

КОНЦЕПЦИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОВОЛОЧНЫХ СТАНОВ

Жучков С.М.

Предложена типовая схема расположения основного технологического оборудования высокоскоростного проволочного стана 150 нового поколения для прокатки катанки $\varnothing 4,5...22$ мм, из углеродистых и легированных марок стали специального назначения, с точностью $\pm 0,1$ мм при овальности профиля 0,12 мм, с организацией процесса термомеханической обработки.

Состояние проблемы.

Концепция высокоскоростных проволочных станов, оснащенных блоками чистовых клетей, сформировалась во второй половине прошлого столетия. До этого в мировой практике применялись, в основном трех- и четырехниточные проволочные станы европейского и американского типов [1]. Проволочные станы 150, оснащенные блоками чистовых клетей стандартного типа, работающие на отечественных металлургических предприятиях, предназначены для прокатки катанки $\varnothing 5,5 - 12$ мм из углеродистых марок стали со скоростью до 100 м/с. Исключение составляет проволочный стан 150 Белорецкого металлургического комбината (БМК). Он оснащен блоком чистовых клетей типа «специальный-1». После реконструкции, осуществленной в 2000 г., на этом стане можно прокатывать катанку $\varnothing 5,5-16,0$ мм широкого марочного сортамента, включающего высокоуглеродистые и легированные стали специального назначения, в том числе, кордовые, для холодной объемной штамповки, пружинные, сварочные, подшипниковые и др. со скоростью до 75 м/с.

Узкая специализация проволочных станов не позволяет предприятиям в современных условиях рентабельно использовать конъюнктуру рынка и удовлетворять возрастающие требования потребителей к качеству катанки. Поэтому динамично развивающиеся металлургические предприятия постоянно обновляют технологию и оборудование проволочных станов. Именно поэтому реконструированы проволочные станы 150 БМК и Молдавского металлургического завода (ММЗ). Многоэтапную реконструкцию проволочного стана 150 осуществил Белорусский металлургический завод (БМЗ), занимающий наиболее активную позицию в плане развития предприятия, обновления техники и технологии. В настоящее время при реконструкции станов отходят от традиционной схемы компоновки оборудования его хвостовой части с десятиклетьевым блоком чистовых клетей, устанавливая несколько миниблоков с дополнительным водяным

охлаждением раската между ними. Модернизируют линии воздушного охлаждения катанки, устанавливая в них более мощные вентиляторы. Учитывая то, что на этих участках стана формируются структура и механические свойства катанки, реконструкция линий воздушного охлаждения катанки осуществляется, как правило, в первую очередь [2].

В развитых странах эксплуатация физически изношенного и морально устаревшего высокоскоростного оборудования проволочных станов признана экономически невыгодной по основным показателям эффективности производства – производительности, сортаменту и качеству готовой продукции. Кроме того, узкая специализация проволочных станов большой единичной мощности не создает условий для конкуренции среди поставщиков катанки на рынке сбыта, пересыщенном продукцией обыкновенного качества. Необходимость производства катанки из углеродистых, низколегированных, в том числе сложнолегированных марок сталей и сплавов на одном и том же высокоскоростном проволочном стане современной конструкции требует управления температурным режимом деформации для реализации процесса термомеханической обработки катанки в технологическом потоке станов [3, 4]. Потребители все чаще предъявляют повышенные требования к равномерности микроструктуры и механических свойств катанки по длине и сечению, расширению размерного марочного сортамента катанки, производимой на одном стане. Поэтому в настоящее время необходимость реконструкции, действующих проволочных станов, работающих со скоростями до 100 м/с, например, таких как стан 150–1 «АрселорМиттал Кривой Рог» (АМКР), стан 150 Макеевского металлургического завода (МакМЗ) приобретает особую актуальность. Коренной реконструкции, вплоть до полной замены оборудования требуют станы 250-3 (АМКР) и Енакиевского металлургического завода (ЕМЗ).

