

С. М. Жучков, В. А. Луценко

Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины, Днепропетровск

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И КАЧЕСТВА СОРТОВОГО ПРОКАТА И КАТАНКИ ЗА СЧЕТ РЕАЛИЗАЦИИ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Аннотация: Показано, что использование неприводных устройств в линии стана позволяет рациональнее использовать энергию, затрачиваемую на процесс прокатки. Построена термокинетическая диаграмма распада аустенита высокоуглеродистой стали и получены регрессионные математические зависимости, позволяющие прогнозировать оптимальное соотношение качественных показателей, на основании которых предложены новые режимы термомеханической обработки высокоуглеродистой катанки в потоке проволочного стана.

Ключевые слова: арматура, неприводные деформационно-делительные устройства, катанка, термомеханическая обработка, регулируемое охлаждение, микроструктура, качество.

Одним из главных направлений развития металлургии в Украине и странах СНГ на ближайшие годы является использование новых наукоемких технологий, направленных на снижение энерго- и ресурсозатрат при производстве металлопродукции и повышении ее конкурентоспособности на внутренних и зарубежных рынках.

В рамках инновационного проекта, выполняемого в Институте черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины, проводятся исследования, направленные на разработку новых нетрадиционных технических и технологических решений. Эти разработки предназначены для использования в условиях современных мелкосортных и проволочных станов при производстве арматурных профилей малых сечений и катанки с заданными показателями качества и направлены

на повышение эффективности производства и конкурентоспособности продукции.

Одним из путей снижения себестоимости металлопродукции является реализация новых эффективных энерго- и ресурсосберегающих технических и технологических решений при производстве сортового проката и катанки. Технологии, режимы горячей прокатки и термической обработки проката с прокатного нагрева, а также химический состав стали определяют комплекс качественных и эксплуатационных характеристик готового проката. Актуальность исследований в этом направлении обоснована тем, что объем производства сортовых профилей мелких сечений на рынке Украины составляет более половины всего производимого сортового проката. Опыт эксплуатации современных мелкосортных и проволочных станов показывает,

что реализация в производстве новых технических и технологических решений позволяет существенно повысить рентабельность производства сортовых профилей и катанки. При разработке новых и совершенствовании существующих технологических режимов температурно-деформационной обработки раската следует учитывать особенности высокоскоростной деформации металла и последеформационного регулируемого охлаждения проката в линиях современных мелкосортных и проволочных станов.

В настоящее время на металлургических предприятиях Украины, СНГ и зарубежных стран осуществляется реконструкция действующих технологических линий по производству арматурных профилей и катанки различного размерного и марочного сортамента с целью обеспечения высокого уровня свойств и качества металлопродукции на уровне лучших мировых аналогов.

На мелкосортных станах интенсификация производства сдерживается максимально достигнутыми скоростями прокатки. При этом, в связи с высокими скоростями прокатки и компактным расположением клетей, температура раската вдоль линии стана, являющаяся своего рода технологической характеристикой конструктивно-структурного состава его технологического оборудования, изменяется по закону, характеризующемуся наличием экстремума (минимума) на участке конца черновой и начала промежуточной или чистовой группы клетей.

Улучшение характера изменения температуры раската вдоль линии стана в ходе прокатки возможно при реализации нового нетрадиционного процесса многоручьевого прокатки-разделения (МПР) с применением неприводных деформационно-делительных устройств (НДДУ) [1]. В основу этого процесса положен принцип более полного использования резерва втягивающих сил трения в очагах деформации приводных рабочих кле-

тей [2]. Этот принцип использовался при создании других нетрадиционных ресурсосберегающих процессов непрерывной сортовой прокатки с применением рабочих неприводных клетей (НК), направленных на решение различных технологических задач производства [3–4].

Реализация технологий, основанных на процессе МПР с применением НДДУ и НК, позволяет повысить эффективность прокатки за счет экономии электроэнергии на работе приводных клетей. Так, использование неприводных устройств в линии стана для выполнения ответственных функций технологии, но не требующих больших затрат энергии (напр., калибрование и разделение раската, контроль формы поперечного сечения раската, стабилизация положения раската и пр.) при наличии запаса мощности в смежных приводных клетях позволяет более рационально использовать энергию, затрачиваемую на процесс прокатки. Выполнение этих операций обязательно при реализации технологии, однако их осуществление с помощью приводных клетей, с одной стороны, увеличивает энергозатраты, а с другой – зачастую требует дополнительных технологических операций – например, кантовки раската с последующей его раскантовкой. Использование для этих целей НДДУ и НК позволяет уменьшить металлоемкость прокатного стана и более эффективно использовать возможности оборудования.

