

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

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ТЕКУЧЕСТИ МЕТАЛЛА ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ СОРТОВОЙ ПРОКАТКЕ

Подтверждено известное положение о том, что снижение температуры нагрева заготовок при непрерывной сортовой прокатке повышает напряжение текучести металла в черновых клетях стана. Установлено, что в чистовых клетях за счет деформационного разогрева раската напряжения текучести металла могут понижаться.

Начальное значение напряжения текучести для каждого конкретного прокатываемого металла определяется его химическим составом и температурой нагрева заготовок перед прокаткой. В дальнейшем в каждой рабочей клетке в зависимости от степени и скорости деформации, а также температуры металла, поступающего в очаг деформации, значение напряжения текучести изменяется, как правило, возрастая к выходу из очага деформации, в связи с преобладающим влиянием динамического упрочнения металла. В промежутках между клетями напряжение текучести прокатываемого металла в связи с его статическим разупрочнением снижается. На степень разупрочнения металла оказывает влияние температура.

Температура металла на выходе из очага деформации существенно зависит от деформационного тепловыделения, а последнее, в свою очередь, зависит от напряжения текучести прокатываемого металла. Поэтому в математической модели, с помощью которой выполнено настоящие аналитические исследования изменения реологических характеристик металла при горячей непрерывной сортовой прокатке [1], расчет температурных условий прокатки выполнялся с применением метода итераций. Кроме того, для описания характера изменения напряжения текучести металла вдоль линии непрерывного прокатного стана предложено принять средние значения напряжения текучести в очагах деформации рабочих клетей, по которым к тому же определяют энергозатраты на деформацию раската. Изменения среднего значения напряжения текучести в очагах деформации σ_{cp} вдоль линии прокатного стана интегрально характеризуют влияние технологических параметров прокатки на закономерности изменения свойств прокатываемого металла в условиях конкретного стана.

Исследования влияния температуры исходной заготовки на изменение напряжения текучести прокатываемого металла в линии непрерывного сортопрокатного стана провели на примере прокатки арматурного

профиля №14 в условиях непрерывного мелкосортного стана 250–5 комбината «Криворожсталь».

Распределение деформации по рабочим клетям стана принято согласно действующей на комбинате калибровке прокатных валков (рис.1). Начальная температура нагрева исходных заготовок варьировалась в пределах допустимых для условий этого стана значений (1000–1200⁰С). Скорость прокатки в последней чистовой клетке стана принята 16м/с и не изменялась при изменении начальной температуры. Основные результаты этих исследований показаны на рис.2–4.

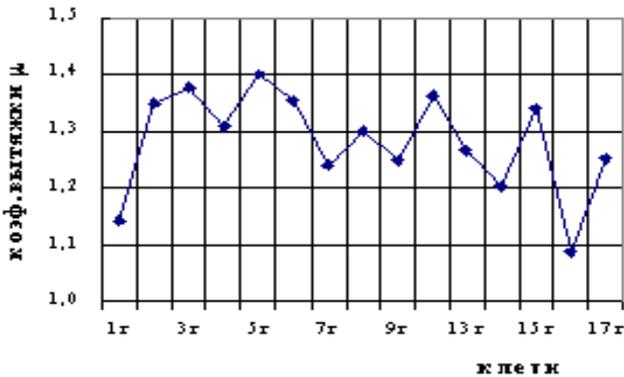


Рис. 1 – Распределение вытяжки по клетям непрерывного мелкосортного стана 250–5 комбината «Криворожсталь» при прокатке арматурного профиля №14

Из рис.2 видно, что при падении температуры нагрева заготовок с 1200⁰С до 1000⁰С (на 200⁰С) температура раската перед входом в последнюю чистовую клетку стана снижается всего на 85⁰С (с 1135⁰С до 1050⁰С). Это объясняется снижением потерь тепла менее нагретым раскатом в черновых клетях и более интенсивным его разогревом в чистовых за счет увеличения деформационного тепловыделения и снижения потерь тепла в промежутках между клетями [2,3].

