

# 1-Й БЕЛОРУССКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ФОРУМ

*В. А. МАТОЧКИН, технический директор – главный инженер РУП «БМЗ», канд. техн. наук*

## РАЗРАБОТКА И ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НАУКОЕМКИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕТАЛЛУРГИИ НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ КАТАНКИ

Первая очередь Белорусского металлургического завода была пущена в эксплуатацию в 1984 г. В последующие годы в составе второй и третьей очередей были введены еще один металлургический комплекс и два цеха по производству металлокорда и бортовой проволоки.

Интенсивное наращивание объемов производства метизного передела, а также возрастающие требования к повышению прочностных параметров армирующих материалов ведущих производителей шин послужили основанием для проведения на заводе коренной реконструкции основных

металлургических агрегатов с целью обеспечения метизного комплекса высококачественной высокоуглеродистой катанкой в значительно больших количествах и необходимого качества.

Наряду с реконструкцией и модернизацией действующих металлургических агрегатов на заводе планомерно велась разработка и совершенствование основных технологических процессов шихтовки, выплавки стали, ее внепечной обработки, разливки на МНЛЗ, прокатки на станах 850 и 320/150.

Найденные нами технические решения легли в основу концепции дальнейшего развития завода,



### ШИХТОВКА ПО КОНТРАКТУ:

100% окатышей

### РАЗРАБОТАННАЯ ШИХТОВКА:

25% окатышей

20% чугуна

55% чистый лом

### РЕЗУЛЬТАТ:

Снижение себестоимости кордовой стали на 100\$

Рис. 1. Мероприятия по освоению технологии производства высокоуглеродистой катанки. Отделение по подготовке лома

во главе которой были поставлены первоочередные условия: наряду с увеличением объемов производства катанки значительно улучшить ее качественные характеристики. Под выбранные технологические параметры готовой продукции было определено, спроектировано и закуплено как за рубежом, так и в Республике Беларусь соответствующее технологическое оборудование для сталеплавильного и прокатного производств.

В ходе модернизации технологического оборудования металлургического передела разрабатывалась и внедрялась новая комплексная технология производства высокоуглеродистой кордовой катанки.

Проектная технология выплавки высокоуглеродистой кордовой стали, которая основывалась на 100%-ном применении металлизированных окатышей, в 90-х годах из-за значительного роста их стоимости оказалась очень затратной. Мы разработали свою, новую технологию получения высококачественной стали с использованием ломоотходов автомобилестроителей. Сейчас в шихтовке применяется только 20–25% окатышей, до 20% чугуна, остальное – пакетированный «чистый» лом. Это позволило нам снизить себестоимость 1 т кордовой стали примерно на 100 долл. без ухудшения ее качественных показателей (рис. 1).

На основе разработанной комплексной физико-математической модели тепловой работы электродуговой печи, учитывающей подплавление перехода, обезуглероживание металлической ванны переменной массы, гидродинамические и тепловые процессы, создана и реализована оригинальная ресурсосберегающая технология выплавки стали под пенистыми шлаками, в том числе с использованием донной продувки инертными газами. Аналогов подобным технологиям на металлургиче-

ских предприятиях стран СНГ на сегодня пока нет.

Внедрение новой комплексной технологии позволило существенно повысить энергоэффективность действующих технологических процессов. Несмотря на значительный рост объемов производства, удельные затраты энергоносителей на 1 т товарной продукции были снижены: по электроэнергии – на 15,5%, по природному газу – на 16,8%.

На электросталеплавильных печах разработана и внедрена автоматизированная система регулирования графитированных электродов в процессе ведения плавки, что позволило достичь экономии электродов на 17–20%, снизить удельный расход электроэнергии на 5 кВт·ч на 1 т стали.

Проведенный анализ огнеупорных материалов и их экспериментальные исследования позволили нам выбрать наиболее эффективные, вследствие чего мы добились повышения стойкости футеровки основных плавильных и разливочных агрегатов в среднем на 12–15%, а также увеличить емкость 100-тонных сталеразливочных ковшей до 108 т жидкой стали, что в целом дало прирост производительности на 3–5%.

При реконструкции машины непрерывной разливки стали № 3 для минимизации ликвации, образующейся в процессе затвердевания слитка, был применен новый, высокоэффективный процесс электромагнитного перемешивания кристаллизирующейся жидкой стали (рис. 2).

