

УДК 621.771.252.083.133

Горбанев А. А.
Токмаков П. В.
Раздобреев В. Г.
Паламарь Д. Г.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАТАНКИ

На металлургических предприятиях стран СНГ – Белорезком, Макеевском, комбинатах, ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и ОАО «Северсталь», Белорусском и Молдавском заводах работают проволочные и мелкосортно-проволочные станы, производящие катанку, соответствующую мировому уровню качества [1, 2].

В настоящее время металлургические предприятия-производители катанки интенсивно проводят разработку и внедрение новых технологий, обеспечивающих существенное уменьшение затрат на ее производство и создающих новые потребительские свойства готовой продукции. Себестоимость катанки можно снизить за счет модернизации оборудования, уменьшения расхода металла, применения энергосберегающих технологий (например, прокатки заготовок с пониженным теплосодержанием). Однако, на существующих станах возможности уменьшения затрат на производство катанки при одновременном повышении качества весьма ограничены. Более перспективным является улучшение потребительских свойств готовой продукции с применением новых процессов термомеханической обработки катанки с прокатного нагрева.

Это предопределило основные тенденции развития технологии производства катанки, направленные на повышение ее конкурентоспособности на внешнем и внутреннем рынках [3–6]:

- повышение скорости прокатки катанки до 150 м/с. Это позволяет повысить среднечасовую производительность станов и улучшить технико-экономические показатели их работы;
- расширение размерного сортамента продукции (от Ø4,5 до Ø26,0 мм) и марочного сортамента за счет производства на одном стане катанки из углеродистых и высоколегированных сталей и сплавов;
- улучшение структуры, механических и технологических свойств готового проката;
- повышение точности размерного сортамента продукции до отклонения размеров диаметра менее $\pm 0,1$ мм. Это снижает затраты на переработку катанки в метизном и сталепроволочном переделах, поэтому такая продукция будет пользоваться повышенным спросом у потребителей.

На существующих высокоскоростных проволочных станах с традиционной компоновкой и составом оборудования при повышении скорости прокатки свыше 100 м/с резко возрастает количество аварийных ситуаций, связанных с пробуксовкой и застреванием раската в валках, возрастают простои стана и расход металла. Поэтому рабочая скорость прокатки практически не превышает 100 м/с. По этим же причинам производство катанки диаметром менее 5,5 мм затруднено и становится экономически невыгодным. Это объясняется тем, что деформационные режимы, применяемые при прокатке в чистовых блоках, и приводные линии блоков рассчитаны без учета особенностей процесса высокоскоростной прокатки, основной из которых является влияние массовых (инерционных) сил в очаге деформации.

Опыт эксплуатации современных проволочных станов показал, что возможности улучшения структуры и свойств катанки за счет изменения режимов двухстадийного охлаждения на линиях Стелмор, используемых уже десятки лет, при производстве катанки из легированных марок сталей и сплавов практически исчерпаны, особенно при скоростях прокатки более 100 м/с.

На современных высокоскоростных станах вследствие разогрева раската за счет выделения тепла пластической деформации температура раската повышается в процессе прокатки. В результате температура конца прокатки находится в пределах 1000...1100 °С. То есть температура конца прокатки, являясь одним из важнейших параметров, определяющих качество катанки, не участвует в формировании ее структуры и механических свойств.

Поэтому необходимо изменение схемы расположения, структурного состава и характеристик оборудования проволочного стана. Это позволило бы осуществлять регулирование

температурного режима прокатки и управление температурой конца прокатки в широких пределах – от 750 до 1100 °С. В этом случае появляется возможность осуществления нормализующей прокатки и термомеханической обработки катанки, что позволит исключить или сократить длительность процессов термообработки в последующем переделе.

На примере Республиканского унитарного предприятия «Белорусский металлургический завод» (РУП «БМЗ») рассматривается возможность строительства мелкосортно-проволочного стана с целью увеличения объемов производства сортового проката и катанки при одновременном повышении качества проката, эффективного использования имеющихся зданий, сооружений и оборудования. Это позволит удовлетворить потребности Республики Беларусь и стран импортеров новыми эффективными видами металлопродукции.

