

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА РАБОЧИХ ВАЛКОВ ШИРОКОПОЛОСНОГО СТАНА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

Воробей С.А. Институт черной металлургии Национальной Академии наук Украины,
Металлтехномаш, старший научный сотрудник, канд. техн. наук,

Приходько И.Ю. Институт черной металлургии Национальной Академии наук Украины,
Металлтехномаш, зав. отделом, канд. техн. наук.

Постоянное повышение требований к качеству горячекатаных полос и появление новых материалов валков стойких против износа привело к тому, что в последние годы значительное внимание стали уделять оптимизации температурного режима эксплуатации валков. При реконструкции системы охлаждения валков каждого конкретного прокатного стана необходимо определять наиболее рациональные ее параметры. Решить эту задачу возможно применением надежных математических моделей температурного режима эксплуатации валков, учитывающих основные параметры систем охлаждения и технологические параметры прокатки полос. Известные из технической литературы разработки в этой области (например, [1-3]) сложно использовать для выбора рациональных параметров систем охлаждения валков широкополосных станов горячей прокатки, так как они не учитывают влияние многих важных факторов.

Разработаны математическая модель и компьютерная система расчета параметров и оптимизации системы охлаждения рабочих валков чистовой группы широкополосного стана горячей прокатки, учитывающие основные технологические параметры процесса прокатки и параметры системы охлаждения валков. Система позволяет рассчитывать изменение среднemasсовой температуры валка во время прокатки полосы, а также во время паузы между прокатываемыми полосами, поля температур вдоль бочки, радиуса и окружности валка, а также тепловой профиль валка.

В качестве исходных данных используются следующие основные параметры.

1. Параметры прокатки: толщина полосы на входе и выходе из клетки, скорость прокатки, температура полосы, машинное время и время пауз, погонное усилие прокатки.

2. Параметры валков: диаметр, начальная температура, коэффициенты температуропроводности и теплопроводности.

3. Параметры системы охлаждения: температура и давление воды, расстояние от форсунок до поверхности валка, погонный расход воды на входной и выходной стороне валка, схема подачи охладителя по окружности валка.

Учитывается влияние подачи технологической смазки и так называемой системы антишелушения (подстуживания поверхности полосы у входа в валки).

Предусмотрена следующая расчетная схема. Окружность валка разбивается на восемь зон, соответствующих центральным углам $\varphi_1 - \varphi_8$ (рис. 1). Угол φ_1 , соответствующий очагу деформации, рассчитывается с учетом сплющивания валков.

Углы φ_2 и φ_8 определяются положением отсекателей воды. Отстальные углы рассчитываются, исходя из параметров форсунок охлаждения и их ориентации по отношению к валкам.

Тепловая задача решается методом конечных разностей при известной (рассчитываемой) величине коэффициента теплоотдачи последовательно по участкам окружности валка.

С целью упрощения решения задачи рассматривается приповерхностный слой валка определенной толщины, в котором задается конечно-разностная сетка вдоль окружности и вглубь приповерхностного слоя.

