DOI: 10.17117/na.2016.01.01.399

Поступила (Received): 06.01.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.01.01.399.pdf>

Ворожищев А.Н., Дёма Р.Р.
Управление температурным режимом работы валков широкополосного стана горячей прокатки

Vorozhischev A.N., Dema R.R.
Thermal management of the work of hot rolling mill rolls broadband

В данной статье рассматриваются методы решения актуальной проблемы по настройке системы охлаждения. Приводятся два подхода решения задач настройки теплового режима валков на широкополосном стане горячей прокатки. Численная реализация данных подходов позволит разработать рекомендации по установке коллекторов под оптимальным углом

Ключевые слова: температура, валки, металлургия, охлаждение, коллектор, стан

Ворожищев Александр Николаевич
Ведущий инженер-программист
ММК-Информсервис, Магнитогорский государственный технический университет им. Носова
г. Магнитогорск, ул. Пушкина, 2 А, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38

Дёма Роман Рафаэлович
Кандидат технических наук, доцент
Магнитогорский государственный технический университет им. Носова
г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38

This article discusses methods for solving actual problems in setting up the cooling system. We give two approaches solve problems setting the thermal regime of the rolls in the broadband hot rolling mill. Numerical implementation of these approaches will develop recommendations for installing collectors at an optimal angle

Key words: temperature, rollers, metallurgy, cooling, collector, mill

Vorozhischev Aleksandr Nikolaevich
Senior software engineer
MMK-Informservis, Magnitogorsk state technical university named Nosov
Magnitogorsk, Pushkina st., 2 A, Magnitogorsk, Lenin ave., 38

Dema Roman Rafajelovich
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Magnitogorsk state technical university named Nosov
Magnitogorsk, Lenin ave., 38

Качество готовой продукции, горячекатаного металла, напрямую зависит от формообразующего инструмента – прокатных валков. Эксплуатация рабочих валков происходит при высоких температурах (температура подката составляет 1150...750 °С) и скоростях (до 13 м/с), поэтому охлаждение рабочих валков является неотъемлемой частью технологии горячей прокатки, реализуемой на станах [1,2].

Для обеспечения заданных параметров теплового режима современные станы оснащают мощными системами охлаждения и теплового профилирования валков и полосы.

В последние десятилетия совершенствованию систем охлаждения листовых станов уделяется большое внимание. Однако большинство имеющихся работ относится к холодной прокатке. Многие же аспекты настройки теплового режима для станов горячей прокатки почти не изучены и связано это с тем, что практически отсутствует системы надежно работающих датчиков, что создает сложности для контроля и регулирования теплового состояния валка. Связи с этим, практически все вопросы настройки системы охлаждения решаются на теоретическом или эмпирическом уровне.

Особенно актуальным вопрос настройки систем охлаждения станов горячей прокатки стал в последние 5...7 лет, и связан он с тем, что сортамент прокатываемых полос значительно изменился [2].

Тенденция современного листопрокатного горячекатаного передела:

1. Освоение и внедрение труднодеформируемых марок сталей предназначенных для мосто-, судо-, автостроения (с пределами прочности более 550 МПа)
2. Прокатка на станах горячей прокатки полос толщиной от 1,2...0,5 мм.

Приняв данные тенденции современного производства, технологам пришлось также поменять стратегию прокатки, что привело к образованию ряда узких мест.

На многих станах узким местом стала система охлаждения валков: чем тоньше прокатываемая полоса, тем меньше время пауз в ритме прокатки, что приводит к большому поступлению тепла в рабочие валки, повышению их температуры и росту колебаний теплового профиля. Система охлаждения, не рассчитанная к такому режиму, не в состоянии отводить от валков дополнительную энергию, валки перегреваются и выходят из строя.

Решением данной проблемы стала комплексная модернизация систем охлаждения, проводимая на многих предприятиях РФ (ОАО «ММК», ОАО «НЛМК»), которая включает в себя замену коллекторов, систем трубопроводов и т.п.

Однако, после замены существующих систем, необходимо произвести настройку данной системы, с учетом типоразмера и сортамента прокатываемых полос.

Таким образом, настройка теплового режима и систем охлаждения валков является актуальной задачей не только для цехов горячей прокатки, но и для листопрокатного производства в целом.

Решив эту задачу, можно добиться стабилизации теплового состояния инструмента за счет оптимального распределения охладителя по его поверхности.

В настоящий момент известен ряд подходов, из которых можно выделить следующие [3,7]:

- метод с использованием теплового баланса;
- использование уравнений теплопроводности.

Метод теплового баланса.

Рис. 3. Граничные условия на поверхности вала

С помощью этого метода рассчитывается среднеинтегральная температура всего поверхностного слоя валка, температура которого максимально подвержена колебаниям.

