

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

**УПРАВЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЕМ МЕТАЛЛА ДЕФОРМАЦИИ В  
ЛИНИИ НЕПРЕРЫВНОГО СОРТОВОГО СТАНА ИЗМЕНЕНИЕМ  
СКОРОСТИ ПРОКАТКИ**

Выявлены особенности влияния скорости прокатки на изменение напряжения текучести металла в линии непрерывного сортового стана. Показано, что изменением скорости прокатки можно управлять реологическими характеристиками прокатываемого металла.

Одним из основных факторов, определяющих силовые и энергетические параметры прокатки является напряжение текучести прокатываемого металла.

При горячей прокатке начальное значение напряжения текучести прокатываемого металла определяется, кроме его химического состава, температурой нагрева исходных заготовок перед прокаткой и деформационно – скоростными параметрами самой прокатки. В каждой рабочей клетке прокатного стана в зависимости от деформационно – скоростных параметров прокатки (степени и скорости деформации) напряжение текучести прокатываемого металла изменяется, как правило, возрастая к выходу из каждого очага деформации, в связи с преобладающей ролью динамического упрочнения металла. В промежутках между деформациями в клетях – статическое разупрочнение приводит к снижению напряжения текучести металла [1].

При непрерывной сортовой прокатке степень деформации в рабочих клетях изменяется в незначительных пределах, а длина межклетевых промежутков постоянна. Из этого следует, что деформационно – температурный режим непрерывной сортовой прокатки на реальном прокатном стане при неизменной температуре нагрева под прокатку может изменяться только за счет изменения скорости прокатки. Изменение скорости прокатки приводит к изменению скорости деформации в рабочих клетях и времени разупрочнения в межклетевых промежутках, что в свою очередь, приводит к изменению напряжения текучести прокатываемого металла.

Для описания характера изменений напряжения вдоль линии непрерывного прокатного стана предложено принять средние значения напряжения текучести ( $\sigma_{cp}$ ) в очагах деформаций рабочих клетей, которые к тому же определяют энергозатраты на деформацию раската.

Влияние скорости и относительной степени деформации на напряжение текучести прокатываемого металла рассмотрели на примере прокатки полосы прямоугольного поперечного сечения из стали 45 с использованием аналитических решений, предложенных в работе [2].

Результаты выполненных с этой целью расчетов значений напряжений текучести для различных скоростей деформации показаны на рис. 1.

Обращает на себя внимание смещение максимума на кривых в сторону больших значений степеней деформации по мере роста скорости деформации. Так, максимальное значение напряжения текучести (75,6 МПа) при скорости деформации  $1\text{c}^{-1}$  соответствует относительной деформации 0,3; при скорости деформации  $150\text{c}^{-1}$  (141,1 МПа) – относительной деформации 0,4 и при скорости деформации  $1000\text{c}^{-1}$  (185,7 МПа) – относительной деформации 0,46.

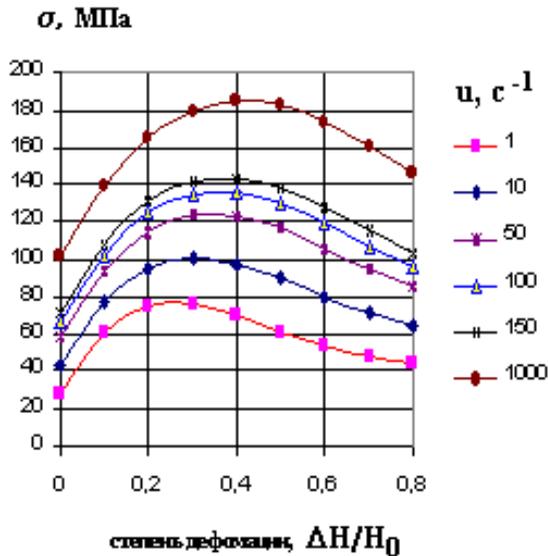


Рис.1 – Зависимость напряжения текучести от относительной степени деформации для различных скоростей деформации  $u$  (сталь марки 45 при  $1000^0\text{C}$ )

В линии прокатного стана скорость деформации при заданном распределении степени деформации по рабочим клетям определяется скоростью прокатки, что хорошо видно из выражения для скорости деформации в форме

$$u = v_{np} \frac{\Delta H/H_0}{\sqrt{R\Delta L}},$$

где:  $v_{np}$  – скорость прокатки,  $\Delta H/H_0$  – относительная степень деформации,  $\sqrt{R\Delta L}$  – длина очага деформации.

