

Summary

A. Biryukov, V. Kravtsov

New approach to analysis of high-temperature heating furnaces efficiency of heat activity

The theorem about the fuel use factor limit value during the metal heating is supposed. Using it you can estimate the efficiency of heat activity of specified sets and determine the aspects and expediency of procedures for increase the real values of fuel use factor.

Анотація

А. Б. Бірюков, В. В. Кравцов

Новітні підходи до аналізу ефективності теплової роботи високотемпературних нагрівальних печей

Запропонована теорема про граничне значення коефіцієнта використання палива при нагріванні металу. З її допомогою можна оцінити ефективність теплової роботи конкретних агрегатів і визначити перспективи та доцільність проведення заходів по підвищенню реальних значень коефіцієнта використання палива.

Ключевые слова

Коеффициент рекуперации, конвективный теплообмен, нагревательные печи, рекуператор, коэффициент использования топлива

УДК 621. 771. 06

В. А. Николаев, С. В. Жученко (ЗГИА)

Профилирование обводных роликов для повышения плоскостности полос при холодной прокатке

Холодную прокатку на непрерывных станах выполняют с натяжением полосы на межклетевых участках и при смотке ее на моталку. Практически во всех случаях прокатки имеет место неравномерное распределение продольных напряжений по ширине полосы. Экспериментальные исследования [1-5] показывают, что различие между величинами напряжений по ширине полосы может достигать $\delta\sigma_{\parallel} = 100-160$ МПа. При этом наибольшие величины напряжений натяжения σ_{\parallel} имеют место на краях полосы, а минимальные – по оси полосы. Такой процесс холодной прокатки полос обусловлен необходимостью центровки полосы по оси валков за счет большего натяжения кромок.

Неравномерность распределения растягивающих напряжений перед входом в последующую клетку создается благодаря разности вытяжек и неравномерности скоростей вблизи очага деформации по ширине полосы [1]. Неравномерность напряжений σ_{\parallel} оказывает соответствующее влияние на распределение нормальных контактных напряжений, упругих деформаций валков,

Предложена рациональная профилировка обводных роликов прокатных станов, позволяющая уменьшить неравномерность продольных растягивающих напряжений по ширине полосы и снизить неравномерность деформации по ширине очага деформации следующей клетки

пластических деформаций по ширине полосы и ее планшетность. При этом большие величины напряжений растяжения на краевых участках полосы обуславливают снижение средних нормальных контактных напряжений, утонение кромок и увеличение поперечной разнотолщинности полосы. Для снижения неравномерности распределения напряжений σ_{\parallel} по ширине полосы и повышения качества ее профиля и формы используют различные устройства и способы, в том числе известные устройства гидравлического изгиба и осевого сдвига рабочих валков, которые, в определенной степени, позволяют регулировать поперечную форму межвалкового зазора, компенсируя тем самым влияние неравномерности растягивающих напряжений σ_{\parallel} перед клетью. На неравномерность распределения вытяжек и напряжений растяжений по ширине полосы можно также воздействовать

обводными (направляющими, тензометрическими) роликами. Эксперименты по прокатке полос с профилированными направляющими роликами [5, 6] показали возможность регулирования параметра $\delta\mu / \mu$ по ширине полосы (μ – средний коэффициент вытяжки полосы; $\delta\mu$ – разность коэффициентов вытяжек на краевом участке и в середине ширины полосы).

В соответствии с данными [1, 2] при биквадратичном законе изменения неравномерности деформации по ширине полосы, продольные остаточные напряжения по ширине полосы можно определить по формуле

$$\delta\sigma_n = aE \frac{\Delta\mu}{\mu} \left[16 \left(\frac{2y-1}{B} \right)^4 - \frac{1}{5} \right], \quad (1)$$

$\delta\sigma_n$ – разность натяжений по ширине полосы между серединой и кромкой полосы; E – модуль упругости материала полосы; B – ширина полосы ($y = 0 - B/2$); a – коэффициент выравнивания напряжений.

