

С.М. Жучков, Л.В. Кулаков, А.П. Лохматов

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ТЕКУЧЕСТИ
ПРОКАТЫВАЕМОГО МЕТАЛЛА В ЛИНИИ НЕПРЕРЫВНЫХ
СОРТОВЫХ СТАНОВ РАЗНОГО КОНСТРУКТИВНО–СТРУКТУРНОГО
СОСТАВА**

Показано, что, чем компактнее прокатный стан и меньше тепловые потери раската в его межклетевых промежутках, в том числе за счет более компактного расположения рабочих клетей, тем ниже напряжение текучести прокатываемого металла и, как следствие, ниже расход энергии при прокатке.

Энергосиловые параметры прокатки во многом определяются значениями напряжения текучести прокатываемого металла, которые вдоль линии современных непрерывных сортовых прокатных станов изменяются. При этом начальное значение напряжения текучести для каждого конкретного прокатываемого металла определяется температурой нагрева перед прокаткой. В каждой рабочей клетке в зависимости от степени и скорости деформации, а также температуры металла, значение напряжения текучести изменяется, как правило, возрастая к выходу из очага деформации в связи с динамическим упрочнением металла. В промежутках между клетями напряжение текучести прокатываемого металла в связи со статическим разупрочнением снижается. Интенсивность разупрочнения в этом случае в основном зависит от температуры раската при прохождении им рассматриваемого межклетевого промежутка.

В работах [1–3] показано, что на температуру металла в межклетевых промежутках вдоль всей линии непрерывного сортопрокатного стана наиболее существенное влияние оказывают потери тепла излучением, особенно в межклетевых промежутках черновой группы клетей. Поэтому при изучении влияния условий теплообмена в межклетевых промежутках на изменение напряжения текучести прокатываемого металла в линии непрерывного сортопрокатного стана основное внимание было уделено влиянию изменений условий теплоизлучения.

Уровень тепловых потерь излучением в каждом межклетевом промежутке во многом определяется конструктивно–структурным составом прокатного стана, который может быть охарактеризован количеством и типом рабочих клетей, схемой их расположения, протяженностью межклетевых промежутков и условиями теплообмена раската с окружающей средой в них.

Для анализа уровня тепловых потерь в межклетевых промежутках в настоящей работе нами использован интегральный показатель,

представляющий собой отношение тепловых потерь в межклетевых промежутках в условиях уменьшенного излучения (например за счет экранирования передаточных желобов, сокращения их длины и т.п.) к тепловым потерям в обычных условиях на реально существующем стане при тех же режимах деформации прокатываемого металла.

Исследование изменения величины напряжения текучести металла выполнялось с использованием ранее разработанной математической модели [4] для случая прокатки арматурного профиля в условиях мелкосортного стана 250–5 комбината «Криворожсталь» при значениях интегрального показателя уровня тепловых потерь в межклетевых промежутках, равных 1,00; 0,75; 0,50 и 0,25, а также при использовании неприводных рабочих клеток [5] для уменьшения единичных обжатий в клетях чистовой группы. Результаты исследований изменения напряжения текучести прокатываемого металла в линии непрерывного сортопрокатного стана в этом случае представлены на рис.1 и 2.