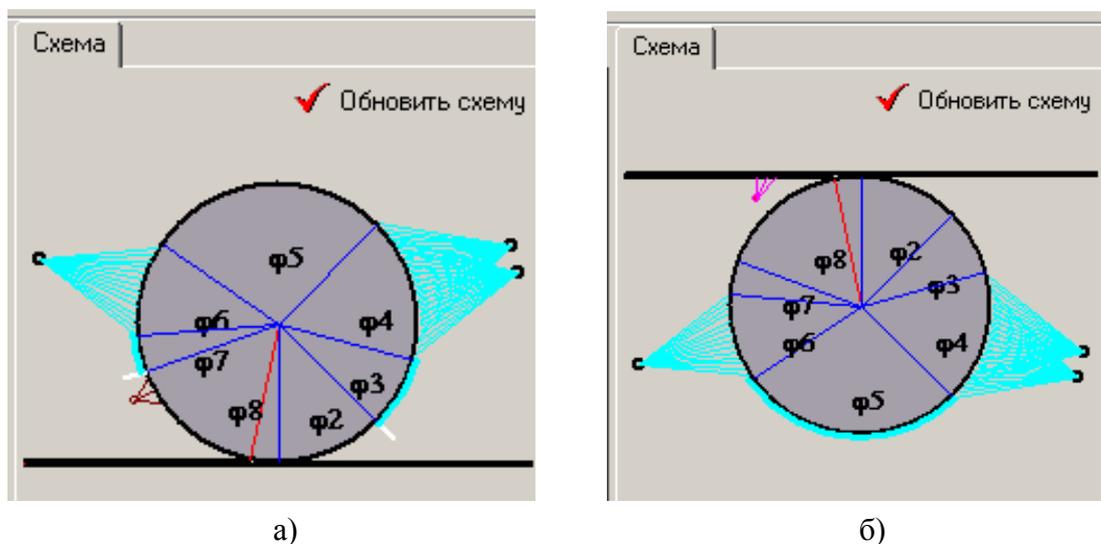


Рис.1. Примеры схем охлаждения валков: (а) - верхнего с подачей технологической смазки, (б) – нижнего с подстуживанием поверхности полосы

На участке φ_1 происходит разогрев поверхности валка от контакта с горячей полосой. На остальных участках – охлаждение поверхности валка и перераспределение температуры по его сечению. Коэффициент теплопередачи в очаге деформации рассчитывается в зависимости от погонного усилия прокатки с учетом наличия технологической смазки.

На остальных участках коэффициенты теплоотдачи рассчитываются в зависимости от условий охлаждения валка (зона активного охлаждения, зона пассивного охлаждения воздухом или стекающей водой), а также температур охладителя и поверхности валка. В зоне активного охлаждения учитывается давление воды, плотность орошения, тип форсунок и расстояние до них.

Все используемые коэффициенты эмпирические, которые получены в результате собственных экспериментальных исследований, либо соответствуют тем литературным данным, использование которых приводило к закономерным результатам влияния на температуру валков в известных условиях прокатки.

Базовой структурной составляющей алгоритма является конечно-разностная реализация расчета изменения температуры в приповерхностных слоях вала за один оборот. Полученное значение температуры вала используются как начальное в расчете следующего оборота. Во время пауз расчет отличается тем, что отсутствует приход тепла от контакта с горячей полосой. Установившийся температурный режим валков определяется исходя из заданной разницы температуры вала после прокатки смежных полос, например, не более $\pm 0,5$ °С.

Расчетные значения температуры вала вглубь приповерхностного слоя (по разностной сетке) и по характерным углам окружности вала в момент завершения прокатки последней полосы представляются в табличном и графическом виде (рис.2). Вычисляются также значения среднемассовой температуры вала в момент завершения прокатки последней полосы, а также после паузы перед прокаткой последующей полосы.

