

Применение магнитной структуроскопии прокатных валков для управления качеством проката

Л.А. Крутикова

В работе рассматриваются возможности применения магнитной структуроскопии для оценки состояния прокатных валков под влиянием условий эксплуатации. Работа проводилась на листовых станах. Использование магнитной структуроскопии для контроля состояния формообразующего инструмента в трубном производстве ожидается более эффективным, чем в листовой прокатке.

По оценкам крупнейших аналитических агентств мировая черная металлургия находится под давлением избыточных мощностей. От 10 до 20 % действующих предприятий обречены на ликвидацию. Поэтому снижение затрат на производство стали – ключевая проблема повышения конкурентоспособности. В калькуляции себестоимости листа затраты на валки колеблются от 0,5 до 1 % при квалифицированной эксплуатации подобного изделия, и от 2 до 3 % в тех случаях, если правила эксплуатации валков основаны только на опыте, интуиции персонала, а оптимизация эксплуатации валков проводится методом проб и ошибок.

Два основных фактора определяют, каким будет коэффициент расхода валков на тонну проката – правильный выбор поставщика и правильная эксплуатация.

Правильная эксплуатация представляет собой узел инженерных и организационных проблем – хорошее вальцешлифовальное оборудование, соблюдение технологии шлифовки валка, подогрев валка перед завалкой, грамотный расчет кампании валка, удачная профилировка, обоснованный маршрут перемещения валка из клетки в клетку, диагностика остаточного ресурса валка, правильная оценка последствий нештатных ситуаций.

Выбор поставщика по эффективности не уступает организации правильной эксплуатации валков.

Арсенал металлургов для решения вышеперечисленных задач на большинстве заводов не менялся десятилетиями. Входной контроль валков выполняется по контролю твердости, а в случае частых

разрушений валков в процессе прокатки используют ультразвуковой контроль для поисков внутренних дефектов.

Магнитная структуроскопия позволяет увидеть в валке исходное состояние микроструктуры и напряжений, а также отследить изменения этих характеристик в процессе эксплуатации. Измеряя распределение значений магнитной характеристики на поверхности катания валка, мы получаем комплексный показатель качества, который дает объективную оценку состояния валка и позволяет прогнозировать его остаточный ресурс.

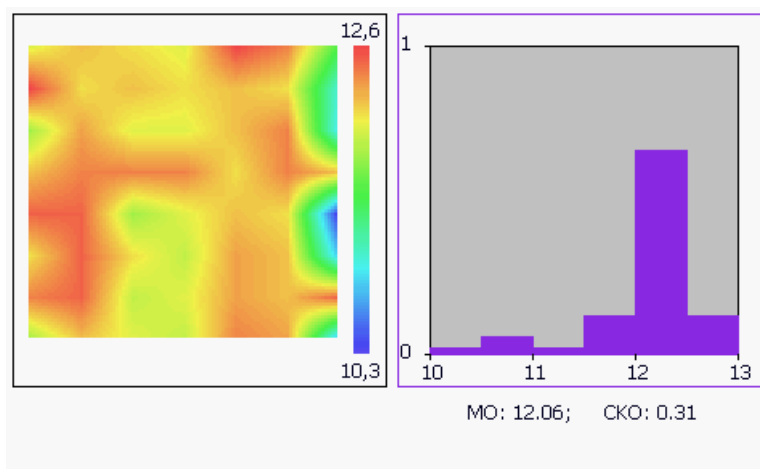
Пока что лучшими средствами исследования состояния валков являются двухполюсные коэрцитиметры с возможностью обработки результатов в процессе измерений. Два полюса позволяют определить направление действия наибольших напряжений в изделии, а карманный персональный компьютер, в котором обрабатываются результаты измерений, позволяет обнаружить аномалию в металлическом изделии, оценить её опасность и, в случае необходимости, подробно исследовать аномальную зону с меньшим, чем обычно, шагом.

При измерении магнитных свойств (коэрцитивной силы, КС) поверхности катания бочки валка обычно получаем псевдоцветовую магнитограмму развёртки поверхности катания и гистограмму распределения коэрцитивной силы. Псевдоцветовая магнитограмма строится таким образом, что участки с минимальной коэрцитивной силой закрашиваются синим цветом, с максимальной КС – красным. Красные участки соответствуют наибольшим прочностным свойствам или накопленным напряжениям. Гистограмма даёт количественную оценку состояния изделия, что позволяет делить валки на группы от годного без ограничений до исчерпавшего ресурс.