Чтобы приближенно определить среднюю температуру поверхности вала t_{cp} , которое при установившемся тепловом режиме равно среднеинтегральной температуре t_p всего поперечного сечения бочки вала, требуется составить и решить уравнение теплового баланса активного поверхностного слоя бочки вала за один оборот, из которого выводится следующее выражений [1]:

$$t_p = \frac{k_\alpha t_{ox11} \varphi_3 + k t_\Pi (\varphi_1 + (\varphi_2 + \varphi_4)/2)}{\varphi_1 + \varphi_3 + (\varphi_2 + \varphi_4)/2}, \quad (1)$$

где t_{Π} – средняя температура полосы в очаге деформации

$k < 1$ – коэффициент, учитывающий термическое сопротивление в слое окатыны, разделяющем поверхности полосы и валков в очаге деформации

 $k_{\alpha} > 1$ – коэффициент эффективности конвекционного теплообмена

С учетом охлаждения во время пауз среднюю температуру рабочего валка можно приближенно определить из выражения:

$$t_{p.cp} = t_p \frac{\tau_M}{\tau_M + \tau_n} \quad (2)$$

Где t_m t_p – машинное время и время пауз в цикле прокатки каждого рулона.

Таким образом, вся задача сводится к нахождению двух коэффициентов – k и k_{α} .

Метод уравнений теплопроводности.

В качестве варьируемых факторов, влияющих на изменение температуры валка, выбирается скорость прокатки, интенсивность охлаждения и место подачи воды на валок. Математическая модель взаимодействия в системе «Валок-полоса-охлаждающая среда» строится путем объединения задач о вязкопластическом течении металла в очаге деформации и распространении тепла во вращающемся валке. Течение металла и поле температуры принимаем плоским и квазистационарным.

В полосе поле скоростей и мощность внутренних тепловых источников определяется из решения связанной задачи термопластичности, предполагая, что в валке внутренние тепловые источники отсутствуют.

Рис. 4. Цилиндрическая система координат

Таким образом, определение тепловых полей валка и полосы сводятся к решению уравнения теплопроводности:

$$a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) - V_x \frac{\partial T}{\partial x} - V_y \frac{\partial T}{\partial y} + \frac{\theta}{\rho c} = 0, \quad (2)$$

где a – коэффициент теплопроводности,

T – поле температуры

V_x, V_y – компоненты скорости в направлении осей x и y

θ – мощность внутренних тепловых источников

ρ, c – плотность и емкость материала соответственно.

Метод теплового баланса позволит определить интенсивность тепла, распространяемого вглубь валка и среднеинтегральную температуру, которые требуются для расчета уравнения теплопроводности.

Сейчас, в связи с реконструкцией систем охлаждения и гидросбивов и ламинарных систем охлаждения, существует ограничение в объемах охлаждения. Это связано с освоением новых марок стали и новых станов. Эксплуатация рабочих валков осуществляется на уровне 89 градусов Цельсия за счет увеличения машинного времени при прокатке тонкого металла.

Заключение

Произведя численную реализацию вышеуказанных подходов, на основании теоретических исследований авторами будут разработаны рекомендации об установке коллекторов под оптимальным углом относительно рабочего валка и оптимальном расстоянии от поверхностного слоя, с целью достижения минимальной температуры поверхностного слоя инструмента при минимальных затратах воды.

Оценка качественных экономических показателей от внедрения результатов исследования может быть выражена в увеличении стойкости прокатных валков, за счет снижения съема при перешлифовке.

Список используемых источников:

1. Дема Р.Р., Зубарева М.В. Исследование теплового состояния прокатных валков черновой группы клетей стана 2000 г.п. ОАО "ММК" // Процессы и оборудование металлургического производства Межрегиональный сборник научных трудов. Магнитогорск, 2009. С. 282-283.
2. Платов С.И., Дема Р.Р., Лукьянов С.И. Разработка и внедрение технологии охлаждения прокатных валков с целью повышения их эксплуатационных характеристик на широкополосном стане 2000 ОАО

- «ММК» // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. № 2. С. 100-101.
3. Третьяков А.В., Гарбер Э.А. и др. *Металлургия Совершенствование теплового процесса листовой прокатки*. 1973. 304 с.
4. Шичков А.Н. *Температурный режим листопрокатных валков*. Л.: Издательство ЛГУ, 1974.
5. Хлопонин В.Н., Полухин П.И. и др. *Горячая прокатка широких полос*. М.: Metallurgy, 1991. 198 с.
6. Лабейш В.Г. *Жидкостное охлаждение высокотемпературного металла*. Л.: Издательство ЛГУ, 1983. 172 с.
7. Целиков А.И. и др. *Теория прокатки. Справочник*. М.: Metallurgy, 1982. 334 с.

© 2016, Ворожищев А.Н., Дёма Р.Р.

Управление температурным режимом работы валков широкополосного стана горячей прокатки

© 2016, Vorozhischev A.N., Dema R.R.

Thermal management of the work of hot rolling mill rolls broadband