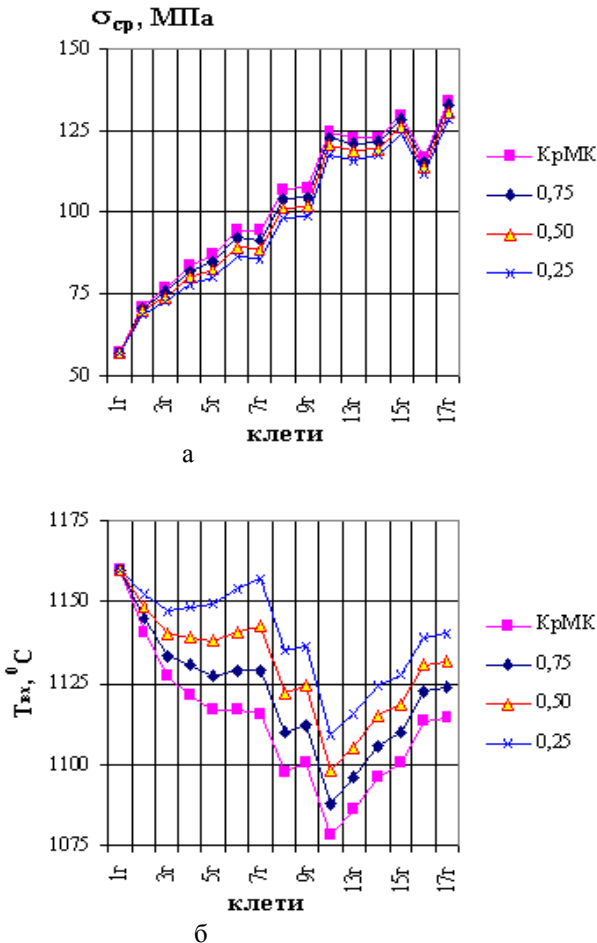


Рис.1 – Напряжение текучести (а) и температура (б) металла в рабочих клетях МС250–5 комбината «Криворожсталь» при прокатке арматурного профиля №14 ($T_0=1160^{\circ}\text{C}$, $v_{пр}=16\text{м/с}$) с разными условиями теплообмена в межклетевых промежутках черновой группы клеток

Анализ диаграмм рис.1 показывает, что изменение условий теплообмена в межклетевых промежутках оказывает существенное влияние на напряжение текучести прокатываемого металла не только непосредственно в последующей рабочей клетке стана, но и во всех последующих клетях вдоль линии стана, в том числе в чистовой рабочей клетке (см. рис.1а). Это влияние обусловлено существенным изменением температуры прокатки (см. рис.1б). Следует обратить внимание на то, что при снижении тепловых потерь излучением в межклетевых промежутках черновой группы стана температура раската при прокатке в этой группе может практически не изменяться по сравнению с температурой нагрева исходных заготовок. При этом существенно уменьшается падение температуры раската вдоль всей линии стана (см. кривые с отметкой 0,25 на диаграммах рис.1).

На рис.2 показано, как при прокатке арматурного проката №14 со скоростью 16 м/с из заготовки сечением 80х80 мм, нагретой до температуры 1160⁰С, изменяется напряжение текучести прокатываемого металла по длине непрерывного мелкосортного прокатного стана различного конструктивно–структурного состава:

- типового конструктивно–структурного состава (250–5 комбината «Криворожсталь»), диаграмма 1;
- стана с уменьшенными (на 50%) тепловыми потерями излучением в промежутках между клетями черновой группы, диаграмма 2;
- стана с уменьшенными (на 50%) тепловыми потерями излучением в промежутках между клетями черновой группы и тремя неприводными рабочими клетями [5], дополнительно установленными в чистовой непрерывной группе, диаграмма 3.

МПа

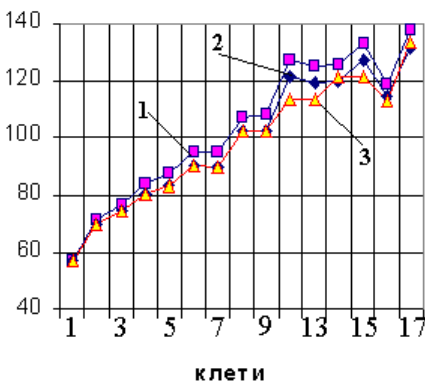


Рис.2. Изменения напряжения текучести прокатываемого металла по длине непрерывного мелкосортного прокатного стана различного конструктивно–структурного состава при прокатке арматурного проката №14 со скоростью 16 м/с из заготовки сечением 80х80 мм, нагретой до температуры 1160⁰С

1 – типовой непрерывный мелкосортный стан (тан 250–5 комбината «Криворожсталь»), 2 – тот же стан с уменьшенными (на 50%) тепловыми потерями излучением между клетями черновой группы, 3 – стан по п.2 с дополнительно установленными тремя неприводными рабочими клетями в чистовой группе

Наибольшее снижение напряжения текучести прокатываемого металла наблюдается в линии стана с неприводными клетями в чистовой группе. Это объясняется более равномерным распределением деформации по проходам в чистовых клетях, а также снижением самой деформации в каждой рабочей клетке за счет большего числа очагов деформации в чистовой группе (общая вытяжка металла в чистовой группе клеток во всех сравниваемых случаях конструктивно–структурного состава стана не изменялась).