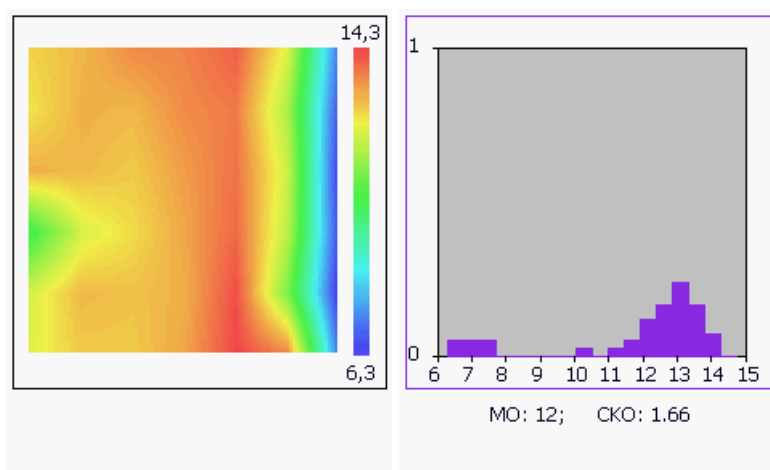
Ниже приведены псевдоцветовые магнитограммы рабочего слоя пары рабочих валков листопрокатного стана в развёртке. Магнитограммы для этой пары выполнены в режиме автоматического выбора шкалы представления результатов – от минимального до максимального значения КС.

Магнитограммы выглядят похожими, но среднее квадратиче-

ское отклонение КС показывает, что валок № 168 значительно хуже валка № 158 и склонен к неравномерному износу.



*Восстановленный валок № 158ви **годный без ограничений***



*Восстановленный валок № 168ви **годный к использованию в облегённых условиях***

Рис. 1. Сравнение магнитограмм и гистограмм рабочих валков стана холодной прокатки после восстановительного ремонта.

Можно ли получить такие сведения о состоянии валка, используя традиционное измерение твердости поверхности?

На рисунках 2 и 3 представлено изменение распределений значений твердости по Шору поверхности катания опорного валка и распределения значений коэрцитивной силы поверхности катания этого же опорного валка в зависимости от объема прокатанной продукции. При рассмотрении этих результатов надо иметь в виду, что коэрци-

тивная сила определяется не буквально на поверхности. Глубина промагничивания рабочего слоя валка между полюсами коэрцитиметра достигает 20 мм. Твердость же характеризует только поверхностный слой бочки валка. Сравнение этих двух рисунков показывает, что твердость поверхности является малоинформативной характеристикой и не может дать такой исчерпывающей картины внутреннего состояния валка, как магнитный метод.

