

УДК 621.771.25:001.8

**А.А.Горбанев**

## **РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ КАТАНКИ**

Целью работы явилось обсуждение результатов комплекса научных исследований и прикладных разработок, выполненных под руководством С.М.Жучкова. Приведены результаты этих исследований и возможность их использования в практике прокатного производства на металлургических предприятиях Украины.

**металлургические предприятия, прокатное производство, научные исследования, прикладные разработки, практика**

В рамках основных направлений деятельности Института черной металлургии «Исследование и разработка новых технологий, оборудования, систем управления в производстве чугуна, стали и проката» и «Научно – техническое сопровождение Программы развития горно–металлургического комплекса Украины» дальнейшее развитие получили процессы непрерывной прокатки, созданные научной школой академика А.П.Чекмарева. Одним из ярких представителей этой школы являлся заместитель директора Института черной металлургии НАН Украины, докт.техн.наук, профессор С.М.Жучков, который внес большой вклад в совершенствование технологии производства катанки и улучшение ее качества.

Для улучшения обеспечения проволочных станов высококачественной непрерывнолитой заготовкой С.М.Жучков, совместно с работниками Белорусского металлургического завода, разработал и внедрил на обжимно–заготовочном стане 850 процесс сдвоенной прокатки–разделения. Благодаря увеличению степени проработки центральной зоны исходного сечения заготовки, где сосредоточены дефекты сталеплавильного производства (осевая пористость, подусадочная ликвация), устранена центральная пористость, снижена сегрегация углерода, до 0,5 баллов уменьшена подусадочная ликвация и до одного балла показатели по силикатным включениям. В результате повышена производительность обжимно–заготовочного стана и улучшено качество катанки ответственного назначения, используемой для изготовления металлокорда, канатной проволоки и др. [1–5].

В последние годы перед металлургами стала задача увеличения объемов производства мелкосортного проката и катанки для обеспечения внутренних потребностей и увеличения экспортных поставок металла. На основании исследований и опыта освоения мелкосортно–проволочных станов, а также анализа существующей мировой практики С.М.Жучковым определены перспективные направления развития технологии производ-

ства катанки [6,7]. Одним из направлений его деятельности явилась совместная со специалистами Белорусского металлургического завода разработка мероприятий по реконструкции стана 320/150. Предложен и в 2000 г. реализован вариант разделения стана 320/150 на два независимо работающих стана – мелкосортный стан 320 и проволочный стан 150. Исследования резервов оборудования старого стана, выполненные под руководством Сергея Михайловича Жучкова, показали возможность использования при реконструкции части оборудования старого стана 320/150 и позволили установить состав и характеристики дополнительного оборудования для нового проволочного стана 150 [7, 8]. Оборудование для реконструкции было изготовлено и поставлено фирмами «Фест Альпине» и «Морган», реконструкция стана 320/150 осуществлена в 2000г. Преимуществом схемы расположения и состава оборудования нового проволочного стана 150 является возможность его дальнейшей реконструкции с целью увеличения массы мотков, повышения скорости прокатки, расширения размерного и марочного сортамента и повышения качества катанки.

Под руководством С.М.Жучкова разработана программа перспективных направлений исследования процесса непрерывной прокатки на высокоскоростных проволочных станах, в соответствии с которой выполнены углубленные исследования этого процесса. Важным научным результатом этих исследований явилось математическое описание процесса непрерывной прокатки в чистовых блоках клетей современных проволочных станов с учетом особенностей процесса высокоскоростной прокатки [9,10]. В математической модели впервые учтено влияние массовых сил и продольных межклетьевых усилий на энергосиловые и деформационные параметры прокатки в блоках. Показана необходимость учета массовых сил, которые оказывают влияние на все параметры процесса [11,12]. Так, при прокатке со скоростью 120 м/с работа на преодоление массовых сил составляет 40 % от работы, затраченной на деформацию металла, поэтому массовые силы необходимо учитывать при расчетах параметров процесса прокатки в блоках. Экспериментально на современных проволочных станах Белорусского металлургического завода, Белорецкого и Макеевского меткомбинатов установлено влияние различных возмущений на входе в блок и в клетки блоков на заполнение калибров металлом и размеры готовой катанки, что позволило разработать и реализовать рациональные регулирующие воздействия на процесс для повышения точности катанки и уменьшения поверхностных дефектов [17].