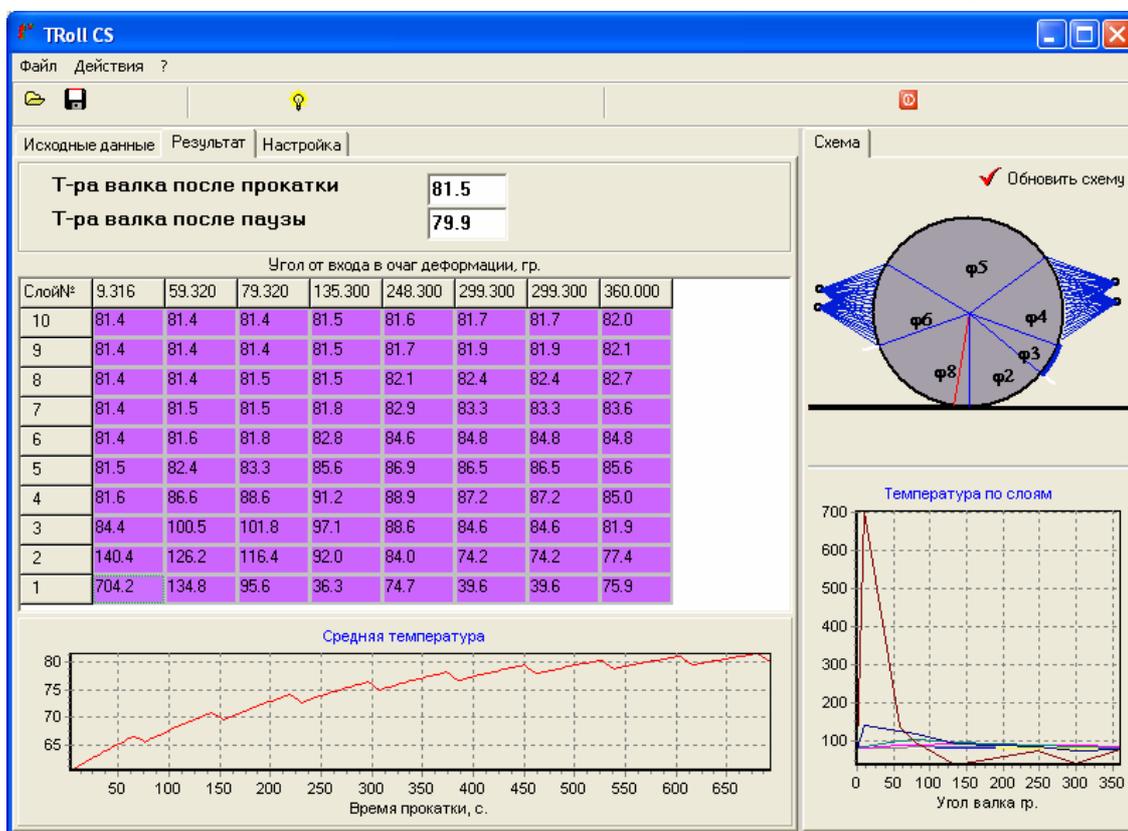


Рис.2. Рассчитываемые температурные параметры валков

Компьютерная система адаптировалась и прошла проверку в промышленных условиях широкополосных станов горячей прокатки 1700 "ИСПАТ-КАРМЕТ", 2000 ОАО «НЛМК», 2000 ОАО «ММК и показала удовлетворительные результаты. Так, на рис. 3 показана связь расчетных и измеренных температур рабочих валков ШСГП 2000 при прокатке полос толщиной 1,6 – 3,5 мм.

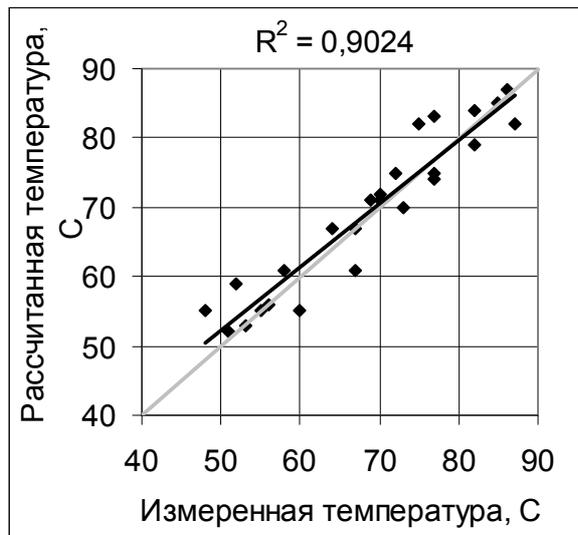


Рис. 3 Сопоставление расчетных и экспериментальных значений температуры валков чистовой группы ШСГП 2000

Разработанная методика расчета явилась составной частью более общей компьютерной системы расчета и оптимизации температурного режима рабочих валков клеток чистовой группы. Эта система позволяет рассчитывать режимы прокатки (энергосиловые параметры, температуру полосы по клетям) и определять оптимальное распределение охладителя по клетям с учетом режима прокатки, выбранной конфигурации системы охлаждения в каждой клетки, исходя из заданной температуры валков. В эту систему дополнительно вводятся следующие параметры: общее количество рабочих клеток; толщина, длина и температура раската; конечная толщина полос; химический состав стали; погонный расход воды на межклетьеовое охлаждение полосы. Режим обжаривания по клетям стана может быть рассчитан, исходя из различных критериев оптимизации, а может быть задан. Расчетные усилия прокатки могут быть скорректированы с учетом данных измерений. Система позволяет оптимизировать расход охладителя по клетям стана, исходя из заданной температуры валков в каждой клетки. Учитываются напорно-расходные характеристики форсунок системы охлаждения.

Результаты расчетов представляются в табличном и графическом виде (рис. 4).

В компьютерный комплекс включена также модель и ее компьютерная реализация, в которой разностная сетка задается по длине бочки и радиусу вала и решается осесимметричная тепловая задача. Решение этой задачи позволяет определить температурное поле в центральном продольном сечении вала, а также его тепловой профиль с учетом распределения охладителя вдоль бочки валков [4]. На рис. 5 в качестве примера представлено расчетное распределение теплового профиля рабочего вала в 3-й клетки чистовой группы ШСГП 2000 при прокатке полосы шириной 1200 мм.