С целью окончательного исключения этого вредоносного дефекта структуры на заготовочном стане 850 силами специалистов-прокатчиков разработана и внедрена технология продольного разделения раската, позволившая исключить негативное влияние подсадочной ликвации на технологичность дальнейшей переработки металла в ме-



Рис. 2. Мероприятия по освоению технологии производства высокоуглеродистой катанки. Электросталеплавильное производство

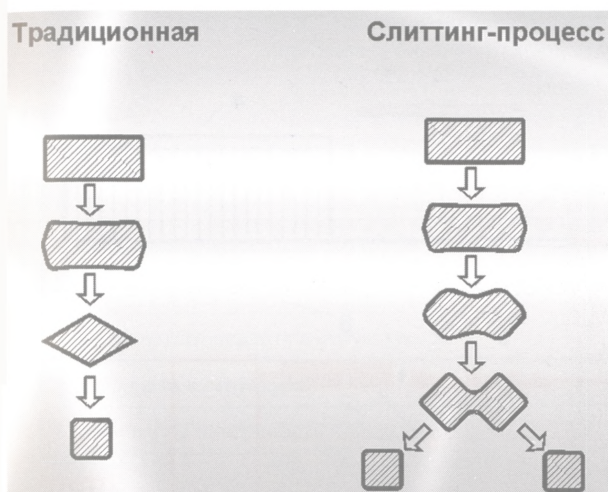


Рис. 3. Схемы получения квадратной заготовки сечением 125 мм из бляма 250×300 мм

тизном производстве. Этот технологический процесс является «ноу-хау» Белорусского металлургического завода (рис. 3).

За счет оптимизации регламента процесса «разливка стали на МНЛЗ-3 – прокатка блямов на стане 850» в настоящее время эффективно используется разработанная технологическая схема так называемого «горячего посада», когда полученные на МНЛЗ горячие блямы, минуя промежуточный склад, проходят только дополнительную тепловую обработку в нагревательной печи и задаются на прокатку. Применение такого техпроцесса позво-

лило добиться экономии природного газа на стане 850 на 13–15% (рис. 4).

Для производства высокопрочного и сверхвысокопрочного металлокорда потребовалось использование катанки из стали марок 80, 85 с высоким содержанием углерода как основного упрочняющего химического элемента в пределах 0,8–0,9%, технология производства которой на БМЗ в то время отсутствовала.

С целью удержания имеющегося рынка сбыта БМЗ был вынужден в конце 90-х годов производить дополнительные закупки особо чистой от вредных примесей высокоуглеродистой катанки с массовой долей углерода до 0,85 %. На тот момент ни одна из сталелитейных фирм Европы и Северной Америки не производила катанку требуемого качества. Единственным ее изготовителем была японская компания «Ниппон Стил».

На заводе проводилась отработка технологии производства новых конструкций металлокорда и новых видов высокопрочной проволоки из импортной катанки. Параллельно велись работы по созданию комплексной технологии получения нового материала – катанки из высокоуглеродистой стали, способной заменить японский полуфабрикат. Необходимо было выстроить технологическую цепочку от подбора шихтовых материалов до термомеханической обработки катанки в линии стана 320/150.

