень нагружения, активный слой, маршрут движения.

AN ASSESSMENT OF INFLUENCE OF LOADING PARAMETERS OF BACKUP ROLLS OF THIN-SHEET HOT ROLLING MILLS ON THE ROUTE OF THEIR MOVEMENT IN MILL CAGES

Zhiltsov A. P., Chelyadina A. L., Ahtirtsev S. A.

Lipetsk State Technical University, 30 Moskovskaya St. Lipetsk 398600 Russiae-mail: kaf-mo@stu.lipetsk.ru

The article considers the factors influencing the durability parameters of backup rolls of sheet hot rolling mills. A substantial influence on contact fatigue durability of the level and unevenness of the loadings on rolls in operation is established. It is established that the unevenness of inter-roll stresses in contact of working and backup rolls leads to a considerable difference of values of maximum tangent stresses. The unevenness of loading parameters leads to various degree of resilience of the active layer of rolls and its decrease as the active layer is spent owing to emergence of fatigue defects. A criterion is presented in defining the rational arrangements and routes in cages of a thin-sheet mill. A scheme of possible options of routes taking into account external influences and internal roll factors is developed. Graphic interpretation of route optimization is given. The method of operation of backup rolls in cages of the continuous group of the mill according to the adopted criterion is justified. The suggested route considers the level of loading of rolls in various cages of the mill and the degree of spending the active layer.

Key words: backup rolls, thin-sheet hot rolling mill, loading level, active layer, route of movement.

Несмотря на определенный накопленный опыт эксплуатации опорных валков на непрерывных станах горячей прокатки, в настоящее время в практике эксплуатации недостаточно обоснованы критерии рациональных расстановок и маршрутов движения валков по клетям.

Применительно к валкам непрерывных станов холодной прокатки предлагаются различные режимы маршрутов как рабочих, так и опорных валков [3, 4, 5].

Однако условия эксплуатации валков листовых станов горячей и холодной прокатки существенно различны, поэтому критерии расстановок и движения опорных валков по клетям тонколистового стана горячей прокатки должны учитывать специфические условия их эксплуатации. При этом необходимо учесть, что для опорных валков существенным критерием является долговечность в циклах нагружения или стойкость в тоннах проката, а вероятность появления дефектов контактно-усталостного происхождения (выкрошки, отслоения) может приводить к снижению долговечности. Порядок чередования нагрузок, длительная эксплуатация опорных валков при различных нагрузках, с одной стороны, определяется условиями эксплуатации валков, а с другой – может приводить к появлению усталостных дефектов при нерациональном движении валков по клетям стана по мере отработки активного слоя. При этом важным является учет следующих факторов.

Учет твердости поверхности бочек валков. С точки зрения износостойкости и влияния износа опорных валков на неравномерность суммарного профиля рабочих и опорных валков целесообразна эксплуатация опорных валков с наименьшим (~ до 25 %) расходом активного слоя в последних клетях чистовой группы стана. При этом необходимо учесть, что снижение твердости по мере расхода активного слоя составляет для максимально изношенных валков в среднем 5 ед. HSh, что существенно влияет на эксплуатационные свойства активного слоя и приводит к снижению сопротивляемости активного слоя внешним воздействиям.

Учет действующих нагрузок. Для чистовых клетей тонколистовых станов горячей прокатки характерным является снижение усилий прокатки от первых к последней клетю, то есть наблюдается существенная неравномерность нагрузок (максимальных, средних). Кроме того, вследствие неравномерности износа, прогибов валков и их тепловой выпуклости существенно неравномерность и межвалковых давлений в контакте рабочих, и опорных валков для каждой клетки чистовой группы стана. Это приводит к неравномерности максимальных касательных напряжений τ_{\max} в поверхностной зоне бочки валка, ответственных за развитие усталостных дефектов, то есть в зоне действия максимальных межвалковых давлений, а также глубины залегания τ_{\max} .

Неравномерность нагрузочных параметров приводит к различной степени сопротивляемости активного слоя, появлению дефектов контактно-усталостного происхождения, а также к ее снижению по глубине активного слоя.

В связи с вышеизложенным, метод рациональных маршрутов опорных валков должен предусматривать вышеперечисленные факторы.

На основе анализа факторов, влияющих на принципы формирования маршрутов, критерием при определении рациональных расстановок и маршрутов по клетям принята максимальная наработка валков до усталостного отказа N_{\max} по выражению:

$$N_{\max} \Rightarrow k_1(D_1) \rightarrow k_2(D_2) \rightarrow k_i(D_i),$$

где N_{\max} – максимальная суммарная наработка валка в циклах;

k_1, k_2, k_i – номер клетки с уровнем давления P_1, P_2, P_i ;

D_1, D_2, D_i – диаметр валка, характеризующий степень обработки активного слоя A_j и уровень твёрдости бочки валка HSh_j .

Рациональным маршрутом движения валков следует считать последовательность рациональных расстановок по мере расхода активного слоя валков после каждой перешлифовки (переточки) и установки по клетям, приводящая к достижению валком величины N_{\max} .