Целью работы является разработка схемы расположения, структурного состава и характеристик оборудования проволочной линии, сформированной с учетом мировых тенденций развития технологии высокоскоростной прокатки катанки и учитывающей эффективное использование имеющихся зданий, сооружений и площадей.

Проволочная линия планируемого мелкосортно-проволочного стана предназначена для производства катанки в мотки из углеродистых и легированных марок сталей следующего размерного сортамента: катанки диаметром 5...10 мм, сортового проката диаметром 5,5...14,0 мм и арматурного проката аналогичных размеров. Подкатом для блока служит раскат круглого сечения диаметром 17,0 мм, поступающий из последней клетки сортовой линии.

Готовая продукция формируется в мотки размерами:

- внутренний диаметр – 750...850 мм;
- наружный диаметр – 1150...1250 мм;
- высота мотка в подпрессованном состоянии – до 1850 мм;
- масса мотка – до 2100 кг.

Расчетная максимальная скорость прокатки катанки диаметром 5,5...7,0 мм составляет 140 м/с. Схема расположения и состав оборудования проволочной линии стана показан на рис. 1.

Передний конец раската круглого сечения, поступающего из последней клетки сортовой линии, удаляют на универсальных ножницах и задают в чистовой блок через автоматический горизонтальный петлерегулятор, поддерживающий постоянную петлю перед блоком. Перед блоком должны быть установлены также удерживающие ножницы, предназначенные для предотвращения попадания раската в блок при возникновении аварийных ситуаций.

Несмотря на небольшие усилия в раскате между клетями современных чистовых блоков, при неизбежных в процессе эксплуатации технологических возмущениях (изменение сечения раската на входе в блок, неравномерность температуры, изменения настройки клетей и др.) приводит к неравномерности в распределении межклетевых усилий. Это оказывает существенное влияние на точность катанки, увеличивает износ деталей приводных линий клетей, работающих с задним натяжением и передним подпором, а подпор в последних промежуточных может приводить к аварийным ситуациям.

Наибольшее влияние на межклетевые усилия в блоке оказывает распределение передаточных чисел по клетям блока. Оптимальным является такое распределение передаточных чисел, которое соответствует условиям деформации металла в овальных и круглых калибрах блока при свободной прокатке. В этом случае небольшое уменьшение среднего диаметра раската на входе в блок обеспечивает достаточно равномерное распределение минимальных натяжений между клетями блока. Поэтому процесс прокатки будет происходить устойчиво, устраняется возможность перегрузки приводных линий отдельных клетей. Для определенного диаметра катанки и заданных конструкцией привода передаточных чисел блока продольные усилия между клетями определяются по методике, приведенной в работе [7].

В связи с изменением деформационных параметров, определяющих коэффициенты вытяжек по клетям, рациональный ряд передаточных чисел по клетям для всего размерного сортамента блока проволочной линии нового стана необходимо выбирать для катанки такого диаметра, объем производства, которой наибольший. Можно также выбирать передаточные числа для каждой клетки блока, как средневзвешенные значения с учетом проектного объема производства катанки каждого диаметра. Проволочные блоки с такими передаточными числами будут обладать технологическими преимуществами по сравнению с существующими блоками. При скоростях прокатки 100 м/с и более в расчетах передаточных чисел следует учитывать влияние на параметры прокатки массовых сил [2].

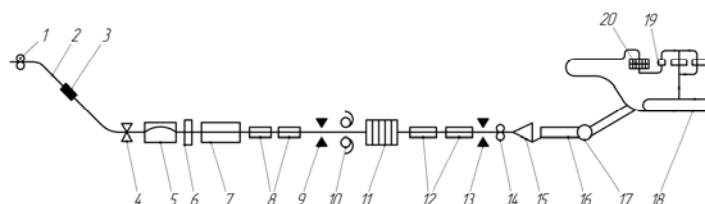


Рис. 1. Схема расположения оборудования проволочной линии 150 нового мелкосортно-проволочного стана:

