

Summary

M. Shumilov

Features of the properties of chemical elements, infinitely soluble in gamma-iron

It is shown that the known conditions for the formation of unlimited solubility of the chemical elements in binary systems based on gamma-iron advisable to make the following additions. The second component should refer to the transition metals, have filled d -electron shells of the d^6-d^{10} and the high density of electrons at the Fermi surface. The difference in electronegativities of the atoms of the dissolved chemical elements and iron should not exceed 0,45 conv. units.

Анотація

М. А. Шумілов

Особливості властивостей хімічних елементів, які необмежено розчиняються в гама-залізі

Показано, що до відомих умов утворення необмеженої розчинності хімічних елементів у подвійних системах на основі гама-заліза доцільно зробити наступні доповнення. Другий компонент повинен відноситись до перехідних металів, мати заповнення d -електронних оболонок d^6-d^{10} та високу щільність електронів на поверхні Фермі. Відмінність електронегативностей атомів розчиненого хімічного елемента та заліза не повинна перебільшувати 0,45 ум. од.

Ключевые слова

Гамма-железо, растворимость, d - и p -электронные конфигурации, поверхность Ферми, изоморфизм, электроотрицательность, гантелеобразные облака

УДК 621.771.07.001.52

А. В. Васекин (ПГТУ)

Модели формоизменения концов толстых широких раскатов в плане при прокатке в системе горизонтальных и вертикальных валков

В настоящее время клетки с вертикальными валками используются на различных типах станов горячей листовой прокатки, причем назначение таких клеток и технология их использования зависит от типа стана и сортамента продукции. Величина обжатия в них оказывает существенное влияние на искажение изначально прямоугольной формы сляба в плане и соответственно на величину обрезаемых переднего и заднего концов листа (рис.1).

Известны исследования, например [1, 2], посвященные, в частности, влиянию деформации в вертикальных валках на повышение экономичности и качества металла. Однако в них не определен характер развития искажения торцов от прохода к проходу на всем диапазоне типоразмеров горячекатаных

Рассмотрено формоизменение концов толстых широких раскатов при горячей листовой прокатке в системах горизонтальных и вертикальных валков применительно к различным условиям деформации. Получены модели, характеризующие искажение формы концов раскатов в плане в зависимости от параметров прокатки.

Даны рекомендации по использованию полученных моделей

листов и полос (например в [3] приводится условие образования неискаженного конца раската при одном значении $\frac{\Delta h_B}{\Delta h_T} = 0,6$, где Δh_B и Δh_T соответственно

обжатие раската в вертикальных и горизонтальных валках), не полностью учтено влияние распределения обжатий в горизонтальных валках на формоизменение конца в плане. Мало работ, в которых было бы исследовано влияние предварительной деформации в универсальной клетки на величину концевой обрезки на ШСПП.

