

Г.Я. Безлюдько (НПФ "СНР", г.Харьков), В.Ф. Мужичицкий (ЗАО "НИИИИИ МНПО "Спектр", Москва), Л.А. Крутикова (Новолипецкий металлургический комбинат, г.Липецк), И.Л. Казюкевич (ОАО металлургический комбинат "СеверСталь", г.Череповец), Б.Е. Попов (ЗАО ИКЦ "Кран", Москва)

ОЦЕНКА ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ НА ОСНОВЕ МАГНИТНОГО (ПО КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЕ) МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Сообщается об использовании магнитного метода (по коэрцитивной силе H_C) для оценки текущего состояния и остаточного ресурса прокатных валков. Было проверено 60 валков. Показано, что H_C возрастает почти в 2 раза при эксплуатации валка от начала эксплуатации до полного исчерпания его ресурса. Приведены результаты наблюдений степени неравномерности распределения H_C на поверхности катания валка в процессе эксплуатации. Результаты исследований позволили оптимизировать маршрут каждого валка по клетям стана, чтобы избежать концентрации напряжений на одной и той же глубине рабочего слоя валка в процессе перевалок. Применение магнитного метода по H_C позволяет эффективно оценить текущее состояние накопления усталостных явлений в рабочем слое прокатного валка.

Современный рынок металла инициирует поиски все новых резервов снижения издержек производства. На этом пути особо привлекательны решения, которые совершенствуют самые затратные звенья. При этом наиболее интересны и ценны предложения, реализующиеся с минимальными затратами средств и времени. На примере прокатного производства ОАО металлургического комбината "СеверСталь", г.Череповец, Россия, представляется решение именно такого класса.

В условиях крупномасштабного производства горяче-и холоднокатаного стального листа затраты на приобретение и эксплуатацию прокатных валков составляют существенную долю себестоимости готовой продукции. Рассматриваемый здесь подход улучшает эффективность использования имеющегося парка валков, снижая, тем самым, эксплуатационные издержки при одновременном улучшении качества металлопроката за счет более точного отслеживания и учета текущего состояния индивидуально каждого валка в течение всего срока его службы, начиная от входного контроля и до полного и контролируемого исчерпания его ресурса.

В основу подхода положен неразрушающий метод текущего контроля (в процессе всего срока службы) напряженно-деформированного состояния каждого валка в целом и особенно состояния его рабочего слоя по измерениям такой магнитной характеристики металла, как коэрцитивная сила H_C . Подобный подход давно признан в металлургии и машиностроении, но при сдаточном контроле готовой металлопродукции по механическим свойствам. В СНГ для этого был даже принят стандарт ГОСТ 30415-96 "Сталь.

Неразрушающий контроль механических свойств и микроструктуры металлопродукции магнитным методом".

При выборе направленности данной работы, кроме этих исходных положений, так же принималось во внимание, что H_C - это наиболее структурочувствительная из магнитных характеристик металла, и что усталостные изменения металла - это преимущественно перерождение его структуры на микро- и макроуровне. В плане структурочувствительности с H_C могут соперничать только металлографические исследования и рентгеновский структурный анализ, которые, однако, являются скорее элитарными лабораторными методами и не пригодны для обычной практики непосредственно в условиях действующего металлургического производства. На такой основе и было решено проконтролировать по измерениям H_C механические свойства не только нового металла (конкретно - прокатного валка), но и проследить динамику изменения состояния металла рабочего слоя в процессе всего срока службы валка. При этом особый акцент ставился не просто на поиск общей зависимости величины H_C от срока службы валка, но и на возможность выявления локальных аномалий распределения значений H_C поверхности катания, связанных с зонами накопления остаточных напряжений в рабочем слое и предваряющих его отслоение и выкрошку.