Из расчетов с использованием формулы (1) следует, что при $\delta\sigma_n = 160$ МПа и $B = 1000$ мм относительная разность коэффициентов вытяжек составляет $\delta\mu / \mu = 8 \cdot 10^{-4}$, амплитуда волны коробоватости равна $A = 9,2$ мм. Аналогичные данные получены и в экспериментальных исследованиях на станах 1700 холодной прокатки (рис. 1) [1, 2]. Как следует из рис. 1, с увеличением относительной разности $\delta\mu / \mu$ разность напряжений растяжения $\delta\sigma_n$ линейно увеличивается и при $\delta\mu / \mu = 8 \cdot 10^{-4}$ параметр $\delta\sigma_n$ составляет $\delta\sigma_n = 160$ МПа, что соответствует расчетным данным.

Дефект формы полосы на межклетевом участке и неравномерность растягивающих напряжений σ_n

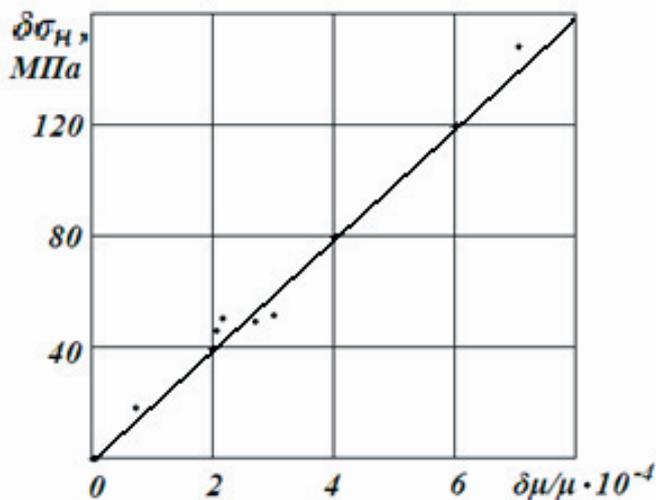


Рис. 1. Влияние относительной разности коэффициентов вытяжек по ширине полосы на неравномерность распределения продольных растягивающих напряжений. Полосы толщиной $h = 0,8-2,0$ мм и шириной $B = 1000-1420$ мм, стан 1700 [2, с. 183]

можно устранить воздействием профилированных (выпуклых) направляющих роликов. Параметры профилировки ролика определяются из выражения [5-7] (при $2b_y = L_p$).

$$\delta\sigma_n = a \frac{ESf_{np}}{A_k^2} \left[1 + \frac{R_p}{S} - \frac{f_{np}}{S} \right], \quad (2)$$

S – расстояние между образующей ролика и линией прокатки; A_k – расстояние между осями ролика и валков; f_{np} – выпуклость ролика на радиус; R_p – радиус ролика; L_p – длина ролика; b_y – расстояние от оси полосы до рассматриваемого сечения.

Пренебрегая из-за малости третьей составляющей (в скобках) и решая относительно f_{np} при $2b_y = L_p$ (контакт полосы по всей длине ролика) получим

$$f_{np} = \frac{\delta\sigma_n A_k^2}{aE(S + R_p)}. \quad (3)$$

Необходимая величина выпуклости ролика при ширине полосы $B < L_p$ ($B/L_p < 1$) или при неполной компенсации напряжений $\delta\sigma_n$ (или величины коробоватости A) определяется из выражения

$$f_{np}^B = f_{np} \left(\frac{B}{L_p} \right)^2. \quad (4)$$

Как следует из зависимостей (2)-(4), величина выпуклости направляющего ролика обусловлена геометрическими параметрами стана (A_k , S и R_p) и разностью растягивающих напряжений $\delta\sigma_n$ (или разностью вытяжек по ширине полосы, так как $\delta\sigma_n / aE = \delta\mu / \mu$). Так, при $A_k = 2000$ мм, $R_p = 125$ мм, $S = 40$ мм, $B/L_p = 0,59$ (стан 1700), $\delta\sigma_n = 160$ МПа, $E = 220000$ МПа для компенсации разности натяжений достаточна выпуклость ролика под полосой в пределах $f_{np} = 5,5$ мм.