Таким образом, в настоящее время назрела необходимость реконструкции отечественных высокоскоростных агрегатов большой мощности, проработавших 20 лет и более. Причем экономическая целесообразность требует увеличения рабочих скоростей прокатки до 140...150 м/с, обеспечивающих возможность сохранения производительности при уменьшении диаметра катанки до 4,5 мм [5].

Особенности технологической схемы проволочного стана новой формации для прокатки катанки широкого размерного и марочного сортамента.

Институтом черной металлургии им. З.И.Некрасова НАН Украины (ИЧМ) предложена перспективная технологическая схема высокоскоростной прокатки катанки. На рис.1 представлена схема расположения оборудования проволочного стана новой формации для произ-

водства катанки расширенного размерного и марочного сортамента катанки $\varnothing 4,5 \dots 22$ мм из углеродистых и легированных марок стали, в том числе специального назначения, с обеспечением точности прокатки $\pm 0,15$ мм при овальности профиля в 60 % поля допусков для всего размерного ряда.

Отличие предлагаемой схемы от технологических схем действующих в Украине проволочных станов третьего поколения, поставленных фирмой СКЕТ (стан 150–1 АМКР и стан 150 МакМЗ) состоит в особенностях компоновки оборудования хвостовой части стана. Применение трех миниблоков по 4 клетки в каждом, взамен одного десятиклетьевого блока чистовых клеток, создает предпосылки для освоения катанки $\varnothing 4,5$ и 5,0 мм и мелкосортного проката $\varnothing 12 \dots 22$ мм. Наличие калибрующих клеток в третьем редуционно–калибрующем блоке (РКБ) позволяет увеличить точность для всего сортамента стана до $\pm 0,1$ мм при овальности 0,12 мм.

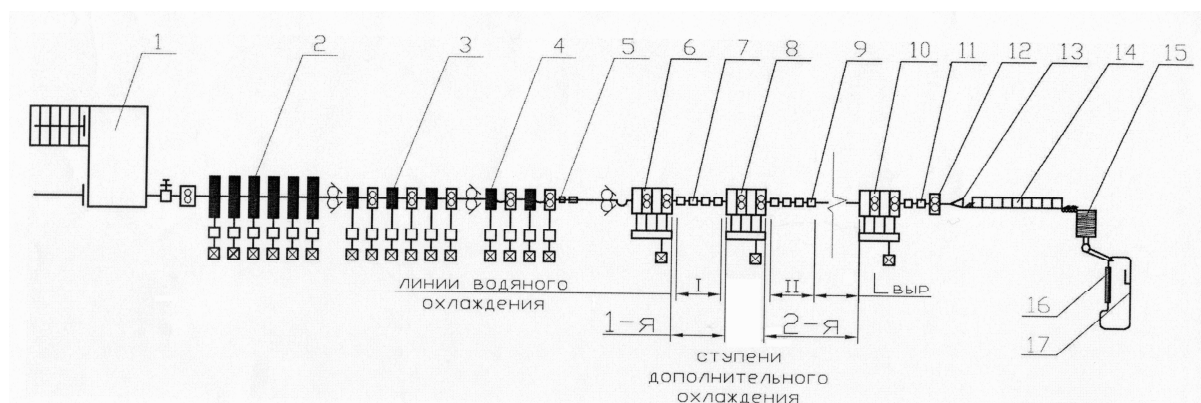


Рисунок 1 – Схема расположения основного технологического оборудования высокоскоростного проволочного стана 150 нового поколения для прокатки катанки широкого размерного и марочного сортамента: 1 – печь с шагающим подом; 2 – черновая группа клеток Н–600; 3 – первая промежуточная группа клеток Н–V 360; 4 – вторая промежуточная группа клеток Н–V 330; 5 – секция предварительного водяного охлаждения раската; 6 – первый миниблок 215...190; 7 – 1-я линия дополнительного водяного охлаждения раската; 8 – второй миниблок 170...150; 9 – II-я линия дополнительного водяного охлаждения раската; 10 – редуционно–калибрующий миниблок 205...230; 11 – линия окончательного водяного охлаждения катанки; 12 – трайбаппарат; 13 – виткообразователь; 14 – роликовый транспортер с крышками для воздушного охлаждения катанки; 15 – виткосборник; 16 – пресс и инспекторский стеллаж; 17 – крюковой конвейер.