Ниже, на измерениях H_C поверхности катания представительной выборки из 60 штук прокатных валков в течение их срока службы, показано, что данный параметр неразрушающего контроля оправдал такие ожидания. Измерения практически легко реализуются в ручном и автоматическом варианте контроля. Оценочные критерии четко очерчены и хорошо выражены. Так, H_C металла поверхности катания стального опорного валка от начала эксплуатации до полного исчерпания его ресурса увеличивается почти вдвое. Такое изменение информационного параметра при простоте и дешевизне реализации контроля позволяет коэцитиметрии 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.

Всю эту группу валков наблюдали в течение полутора лет. При контроле на рабочую поверхность валка наносили координатную сетку с привязкой ее к конструкции валка для выполнения всех последующих замеров в одних и тех же точках в процессе перевалок. Измерения выполняли ручным портативным магнитным структуроскопом КРМ-Ц-К2М. На поверхности каждого валка определяли H_C в двухстах точках. Распределение значений H_C рабочего слоя анализировали в зависимости от объема прокатанной продукции в течение всего срока службы каждого валка, рис.1. Здесь видно, что, в течение срока службы, математическое ожидание и дисперсия распределения значений H_C меняются более чем

вдвое. Параллельно проведены традиционные измерения поверхностной твердости, рис. 2. Они не столь информативны, так как величина твердости за этот же период изменяется всего на несколько процентов. На основе обработки измерений по всей выборке валков получены эмпирические зависимости, определяющие остаточный ресурс каждого валка по его "персональному" распределению значений H_C рабочего слоя в любой текущий момент его эксплуатации, рис.3 и рис.4, то есть по его текущему состоянию.

Особо интересны при этом приведенные на рис. 5 и рис.6, рис.7 и рис.8 примеры двумерных распределений H_C по поверхности катания двух валков. Степень неравномерности распределения у одного из них существенно больше. Наблюдение за этим валком в эксплуатации позволило проследить в течение нескольких перевалок процесс зарождения, формирования и развития зоны концентрации напряжения, закончившийся аварией с разрушением части рабочего слоя. Методами твердометрии и ультразвуковой дефектоскопии этот же процесс контролю не поддавался.

При очевидной эффективности H_C как параметра текущего контроля состояния валка, следует отметить так же, что данные исследования вполне реально могут быть дополнены измерениями распределения этой же характеристики еще и по глубине рабочего слоя, что позволит надежно контролировать глубину залегания слоя концентрации максимальных напряжений. Обладание такой достоверной текущей информацией после каждой перевалки позволяет оптимизировать маршрут каждого валка по клетям стана, чтобы избежать концентрации напряжений на одной и той же глубине рабочего слоя валка в процессе перевалок, и, тем самым, избежать его преждевременного разрушения. Кроме того, весь процесс контроля легко переводится из ручного в автоматизированный с помощью стационарных установок на станках для проточки и шлифовки валков. Это дает возможность кардинально снизить трудоемкость текущего коэрцитиметрического контроля, повысит его достоверность, облегчит ведение объективного банка данных по каждому валку в течение всего срока службы, начиная от входного контроля. А также позволит непрерывно следить за качеством эксплуатации валка по его состоянию после каждой завалки и обоснованно выбирать на этой основе сроки профилактического ремонта каждому валку, полагаясь при этом не на привычные среднестатистические нормы, равно как и задавать конкретные параметры ремонта рабочего слоя валка, руководствуясь его реальным состоянием. Предварительный анализ убедительно свидетельствует о наличии здесь существенных резервов при переходе от среднестатистических критериев к их выбору "по состоянию" индивидуально для каждого изделия. Особенно обнадеживает возможность четкой локализации местонахождения и степени деградации аномальных зон рабочего слоя и столь же четкая возможность контроля результатов восстановительных и предупредительных

мероприятий применительно к этим зонам. Здесь, кроме максимального продления службы валка, скрыты так же резервы за счет предупреждения аварийных простоев прокатного стана при разрушении валков непосредственно в процессе работы.