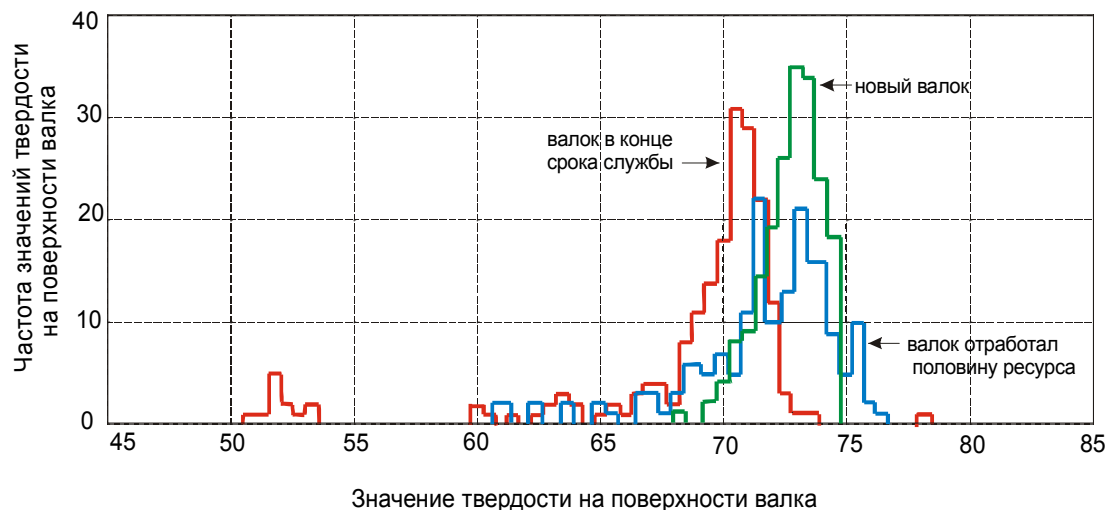


Рис. 2. Изменение распределения значений твёрдости по Шору поверхности катания опорного валка (Сталь 75 ХМФ) в зависимости от объема прокатанной продукции (эксплуатационного ресурса)

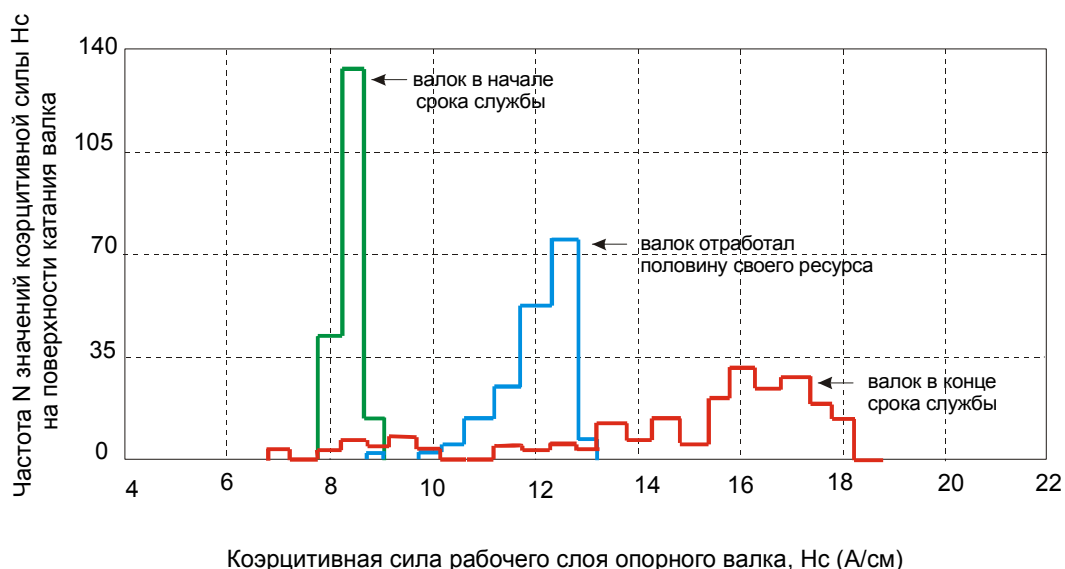


Рис.3. Изменение распределения значений коэрцитивной силы поверхности катания опорного валка (Сталь 75 ХМФ) в зависимости от объема прокатанной продукции (эксплуатационного ресурса)

Оценочные критерии четко очерчены и хорошо выражены. Так, коэрцитивная сила металла поверхности катания стального опорного валка от начала эксплуатации до полного исчерпания его ресурса увеличивается почти вдвое, см. рис. 3. Такое изменение информационного параметра при простоте и дешевизне реализации контроля позволяет коэрцитиметрии сразу же с начала ее применения результативно решать задачи повышения эффективности эксплуатации прокатных валков и при этом оказаться вне конкуренции среди других возможных методов решения подобных задач в настоящее время.

Среди производителей валков этим методом пользуется Магнитогорский завод прокатных валков. База данных МЗП по влиянию технологических факторов на качество готовой продукции лучшая в отрасли. Богатый опыт применения магнитной структуроскопии валков накоплен Северсталью. Трубные заводы до сих пор не интересовались магнитной структуроскопией валков, хотя эффект от применения метода может быть очень значительным.

Увеличение быстродействия исполнительных механизмов прокатных станов вызвало иллюзорное представление о том, что точностью прокатки можно управлять в процессе производства каждой единицы продукции. Попытки создания систем такого назначения на листовых станах нигде не привели к успеху, контролируются шумы от средств измерений, а попытки управлять шумами непродуктивны.

На рисунке 4 приведен пример набора прокатных валков листового стана одной из кампаний.