Математическое моделирование позволило установить закономерности изменения параметров процесса прокатки в чистовых блоках от скорости прокатки, сопротивления деформации прокатываемого металла, продольных усилий между клетями блока и конструктивных параметров блоков. С.М.Жучковым с сотрудниками ИЧМ составлены уравнения для расчета усилий и моментов прокатки в чистовых блоках, работы и мощ-

ности деформации, опережения и уширения [13–16]. Изучены особенности захвата металла валками в блоках, сформулированы условия устойчивого захвата в момент заполнения чистового блока металлом и при установившемся процессе высокоскоростной прокатки углеродистых и высоколегированных марок сталей, оценены нагрузки в клетях чистовых блоков [22].

Жучковым С.М. вместе с сотрудниками составлены и конечноразностным способом решены системы дифференциальных уравнений теплообмена при прокатке металла в непрерывных группах клетей и чистовом блоке современного проволочного стана, определены температурные поля в поперечном сечении раската вдоль линии стана начиная от входа заготовки в стан и заканчивая прокаткой в последней клетке блока. Разработанная тепловая модель современного проволочного стана позволила рассчитать градиенты температур в сечении раската и устанавливать режимы прокатки для обеспечения требуемых градиентов, определяющих качество готовой катанки, что особенно важно при производстве катанки из высоколегированных марок сталей. С помощью моделирования изучено влияние различных факторов на температуру конца прокатки, что послужило основой для разработки рекомендаций по управлению температурой конца прокатки и осуществлению термомеханической обработки и нормализующей прокатки в потоке стана с целью улучшения микроструктуры и механических свойств катанки и расширения марочного сортамента стана [23,24]. По результатам моделирования, осуществлена модернизация хвостовой части проволочного стана 150 Белорусского металлургического завода с использованием редуциционно–калибрующего четырехклетьевого блока, установленного на участке первичного охлаждения между основным десятиклетьевым блоком и виткоукладчиком [25].

Под руководством Сергея Михайловича Жучкова разработана методика и выполнены экспериментальные исследования влияния скорости воздушного потока на участке роликового транспортера на микроструктуру и механические свойства катанки из углеродистых и высоколегированных марок сталей. Показана целесообразность увеличения скорости охлаждения катанки из высокоуглеродистых и ряда легированных марок сталей для улучшения структуры и свойств. Экспериментально определены коэффициенты теплообмена при охлаждении витков катанки на роликовом транспортере, получены зависимости изменения температуры катанки от скорости воздушного потока, подаваемого на охлаждение витков. Получены уравнения для расчета распределения плотности металла в разложенных витках по ширине роликового транспортера, этой плотности должно соответствовать распределение количества воздуха по ширине транспортера для обеспечения равномерности структуры и свойств по длине мотков катанки. По результатам исследований, на стане 150 БМЗ был реконструирован участок воздушного охлаждения для повышения скорости воздушного потока, подаваемого для охлаждения витков катан-

ки, были установлены более мощные вентиляторы, изменена система подачи воздуха по ширине роликового транспортера [19]. Получена равномерная по длине мотков микроструктура, состоящая в высокоуглеродистой катанке на 90 % из сорбитообразного перлита (1 балл по ГОСТ 8233), улучшены механические свойства катанки, повышена ее деформируемость при холодном волочении, сокращено количество обрывов.

Освоение новой схемы хвостовой части проволочного стана 150 БМЗ, разработанной с участием С.М.Жучкова, в которой был установлен редуционно–калибрующий блок, затруднялось отсутствием в мировой научно–технической литературе методов аналитического исследования параметров этого процесса. Сергей Михайлович впервые разработал математическую модель высокоскоростной непрерывной прокатки катанки в редуционно–калибрующем блоке, использование которой позволило учесть как качественное, так и количественное влияние температурно–деформационных параметров в клетях таких блоков, осуществляемое через прокатываемую полосу, и особенности высокоскоростной прокатки [26, 27]. С помощью моделирования выполнен анализ влияния различных возмущений на процесс и установлены рациональные регулирующие воздействия, применение которых обеспечило стабильную работу редуционно–калибрующего блока и всего проволочного стана, в результате уменьшено количество недокатов и повышена точность катанки до  $\pm 0,1$  мм, снижена овальность до 0,1 мм. Обеспечена возможность расширения размерного сортамента катанки до 4,5...22,0 мм. Повышена скорость прокатки катанки диаметром 5,5 мм от 70 до 110 м/с.