Из всего вышеизложенного очевидно, что, к давно известным классическим представлениям о развитии усталостных процессов в рабочем слое прокатного валка, данная работа добавляет эффективный и простой инструмент текущего контроля степени накопления этих усталостных явлений. Это позволяет от среднестатистических перейти к управляемым и даже оптимизационным критериям эксплуатации этих изделий "по состоянию" на всех стадиях их производственной жизни, и, тем самым, снизить себестоимость готовой продукции с неизбежным улучшением при этом и ее качества ввиду повышения качества эксплуатации прокатного оборудования. Введение подобного коэрцитиметрического мониторинга, по самым осторожным оценкам позволит не менее чем 10% снижение только прямых затрат на эксплуатацию парка прокатных валков предприятия-производителя листового металлопроката при сроках окупаемости понесенных затрат не более полугода.

Дата представления 11.09.01

Г.Я. Безлюдько, к.т.н., с.н.с

В.Ф. Мужикский, д.т.н., зам.директора, заведующий отделом,
119048, Москва, ул Усачева, 35, стр. 1, тел. 245-56-18

Л.А. Крутикова, начальник отдела

И.Л. Казюкевич, старший мастер службы НК цеха КИПиА

Б.Е. Попов, к.т.н., начальник отдела

ЛИТЕРАТУРА

1. L. Kroutikova, J. Shashenkova, About CIS Standard GOST 30415-96. Pros. 7-th Erop. Confer. On NDT, Copenhagen, 26-29 May 1998, p.350.
2. L. Kroutikova, V. Muzhitsky, B. Popov, G. Bezljudko. Magnetic Inspection of Stressed State Condition and Residual Resource of Steel Work. Pros. 7-th Erop. Confer. On NDT, Copenhagen, 26-29 May 1998, p.351.
3. L. Kroutikova, GOST standard 30415 Non-destructive Testing Control of Mechanical Properties and Mikrostruktura of Steel by Magnetik Method. Doc. N: v-1168-00, IIW, July 12, 2000.
4. G. Bezljudko, L. Kroutikova, P. Prokopenko. History and Perspektives of the CIS Standard GOST 30415-96 Steel. NDT Control of Mechanical Properties and Mikrostruktura of Steel Produkt by Magnetik Method Doc. N: v-1168-00, IIW, July 12, 2000.
5. V. Muzhitsky, B. Popov, G. Bezljudko. Magnetic Method and Instrumentation for Inspection of Ferromagnetic Steels Shattering Process for the Metallic Structures Residual Resource Evaluation of Machines and Vessels Working under Pressure. Pros. 15-th World Confer. On NDT, Rome, 15-21 Oct. 2000.

ПЕРЕЧЕНЬ ИЛЛЮСТРАЦИЙ

к статье Безлюдько Г.Я., Мужичко В.Ф., Крутиковой Л.А., Казюкевича И.Л., Попова Б.Е.

"ОЦЕНКА ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ НА ОСНОВЕ МАГНИТНОГО (ПО КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЕ) МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ".

Рис.1. Изменение распределения значений коэрцитивной силы поверхности катания опорного вала (сталь Ст 75ХМФ) в зависимости от объема прокатанной продукции (эксплуатационного ресурса).

Рис.2. Изменение распределения значений твердости на поверхности катания опорного вала Ст75ХМФ в зависимости от срока службы (объема прокатанной продукции).

Рис.3. Генеральное распределение значений коэрцитивной силы на поверхности катания опорных валков из стали Ст75ХМФ.

Рис.4 Накопление усталостных структурных изменений в рабочем слое опорных валков из стали Ст75ХМФ.

Рис.5 Пример распределений H_C по поверхности катания вала №72.

Рис.6 Пример двумерных распределений H_C по поверхности катания вала №72.

Рис.7 Пример распределений H_C по поверхности катания вала №29.

Рис.8 Пример двумерных распределений H_C по поверхности катания вала №29.