При температуре нагрева заготовок около 1080⁰С температура раската перед последней чистовой клетью имеет такую же температуру, а при дальнейшем снижении температуры нагрева заготовок интенсивный деформационный разогрев раската приводит к тому, что его температура начинает повышаться на более ранних этапах деформации (в нашем случае после третьей черновой клетки стана) и перед последней чистовой клетью становится выше температуры нагрева заготовок.

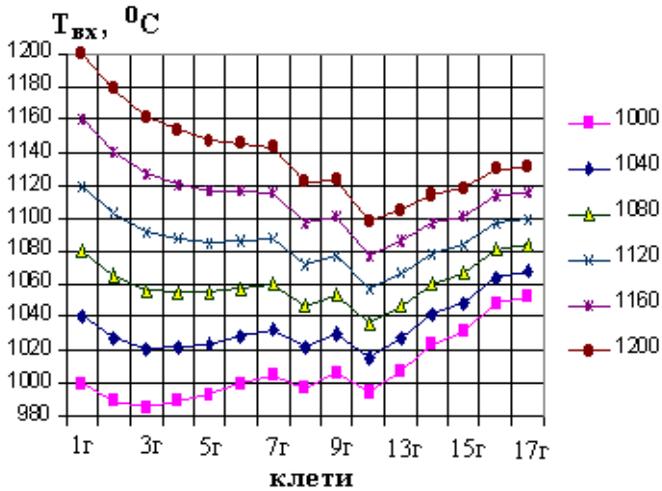


Рис. 2 – Температура раската перед входом в очаг деформации рабочих клеток на мелкосортном стане 250–5 комбината «Криворожсталь» при прокатке арматурного профиля №14 ($v_{пр} = 16\text{м/с}$) из заготовок с разной температурой нагрева (1000–1200 $^\circ\text{C}$)

При других режимах деформации и конструктивно–структурном составе прокатного стана абсолютные значения температур раската могут быть иными, но характер их изменения будет таким же.

Указанный характер изменения температурного режима непрерывной сортовой прокатки при прочих равных условиях, определяет характер изменения вдоль линии стана среднего напряжения текучести металла в очаге деформации (рис.3).

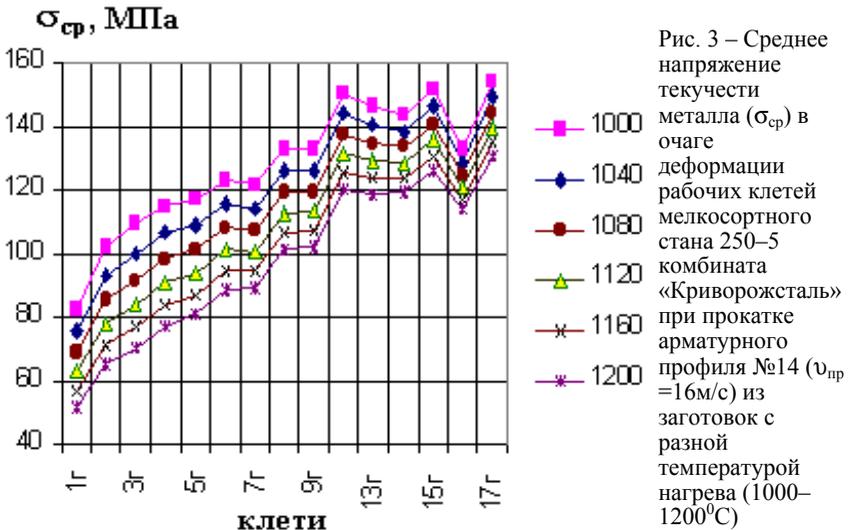


Рис. 3 – Среднее напряжение текучести металла ($\sigma_{ср}$) в очаге деформации рабочих клеток мелкосортного стана 250–5 комбината «Криворожсталь» при прокатке арматурного профиля №14 ($v_{пр} = 16\text{м/с}$) из заготовок с разной температурой нагрева (1000–1200 $^\circ\text{C}$)