Применение двухступенчатого дополнительного охлаждения раската между миниблоками позволяет управлять температурой конца прокатки в интервале 750...1000 °С. Это, в свою очередь, обеспечивает условия реали-

зации термомеханической обработки проката в потоке стана для углеродистых и низколегированных марок стали, а также высокотемпературной прокатки сложнолегированных сталей за счет устранения повышенного разогрева раската по линии стана. Наличие участка выравнивания температуры по сечению раската ($L_{\text{выр.}}$) обеспечивает градиент температуры по сечению раската на выходе из стана в пределах 60...80 °С, что повышает однородность микроструктуры и, соответственно, равномерность механических свойств проката.

Таким образом, на стане могут быть реализованы режимы горячей, нормализующей прокатки и термомеханической обработки за счет регулирования температуры конца прокатки в пределах 750...1050 °С. Это обеспечивает получение готовой продукции с заданными потребительскими свойствами. Перспективная технологическая схема высокоскоростной прокатки катанки может быть использована при реконструкции действующих и при проектировании новых проволочных станов.

Температурное поле раската при прокатке катанки из различных марок стали. Новая технологическая схема расположения оборудования высокоскоростного проволочного стана предложена на основании результатов исследований изменения температурного поля раската по длине проволочного стана, выполненных с помощью теплофизической математической модели, разработанной в ИЧМ [6]. На рис. 2 представлено расчетное изменение температурного поля раската по длине хвостовой части стана при прокатке катанки $\varnothing 5,5$ мм из стали 80 при температуре раската на входе в первый миниблок 900 °С со скоростью прокатки 150 м/с на выходе из стана.

После прокатки в первом миниблоке среднемассовая температура $T_{\text{ср}}$ раската за счет тепла деформационного разогрева повышается до величины порядка 980 °С. При этом температура поверхности катанки $T_{\text{п}}$ составляет около 920 °С, а температура центра сечения раската $T_{\text{ц}}$ увеличивается до 1030 °С. После прохождения первой ступени охлаждения выравнивания температуры по сечению катанки, расположенной за этим миниблоком, температура раската понижается. Так, температура поверхности катанки $T_{\text{п}}$ снизилась до 675 °С, температура центра сечения раската $T_{\text{ц}}$ - до 960 °С, а среднемассовая температура $T_{\text{ср}}$ раската понизилась до 820 °С.

После прокатки во втором миниблоке среднемассовая температура $T_{\text{ср}}$ раската за счет тепла деформационного разогрева составила 900 °С. При этом температура поверхности катанки $T_{\text{п}}$ составила 800 °С, а температура центра сечения раската $T_{\text{ц}}$ - 1050 °С. Разница между $T_{\text{п}}$ и $T_{\text{ц}}$ составила около 250 °С. После прохождения второй ступени охлаждения и выравнивания температуры по сечению катанки, расположенного за вторым миниблоком, температуры $T_{\text{п}}$, $T_{\text{ц}}$ и $T_{\text{ср}}$ составили соответственно – 730 °С, 790 °С и 750 °С. При этом разница между $T_{\text{п}}$ и $T_{\text{ц}}$ составила 60 °С.