Задачей настоящей работы является уточнение

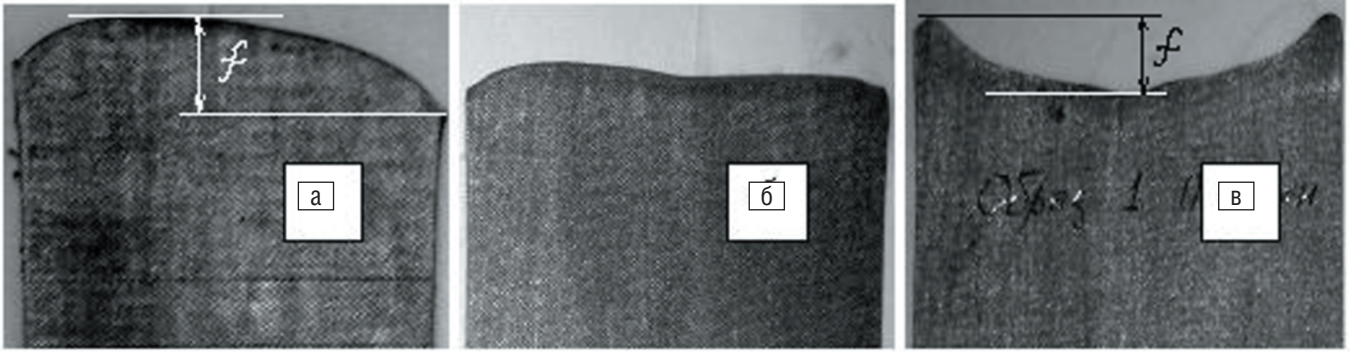


Рис. 1. Форма конца толстого широкого горячекатанного раската в плане при различном обжатии вертикальными валками: а – недостаточное или отсутствующее обжатие; б – рациональное обжатие; в – повышенное обжатие

условий образования минимально искаженного конца полосы в плане для широкого размерного диапазона толстолистовой горячекатаной продукции.

Для этого проведен ряд лабораторных экспериментов. Исследования выполнили методом физического моделирования на лабораторном стане с универсальной клетью с масштабом моделирования 1:20. При этом соблюдалось геометрическое подобие условиям прокатки на соответствующих станах. Материал образцов – предварительно обжатый и фрезерованный до необходимых размеров свинец.

На первом этапе исследовали изменение параметра $f_{cp} = \frac{f_n + f_3}{2}$, представляющего собой усредненную величину стрелы изгиба переднего и заднего концов раската при однократной прокатке с целью уточнения значения $\frac{\Delta h_B}{\Delta h_T}$, которое обеспечивает минимальное искажение концов в плане. При этом условились считать величины f_n и f_3 при выпуклом конце (рис. 1, а) положительными, а при вогнутом конце (рис. 1, в) – отрицательными.

Проведена прокатка партии образцов, размера-ми $H \times B = (5,1 \div 9,4) \times (30,1 \div 70,6)$ мм. Диапазон от-

ношения ширины образцов B к толщине H приняли равным $\frac{B}{H} = 3,5 \div 13,8$. Этот диапазон характерен для условий прокатки в последних проходах слябинга, в черновой группе клетей ШСГП и в начальных черновых проходах на ТЛС, то есть для тех этапов прокатки, где происходит формирование геометрии раската. В качестве остальных влияющих переменных выбраны: $\Delta h_B = 0,4-2,3$ мм; $\Delta h = 0,5-2,3$ мм.

Прокатку образцов вели по плану эксперимента, согласно которому последовательно изменяли значение одной из переменных при фиксированных значениях остальных. После каждого прохода выполняли обводки концов раскатов и их фотографирование. Данные замеров заносили в таблицу эксперимента.

После обработки экспериментальных данных получена аппроксимирующая зависимость вида

$$\frac{f_{cp}}{B} = A_1 \frac{B}{H} + A_2 \frac{\Delta h_B}{B} + A_3 \frac{\Delta h}{H} + A_4 \frac{\Delta h_B}{\Delta h_T}. \quad (1)$$

Переход от параметра f_{cp} к $\frac{f_{cp}}{B}$ выполнили для того, чтобы устранить привязку к масштабу моделирования.

На рис. 2. представлены экспериментальные данные по взаимосвязи выбранных переменных и параметров торцов раската. Как видно из графиков, диапазон значений $\frac{\Delta h_B}{\Delta h_T} = 0,3 \div 1,0$, при которых происходит минимальное искажение концов раската, значительно расширен по сравнению с [3]. При этом в нижней границе диапазона представлены относительно узкие раскаты, испытывавшие значительное обжатие в вертикальных валках, в верхней границе – относительно широкие раскаты со сравнительно небольшими значениями Δh_B .