Возможны различные варианты расстановок валков по клетям и последовательности их отработки, то есть маршрутов (перестановок).

На рис. 1 приведена общая схема возможных m вариантов маршрутов M_k .

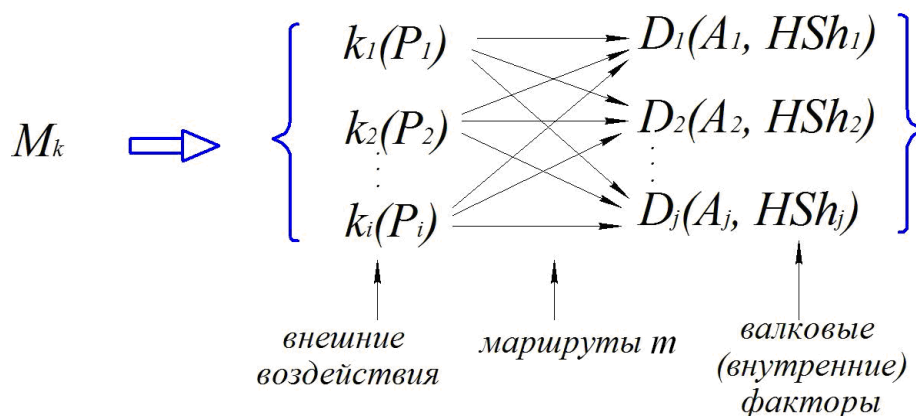


Рис. 1. Общая схема возможных m вариантов реализации маршрутов M_k

Каждой i -й клетки k_i присущи внешние воздействия, определяемые величиной нагрузки P_i , воздействующей на валок диаметром D_j .

Каждому валку с диаметром D_j присущи внутренние факторы, то есть определённые уровни отработки активного слоя A_j и твёрдости HSh_j . Стрелками показана многовариантность различных маршрутов M_k .

По мере расхода активного слоя значительно уменьшается твёрдость поверхности бочек валков, уменьшается степень сопротивляемости материала в наиболее нагруженной зоне, характеризуемой наличием в поверхностной зоне бочки валка максимальных растягивающих напряжений τ_{\max} . Это приводит к росту интенсивности накопления усталостных повреждений и изменению (увеличению) угла наклона кривых контактной усталости β в наиболее нагруженной зоне материала бочки валка [1, 2].

С учётом изменения параметров усталостных кривых по мере расхода активного слоя вариант оптимизации маршрутов можно представить в виде графического решения (рис. 2).

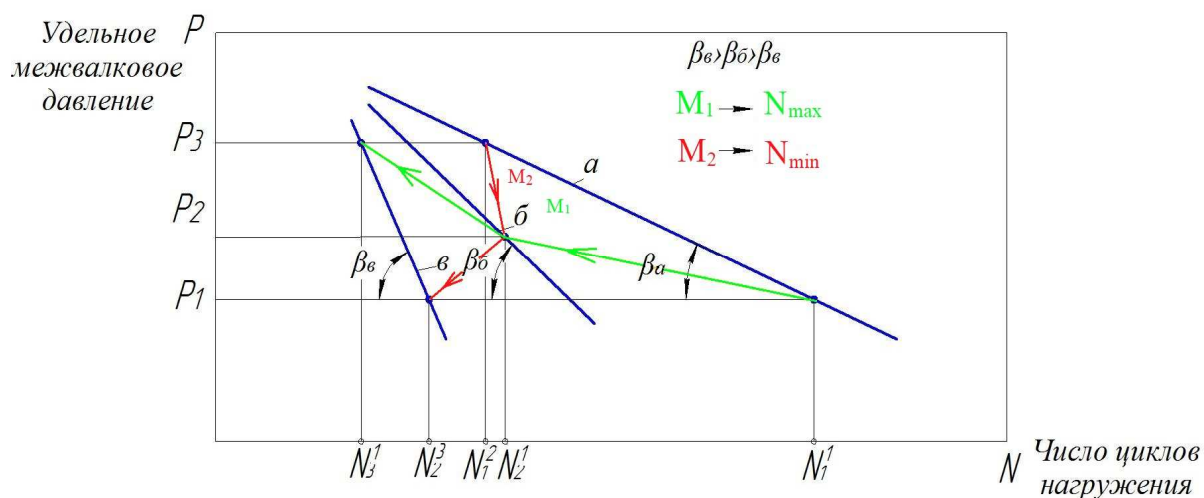


Рис. 2. Графическая интерпретация оптимизации маршрутов опорных валков по кривым контактной усталости: а) кривая контактной усталости нового валка; б) кривая контактной усталости валка со средней степенью расхода активного слоя; в) кривая контактной усталости валка с максимальной степенью износа активного слоя

В соответствии с данной схемой проведено сравнение суммарной долговечности по циклам нагружения для 2-х маршрутов.

Так, для маршрута M_1 эксплуатация нового валка осуществляется в клети с минимальным уровнем нагружения P_1 до достижения числа циклов нагружения N_1^1 .