Для средних значений $\delta\sigma_n = 80$ МПа, выпуклости ролика $f_{np} = 7,75$ мм и полосы шириной $B = 1200$ мм ($B/L_p \approx 0,70$, $L_p = L_p$ – длина бочки вала) полоса полностью контактирует с роликом, чем

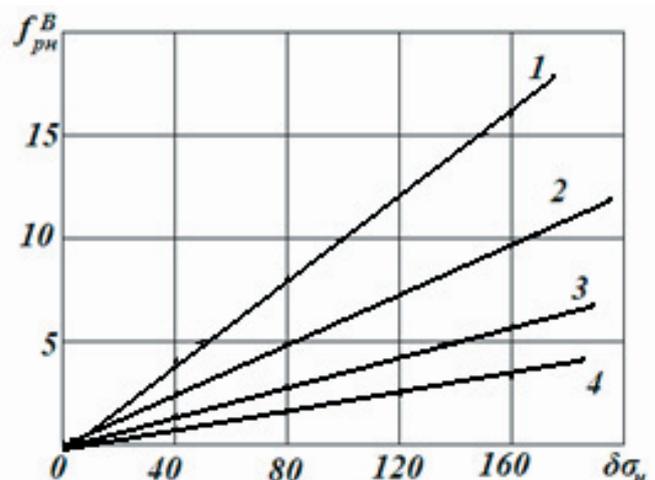


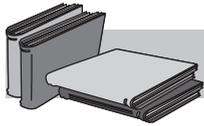
Рис. 2. Выпуклость направляющего ролика для выравнивания продольных напряжений по ширине полосы при $2b_y/L_p$: 1 – 1,0; 2 – 0,84; 3 – 0,6; 4 – 0,4 ($A_k = 2,0$ м; $R_p = 250$ мм; $S = 40$ мм)

компенсируется увеличение длины среднего участка ширины полосы за счет образования коробоватости, устраняется разность натяжений $\delta\sigma_{\text{н}}$ и улучшается форма полосы.

Выводы

Таким образом, с целью снижения неравномерности распределения растягивающих напряжений $\sigma_{\text{н}}$ по ширине полосы и снижения неравномерности деформации по ширине очага

деформации следующей клетки рекомендуется устанавливать направляющие (обводные) ролики с выпуклым профилем образующей при $f_{\text{пр}} = 5-9$ мм (на радиус) с уменьшением к чистовой клетки (предполагается уменьшение коробоватости полосы). Для обеспечения смотки полосы на моталку с одинаковой плотностью контакта витков по ширине и $\delta\sigma_{\text{н}} = 30-40$ МПа выпуклость обводного ролика устанавливают в пределах $f_{\text{пр}} = 3,0-3,5$ мм на его длине.



ЛИТЕРАТУРА

1. Железнов Ю. Д. Прокатка ровных листов и полос. – М.: Металлургия, 1971. – 200 с.
2. Железнов Ю. Д., Коцарь С. Я., Абиев А. Г. Статистические исследования точности тонколистовой прокатки. – М.: Металлургия, 1974. – 240 с.
3. Полухин П. И. Контактное взаимодействие металла и инструмента при прокатке / П. И. Полухин, В. А. Николаев, В. П. Полухин и др. – М.: Металлургия, 1974. – 200 с.
4. Григорян Г. Г. Настройка, стабилизация и контроль процесса тонколистовой прокатки / Г. Г. Григорян, Ю. Д. Железнов, В. А. Черный и др. – М.: Металлургия, 1975. – 368 с.
5. Николаев В. А. Профилирование и износостойкость листовых валков. – Киев: Техника, 1992. – 160 с.
6. Николаев В. А. Продольные напряжения в полосе при выпуклом натяжном (обводном) ролике // Металлургия и коксохимия. Сборник № 40. – Киев: Техника, 1974. – С. 69-73.
7. Николаев В. А., Путноки А. Ю. Прокатка широкополосной стали. – Киев: Освіта України, 2009. – 268 с.

Summary

V. Nikolayev, S. Zhuchenko

Profiling bypass rolls for improving the flatness of the bands at the cold rolling

In work offered rational profiling of by-pass rollers of rolling mills, allowing improved distributing of longitudinal stretchings tensions on width of strip and improve distributing deformations on the width of hearth of deformation on the next rolls.

Анотація

В. О. Ніколаєв, С. В. Жученко

Профілювання обвідних роликів для підвищення плоскостності смуг при холодній прокатці

Запропоновано раціональне профілювання обвідних роликів прокатного стану, що дозволяє зменшити нерівномірність розподілення повздовжніх розтягуючих напружень по ширині штаби та знизити нерівномірність деформації по ширині зони деформації.

Ключевые слова

Холодная прокатка, обводной ролик, неравномерность напряжений, рациональный профиль, дефект полосы, моталка