При разработке предложений по повышению эффективности процесса МПР выполнены расчетно-аналитические и экспериментальные исследования процесса. Расчетно-аналитические исследования выполнялись с использованием компьютерной программы, разработанной в ИЧМ, основанной на аналитической математической модели процесса непрерывной сортовой прокатки, реализованной в среде Borland Builder C++ и адаптированной для условий непрерывного

мелкосортного стана. Результаты исследования температурного режима прокатки арматурного профиля № 10, прокатанного в одну нитку, и изменение температуры раската по длине стана при прокатке этого же профиля, полученного с использованием процесса МПР с продольным разделением раската в потоке стана на четыре нитки (МПРх4), представлены на рис. 1. Показано, что при реализации новой технологической схемы производства арматурного проката малых сечений, основанной на использовании нетрадиционного процесса МПРх4, обеспечивается благоприятное распределение температуры раската вдоль линии стана за счет изменения температурно-деформационного и скоростного режимов прокатки. Температурное поле между линиями 1 и 2 по существу определяет экономию тепловой энергии за счет реализации нетрадиционного процесса МПРх4 в потоке сортового стана.

На основании анализа технологии прокатки и охлаждения арматурного проката ма-

лого сечения, применимо к непрерывному мелкосортному стану 320 Республиканского унитарного предприятия "Белорусский металлургический завод" (РУП "БМЗ"), и результатов выполненных исследований разработаны новые охраноспособные технические решения, направленные на совершенствование технологии прокатки и охлаждения арматурного проката. Разработаны новые технологические схемы реализации процесса МПРх4, предусматривающие использование блока клеток с двумя комплектами неприводных валков и дополнительных выравнивающих устройств на участке стана, где осуществляется наиболее ответственная операция процесса – разделение однониточного раската на четыре нитки.

Реализация новой технологической схемы производства арматурного проката малых сечений, основанной на использовании нетрадиционного процесса многоручьевого прокатки разделения на 4 нитки с использованием неприводных деформационно-делительных

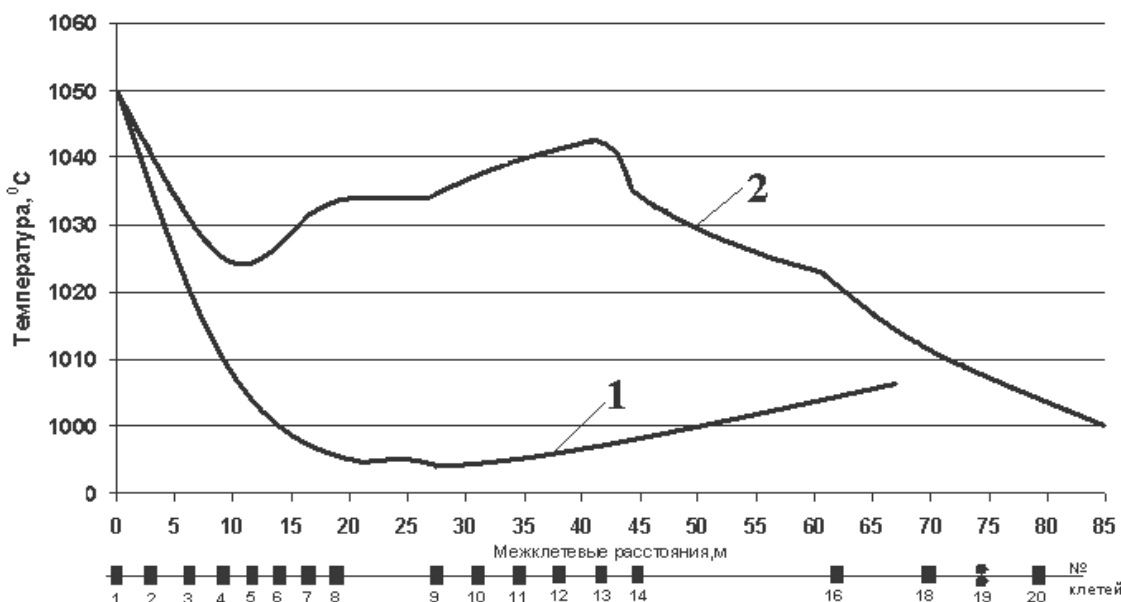


Рис. 1. Изменение температуры раската по длине мелкосортного стана 320 РУП "БМЗ" при прокатке арматурного профиля № 10: 1 – процесс прокатки в одну нитку; 2 – процесс МПРх4

