

2. Грудев А.П., Машкин Л.Ф., Ханин М.И. Технология прокатного производства – М.: Металлургия, 1994 – 656 с.

3. Егоров В.Д., Тимофеев В.В., Зудов Е.Г., Смирнов В.К., Павлов Б.П. Выкачиваемость дефектов при прокатке крупносортовой стали // Сталь. – 1995. – №1. – С. 32-34.

4. Головатенко А.В., Кадыков В.Н., Уманский А.А. Исследование энергосиловых параметров прокатки в клетях универсального рельсобалочного стана ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» с целью совершенствования режимов прокатки // Вестник горно-металлургической секции российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. – Москва-Новокузнецк, 2014. – Вып. 33. – С. 72-77.

УДК 621.771.262

**А.А. Уманский, А.В. Головатенко, В.Н. Кадыков**

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

## **МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ Э78ХСФ ПРИ ПРОКАТКЕ**

На сегодняшний день в литературных источниках имеются достоверные данные о величинах сопротивления деформации (сопротивление стали пластическому деформированию) только для ограниченного количества марок стали [1-3], в частности отсутствуют данные о сопротивлении деформации рельсовых сталей. Указанный факт не позволяет с достаточной степенью достоверности прогнозировать величину нагрузок на основное и вспомогательное оборудование прокатных станов при проектировании новых режимов прокатки.

С целью определения влияния температурно-скоростных параметров прокатки на сопротивление деформации рельсовой стали марки Э78ХСФ проведены экспериментальные исследования [4] методом испытаний на горячую осадку с использованием специальной установки «Hydrawedge II» – модуля комплекса для физического моделирования «Gleeble System 3800». Испытания на горячую осадку проводили при скорости деформации  $0,1 \text{ с}^{-1}$ ,  $1 \text{ с}^{-1}$  и  $10 \text{ с}^{-1}$ ; температурах в интервале 900-1150<sup>0</sup>С с шагом 50<sup>0</sup>С и степени относительной деформации в интервале до 1,0.

На основании обработки полученных экспериментальных зависимостей сопротивления деформации от термомеханических параметров прокатки получено уравнение вида:

$$\sigma = A \cdot e^{m_1 \cdot t} \cdot \varepsilon^{m_2} \cdot e^{\frac{m_3}{\varepsilon}} \cdot (1 + \varepsilon)^{m_4 \cdot t} \cdot e^{m_5 \cdot \varepsilon} \cdot u^{m_6 \cdot t}, \quad (1)$$

где  $A$ ,  $m_1$ - $m_8$  – константы;  $t$  – температура прокатки,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\varepsilon$  – степень деформации;  $u$  – скорость деформации,  $\text{c}^{-1}$ .

Далее с использованием методики множественного регрессионного анализа исследовали влияние содержания в стали Э78ХСФ основных химических элементов (C, Si, Mn, Cr, S, P, V) на величину констант уравнения.

В результате получены уравнения регрессии вида:

$$A = 4365,4 + 69118 \cdot S; \quad (2)$$

$$m_1 = -0,0033 - 0,0043 \cdot V; \quad (3)$$

$$m_2 = 0,2607 - 5,7663 \cdot P; \quad (4)$$

$$m_3 = -0,0025 + 0,00308 \cdot C + 0,00025 \cdot Mn; \quad (5)$$

$$m_4 = -0,0015 + 0,0475 \cdot P; \quad (6)$$

$$m_5 = -0,407 + 0,655 \cdot Mn; \quad (7)$$

$$m_6 = 0,0002 - 0,0012 \cdot V. \quad (8)$$

Для проверки достоверности полученных зависимостей (1-8) с их использованием провели расчет сопротивления деформации и усилия прокатки для обжимных клеток универсального рельсобалочного стана ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». Расчет усилия прокатки производили по стандартной методике для стали марки Э78ХСФ, принимая содержание химических элементов в стали согласно средним значениям интервала, оговоренного в ГОСТ Р 51685-2000. Сравнительный анализ расчетных и фактических данных по усилию прокатки показал, что погрешность не превышает 15 %. Таким образом, показана возможность использования полученных аналитических зависимостей сопротивления деформации от химического состава стали и температурно-скоростных параметров прокатки при разработке новых режимов прокатки в условиях действующих прокатных станов.

### Список литературы

1. Приходько И.Ю., Сергеенко А.А., Разносилин В.В. Метод определения сопротивления деформации металлов со сложной зависимостью реологических свойств от параметров деформирования // *Фундаментальные и прикладные пробле-*

мы черной металлургии: Сб. научн. тр. – Днепропетровск.: ИЧМ НАН Украины, 2007. – Вып. 14. – С. 187-193.

2. *Зюзин В.И., Бровман М.Я., Мельников А.Ф.* Сопротивление деформации сталей при горячей – М.: Металлургия, 1964. – 270с.

3. *Карпов С.В., Банщиков А.А., Карпова А.С.* Сопротивление деформации марганцовистых сталей // Ползуновский альманах. – 2003. – №8. – С. 123-126.

4. *Головатенко А.В., Дорофеев В.В., Трусев В.А., Волков К.В., Добрянский А.В.* Анализ экспериментальной зависимости сопротивления деформации рельсовой стали Э78ХСФ от температуры, скорости и степени деформации // Металлург. – 2014. – №6. —С. 118-123.

УДК 621.771.062

**А.Р. Фастыковский**

Сибирский государственный индустриальный университет

Россия г. Новокузнецк

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКОВ В РАБОТЕ СИСТЕМЫ ОЧАГ ДЕФОРМАЦИИ-ВАЛКОВАЯ АРМАТУРА ПРИ ПРОКАТКЕ СОРТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ**

Прокатные валки и их арматура образуют в рабочей клетки единый взаимосвязанный комплекс, от четкой работы которого во многом зависит производительность и качество выпускаемой продукции. В связи с этим при настройке и эксплуатации системы очаг деформации – валковая арматура следует учитывать условия формоизменения в очаге деформации обслуживаемой прокатной клетки. Игнорирование возможностей очага деформации зачастую приводит к инцидентам в рассматриваемой системе. Руководствуясь рассматриваемой концепцией о неразрывной связи очага деформации и валковой арматуры, разработана методика оценки степени технологических рисков в этой системе [1].

При практической реализации разработанной методики на первом этапе определяется величина продольного усилия, обеспеченная резервом сил трения обслуживаемой клетки с учетом условий деформации и конструктивных особенностей ка-