1 – трайбаппарат за клетью 20; 2 – подводящая линия к чистовому блоку; 3 – секция водяного охлаждения; 4 – блок ножниц; 5 – петлерегулятор; 6 – удерживающие ножницы; 7 – чистовой блок; 8 – секции водяного охлаждения; 9 – измеритель размеров проката; 10 – ножницы; 11 – редуционно-калибрующий блок; 12 – секции окончательного охлаждения катанки; 13 – измеритель размеров катанки; 14 – трайбаппарат; 15 – виткоукладчик; 16 – рольганг для воздушного охлаждения витков катанки; 17 – виткосборник; 18 – крюковой конвейер; 19 – весы; 20 – станция разгрузки мотков

Технологию производства проката на современных станах разрабатывают таким образом, чтобы совместить термическую и деформационную обработку металла, т. е. использовать эффект влияния дефектов, строения нагретой и деформированной стали на ее структуру и свойства после охлаждения и дальнейшей термической обработки. На практике используют различные варианты совмещенного температурно-деформационного воздействия на свойства готового проката, подробно описанные в литературе.

В мировой практике применяют различные схемы компоновки и состав оборудования для обеспечения возможности управления температурой конца прокатки в пределах 750...1050 °С и, следовательно, свойствами катанки различного назначения и марок сталей. Наиболее удачной является схема стана с использованием редуционно-калибрующих блоков (РКБ) и участками водяного охлаждения между основным блоком и РКБ. Такая схема была применена при реконструкции хвостовой части проволочного стана 150 РУП «БМЗ» и может быть использована в новом мелкосортно-проволочном стане этого завода, в отличие от решений, примененных на новых проволочных станах в Китае, Бразилии и некоторых др. стран, требующих применения длинных петель в хвостовой части и увеличения площади цеха и массы оборудования [2, 8]. Используемая схема на существующем стане 150 БМЗ, предусматривает установку оборудования в одну линию. РКБ установлен на расстоянии 26 м после основного десятиклетьевого блока и включает 4 клетки с общим приводом. Первые две клетки являются редуцирующими с валками диаметром 205...228 мм, прокатка производится со степенями деформации $\approx 26\%$. Две последние клетки являются калибрующими, применяемая калибровка – «круг – круг», обжатие менее 9%, клетки предназначены для получения высокоточной катанки. Точность катанки всех диаметров должна быть менее $\pm 0,1$ м, овальность – половины суммарного допуска.

Для уменьшения количества поверхностных дефектов в четных редуцирующих клетях вводные роликовые проводки оснащены датчиками системы контроля вращения роликов, позволяющими обнаружить отклонения от нормального при вращении роликов, особенно на начальных стадиях контакта с раскатом. Аналогичные устройства конструкции БМЗ были установлены ранее в четных клетях десятиклетьевого блока. Малый диаметр валков в калибрующих клетях и небольшие расстояния между клетями, а также калибровка «круг – круг» позволяет осуществлять прокатку без проводок [9]. Использование РКБ дает возможность уменьшить диаметр готовой катанки до 4,5 мм, задавая раскат в РКБ диаметром 5,5 мм.

Для катанки из высококачественных марок сталей, в том числе высоколегированных, необходимо соблюдать определенный температурный градиент по сечению раската на входе в РКБ. По данным Ю. М. Чижикова, М. Я. Дзугутова и др. перепад температуры по сечению раската не должен превышать 150 °С, для сталей, склонных к растрескиванию, температурный градиент по сечению должен быть меньше. Величина температурного градиента определяется длиной свободного участка от последующей секции охлаждения до РКБ. Учитывая возможную перспективу усложнения марочного сортамента целесообразно увеличить, на новом стане, длину свободного участка до 40...50 м. Технически возможно, в зависимости от

размеров сечения, достижение температуры раската на входе в РКБ в пределах 800...890 °С, что позволяет осуществить нормализующую прокатку и термомеханическую обработку катанки диаметром более 8,0...10,0 мм на максимальных скоростях прокатки. Тем самым обеспечивается возможность получения глобулярной структуры металла и соответствующего снижения предела прочности катанки, способствующих уменьшению продолжительности последующего сфероидизирующего отжига без снижения производительности стана. При производстве катанки малых диаметров понижения температуры раската на входе в редуционно-калибрующей блок можно также достичь за счет уменьшения скорости прокатки в десятиклетьевом блоке.

