

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ШИРОКОПОЛОСНОЙ ПРОКАТКЕ

Болобанова Н.Л.^{1,2}, Ермушин Д.Ю.¹

1) Череповецкий государственный университет,
Череповец, Российская Федерация

2) Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН
Москва, Российская Федерация

Листопрокатные валки являются основным деформирующим инструментом, определяющим процесс формообразования широкой стальной полосы. Самой распространенной валковой системой была и остается система кварто, включающая опорные валки большого диаметра и рабочие валки меньшего диаметра (рисунок 1).



Рисунок 1 – Валковая система кварто

На основе зарубежного опыта эксплуатации непрерывных широкополосных станов с 2002 г. ПАО «Северсталь» применяет опорные валки с рабочим слоем из стали, содержащей 5% Cr [1]. Глубина рабочего слоя бочки с постоянной твердостью достигает 15% номинального диаметра валка. Эксплуатация таких валков включает чередование их работы по клетям стана в контакте со смежным рабочим валком с перешлифовками для снятия поврежденного слоя до полной выработки рабочего слоя. Нарботка

опорного валка может превышать 10 млн т, срок его эксплуатации доходит до 5 лет. Опорные валки последнего поколения характеризуются незначительным износом, и основным критерием при определении величины съема с таких валков во время перешлифовки становится требование по удалению наклепа бочки. В этом случае твердость бочки после шлифовки не должна превышать 2–3 HSD по сравнению с исходной твердостью бочки опорного валка, измеренной перед началом его эксплуатации на стане [2]. Для достижения высокой наработки валка и увеличения тоннажности прокатной кампании важно установить закономерности поверхностного деформационного упрочнения бочки опорных валков при прокатке различного объема металла с разной скоростью и другими показателями процесса прокатки.

Моделирование упрочнения бочки опорного валка для экономии времени расчета выполнено в 2D-постановке в зависимости от числа контактов с

рабочим валком, определяемым путем обработки данных, фиксируемых автоматической системой измерения и контроля параметров прокатки. При средней тоннажности кампаний 275 тыс. т число циклов контакта в первой клети чистовой группы непрерывного широкополосного стана горячей прокатки составляет $0,3 \cdot 10^6$, что соответствует прокатке полос длиной 1440 км, средняя погонная нагрузка в межвалковом контакте равна 1,14 т/мм. Последняя

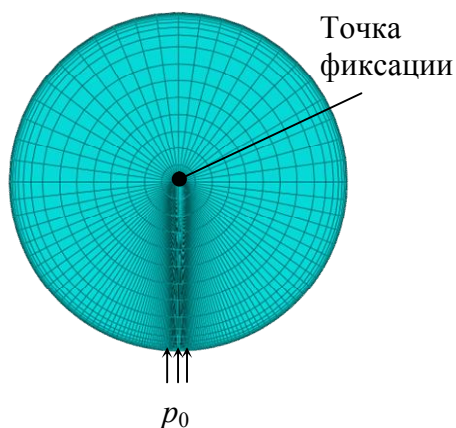


Рисунок 2 – Конечно-элементная модель опорного вала

клеть характеризуется числом циклов – $1,74 \cdot 10^6$, длиной полос 8280 км и погонной нагрузкой в контакте – 0,5 т/мм. Диаметр бочки опорного вала равен $D_{оп} = 1500$ мм, свойства материала рабочего слоя бочки вала получены в программном комплексе JMatPro. Упругопластическая модель бочки опорного вала (рисунок 2) нагружена нормальным давлением p_0 со стороны контакта с рабочим валком от действия усилия прокатки. Для реализации циклов контакта межвалковое давление задавалось в виде графика

гармонических колебаний по закону косинуса.

После обработки результатов численного эксперимента с помощью обобщенного метода наименьших квадратов и имеющихся исследований зависимости между твердостью и напряжением деформируемого тела на основе получения тарировочных графиков «твердость – напряжения» при испытаниях на сжатие [3] было получено выражение приращения твердости бочки вала в зависимости от работы в i -ой клети чистовой группы за прокатную кампанию:

$$\Delta HSD_i = -1,1158 + 0,0006926 \cdot L_{пи} + 3,0258 \cdot q_i, \quad (1)$$

где $L_{пи}$ – длина прокатанной полосы в i -ой клети, км; q_i – средняя погонная нагрузка в межвалковом контакте i -ой клети, т/мм. Значения коэффициента корреляции составило $r = 0,99$.

Для качественной оценки критерия приращения твердости бочки (1) была реализована серия промышленных экспериментов по измерению упрочнения бочек валков по клетям стана. Степень соответствия значений фактического и рассчитанного приращения твердости бочки опорного вала по клетям стана составила $R^2 = 87,2\%$, средняя погрешность – 11,4%. Зависимость (1) предложено использовать для определения допустимого объема кампании опорных валков и величины съема рабочего слоя при шлифовке.

1. Гостев К. Современные валки на станах 2000 Череповецкого и Магнитогорского металлургических комбинатов // Металлург. – 2008. – № 9. – С. 52–55.
2. Хайстеркам П., Шнайдер З., Джи В. Расширяя пределы возможностей материалов опорных валков // Сталь. – 2019. – № 11. – С. 26–33.
3. Богомолов Ю.С., Дель Г.Д., Седоков Л.М. Зависимость между твердостью и напряжением деформируемого тела // Известия Томского политехнического института им. С.М. Кирова. – 1966. – Т. 147. – С. 14–17.

УДК 621.91.04

ОБРАБОТКА НАРУЖНЫХ ПРОФИЛЬНЫХ МОМЕНТОПЕРЕДАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Данилов А.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Характерным для профильных соединений является высокий уровень напряжений на наиболее нагруженных участках их сопряженных поверхностей, поэтому технология их обработки должна обеспечивать повышенную контактную жесткость неподвижных и износостойкость подвижных соединений за счет упрочнения. При выборе метода и схемы упрочнения профильных поверхностей принимается во внимание, что сложность их геометрии обуславливает необходимость применять методы их упрочнения, после которых не требуется дополнительная обработка изделий. Этому требованию отвечают, например, методы поверхностного пластического деформирования (ППД).

Существенным технологическим преимуществом профильных моментопередающих поверхностей по сравнению со шлицевыми является возможность их упрочнения теми же методами ППД, что и круглых поверхностей. Возможность реализации этого преимущества должна обеспечиваться технологией изготовления деталей профильного соединения, в частности, комплексной их обработкой резанием и ППД. Совмещение процессов резания и ППД позволяет повысить качество обработки моментопередающих поверхностей и улучшить эксплуатационные характеристики профильного соединения, что обуславливает актуальность разработки соответствующих схем формообразования и средств их реализации.

Для упрочняющей обработки ППД поверхностей с Рело-профилем требуются соответствующие инструменты и станочное оборудование. Для стабилизации эксплуатационных свойств на всей обработанной поверхности важно обеспечить постоянство усилия взаимодействия с ней рабочего элемента