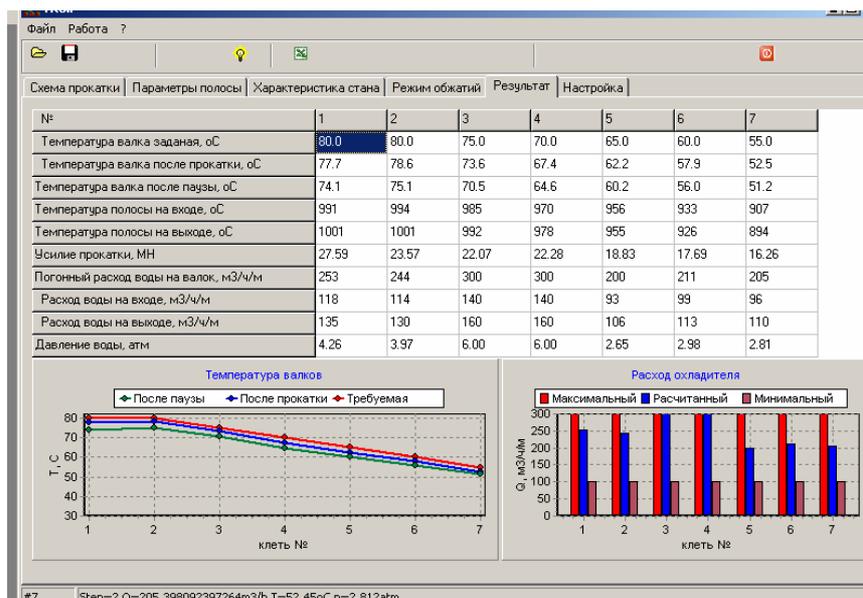


Рис. 4 Рассчитываемые технологические параметры прокатки и температурные параметры валков

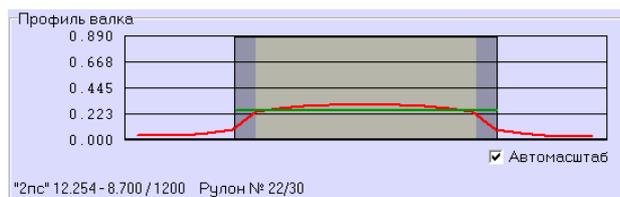


Рис. 5 Расчетный тепловой профиль [мм] рабочих валков 3-й клетки чистовой группы ШСГП 2000. Распределение погонного расхода охладителя по длине бочки - равномерное в центральной части длиной 1200 мм с плавным снижением погонного расхода на участках протяженностью 200 мм каждый. Начальная толщина полосы 12,3 мм, конечная 8,7 мм. Температура полосы 970 °С.

Разработанный программный комплекс позволяет определять рациональные параметры систем охлаждения валков в клетях станов горячей прокатки, в частности, рациональное распределение охладителя по образующей валков по окружности и вдоль бочки со стороны входа и выхода из валков, по клетям чистовой группы. Он позволяет определить достаточное для эффективного охлаждения валков давление в системе, оптимальное расстояние от форсунок до поверхности валков, смоделировать рациональное размещение и ориентацию форсунок в коллекторах охлаждения, рациональное распределение охладителя по длине бочки валков в условиях прокатки полос различного сортамента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горячая прокатка широких полос/ В.Н.Хлопонин, П.И.Полухин, В.И.Погоржельский, В.П.Полухин. – М.: Металлургия, 1991. – 198 с.
2. Моделирование теплового состояния рабочих валков клетей чистовой группы широкополосного стана/ О.Н.Логак., С.Н.Коваль., С.А.Воробей., Г.В.Левченко// Металл и литье Украины, 1997, № 11-12. - С. 51-53.
3. Ботштейн В.А., Каневский А.Л. Тепловые условия эксплуатации валков современных широкополосных станов и пути совершенствования систем их охлаждения/ Металлургическая и горнорудная промышленность, 2002, № 1. – С. 40- 42.
4. Приходько И.Ю. Управление тепловым профилем валков зонной подачей СОЖ // В кн.: "Труды пятого конгресса прокатчиков, г. Череповец, 21 – 24 октября 2003». – М.: АО Черметинформация. – 2004. – С. 113 – 122.