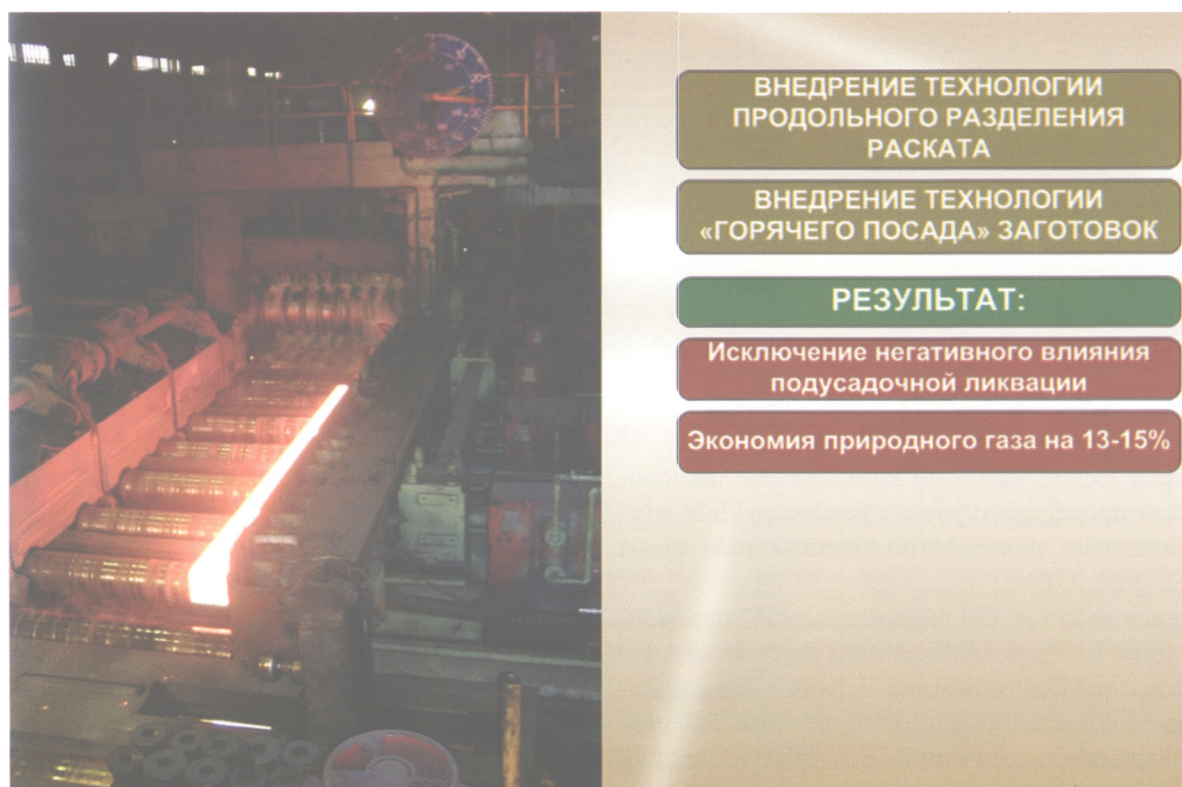
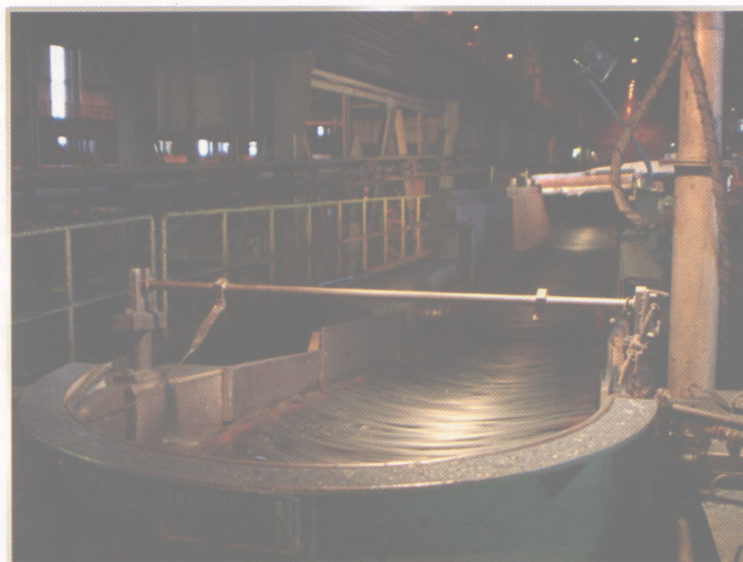


Рис. 4. Мероприятия по освоению технологии производства высокоуглеродистой катанки. Стан 850



Рис. 5. Технологическая схема станов 320 и 150 после внедрения новых технологий



**ПРОВЕДЕНИЕ ГЛУБОКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАНА 320/150**

**РЕЗУЛЬТАТ:**

Повышение производительности с проектных 150 до 385 тыс.т. в год

Снижение неравномерности механических свойств по длине раската

Получение требуемой однородности микроструктуры

Полное импортозамещение заготовки для метизного производства

Рис. 6. Мероприятия по освоению технологии производства высокоуглеродистой катанки. Стан 150

В ходе освоения новой комплексной технологии была проведена глубокая реконструкция комбинированного мелкосортно-проволочного стана 320/150 (рис. 5, 6).

На новом стане 150 внедрено самое современное в мире на настоящий момент высокоскоростное прокатное оборудование. Наряду с повышением производительности стана более чем в 2 раза реализованные технические решения позволили наладить выпуск нового материала – катанки, соответствующей лучшим мировым образцам (табл. 1).

Собственными силами в сжатые сроки была разработана и внедрена принципиально новая комплексная технология, обеспечивающая массовое производство конкурентоспособной углеродистой катанки в условиях РУП «БМЗ».