После редуционно-калибрующего блока перед трайбаппаратом и виткоукладчиком устанавливаются секции охлаждения для регулирования температуры катанки при укладке витков. Конструкция виткоукладчика отработана на проволочном стане 150 БМЗ.

Роликовый транспортер витков имеет два сброса. Для ускоренного охлаждения используются вентиляторы такой же производительности, как и на стане 150. Распределение сжатого воздуха по ширине роликового транспортера должно соответствовать распределению плотности витков катанки.

Для уменьшения колебаний заднего конца раската применяют виткоукладчики с тянущими роликами наклонного типа с максимальным приближением роликов к виткоукладчику. На выходе из виткоукладчика устанавливают ограничительные проводки, чтобы уменьшить искажения, связанные с колебаниями концов. Виткоукладчик должен иметь сменный держатель, обеспечивающий быструю замену направляющей трубы.

Для создания режимов замедленного охлаждения на роликовом конвейере устанавливают теплоизолирующие крышки. Длина роликового транспортера – до 100 м.

В конце роликового транспортера установлен виткосборник, в котором расположена система распределения витков. В работе [8] показан принцип действия такой системы. Достижимое при этом распределение витков дает уменьшение высоты мотка в неуплотненном состоянии на 20...25 %, т. е. неуплотненный моток массой 2,0 т имеет высоту 1,7...1,8 м. После формирования мотки подаются на крюковой конвейер, к устройству прессования и увязки мотков и весам, точность взвешивания $\pm 0,1$ %.

Требования, которые предъявляются к современным мелкосортным и проволочным станам, реализуются только в результате применения высокотехнологичного электрооборудования в сочетании с высоким уровнем автоматизации и управления. Контроль и управление, осуществляется управляющей ЭВМ, основными задачами которой являются:

- расчет заданных параметров главных и вспомогательных приводов при помощи заложенных в память характеристик стана и производственной программы;
- сбор всех влияющих на процесс сигналов для регулирования натяжения и петлеобразования, контроля движения проката, стартовых команд для ножниц, толкателей и др.;
- управление различными способами охлаждения в соответствии с заложенными программами, т. е. расхода воды для принудительного охлаждения и давления воды, вентиляторного воздуха, режимов замедленного охлаждения и др.;
- представление и изображение установочных и необходимых данных (токи двигателей, высота петель, натяжение в раскате, скорости прокатки и др.);
- диалог между обслуживающим персоналом и управляющим компьютером, а также дисплейное обслуживание и управление станом и протоколирование основных данных процесса.

Для обеспечения надежности качества учитываются все меняющиеся параметры процесса и свойства материала, как, например, температуры, режимы охлаждения и свойства готовой продукции, определяемые методами неразрушающего контроля. Это позволяет при отклонении от заданных нормативных данных немедленно вмешиваться в производственный процесс и вносить соответствующие коррективы, чтобы готовая продукция получалась требуемых размеров и соответствующего качества. Широко используются методы математического моделирования процессов обработки металлов давлением и структурообразования.

Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины (г. Днепропетровск) обладает разработками по технологии воздушного охлаждения витков катанки высокоскоростными потоками. Эти разработки успешно использованы при реконструкции станов 150

Белорецкого меткомбината и Молдавского металлургического завода в 2000 году [10]. Также имеются варианты и по компоновке оборудования хвостовой части стана с целью повышения качества готовой продукции, товарного вида мотков, расширения марочного и размерного сортамента стана [11, 12].

ВЫВОДЫ

На основании анализа мировых тенденций развития техники и технологии в области производства катанки предложен возможный вариант состава и компоновки основного технологического оборудования проволочной линии, учитывающий эффективное использование имеющихся зданий, сооружений и площадей.

