



*The technological process of production of the rolled wire and hoop after carried out reconstruction is shown.*

В. А. МАТОЧКИН, Н. И. АНЕЛЬКИН, О. М. КИРИЛЕНКО, В. И. ЩЕРБАКОВ,  
В. В. САВИНКОВ, РУП «БМЗ»

УДК 669.

## ВОЗМОЖНОСТЬ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОКАТКИ КАТАНКИ НА СТАНЕ 150 РУП «БМЗ»

В декабре 2006 г. на РУП «БМЗ» была проведена модернизация проволочного стана 150. Основной целью модернизации являлось увеличение объемов производства сортопрокатного цеха при одновременном повышении качества проката, точности геометрических размеров, улучшения механических и металлографических свойств катанки. Для стана узким местом при увеличении производительности было производство катанки мелких размеров, что обычно составляет 60% от общего объема производства. Производительность на мелких размерах даже при скорости прокатки 100 м/с составляет только 67 т/ч при 100%-ной эффективности. Таким образом, чтобы увеличить производительность, производитель катанки сталкивается с проблемой выбора либо модернизации всей скорости стана, на что может потребоваться слишком много средств, либо включить дополнительные станы в чистовую группу.

Опыт эксплуатации высокоскоростных проволочных станов, сконструированных в середине 80-х годов XX в., показал, что при повышении скорости прокатки до 100 м/с и более при прокатке высокоуглеродистой катанки возникали проблемы, связанные с жидким металлом в сердцевине. Именно это явление, а не возможность внедрения термомеханической обработки послужило толчком к включению в линию стана дополнительного оборудования для охлаждения, в частности перед блоком чистовых клетей. Уже с 90-х годов XX в. на сортовых станах стал использоваться процесс прокатки с контролируемой температурой, после чего были установлены преимущества применения этого процесса и на проволочных станах. При этом оказалось, что термомеханическая обработка стали на проволочных станах связана со значительно большим числом проблем, чем на мелкосортных. Основные трудности возникали в связи с чистовым блоком клетей, конструкция которых в этом случае должна была соответствовать возросшему уровню вращающих моментов и усилий прокатки.

На мелкосортно-проволочном стане 150 до конца 2006 г. применялась планировка, при которой оборудование для охлаждения проката до температуры смотки располагалось исключительно за блоком чистовых клетей. В зоне водяного охлаждения №1 перед десятиклетьевым проволочным блоком раскат охлаждался незначительно, до температур 950–970 °С.

В период плановой трехнедельной остановки стана 150 было установлено в линии новое оборудование:

- за прокатной клетью №16 установлен двухклетевой блок с валковыми шайбами диаметром 280 мм;
- для более интенсивного охлаждения раската перед проволочным блоком увеличена длина секции №1 водяного охлаждения;
- после проволочного блока за секцией водяного охлаждения установлен редуционно-калибровочный блок (РКБ), состоящий из четырех клетей с валковыми шайбами диаметром 230 и 150 мм, рассчитанный на очень высокие нагрузки и низкую температуру металла на входе (до 750 °С);
- установлен новый виткообразователь для обеспечения равномерной укладки витков при увеличенной скорости прокатки;
- модернизирован ролянг «Стельмора», что должно обеспечить более равномерное охлаждение витков катанки по длине при увеличенной скорости прокатки.

Технологический процесс производства катанки и мелкосортного проката после проведенной реконструкции существенно не изменился, так как новое и дополнительное оборудование установлены в существующую технологическую линию прокатки, но при этом появилась возможность термомеханической прокатки.

На протяжении ряда лет для обозначения процесса термомеханической обработки использовали различные термины. Опубликованный Институтом стали стали VDEh стандарт на продук-

цию черной металлургии (Stahl-Eisen-Werkstoffblatt №082) только незначительно затрагивал терминологию фазовых превращений в процессе нормализации, а также при термомеханическом формоизменении. Однако в этом стандарте отсутствует четкое определение термомеханической обработки. В технической литературе термины «контролируемая прокатка» или «прокатка с контролируемой температурой» обычно применяли для обозначения всех существующих технологий термомеханической обработки. Иногда различные определения одного и того же процесса встречались даже в контексте одной статьи или доклада.

Учитывая многочисленные различные режимы и цели термомеханической обработки, будет логично в связи с этим повторить определение, принятое в последние годы большинством авторов. Согласно наиболее распространенной интерпретации, термин «термомеханическая обработка» может быть применен к любому производственному процессу, в котором деформацию и термическую обработку проводят в специфическом сочетании при контролируемых режимах.

Применительно к случаям прокатки катанки (длинномерной продукции) в условиях модернизированной проволочной линии стана 150 заключительная стадия деформации будет происходить в температурном интервале, соответствующем стабильной аустенитной фазе. Поэтому такой технологический процесс может быть определен, скорее, как «прокатка с нормализацией», чем как термомеханическая прокатка.