Далее эксплуатация валка со средней степенью расхода активного слоя осуществляется в клети с более высоким уровнем нагружения N_2^1 .

Затем валок с наибольшей степенью расхода активного слоя переводится в клетку с наибольшим уровнем нагружения P_3 и эксплуатируется до достижения числа циклов нагружения N_3^1 .

Для маршрута M_2 эксплуатация нового валка осуществляется в клети с максимальным уровнем нагружения P_3 до достижения числа циклов нагружения N_3^1 . Далее эксплуатация валка со средней степенью расхода активного слоя осуществляется в клети с менее высоким уровнем нагружения N_2^1 . Затем валок с наибольшей степенью расхода активного слоя переводится в клетку с наименьшим уровнем нагружения P_1 и эксплуатируется до достижения числа циклов нагружения N_1^1 .

Анализ графической интерпретации показывает, что суммарная долговечность ($N_1^1 + N_2^1 + N_3^1$) валка при его движении по мере расхода активного слоя от менее нагруженной клетки к более нагруженной (по маршруту I) превышает его суммарную долговечность ($N_1^2 + N_2^2 + N_3^2$), получаемую при движении валка по мере расхода активного слоя от более нагруженной клетки к менее нагруженной (по маршруту II).

С учётом рассмотренной схемы может быть рекомендован следующий маршрут движения опорных валков по клетям чистовой группы, состоящей, например, из семи клеток (рис. 3).

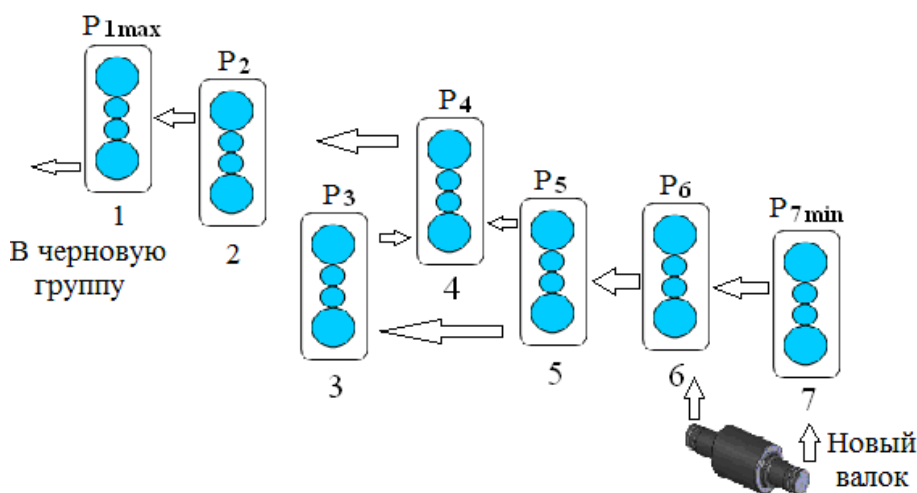


Рис. 3. Маршрут движения опорных валков по клетям 1-7 чистовой группы:

P_1 - P_7 – уровни нагрузок

Представленная на рис. 3 схема рациональных расстановок и маршрутов валков определена с учётом фактического на данный момент распределения межвалковых давлений по клетям, при перераспределении усилий прокатки и, как следствие, межвалковых давлений, схема расстановок и маршрутов изменится, однако общие закономерности построения характерны для любого варианта распределения параметров P_i , D_j :

- ввод новых валков и их эксплуатация с минимально изношенным диаметром должны осуществляться в клетях с наименьшим уровнем нагружения по межвалковому давлению;
- эксплуатацию максимально изношенных валков необходимо осуществлять в наиболее нагруженных клетях.

Список литературы

1. Жильцов А. П., Ахтырцев С. А., Бучакчийский А. В. Применение метода пассивного эксперимента для определения параметров кривой контактной усталости валков тонколистовых станов [Текст] // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 7. – С. 141–141.
2. Жильцов А. П., Ахтырцев С. А., Бучакчийский А. В. Применение скорректированной линейной гипотезы для оценки интенсивности накопления усталостных повреждений при эксплуатации листопркатных валков // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 8. – С. 135–135.
3. Пат. 2473405 Российская Федерация, МПК В21В28/02 Способ эксплуатации рабочего валка [Текст] /Божков А.И. [и др.] – № 2011121856/02 от 30.05.2011.
4. Пат. 2377086 Российская Федерация, МПК В21В28/02 Способ эксплуатации рабочих валков станов холодной прокатки [Текст] /Лисичкина К.А. [и др.] – № 2008121040/02 от 26.05.2008; опубл. 27.12.2009. – 5с.
5. Трайно А. И. Исследование и разработка ресурсосберегающих режимов производства листовой стали [Текст]: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2009. – 50 с.

Рецензенты:

Зверев Виталий Валентинович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой металлических конструкций ЛГТУ (ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет», Минобрнауки РФ), г. Липецк.

Козлов Александр Михайлович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии машиностроения ЛГТУ (ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет», Минобрнауки РФ), г. Липецк.