Разработка теоретических основ и освоение технологических процессов были выполнены специалистами РУП «БМЗ» с привлечением научного потенциала Республики Беларусь. В результате чего было достигнуто значительное снижение неравномерности механических свойств по длине

Т а б л и ц а 1. Полученные свойства высокоуглеродистой катанки для металлокорда, проволоки рукавов высокого давления и бортовых колец шин после внедрения новых технологий

Характеристика	Технические требования мировые	Технические характеристики до внедрения новых технологий	Технические характеристики после внедрения новых технологий
Размер перлитного зерна, балл по ASTM	±1	3	±1
Разброс механических свойств по длине витка, Н/мм <sup>2</sup>	±50	до ±80	±50
Доля пластинчатого перлита в структуре, %	max 20	более 20	max 12
Процент феррита в структуре	max 3	около 4	max 1–2
Масса окалины на поверхности катанки, кг/т	max 4	до 6	2–4

раската, получение требуемой однородности микроструктуры.

Отличительной особенностью высокоуглеродистой катанки является ее значительное превосходство практически по всем качественным характеристикам в сравнении с аналогами металлургических заводов СНГ и Европы. Так, содержание вредных примесей цветных металлов (меди, хрома, никеля) в ней ограничено до 0,05 мас.%. При высоких значениях прочностных параметров (предел прочности до 1130 Н/мм<sup>2</sup>) катанка должна обладать хорошей пластичностью и выдерживать испытания на осадку до 1/3 высоты первоначального образца. Эти параметры являются очень жесткими и достичь их можно только при строжайшем соблюдении технологического регламента на всех металлургических переделах.

Повышение функциональных характеристик катанки для металлокорда могут обеспечить такие методы, как регулирование количества неметаллических включений, фазовых выделений, фазовых

превращений и микроструктуры. Вместе с тем, при использовании катанки с повышенными прочностными свойствами возникла еще большая, чем прежде, потребность внедрения комплексной технологии, включая операции вторичной переработки и поэтапный контроль качества. В области исследований и разработок тоже возникла необходимость разработки комплексной технологии – от исходного материала до конечного продукта.

Выполненный комплекс мероприятий обеспечил гарантированное получение высокоуглеродистой катанки из сталей марок 70, 75, 80, 85, 90 для последующего производства высокопрочного металлокорда на уровне самых современных требований мировой отрасли резинотехнических изделий (табл. 2, 3).

Дальнейшее совершенствование комплексной технологии получения высокоуглеродистой катанки позволило начиная с 2005 г. экспортировать в Японию проволоку для армирования рукавов высокого давления, полуфабрикатом для производ-

Т а б л и ц а 2. Химический состав катанки диаметром 5,5 мм из сталей марок 70, 80, 85, 90, 90 Cr и 95 после внедрения новых технологий

Марка стали		Массовая доля элементов, %										
		C	Si	Mn	не более							
					P	S	Cr	Ni	Cu	Al	N	O
По контракту	70	0,71–0,75	0,30	0,40–0,70	0,015	0,015	0,05	0,05	0,05	0,004	0,005	0,005
После внедрения новых технологий	80	0,80–0,85	0,30	0,40–0,70	0,015	0,015	0,05	0,05	0,05	0,004	0,005	0,005
	85	0,85–0,90	0,30	0,40–0,70	0,010	0,012	0,05	0,05	0,05	0,004	0,004	0,005
	90	0,91–0,95	0,17–0,30	0,40–0,70	0,012	0,012	0,05	0,05	0,05	0,004	0,004	0,005
	90Cr	0,88–0,92	0,17–0,30	0,20–0,30	0,012	0,012	0,20–0,30	0,05	0,05	0,004	0,004	0,005
	95	0,96–1,00	0,30	0,40–0,70	0,012	0,012	0,05	0,05	0,05	0,004	0,004	0,005

Таблица 3. Механические свойства катанки диаметром 5,5 мм из сталей марок 90 и 90 Сг после внедрения новых технологий

Марка стали		Предел прочности, Н/мм <sup>2</sup>	Относительное сужение, %	Относительное удлинение, %
			не менее	
По контракту	70	970–1130	35	10
После внедрения новых технологий	80	1090–1220	30	10
	85	1150–1270	28	9
	90	1165–1320	28	9
	90Сг	1180	28	9
	95	1210–1370	26	9

ства которой служит катанка. Так, в настоящее время фирмам «Йокогама» и «Тогава» отгружено более 1700 т высокопрочной проволоки, в целом объем поставок на 2008 г. составляет около 3000 т.