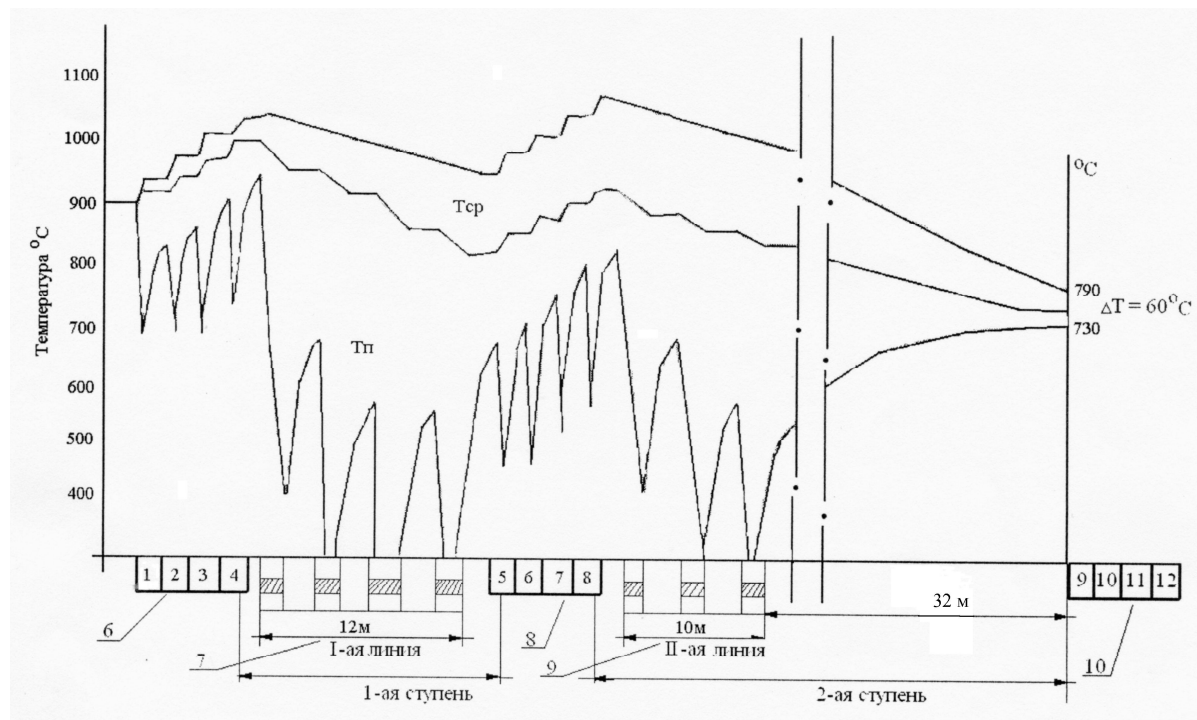


Рисунок 2 – Изменение температурного поля раската по длине хвостовой части стану при прокатке катанки $\varnothing 5,5$ мм со скоростью 150 м/с из стали 80 при температуре раската на входе в первый миниблок $900^{\circ}C$: $T_{ц}$ – температура центра раската; $T_{п}$ – температура поверхности раската; $T_{ср}$ – среднemasовая температура.

Таким образом, величина градиента температуры раската по сечению перед прокаткой в редуционно–калибрующем блоке составляет $60^{\circ}C$ за счет выравнивания температур на последней ступени дополнительного охлаждения.

Возможность управления температурой конца прокатки в пределах $750...1050^{\circ}C$ позволяет организовать на стане термомеханическую обработку катанки. Так, прокатка катанки для канатов и металлокорда из стали 85, 90 при температуре $790...820^{\circ}C$ обеспечивает повышение пластических свойств и их равномерность по длине раската. При этом исключается невыполнение требований стандартов по величине относительного сужения, характерное для других стану. Исследования показали, что в микроструктуре катанки из углеродистых и низколегированных сталей отсутствует структура бейнита, что повышает технологичность катанки при переработке.

Расчетное температурное поле раската при прокатке катанки из быстрорежущей стали в тех же условиях представлено на рис. 3.