Для упрощения анализа влияния условий теплообмена в межклетевых промежутках на напряжение текучести прокатываемого металла характеризовали напряжение текучести в целом по группе клеток среднеарифметическим значением величин напряжения текучести в очагах деформации этих клеток. Диаграммы рис. 3 показывают, что с ростом скорости прокатки влияние изменений условий теплообмена на напряжение текучести прокатываемого металла ослабевает как для отдельных клеток (рис.3б), так и для всей группы клеток (рис.3а).

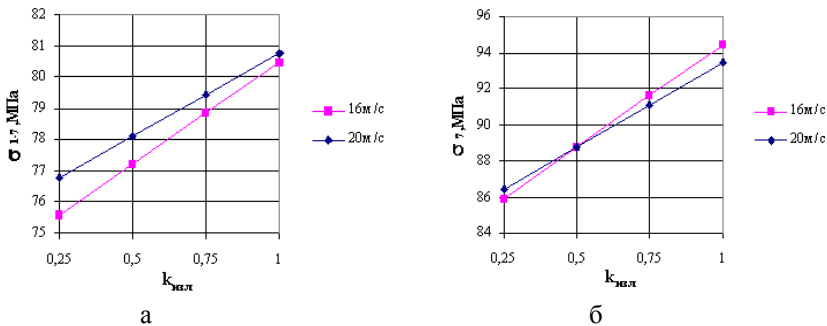


Рис.3 – Среднее напряжение текучести металла в черновой группе клеток (а) и в клетке №7 (б) МС250–5 комбината «Криворожсталь» при прокатке арматурного профиля №14 с разной скоростью (16 и 20 м/с) и с разными условиями теплообмена в межклетевых промежутках черновой группы клеток ($T_0=1160^\circ\text{C}$)

Таким образом, показано, что, особенности конструктивно–структурного состава оборудования непрерывного сортового стана оказывают существенное влияние на напряжение текучести прокатываемого металла. Чем компактнее прокатный стан и меньше тепловые потери раската в его межклетевых промежутках, в том числе за счет более компактного расположения рабочих клеток, тем ниже напряжение текучести прокатываемого металла и, как следствие, ниже расход энергии при прокатке. Поэтому особенно актуален в настоящее время поиск путей изменения конструктивно–структурного состава

оборудования непрерывного сортового стана, обеспечивающих уменьшение тепловых потерь при прокатке вдоль всей линии стана, особенно в черновой и промежуточной группах клетей.

1. *Разработка* теоретических основ управления температурным режимом непрерывной сортовой прокатки без принудительного охлаждения. Отчет о НИР (заключительный) / Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины; №ГР 0199U001372. Инв. №0202U000467. Днепропетровск, 2001. –164с
2. *Изменение* температуры раската на непрерывном сортовом стане / С.М. Жучков, А.П. Лохматов, Л.В. Кулаков // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. научных трудов ИЧМ НАН Украины. Вып.4. К.: Наукова думка. –2001. –С.116–120.
3. Исследование влияния технологических факторов на температурный режим прокатки на непрерывном мелкосортном стане / С.М. Жучков, Л.В. Кулаков, А.П. Лохматов // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. научных трудов ИЧМ НАН Украины. Вып.4. К.: Наукова думка. –2001. –С.121–127.
4. *Математическая* модель процесса непрерывной прокатки арматурного профиля / А.В. Ноговицын, С.М. Жучков, Л.В. Кулаков, К.Г. Макаров // Металлургическая и горнорудная промышленность (Теоретичені проблеми прокатного виробництва. Праці п'ятої Міжнародної науково-технічної конференції. 16–18 травня 2000р): №8–9, 2000. –С.77–80.
5. *Непрерывная* прокатка с использованием неприводных рабочих клетей / А.П. Лохматов, С.М. Жучков, Л.В. Кулаков и др. –К.: Наукова думка, 1998. – 248с.

Статья рекомендована к печати д.т.н.Г.В.Левченко.