устройств, обеспечивает благоприятное распределение температуры раската вдоль линии стана за счет изменения температурно-деформационного и скоростного режимов прокатки и позволяет повысить комплекс механических свойств готового проката, уменьшить их разброс и снизить расход охлаждающей воды на участке термомеханического упрочения проката.

Ведущими в мире по производству катанки есть промышленно развитые страны, в частности Япония, США, страны ЕС. Крупнейшим производителем катанки из специальных сталей не только в Японии, но и в мире является фирма "Kobe Steel" (60 % мирового производства данного вида металлопродукции). Однако, если в 1980-е годы лидирующее место по производству катанки принадлежало Японии, то в настоящее время это место занимает КНР. Известно, что производство высокопрочных канатов и металлокорда представляет собой сложный технологический процесс с высоким расходным ко-

эффициентом металла. Поэтому к исходному материалу (катанке) помимо требований к стали относительно особой чистоты от вредных примесей и остаточных элементов, предъявляются особые требования. Это – минимальная глубина обезуглероженного слоя, легко удаляемая окалина, равномерная микроструктура и механические свойства как по длине, так и по сечению. В конце 1990-х годов для производства высокопрочного металлокорда метизные предприятия стран СНГ закупали катанку в Японии.

В последнее время большое внимание уделяется вопросам создания материалов, которые можно использовать для снижения весовых характеристик катанки с сохранением прочностных. Поэтому на рынке металлопроката появилась большая потребность в высокоуглеродистой катанке с содержанием углерода до 1,0 %. В Украине и странах СНГ находятся в эксплуатации проволочные станы, оборудованные высокоскоростными чистовыми блоками и линиями гибкого регулируемого ох-

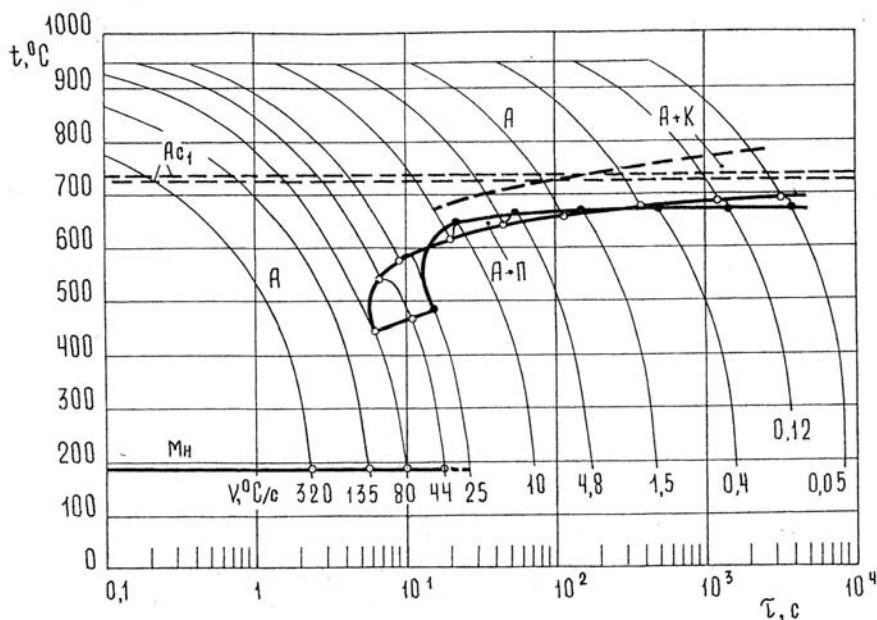


Рис. 2. Диаграмма распада аустенита стали 90 при непрерывном охлаждении

лаждения (линии Стелмор), на которых возможна организация производства такой катанки.