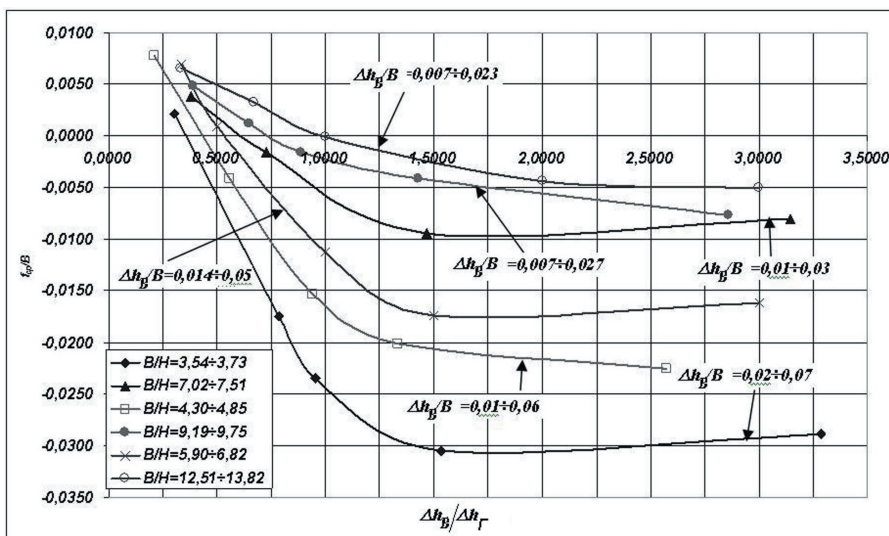


Рис. 2. К уточнению соотношения $\Delta h_B/\Delta h$, определяющего минимальное искажение концов раската в плане

Ранее проведенная промышленная прокатка [4] показала возможность снижения концевой обреза после черновой группы ШСГП 1700 ОАО «ММК им. Ильича» за счет применения повышенного обжатия в последнем проходе в вертикальных валках слябинга 1150.

Для получения количественных характеристик формоизменения концов раскатов в плане выполнен второй этап экспериментов. Методика подготовки образцов, лабораторное оборудование и обработка результатов на этом и следующем этапах аналогична описанной выше.

Параметром, характеризующим деформацию концов раската в плане также была выбрана величина относительной стрелы деформации $\frac{f_{cp}}{B}$. В качестве влияющих переменных выбраны: $\Delta h_{cl} = 0,3-2,4$ – величина обжатия раската в вертикальных валках в последнем проходе на слябинге; $\frac{B_{cl}}{H_{cl}} = 4,1 \div 13,3$ – отношение сторон поперечного сечения исходного сляба; $\Delta h_B = 0,2-2,0$ мм; $\Delta h_T = 0,4-2,1$ мм; λ_Σ – суммарный коэффициент вытяжки (обжатия) раската в каждом проходе.

Каждый образец предварительно прокатывали в вертикальных валках, что имитировало последний проход в универсальной обжимной клети. Затем проводили прокатку в вертикальных и горизонтальных валках для моделирования прокатки в черновой группе клетей ШСГП.

По результатам эксперимента получена аппроксимирующая зависимость для определения длины искаженных концов в условиях прокатки в последних проходах в универсальной обжимной клети и в черновой группе клетей ШСГП:

$$\frac{f_{cp}}{B} = A_0 + A_1 \cdot \ln\left(\frac{\Delta h_{cl}}{B_{cl}}\right) + A_2 \left(\frac{B_{cl}}{H_{cl}}\right) + A_3 \cdot \ln(\lambda_\Sigma) + A_4 \cdot \ln\left(\frac{\Sigma \Delta h_B}{\Sigma \Delta h_T}\right) + A_5 \cdot \ln\left(\frac{\Sigma \Delta h_B}{B}\right). \quad (2)$$

Как видно из рис. 3, а обжатие в последнем проходе в универсальной обжимной клети существенно влияет на вид концов раската. Применение повышенного обжатия здесь, особенно для режимов прокатки на ШСГП с малым суммарным обжатием по ширине, позволяет получить в черновой группе клетей полосы с формой концов, близкой к

прямоугольной. Особенно это выражено при прокатке относительно широких полос. Дальнейшее увеличение Δh_{cl} приводит к образованию вогнутого конца раската.