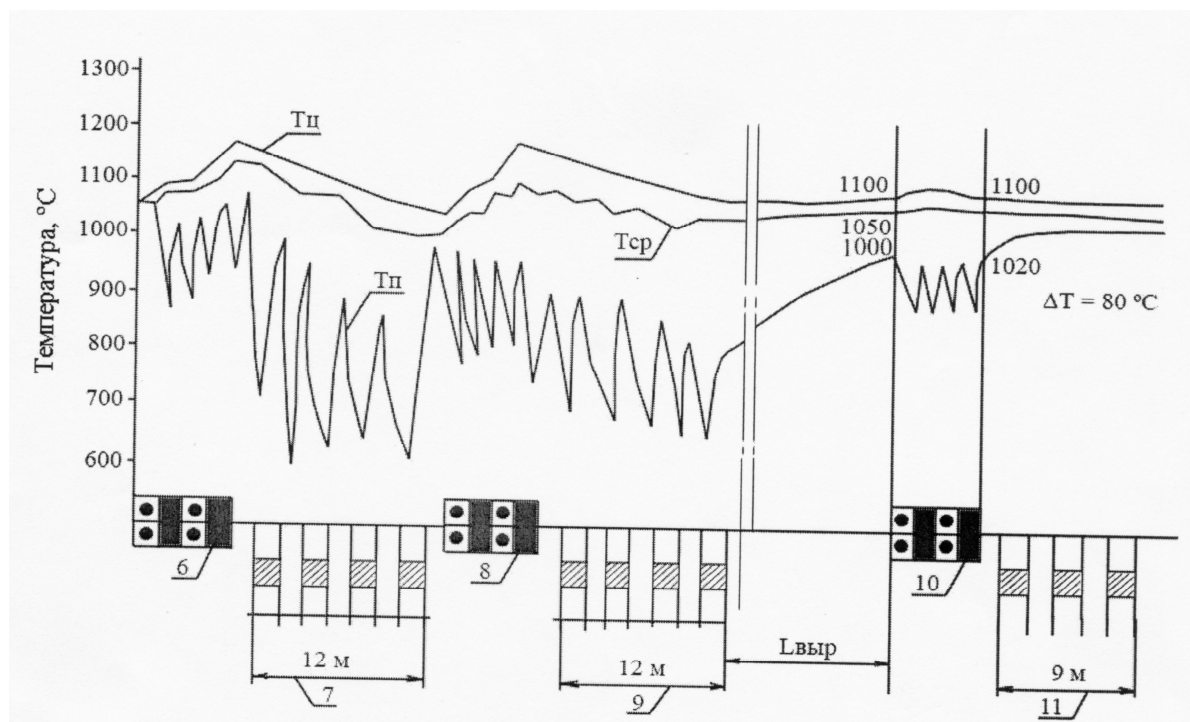


Рисунок 3 – Изменение температурного поля раската по длине хвостовой части стану 150 при прокатке катанки $\varnothing$ 6,5 мм из стали P18 со скоростью 150 м/с: $T_{ц}$ – температура центра раската; $T_{п}$ – температура поверхности раската; $T_{ср}$ – среднemasовая температура.

При температуре заготовки на входе в стан 1100 °C и конечной скорости прокатки 150 м/с происходит деформационный разогрев металла во всех непрерывных группах клетей стана, некоторое охлаждение раската между группами и к выходу из последней клетки второй промежуточной группы расчетное температурное поле по сечению раската выглядит следующим образом. Температура поверхности раската - 1080 °C, температура центра раската достигает 1240°C, при этом среднemasовая температура равна 1185°C. После выхода из последней клетки второй промежуточной группы раскат $\varnothing$ 17 мм проходит предварительное охлаждение и выравнивание температуры по сечению в секции водяного охлаждения и с температурой равной 1000...1100 °C, задается в первый миниблок. Среднemasовая температура раската при этом составляет около 1050 °C. После прокатки в первом миниблоке раскат $\varnothing$ 12 мм поступает в первую ступень дополнительного водяного охлаждения длиной 12 м, на которой охлаждается до температуры 1000 °C. Температура поверхности металла в процессе охлаждения между клетями и в линии охлаждения не опускается ниже 600°C - нижнего порога пластичности для стали ледебуритного класса. Затем раскат $\varnothing$ 12 мм с температурой около 1000 °C, прокатывают во втором миниблоке чистовой группы стана. После прокатки в нем получают раскат $\varnothing$ 8 мм. Этот раскат поступает на вторую ступень охлаждения

длиной 12 м. В процессе прокатки во втором миниблоке температура поверхности раската колеблется в интервале 950...960 °С, т. е. раскат прокатывается в зоне пластичности - 950°С, а охлаждается между клетями до температур выше нижнего предела пластичности. Длина участка для выравнивания температуры по сечению раската от последней клетки второго миниблока до входа в редуционно-калибрующий блок составляет 30 м и является достаточной для выравнивания температуры поверхности до уровня 1000 °С при температуре центра 1100°С. Градиент температуры по сечению раската в 100 °С объясняется тем, что теплопроводность стали ледебуритного класса в 3 раза меньше, чем углеродистой. Раскат Ø 8 мм, полученный после прокатки во втором миниблоке, со среднемассовой температурой порядка 1050 °С прокатывают в РКБ в катанку Ø 4,5...6,5 мм. При этом в первых двух клетях температура несколько повышается, а во вторых, калибрующих, снижается, что обеспечивает уменьшение градиента температуры по сечению до 60...80 °С.