Во многих существующих проволочных станах, в том числе и на стане 150, чистовой блок не может выдерживать прокатную температуру менее 900 °С из-за ограничений по нагрузке или мощности оборудования старой конструкции. В случае десятиклетьевого проволочного блока, предназначенного для работы в жестких условиях, можно производить прокатку при температуре в пределах 850 °С. Но увеличение температуры катанки при высоких скоростях прокатки на небольших диаметрах будет в пределах 100 °С, поэтому такое производство не подходит для низкотемпературной прокатки. Но с помощью уменьшения количества клетей в проволочном блоке (с десяти до восьми) и использования РКБ можно добиться возможности прокатки при низкой температуре в рамках нормализующей и термомеханической. Существенным преимуществом такого расположения оборудования является снижение максимального перепада температуры от центра к поверхности катанки на входе в РКБ. Сочетание относительно небольшой разницы температуры от центра к поверхности, более низкой температуры прокатки и контроля скорости окончательного охлаждения позволяет производить конечную продукцию с однородной и мелкозернистой микроструктурой.

Металлургические преимущества термомеханической прокатки возникают из-за улучшения зерна. При общепринятой высокотемпературной прокатке катанки величина зерна раската, выходящего из последнего калибра, может составлять более 13-го балла, но очень быстро растет до входа в секцию водоохлаждения, примерно до 8-го балла. На входе в секцию водоохлаждения зерно на поверхности закаляется, но внутри раската оно продолжает расти из-за ограниченной скорости теплопроводности. В результате мелкое зерно на поверхности постепенно увеличивается в размере до более крупных зерен в центре, в то время как катанка укладывается на конвейере воздушного охлаждения Стельмор. После общепринятой высокотемпературной прокатки для большинства марок стали величина зерна в катанке, получаемой с десятиклетьевого проволочного блока, обычно бывает в пределах 6–8-го балла. Как известно, механизм рекристаллизации при традиционной прокатке является «динамическим». За ним следует быстрая «метадинамическая рекристаллизация», которая не требует инкубационного периода, а затем по мере увеличения температуры происходит «статический» рост зерна. Но при прокатке с использованием редуционно-калибровочного блока динамическая рекристаллизация проходит одновременно по всему сечению и в дальнейшем скорость охлаждения играет роль ограничивающего фактора. Величина зерна при этом получается более однородной от поверхности к центру сечения прутка и благодаря низкой температуре оно будет мельче.

Термомеханическая обработка в редуционно-калибровочных клетях помогает прогнозировать свойства и микроструктуру высокоуглеродистой марки стали и делать производимую из нее катанку более пригодной для дальнейшей обработки. Сочетание относительно низкой прокатной температуры, способствующей образованию однородного мелкого зерна, отличные допуски по размерам и контролируемое охлаждение в чистовом калибре помогают сделать катанку с пониженной прочностью на растяжение. Более низкая твердость в сочетании с более высокой пластичностью способствуют непосредственному волочению проволоки, так как это позволяет либо устранить, либо уменьшить промежуточные циклы отжига.

Проведенная модернизация проволочной линии стана позволит:

1. Увеличить годовую производительность стана на 30% за счет увеличения скорости прокатки до максимально проектной скорости 110 м/с для катанки диаметром 5,5 мм. Для РКБ разработана новая концепция калибровки, которая значительно снижает время простоев и повышает коэффициент использования стана.
2. Комбинация обжимных и калибровочных клетей не только улучшает гибкость и коэффи-

циент использования стана при прокатке широкого диапазона готового сорта, но и позволит производить все размеры проката с ультраточным допуском  $\pm 0,12$  мм по номинальному размеру калибра.

3. Улучшить микроструктуру за счет меньшего генерирования тепла, чем в обычном блоке, и достаточного обжатия.

4. Улучшить механические свойства «в состоянии прокатки» для прямого волочения и снизить продолжительность процессов последующей термообработки для использования при холодной штамповке.

5. Уменьшить потери при волочении благодаря более точным и последовательным допускам поперечного сечения катанки.

Термомеханическая обработка катанки располагает огромным потенциалом повышения качества продукции и сокращения затрат, обеспечивая экономический эффект в металлообрабатывающих отраслях за счет более полного удовлетворения требований к механическим свойствам и

термической обработке. По технологии низкотемпературной прокатки катанки известны и изучены многие факторы, влияющие на свойства материалов и взаимосвязь между этими факторами. Для условий стана 150 эти знания теоретические, поэтому в 2007–2008 гг. предстоит проделать большую работу по внедрению теории в производственную практику, обеспечивая тем самым надежную и воспроизводимую технологию процесса прокатки.

#### Литература

1. Варо Р.А., Крейдовский В.П., Кифер Б.В. Термомеханическая обработка катанки из пружинной стали в редуционно-калибровочных клетях для улучшения микроструктуры и свойств // Morgan Journal. 2006. Vol. 18. N. 2.
2. Эль Р., Крузе М., Оклиц Р. и др. Контролируемая прокатка длинномерной продукции: современное состояние // Черные металлы. 2006. №10. С 60–65.
3. Нуссбаум Г., Кремер В., Биттнер Г., Шнель Г. Опыт и результаты эксплуатации трехвалкового редуционно-калибровочного блока // Черные металлы. 2007. №1. С 37–43.