Для обеспечения высокого качества катанки из высокоуглеродистой стали важным является установление закономерностей влияния режимов температурно-деформационной обработки на структурные и фазовые превращения в сталях [5]. Горячая деформация металла во многом определяет механизм и кинетику фазовых и структурных превращений при последующей термической обработке, т.е. характер окончательной структуры, определяющей свойства металла. Поэтому целесообразно управлять плотностью и распределением несовершенств в металле не только на стадии горячей деформации, но и в процессе последующего охлаждения, т.е. управлять режимами термомеханической обработки (ТМО).

Важнейшим параметром микроструктуры высокоуглеродистой катанки, определяющим сопротивление пластической деформации и разрушению, является межпластиночное расстояние и толщина цементитных пластин в перлите [6]. Уменьшение величины аустенитного зерна в стали, вызванное ускоренным охлаждением, обуславливает увеличение протяженности границ и, следовательно, термодинамического потенциала системы. Это снижает устойчивость аустенита, поэтому более дисперсная структура перлита образуется при более крупном аустенитном зерне, чем при мелком.

Были изучены особенности структурообразования с учетом требований, предъявляемых к катанке для сверхвысокопрочного металлокорда. Исследовано влияние скорости охлаждения на кинетику распада аустенита стали 90. Результаты исследований и анализа микроструктуры металла после различных скоростей охлаждения обобщены и представлены (при участии Евсюкова М. Ф.) в виде термокинетической диаграммы (рис. 2), использование которой позволяет создавать

наиболее рациональные режимы охлаждения катанки.

В ходе нагревания в методической печи стальной заготовки для производства катанки поверхностные слои металла одновременно окисляются и подвергаются обезуглероживанию. В связи с этим потеря углерода металлом при обезуглероживании является одной из наиболее актуальных проблем производства катанки. Решение этой проблемы возможно за счет повышения роли окислительных процессов. При прочих равных условиях это может быть обеспечено повышением температуры обработки катанки.

Деформация металла влияет на ускорение диффузии атомов внедрения, поэтому в металле создаются условия для перераспределения углерода в приповерхностном слое. Поскольку скорость диффузии углерода в феррите больше, чем в аустените [7], то на глубину обезуглероженного слоя оказывают также влияние температурные условия деформации и последующего охлаждения.

В ИЧМ НАН Украины изучено формирование и распределение структурных составляющих в поверхностных слоях высокоуглеродистой катанки. Установлено, что при прочих равных условиях основным фактором, влияющим на формирование в углеродистой катанке обезуглероженного слоя, является режим ТМО. Глубина распространения структур, определяющих обезуглероживание катанки, зависит от среднemasсовой температуры раската после охлаждения водой на линии Стелмор и увеличивается с понижением этой температуры [8].

Важным показателем качества катанки является масса окалина на поверхности и возможность ее удаления различными методами. Это обусловлено отказом от использования химических способов удаления окалина с поверхности катанки (прежде всего, по экологическим соображениям) и все более широким применением, по этой же причине,

механических методов. Особые условия окисления катанки возникают при ускоренном охлаждении катанки после горячей деформации. Окисление поверхности катанки происходит в условиях чередующихся процессов охлаждения водой и выдержек на воздухе.

Экспериментально установлено, что с увеличением толщины слоя окалины и уменьшением глубины обезуглероженного слоя дисперсность перлита сначала уменьшается, а затем увеличивается. Это обусловлено изменением величины аустенитного зерна и величиной переохлаждения аустенита относительно точки А1.

В результате исследований для катанки из стали 90, подвергнутой в процессе термомеханической обработки регулируемому ускоренному охлаждению, получены регрессионные математические зависимости, отражающие взаимосвязь качественных показателей катанки, в частности глубины обезуглероженного слоя, относительной толщины окалины и дисперсности перлита, определяемой межпластиночным расстоянием.

Таким образом, в результате созданных при выполнении исследований в рамках инновационного проекта и реализованных в потоке мелкосортного стана 320 новых технологических схем процесса МПРх4, охлаждающих устройств новой конструкции и режимов охлаждения арматурного проката малых сечений повышена точность разделения и стабилизирован процесс прокатки на участке продольного разделения раската, повышен комплекс механических свойств готового проката, уменьшен их разброс и снижен расход охлаждающей воды на участке термомеханического упрочения проката. Кроме того, реализация в промышленных масштабах технологий, основанных на применении нетрадиционных процессов производства сортового проката, позволила повысить эффективность работы нагревательных печей, увеличить скорость входа заготовки в стан при прокатке

профилей малых сечений, тем самым повысить производительность стана.