Кратко охарактеризованы состав оборудования проволочной линии, отдельные технологические аспекты, сформулированы основные требования к системам управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иводитов А. Н. Разработка и освоение технологии производства высококачественной катанки / А. Н. Иводитов, А. А. Горбанев. – М. : Металлургия, 1989. – 253 с.
2. Горбанев А. А. Теоретические и технологические основы высокоскоростной прокатки катанки / А. А. Горбанев, С. М. Жучков, В. В. Филиппов и др. – Минск, Вышэйшая школа, 2003. – 287 с.
3. Жучков С. М. Современные проволочные станы. Тенденции развития технологии и оборудования. Сообщение 1. Ретроспектива развития технологии и оборудования для производства катанки / С. М. Жучков, А. А. Горбанев // Бюллетень ОАО «Черметинформация». Черная металлургия. – 2006. – № 6. – С. 54–59.
4. Жучков С. М. Современные проволочные станы. Тенденции развития технологии и оборудования. Сообщение 2. Схемы расположения оборудования современных проволочных и мелкосортно-проволочных станков / С. М. Жучков, А. А. Горбанев // Бюллетень ОАО «Черметинформация». Черная металлургия. – 2006. – № 7. – С. 30–42.
5. Жучков С. М. Современные проволочные станы. Тенденции развития технологии и оборудования. Сообщение 3. Тенденции развития технологии и оборудования для производства катанки / С. М. Жучков, А. А. Горбанев // Бюллетень ОАО «Черметинформация». Черная металлургия. – 2006. – № 8. – С. 40–47.
6. Жучков С. М. Современные проволочные станы. Тенденции развития технологии и оборудования. Сообщение 4. Тенденции развития технологии и оборудования для производства катанки / С. М. Жучков, А. А. Горбанев // Бюллетень ОАО «Черметинформация». Черная металлургия. – 2006. – № 9. – С. 46–53.
7. Gorbanev A. A. Regulation of forces in inter-stand spacings by rolling in finishing blocks of wire roll stands / A. A. Gorbanev, E. V. Binkevich, I. Mamuzic // Metalurgija, 37, Zagreb. – 1998. – P. 13–18.
8. Miller H. J. New developments in wire rod mills / H. J. Miller, D. Bude // AISE Steel Technology. – 2000. – № 9. – P. 46–50. / Новые разработки в области проволочных станков // Новости черной металлургии за рубежом, ОАО «Черметинформация». – 2001. – № 4. – С. 67–70.
9. Hagiwara T. Overview of the new finishing block mill and coil handing lint at the № 7 wire rod mill / T. Hagiwara // SEAIISI Quarterly. – 2007. – 36. – № 1. – P. 40–48 / Описание нового проволочного стана № 7 с чистовым блоком и агрегата обработки бунтов. Новости черной металлургии за рубежом. ОАО «Черметинформация». – 2008. – № 2. – С. 40–42.
10. Жучков С. М. Совершенствование технологии и оборудования двухстадийного охлаждения катанки на современных проволочных станах / С. М. Жучков, А. А. Горбанев, Б. Н. Колосов и др. // Бюллетень Черная металлургия. ОАО «Черметинформация». Приложение «Прокатное производство». – 2004. – 30 с.
11. Жучков С. М. Новая технология и оборудование для повышения качества катанки / С. М. Жучков, А. А. Горбанев, Б. Н. Колосов // Наука и инновации. – 2007. – № 3. – С. 43–49.
12. Жучков С. М. Перспективная технологическая схема высокоскоростной прокатки катанки / С. М. Жучков, А. А. Горбанев, Б. Н. Колосов // Наука и инновации. – 2008. – № 3. – С. 15–21.

Горбанев А. А. – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник ИЧМ НАН Украины;

Токмаков П. В. – науч. сотрудник ИЧМ НАН Украины;

Раздобреев В. Г. – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник ИЧМ НАН Украины;

Паламарь Д. Г. – мл. науч. сотрудник ИЧМ НАН Украины.

ИЧМ НАН Украины – Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова Национальной академии наук Украины, г. Днепропетровск.

E-mail: office.isi@nas.gov.ua