На последнем, третьем этапе, выполнены исследования по формоизменению концов раскатов в условиях прокатки, характерных для современных толстолистовых станов. Была проведена прокатка партии образцов размерами $H \times B = 10 \times (60 \div 120)$ мм. Длина образцов выбрана минимальной из условий возникновения установившегося процесса прокатки. Параметром, характеризующим деформацию концов раската в плане, как и на предыдущем этапе, выбрана величина относительной стрелы деформации $\frac{f_{cp}}{B}$. В качестве влияющих переменных выбраны $\frac{B}{H} = 5,67 \div 41,72$ и $\Delta h_B = 0,7-2,4$, λ_Σ . Каждый образец первоначально прокатывали в вертикальных валках. Затем проводили реверсивную прокатку в горизонтальных до достижения требуемой толщины листа. В ре-

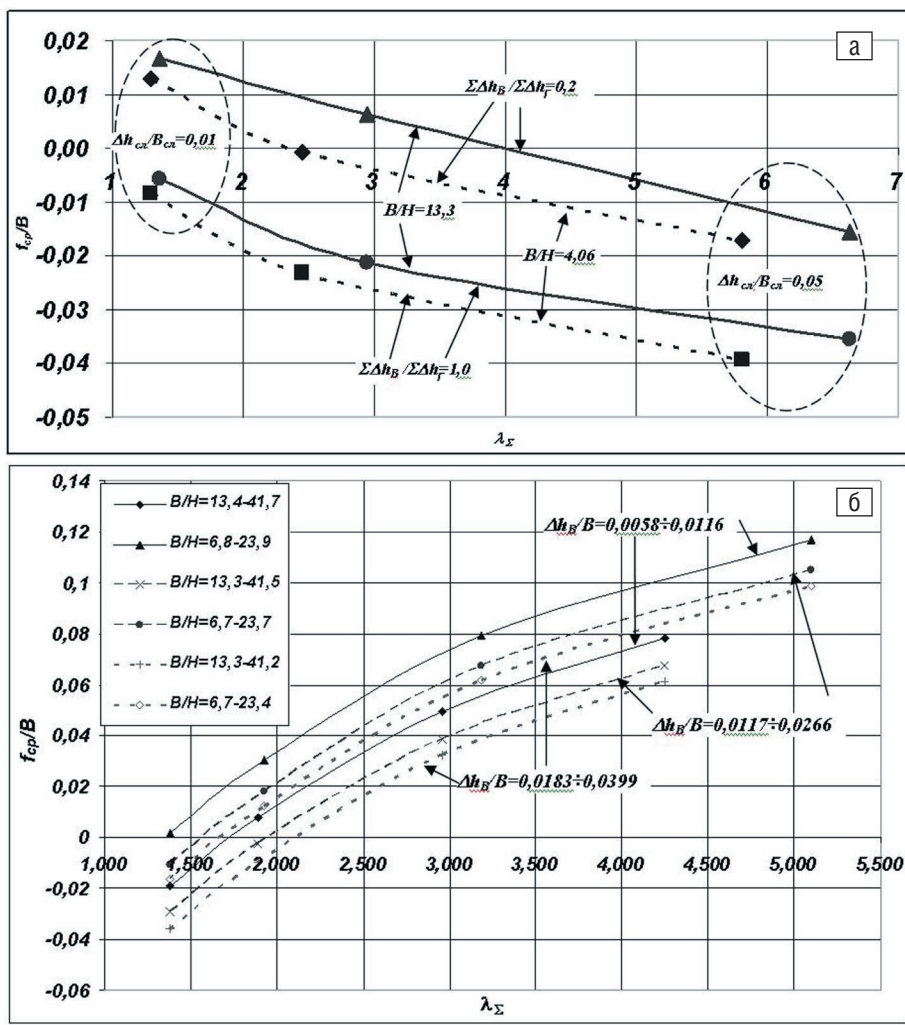


Рис. 3. Изменение относительной величины искажения конца раската в плане при прокатке: в последнем проходе в универсальной обжимной клети и в черновой группе ШСГП (а); на ТЛС, оборудованном клетью с вертикальными валками (б)