С участием С.М.Жучкова разработаны и внедрены на стане 150 РУП «БМЗ» режимы нормализующей прокатки и термомеханической обработки катанки в потоке проволочного стана. Разработаны режимы прокатки и термообработки катанки из высоколегированных сталей для холодной высадки, что позволило отказаться от смягчающего отжига при переработке катанки из марганцево–борных марок стали и на 50 % сократить длительность смягчающего отжига за счет улучшения сфероидизации при переработке катанки из хромистых, хромо–борных и молибденовых марок стали.

Выполненный под руководством Сергея Михайловича Жучкова комплекс научных исследований и прикладных разработок является существенным вкладом в науку и практику прокатного производства.

1. *Способ* прокатки заготовок / В.А.Теряев, А.Б.Стеблов, С.М.Жучков и др. // Патент РФ № 6982.
2. *Особенности* реализации процесса прокатки–разделения на обжимном стане / А.Н.Бондаренко, В.В.Филиппов, В.А.Тищенко, С.М.Жучков и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2002. – №4. – С.268–270.

3. *Совершенствование* калибровки валков для прокатки крупносортной стали на стане 850 / С.М.Жучков, В.Н.Асанов, В.Ф.Дышлевич и др. // *Сталь*. – 1995. – №3. – С.41–42.
4. *Жучков С.М., Маточкин В.А.* Разработка технологии многоручьевого прокатки–разделения на стане 850 // «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». Сб.научн.тр. ИЧМ НАН Украины. – 2008. – Вып. 17 – С.151–158.
5. *Способ* прокатки заготовок / В.А.Тищенко, А.Б.Стеблов, С.М.Жучков и др. // Патент РФ №2245749.
6. *Жучков С.М., Горбанев А.А., Маточкин В.А.* Анализ технологии производства катанки из высоколегированных сталей на современных высокоскоростных проволочных станах // *Металл и литье Украины*. – 2008. – №1–2. – С.28–34.
7. *Производство* высокоуглеродистой катанки на металлургических агрегатах высшего технического уровня / В.И.Тимошпольский, Н.В.Андрянов, С.М.Жучков и др. – Минск: «Беларуская навука», 2004. – 238 с.
8. *Реконструкция* мелкосортно–проволочного стана Белорусского металлургического завода и оценка качества катанки из высокоуглеродистых сталей / В.В.Филиппов, В.А.Тищенко, С.М.Жучков и др. // *Производство проката*. – 2002. – №7. – С.20–26.
9. *Теоретические* и технологические основы высокоскоростной прокатки катанки / А.А.Горбанев, С.М.Жучков, В.В.Филиппов и др. – Минск: «Высшая школа», 2003. – 287 с.
10. *Теоретические* основы высокоскоростной прокатки катанки / А.А.Горбанев, С.М.Жучков, Е.В.Барышев и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2000. – №8–9 – С.188–190.
11. *О массовых* силах в зонах деформации при прокатке на современных проволочных и мелкосортно–проволочных станах / В.В.Филиппов, А.А.Горбанев, В.А.Тищенко, С.М.Жучков и др. // *Литье и металлургия*. – 2001. – №3. – С.75–78.
12. *Давление* и момент прокатки в высокоскоростных чистовых блоках проволочных станов с учетом массовых сил в зонах деформации / А.А.Горбанев, С.М.Жучков, В.В.Филиппов и др. // *Литье и металлургия* – 2001. – №3. – С.70–74.
13. *Нейтральный* угол и опережение при высокоскоростной прокатке в чистовых блоках клетей проволочных станов / А.А.Горбанев, В.В.Филиппов, С.М.Жучков и др. // *Литье и металлургия*. – 2001. – №4. – С.113–118.
14. *Предельные* скорости прокатки в чистовых блоках клетей современных проволочных станов / А.А.Горбанев, С.М.Жучков, В.В.Филиппов и др. // *Производство проката*. – 2002. – №10. – С.22–26.
15. *Коэффициент* плеча момента при прокатке в высокоскоростных чистовых блоках проволочных станов / В.В.Филиппов, А.А.Горбанев, В.А.Тищенко, С.М.Жучков // *Металлургия: Респ. межведомств. сб. науч. трудов*. – Мн.: «Выш. Школа», 2000. – №26. – С.167–172.
16. *Работа* и мощность прокатки в высокоскоростных блоках проволочных станях / В.В.Филиппов, А.А.Горбанев, В.А.Тищенко, С.М.Жучков // *Литье и металлургия*. – 2001. – №4. – С.110–112.
17. *Экспериментальное* исследование влияния отклонения исходного сечения подката на точность катанки при прокатке в блоках чистовых клетей современных проволочных станов / В.А.Тищенко, В.В.Филиппов, С.М.Жучков и