После прокатки и калибрования в РКБ раскат через участок водяного охлаждения, который в данном случае является «сухой» проводкой, передается через трайбаппарат к виткообразователю, с помощью которого витки в виде плоской спирали укладываются на роликовый транспортер с крышками, где в процессе перемещения под закрытыми крышками подвергаются замедленному охлаждению. Следует заметить, что длина роликового транспортера соизмерима с длиной проходной печи для отжига мотков катанки на стане 250 ПО «Ижсталь», а температура витков катанки, поступающей под крышки, составляет около 1000 °С. В этой связи при отключенных вентиляторах и закрытых крышках процесс воздушного охлаждения на транспортере адекватен высокотемпературному отжигу.

Результаты этих исследований положены в основу концепции модернизации высокоскоростных проволочных станов. Эти результаты можно также использовать для разработки режимов прокатки и охлаждения катанки из различных сложнолегированных сталей и сплавов, обладающих повышенным сопротивлением деформации, таких как X18H9T, X20H80, X15H60, X23Ю5 и др. При этом следует иметь в виду то, что режим охлаждения катанки из этих сталей и сплавов в потоке высокоскоростного проволочного стана будет отличаться от нового только на стадии воздушного охлаждения.

Выводы. Предложена типовая схема расположения основного технологического оборудования высокоскоростного проволочного стана 150 нового поколения для прокатки катанки Ø 4,5...22 мм, из углеродистых и легированных марок стали специального назначения, с точностью ± 0,1 мм при овальности профиля 0,12 мм, с организацией процесса термомеханической обработки. В новой технологической схеме обеспечивается возможность управления температурой раската при деформации в чистовых

группах с несколькими миниблоками, линиями дополнительного водяного охлаждения и участком выравнивания температуры по сечению раската между ними. Это обеспечит получение готовой продукции с заданными потребительскими свойствами, а также позволит организовать высокотемпературную прокатку сложнолегированных сталей.

Результаты исследований изменения температурного поля раската по длине проволочного стана, можно использовать для разработки режимов прокатки и охлаждения катанки из различных сложнолегированных сталей и сплавов, обладающих повышенным сопротивлением деформации

Основные положения разработки могут быть использованы не только при проектировании проволочных станов нового поколения, но и при модернизации действующих высокопроизводительных станов 150.

Литература

1. Глуховский Е.С. Современные прокатные станы для производства мелкого сорта и катанки в капиталистических странах. // Бюллетень ин-та Черметинформация «Черная металлургия». - 1964.- №13. С.1-21
2. Жучков С.М., Маточкин В.А., Горбанев А.А. Развитие технологии производства высококачественной катанки. Сталь – 2007.- №5.- С.77-81
3. Жучков С.М., Горбанев А.А, Колосов Б.Н. Новая технология и оборудование для повышения качества катанки. Наука и инновации. – 2007. - №3, С. 43-49
4. Лимпер Х.–Г. Новые технологии производства катанки // VI конгресса прокатчиков. — М. : Черметинформация, 2005. С. 1 – 21.
5. Жучков С.М., Горбанев А.А.. Современные проволочные станы. Тенденции развития технологии и оборудования. – ОАО "Черметинформация". Бюллетень "Черная металлургия". 2006. –№ 7. – С.9.
6. Теоретические и технологические основы высокоскоростной прокатки катанки. / А.А. Горбанев, С.М. Жучков, В.В. Филиппов и др. // Минск. Высшая школа. – 2003.- 287 с.

© Жучков С.М. 2008