Характер изменения среднего напряжения текучести в очаге деформации рабочих клеток стана во всем указанном диапазоне температур нагрева заготовок имеет практически одинаковый характер – монотонное увеличение σ_{cp} от первой клетки черновой группы к последней клетки промежуточной группы и его сохранение на одном уровне и даже некоторое снижение в чистовых клетях. Исключение составляет снижение σ_{cp} в предчистовой шестнадцатой клетке. Это объясняется незначительной степенью деформации в предчистовом калибре шестнадцатой клетки (см.рис.1). Существенное увеличение σ_{cp} в клетях 8 и 12 объясняется охлаждение раската в удлиненных межклетьевых промежутках перед ними. Длина их значительно больше (13 и 23м, соответственно) по сравнению с остальными межклетьевыми промежутками стана (3 и 4м).

Устойчивый рост температуры раската в чистовых группах рабочих клеток (см. рис.2) замедляет рост σ_{cp} в них вплоть до его снижения, несмотря на рост скорости деформации.

Так же как и для изменения температуры раската вдоль линии стана при снижении температуры нагрева заготовок разбег σ_{cp} в направлении последней чистовой клетки снижается. Это положение подтверждается рис.4, на котором показано влияние температуры нагрева заготовок (T_0) в интервале 1000–1200⁰С на значения σ_{cp} в 3–й и 15–й клетях стана при прокатке со скоростью 16 м/с арматурного профиля №14.

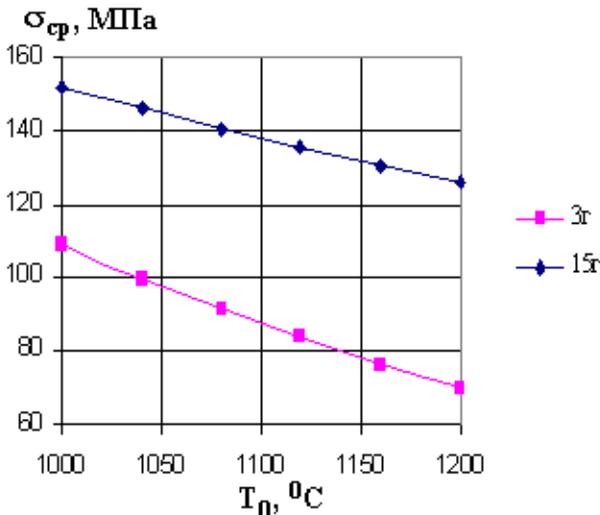


Рис. 4 – Изменение среднего напряжения текучести в очагах деформации рабочих клеток черновой (3Г) и чистовой (15Г) групп мелко-сортного стана 250–5 комбината «Криворожсталь» при прокатке арматурного профиля №14 ($v_{пр} = 16$ м/с) из заготовок с разной температурой нагрева (1000–1200⁰С)

Приведенные на рис.4 данные показывают, что связь между $\sigma_{\text{ср}}$ и T_0 практически линейна. Однако степень влияния T_0 в чистовых и черновых клетях различна: более существенное влияние отмечается в черновых клетях и объясняется более интенсивным охлаждением раската в них. В чистовых клетях деформационный разогрев прокатываемого металла уменьшает влияние начальной температуры заготовки на значение $\sigma_{\text{ср}}$.

1. *Математическая модель процесса непрерывной прокатки арматурного профиля* / А.В. Ноговицын, С.М. Жучков, Л.В. Кулаков, К.Г. Макаров // *Металлургическая и горнорудная промышленность (Теоретичні проблеми прокатного виробництва. Праці V Міжнародної науково-технічної конференції, 16–18 травня 2000 року):* №8–9, 2000. –С.77–80
2. *Анализ влияния статей теплового баланса раската на изменение температурных параметров процесса непрерывной прокатки арматурного проката* / А.В. Ноговицын, С.М. Жучков, К.Г. Макаров, Л.В. Кулаков А.П. Лохматов // *Теория и практика металлургии.* –2001. –№2. –С.56–58.
3. *Влияние технологических факторов на температурный режим прокатки на непрерывном мелкосортном стане* / С.М. Жучков, К.Г. Макаров, А.П.Лохматов // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* –2001. – №4. – С.37–41.

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