Полученные данные о влиянии параметров ТМО на взаимосвязь окисления и структурообразования в высокоуглеродистой катанке позволили предложить новые режимы ТМО катанки в потоке стана, прогнозировать оптимальное соотношение качественных показателей: дисперсности перлита, глубины обезуглероженного слоя и толщины окалины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теория и практика нетрадиционного процесса прокатки – разделение. / Г. М. Шульгин, А. Г. Маншилин, С. М. Жучков и др. // *Металл и литейная Украина*. – 2004. – спецвыпуск. – 53 с.
2. Непрерывная прокатка сортовой стали с использованием неприводных рабочих клетей. / А. П. Лохматов, С. М. Жучков, Л. В. Кулаков и др. – К.: *Наук. думка*, 1998. – 242 с.
3. Перспективы развития процессов непрерывной прокатки сортовой стали, основанных на использовании резерва стягивающих сил трения в очагах деформации рабочих клетей. / С. М. Жучков, А. П. Лохматов, Л. В. Кулаков, Э. В. Сивак. // *Труды второго конгресса прокатчиков*. Череповец, 1997 г. – М.: АО "Черметинформация". – 1998. – С. 251–260.
4. **Жучков С. М.** Использование резерва стягивающих сил трения в процессе непрерывной сортовой прокатки. // *Литейная и металлургическая промышленность*. – 2002. – № 4. – С. 166–174.
5. **Бернштейн М. Л., Займовский В. А., Капуткина Л. М.** Термомеханическая обработка стали. – М.: *Металлургия*, 1983. – 480 с.
6. Структура и свойства канатной катанки и проволоки после регулируемого охлаждения. / И. Г. Узлов, В. К. Бабич, В. В. Парусов, В. А. Луценко. // *Сталь*. – 1983. – № 11. – С. 77–79.
7. О влиянии горячей пластической деформации на обезуглероживание стали. / А. А. Баранов, В. П. Горбатенко. // *Изв. вузов. Черная металлургия*, 1978. – № 6. – С. 103–105.
8. **Луценко В. А.** Обезуглероживание и окисление в углеродистой катанке, подвергнутой регулируемому ускоренному охлаждению с прокатного нагрева. // *Современное материаловедение: достижения и проблемы*. – ММС-2005., К., 2005. – С. 51–52.

С. М. Жучков, В. А. Луценко. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА І ЯКОСТІ СОРТОВОГО ПРОКАТУ І КАТАНКИ ЗА РАХУНОК РЕАЛІЗАЦІЇ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ.

Анотація: Показано, що використання непривідних пристроїв в лінії стану дає можливість більш раціонально використовувати енергію, затрачувану на процес прокатки. Побудована термодинамічна діаграма розпаду аустеніту високовуглецевої сталі і отримана регресійна математична залежність, що дає можливість прогнозувати оптимальне співвідношення якісних показників, на підставі яких запропоновані нові режими термомеханічної обробки високовуглецевої катанки в потоці дротяного стану.

Ключові слова: арматура, непривідні деформаційно-ділительні пристрої, катанка, термомеханічна обробка, регульоване охолодження, мікроструктура, якість.

S. M. Zhuchkov, V. A. Lutsenko. INCREASE THE EFFICIENCY OF PRODUCTION AND HIGH QUALITY RENTAL AND WIRE ROLLED AT THE EXPENSE OF NEW TECHNICAL DECISIONS.

Abstract: As illustrated in the article, no drive devices in the line of mill allows to make good use of the energy expended on the process of rolling. The Termokinetics Diagram of disintegration of austenite of high-carbon steel and regressive mathematical dependences are generated. They allow to forecast optimum correlation of high-quality indexes, on the basis of which new modes of Thermo-mechanical treatment of high-carbon wire in the stream of wire mill are offered.

Keywords: steel, no drive deformation devices, wire rolled, thermo-mechanical treatment, controlled cooling, microstructure, quality.

Надійшла до редакції 29.11.06