Это рабочие валки листового стана холодной прокатки перед завалкой. Если тот, который на слайде слева вверху, поставят в стан, он будет так быстро изнашиваться, что придётся делать неплановую перевалку. Его забыли термообработать в процессе восстановления.

Предполагаю, что неравномерность износа формообразующего инструмента на трубопрокатных станах имеет более серьёзные последствия, чем на листовых, что вынуждает трубопрокатчиков пользоваться более широкими допусками по разнотолщинности и нести убытки от прокатки в плюсовых допусках.

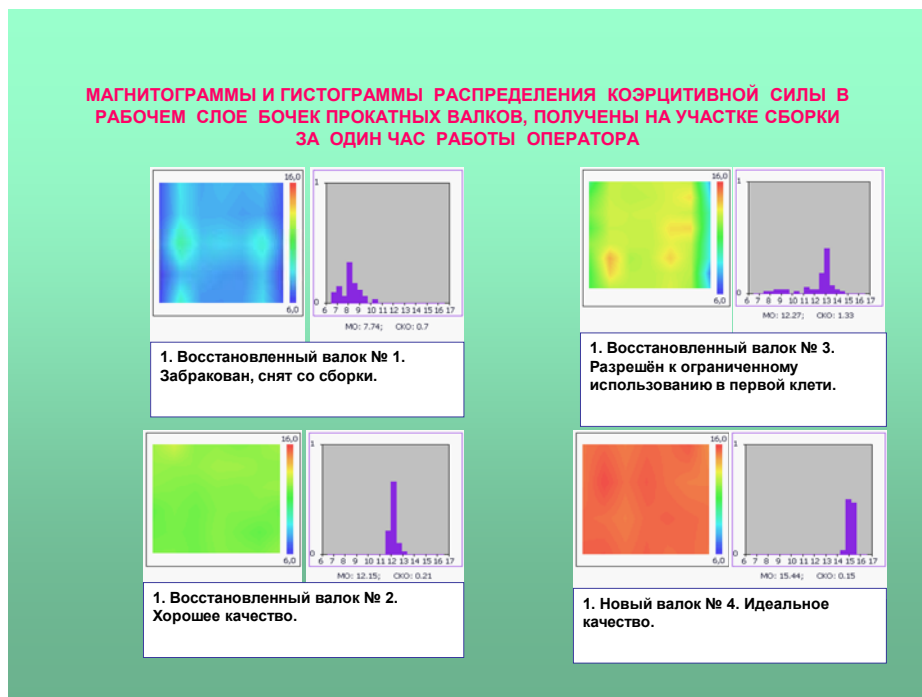


Рис. 4. Магнитограммы валков листового стана в одной цветовой шкале.

База данных магнитограмм прокатных валков листовых станов показывает, как выглядят результаты ошибок эксплуатации валков.