- др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2002. – №5. – С.45–48.
18. *Влияние* распределения плотности металла по ширине роликового транспортера на равномерность охлаждения витков катанки / С.М.Жучков, В.В.Филиппов, А.А.Горбанев и др. // *Литье и металлургия*. – 2002. – №3. – С.91–94.
  19. *Повышение* равномерности охлаждения витков катанки на роликовом транспортере современного проволочного стана / А.А.Горбанев, В.В.Филиппов, С.М.Жучков и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2002. – №3. – С.44–47.
  20. *Пути* повышения точности прокатки в чистовых блоках клетей современных проволочных станов / В.А.Тищенко, С.М.Жучков, В.В.Филиппов и др. // *Сталь*. – 2002. – №10. – С.51–54.
  21. *Жучков С.М., Маточкин В.А., Горбанев А.А.* Развитие технологии производства высококачественной катанки // *Сталь*. – 2007. – №5. – С.77–81.
  22. *Неустановившийся* процесс прокатки в высокоскоростных проволочных блоках / А.А.Горбанев, С.М.Жучков, В.А.Маточкин и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2008. – №4. – С.35–40.
  23. *Методика* расчета температурного поля раската в линии высокоскоростного проволочного стана / С.М.Жучков, В.А.Маточкин, А.А.Горбанев и др. // *Литье и металлургия*. – 2007. – № 1. – С.32–42.
  24. *Жучков С.М., Горбанев А.А., Маточкин В.А.* Влияние энтальпии заготовок на температурное поле раската при высокоскоростной прокатке // *Сталь*. – 2008. – №1. – С.32–39.
  25. *Особенности* реконструкции хвостовой части проволочного стана 150 на Белорусском металлургическом заводе / Н.В.Андрианов, В.А.Маточкин, Н.И.Анелкин, С.М.Жучков, А.А.Горбанев / *Литье и металлургия*. – 2007. – №1. – С.43–46.
  26. *Разработка* математической модели и теоретический анализ процесса прокатки в высокоскоростном редуционно–калибрующем блоке современного проволочного стана / С.М.Жучков, В.А.Маточкин, А.А.Горбанев // *Литье и металлургия*. – 2007. – №3. – С.19–30.
  27. *Разработка* математической модели процесса прокатки в высокоскоростном редуционно–калибрующем блоке современного проволочного стана / С.М.Жучков, А.А.Горбанев, В.А.Маточкин // *Металл и литье Украины*. – 2008. – №3–4. – С.27–32.

*Статья рекомендована к печати:  
заместитель ответственного редактора  
раздела «Прокатное производство»  
канд.техн.наук, И.Ю.Приходько  
рецензент канд.техн.наук Л.Г.Тубольцев*

### ***А.О.Горбаньов***

#### **Розвиток наукових основ виробництва високоякісної катанки**

Метою роботи є розгляд результатів комплексу наукових досліджень та прикладних розробок, виконаних під керівництвом С.М.Жучкова. Наведено результати цих досліджень і можливість їх використання в практиці прокатного виробництва на металургійних підприємствах України.