зультате получили зависимость, параметрически идентичную зависимости (2) для определения длины искаженных концов в условиях прокатки на ТЛС, оборудованных клетью с вертикальными валками:

$$\frac{f_{\text{ср}}}{B} = A_0 + A_1 \cdot \ln\left(\frac{\Delta h_B}{B}\right) + A_2 \left(\frac{B}{H}\right) + A_3 \cdot \ln(\lambda_\Sigma). \quad (3)$$

На рис. 3, б показано изменение относительной протяженности искаженных концов, для диапазонов параметров, характерных для прокатки на ТЛС. Заметно, что при прокатке раскатов всего диапазона ширины переход значения относительной стрелы

деформации $\frac{f_{\text{ср}}}{B}$ из области отрицательных в область положительных значений происходит с увеличением суммарной вытяжки, причем, чем больше обжатие в вертикальных валках Δh_B и чем уже полоса, тем этот переход происходит при большем значении λ_Σ . Видно, что для самых широких полос вогнутый конец практически не образуется даже при максимально возможном Δh_B , тогда как для

Таблица

Значения коэффициентов в зависимостях

Зависимость	Значения коэффициентов					
	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
1	-	$-8 \cdot 10^{-04}$	-0,6580	0,0684	0,0043	-
2	-0,0488	-0,0133	0,0033	-0,0143	-0,0207	0,0062
3	-0,0218	-0,0153	-0,0454	0,1317	-	-

узких полос выпуклый конец возникает лишь при $\lambda_\Sigma \geq 2,2$.

Значения коэффициентов в зависимостях 1-3 приведены в таблице.

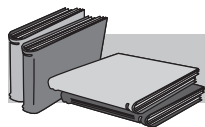
Средняя ошибка аппроксимации экспериментальных данных полученными моделями – до 15 %, коэффициент корреляции $R = 0,86-0,91$.

Выводы

– Определены основные факторы, влияющие на искажение концов толстых широких раскатов в плане при прокатке в горизонтальных и вертикальных валках: отношение ширины к толщине, степени деформации в направлении ширины и толщины, соотношение абсолютного обжатия в вертикальных и горизонтальных валках, суммарная вытяжка. Показано, что интенсивность деформации в вертикальных валках существенно влияет на формирование концов раската.

– Установлены диапазоны параметров горячей прокатки с применением вертикальных валков в комплексе «слябинг-ШСП» и на толстолистовых станах, обеспечивающие минимальное искажение концов раскатов.

– Полученные модели могут быть использованы для разработки режимов деформации в системах вертикальных и горизонтальных валков, позволяющих снизить потери металла с концевой обрезью.



ЛИТЕРАТУРА

1. Усовершенствование технологии прокатки толстых листов / М. Я. Бровман, Б. Ю. Зеличенко, А. И. Герцев. – М.: Металлургия, 1969. – 256 с.
2. Рациональное сочетание деформации слябов в вертикальных и горизонтальных валках при прокатке толстых листов / В. М. Клименко, Э. Л. Филиппов, Ю. И. Юрченко, Е. Н. Смирнов // Повышение эффективности производства толстолистового проката: Сборник – М.: Металлургия, 1984. – С. 34-38.
3. Владика Г., Нойшютц Э., Тиз Г. Исследования возможностей уменьшения отклонений ширины горячекатаной полосы в процессе прокатки // Чер. металлы. – 1980. – № 12. – С. 10-15.
4. Васекин А. В., Карнаушенко Н. А. Снижение потерь металла в обжимном и листопрокатном производствах в условиях ОАО «ММК им. Ильича» // Вісник Приазовського державного технічного університету: Збірник. 15. – Маріуполь, ПДТУ, 2005. – Вип. 15. – С. 93-96.