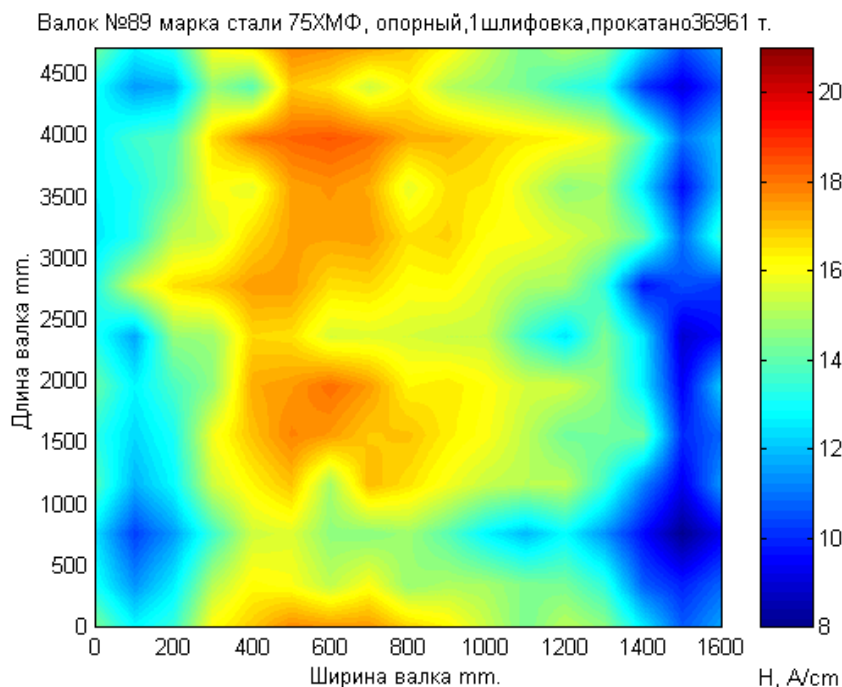


Рис. 5. Валок со скосами по краям бочки, центр перегружен, в зоне перехода от скоса к рабочей поверхности – резкий перепад напряжений. Практика показывает, что в переходной зоне появятся выкрошки.

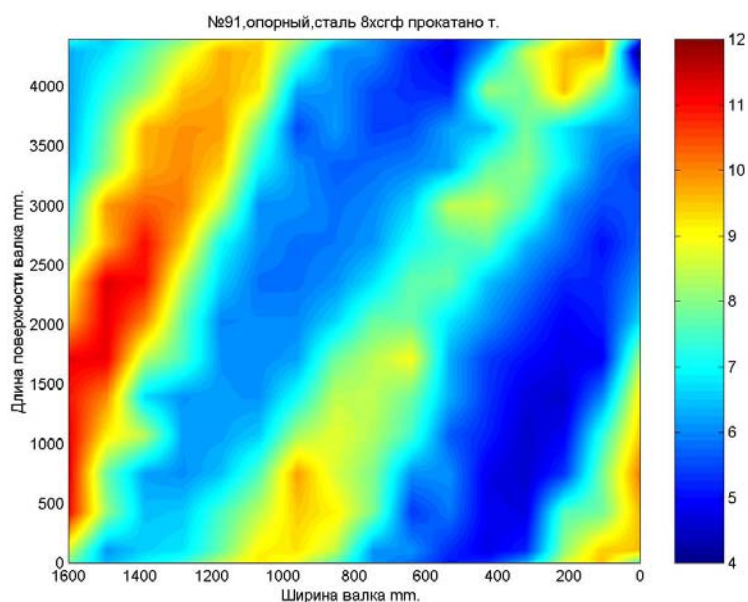


Рис. 6. Опорный валок, который был окован порванной полосой. После перешлифовки видимых повреждений не осталось, но магнитный контроль показывает, что валок не готов к эксплуатации.

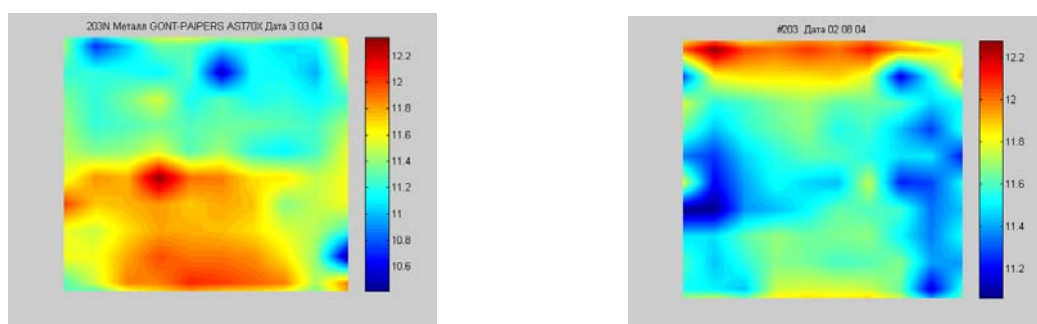


Рис. 7. Пара валков с выраженной овальностью. Дальнейший мониторинг показал, что при перешлифовках овальность сохраняется.

Формообразующий инструмент трубопрокатных станов должен иметь свои особенности, отличные от особенностей валков листовых станов, однако существуют общие принципы. Если подбор инструмента для каждой кампании осуществлять с применением магнитной структуроскопии, можно избежать неравномерного износа, пятнистости, ошибок профилировки, а также сделать продолжительность кампании более точно прогнозируемой.

Белорусские заводы имеют шанс стать пионерами в применении магнитной структуроскопии на сортовых и трубных станах.

В работе использованы материалы ОАО «НЛМК» и ОАО «Северсталь», представленные на выставках, конференциях и опубликованные в открытой печати.