Проведенные совместные исследования и отработка технологических процессов специалистами Белорусского металлургического завода и Речицкого метизного завода привели к тому, что начиная с 2008 г. РМЗ полностью отказался от импорта заготовки и перешел на катанку БМЗ. Разработанные на БМЗ марки стали позволили речицким метизникам освоить новые высокоэффективные виды продукции и обеспечить экспортные поставки до 85% от объемов выпускаемой продукции.

Следуя мировой динамике развития шинной промышленности, на РУП «БМЗ» также системно разрабатывались и осваивались новые высокоэффективные типы металлокорда. В результате чего на базе полученной высокоуглеродистой катанки были созданы принципиально новые типы металлокорда, которые, бесспорно, можно отнести к новым материалам. Так, одними из первых, на РУП «БМЗ» разработан целый ряд высокоэффективных конструкций металлокорда:

- высокопрочного НТ,
- сверхвысокопрочного СТ,
- ультравысокопрочного УТ с пределом прочности проволоки от 3800 до 4200 Н/мм<sup>2</sup>.

Два последних типа металлокорда являются приоритетными для РУП «БМЗ» (рис. 7).

Необходимо особо отметить, что разработка и внедрение высокоэффективных конструкций металлокорда типов НТ, СТ и УТ на заводе производились специалистами нашего завода исключительно собственными силами.

На сегодняшний день по поручению Главы государства А. Г. Лукашенко разработана и успешно

реализуется программа освоения на РУП «БМЗ» производства металлокорда для сверхкрупногабаритных шин (КГШ) карьерных самосвалов, который в настоящее время закупается в Европе по цене около 4000 евро за 1 т. На данный момент уже освоена технология производства трех конструкций металлокорда для шин такого типа. Еще две конструкции находятся в стадии опытно-промышленных испытаний с положительными предварительными результатами.

В качестве новых высокопрочных продуктов, пользующихся повышенным спросом у шинников и других производителей армированных резинотехнических изделий, на РУП «БМЗ» также разработаны проволока из заэвтектидной стали и высокопрочная проволока для бортовых колец шин с повышенной стойкостью к расслаиванию.

РУП «БМЗ» также занимается перспективными разработками наукоемких новых продуктов, которые в настоящее время только начинают при-



Рис. 7. Изменение требований к прочности металлокорда

меняться у шинников. Так, например, о разработке катанки из заэвтектоидной стали мы впервые сообщали 5 лет назад.

Внедрение передовых наукоемких технологий, реализованных при вводе в эксплуатацию стана 150, позволило добиться выпуска высокоэффективной и конкурентоспособной продукции, не уступающей, а по ряду технических показателей, превосходящей лучшие зарубежные аналоги горячекатаного круглого проката. Это дало возможность нам в полной мере добиться полного импортозамещения высокоуглеродистой катанки, а также обеспечить ее устойчивый сбыт за рубежом.

Полученные результаты фундаментальных и прикладных исследований, по заключению ведущих ученых НАН Беларуси, имеют важное значение для развития мировой металлургической науки и создания новых технологических процессов. В настоящее время они оказывают существенное влияние на развитие экономики Республики Беларусь и повышение ее эффективности.

При выполнении научно-исследовательских работ по разработке и освоению комплексной технологии производства высокоуглеродистого горячекатаного мелкосортного проката круглого сечения на стане 150 в условиях РУП «Белорусский металлургический завод» получено 28 патентов на изобретения, опубликованы 4 монографии, две из

которых за рубежом, 44 статьи в отечественных и зарубежных научных изданиях.

По этой тематике специалистами БМЗ защищены три кандидатские диссертации, готовятся к защите еще две диссертации (докторская и кандидатская).

В результате проведенной работы производство продукции на стане 150 возросло с проектных 150 до 385 тыс. т в 2005 г. За этот период на базе новой высокоуглеродистой катанки освоено более 50 новых видов метизной продукции. Около 40% произведенного проката реализуется как товарная продукция, остальной металл подвергается дальнейшей переработке в цехах метизного комплекса завода.

Суммарный экономический эффект в виде дополнительно полученной прибыли за 2001–2005 гг. с учетом окупаемости затрат на реконструкцию стана 150 составил более 51 млн. долл. США. Кроме того, прирост объема продаж металлопроката за 2001–2005 гг. составил 1 млн. 170 тыс. т, метизной продукции – 264 тыс. т, что обеспечило получение дополнительной выручки от увеличения продаж за рассматриваемый период на 775 млн. долл. США.

За пятилетний период получен экономический эффект в виде дополнительной валютной выручки на сумму около 700 млн. долл. США и увеличения налоговых отчислений в бюджет Республики Беларусь в сумме 54 млн. долл. США.