Summary

A. Vasekin

Models of form change of ends of thick wide strip in plan at rolling in system of horizontal and vertical rolls

The form change of ends of thick wide strip at the hot sheet rolling in the systems of horizontal and vertical rolls was considered as applied to the different terms of deformation. We got models, characterizing distortion of form of ends of strip in a plan depending on the parameters of rolling. There are recommendation on the use of the obtained models.

Ключевые слова

Листопрокатное производство, концевая обрезь, вертикальные валки

Розглянуто змінення форми кінців товстих широких розкатів при гарячій листовій прокатці в системах горизонтальних і вертикальних валків стосовно різних умов деформації. Отримані моделі, що характеризують нерівномірність деформації кінців розкатів в плані залежно від параметрів прокатки. Надані рекомендації по використанню отриманих моделей.

УДК 662.9(083)

А. Б. Бирюков, В. В. Кравцов (ДонНТУ)

Новые подходы к анализу эффективности тепловой работы высокотемпературных нагревательных печей

Для анализа эффективности тепловой работы нагревательных печей принято использовать величину коэффициента использования топлива. По своему физическому смыслу коэффициент использования топлива представляет собой долю химической энергии единицы топлива, оставленной в рабочей камере (это тепло идет на нагрев материала и покрытие теплопотерь рабочей камеры). В процессе нагрева различают текущие и средние значения коэффициента использования топлива.

Текущие значения коэффициента использования топлива определяются следующим образом [1]:

$$\eta = \frac{Q_H^p - V_{yx} c'^{yx} t_{yx} (1 - k_r)}{Q_H^p}, \quad (1)$$

V_{yx} – выход продуктов сгорания с 1 м^3 топлива, $\text{м}^3/\text{м}^3$; c'^{yx} – средняя теплоемкость продуктов сгорания, покидающих рабочую камеру при их температуре, $\text{Дж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$; t_{yx} – температура продуктов сгорания, покидающих рабочую камеру, $^\circ\text{C}$; k_r – коэффициент рекуперации (доля теплоты уходящих из рабочей камеры продуктов сгорания, возвращаемая в нее с подогретым в рекуператоре воздухом, идущим на сгорание топлива).

В качестве среднего за процесс нагрева коэффициента использования топлива авторами предложено понимать средневзвешенное значение, которое зависит от распределения во времени

Предложена теорема о предельном значении коэффициента использования топлива при нагреве металла. С ее помощью можно оценить эффективность тепловой работы конкретных агрегатов и определить перспективы и целесообразность проведения мероприятий по повышению реальных значений коэффициента использования топлива

текущих значений коэффициента использования топлива и тепловых потоков, падающих на поверхность материала, и определяется следующим образом:

$$\eta_{св} = \frac{m c \Delta t}{F_M \cdot \int_0^{\tau_H} \frac{q}{\eta} d\tau}, \quad (2)$$

m – масса нагреваемого материала, кг; c – средняя теплоемкость нагреваемого материала, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; Δt – требуемое повышение среднemasсовой температуры, $^\circ\text{C}$; q – текущее значение плотности теплового потока, $\text{Вт}/\text{м}^2$; η – текущее значение коэффициента использования топлива; F_M – наружная поверхность нагреваемых заготовок, м^2 .

При заданных параметрах нагрева расход топлива будет определен средневзвешенным значением коэффициента использования топлива за весь период нагрева:

$$V = \frac{m c \Delta t + Q_{\text{пот}} \tau_H}{\eta_{св} Q_H^p}, \quad (3)$$

$Q_{\text{пот}}$ – средняя мощность потерь тепла рабочей камерой, Вт; τ_H – время нагрева, с; Q_H^p – теплота сгорания топлива, $\text{кДж}/\text{м}^3$.