Поэтому скорость прокатки представляет собой важный технологический параметр, изменяя который можно оперативно изменять скорость деформации при прокатке и, тем самым, воздействовать на среднее значение напряжения текучести прокатываемого металла в очаге деформации. Величина этого напряжения текучести определяет энергетические параметры прокатки.

Влияние скорости прокатки на величину среднего значения напряжения текучести прокатываемого металла в очаге деформации аналитически исследовали для случая прокатки прямоугольной полосы из стали 45 с начальной толщиной 20 мм в гладких валках диаметром 300 мм со скоростями 1–20 м/с при температурах 1000–1200<sup>0</sup>С с относительными степенями деформации 10–80% (условия, близкие к прокатке в промежуточных и чистовых клетях современных непрерывных мелкосортных станов). На рис.2 в качестве примера показаны результаты расчетов для случая прокатки при температуре 1100<sup>0</sup>С.

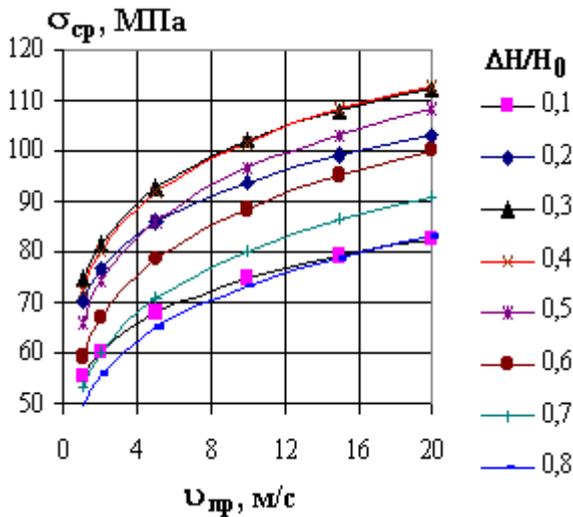


Рис.2 – Влияние скорости прокатки на среднее значение напряжения текучести прокатываемого металла в очаге деформации (сталь 45, 1100<sup>0</sup>С,  $H_0=100$ мм,  $D=300$ мм)

Анализ полученных данных показал, что наиболее интенсивно скорость прокатки влияет на напряжение текучести прокатываемого металла в диапазоне скоростей 1–5 м/с. При этом интенсивность роста напряжения текучести прокатываемого металла по мере увеличения степени деформации возрастает. Так, напряжение текучести исследуемого

металла при прокатке с относительной степенью деформации 0,1 со скоростью 1 м/с составляет 55,3 МПа и 68,4 МПа – при скорости 5 м/с, т.е. увеличивается на 25,5%. При степени деформации 0,8 эти же показатели составляют 49,7 МПа и 65,1 МПа соответственно, т.е. возрастают на 31,8%.

Интенсивность роста напряжения текучести при дальнейшем увеличении скоростей прокатки существенно снижается. Так, напряжение текучести исследуемой марки стали при скорости прокатки 20 м/с составляет 82,8 МПа для относительной степени деформации 0,1 и 83,0 МПа для относительной степени деформации 0,8. По сравнению со значениями напряжения текучести металла при скорости прокатки 5 м/с увеличение значений напряжения текучести металла составляют 21,0% для относительной степени деформации 0,1 (против 25,5% в диапазоне скоростей 1 – 5 м/с) и 27,5% для относительной степени деформации 0,8.

Следует отметить, что значения напряжения текучести при высокой и низкой относительных степенях деформации мало отличаются друг от друга. В этом проявляется возрастающая роль разупрочнения металла при высоких степенях деформации (см. рис. 1).

Таким образом, выявленные особенности влияния скорости прокатки на изменение напряжения текучести прокатываемого металла позволяет предположить, что изменением скорости прокатки можно в определенной степени управлять реологическими характеристиками прокатываемого металла, а следовательно и расходом энергии на прокатку. Этот факт следует учитывать при разработке параметров технологии и оборудования сортопрокатных станков.

1. *Теория* прокатки. Справочник / А.И. Целиков, А.Д. Томленов, В.И. Зюзин и др. – М.: Металлургия, 1972. – 385с
2. *Расчет* усилий при непрерывной прокатке / В.И. Жучин, Г.С. Никитин, Я.С. Шварцбарт, И.Г. Зуев – М.: Металлургия, 1986. – 198с.

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