



The investigated new reduced technological schema showed the possibility of the production of high carbon steel of cord quality with metal cast at UNRS of light section in conditions of ESPTs-1.

В. Ю. ГУНЕНКОВ, В. В. ПИВЦАЕВ, Ю. В. КАРПОВИЧ, РУП «БМЗ»

УДК 669

РАЗЛИВКА ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ КОРДОВОГО КАЧЕСТВА НА УНРС МАЛОГО СЕЧЕНИЯ

Основная задача, стоящая перед специалистами РУП «БМЗ», — это постоянное совершенствование технологии производства стали с целью снижения ее себестоимости при сохранении высокого качества металла. С вводом установки «ковш-печь» в ЭСПЦ-1 специалистами завода была разработана принципиально новая схема производства металлокорда на РУП «БМЗ». Освоение данной технологии было решено проводить не только на марках кордового сортамента 70К, 80 К, но и на высокоуглеродистых сталях кордового качества С70D, С76D, 70 РМЛ.

При разработке данной схемы учитывались следующие технологические условия, при которых должен осуществляться процесс выплавки, внепечной обработки и разливки кордовой стали. Прежде всего это отсутствие агрегата для вакуумирования стали, которым не располагает цех, а также разливки высокоуглеродистой стали на УНРС малого сечения. Эти два фактора впоследствии и явились предметом разработок новых технологий и новых подходов ведения внепечной обработки и разливки высокоуглеродистой стали кордового сортамента. В связи с этим новая сокращенная схема имеет значительные отличия от старой:

Схема с вакуумной обработкой

ДСП→«ковш-печь»→вакууматор RH→МНЛЗ (250x300 мм)→стан 850(125x125 мм)→стан 150 (катанка 5,5 мм)→СтПЦ-1,2 (корд 0,15–0,33 мм).

Новая сокращенная схема без вакуумной обработки

ДСП→«ковш-печь»→МНЛЗ(125x125 мм)→стан 150 (катанка 5,5 мм)→СтПЦ-1,2 (корд 0,15–0,33 мм).

При данной схеме решались следующие основные задачи: обеспечение минимального содержания примесей цветных металлов; управление количеством и составом неметаллических включений; исключение вторичного окисления металла.

Выбор рационального варианта шихтовки для новой схемы производства кордовой стали

С целью обеспечения гарантированного минимального содержания примесей цветных металлов ($Cr+Ni+Cu$)<0,15 при производстве высокоуглеродистой стали кордового сортамента по новой схеме специалистами РУП «БМЗ» рассматривались ранее испытанные различные варианты шихтовок кордовых марок сталей (табл. 1).

Таблица 1. Варианты шихтовок, применявшиеся при выплавке кордовых марок сталей на РУП «БМЗ»

Марка стали	Шихтовка плавов			
	пакеты ВАЗ, т	чугун, т	металлизированные окатыши, т	итого, т
70К, 80К	65-70	20-25	15-35	120
70К, 80К	50-55	15-20	40-60	120
70К, 80К	100-105	20-25	-	120
70К, 80К	15	10	90-110	120-130

По результатам анализа ранее испытанных различных вариантов шихтовок и на основе диаграммы определения оптимальной доли лома и доли окатышей от общей массы металлошихты (рис. 1) были предложены варианты шихтовок для производства кордовой стали в ЭСПЦ-1, приведенные в табл. 2.

Такой выбор был сделан исходя из статистического и технико-экономического анализов более 200

плавов, проведенных с использованием диаграммы определения оптимальной доли лома и доли окатышей от общей массы металлошихты при выплавке стали кордового сортамента. Результатом такого выбора стало гарантированное получение содержания по расплаву: серы — не более 0,025%, цветных примесей — не более 0,04; азота — не более 0,004%, что не превышало требования нормативной документации.

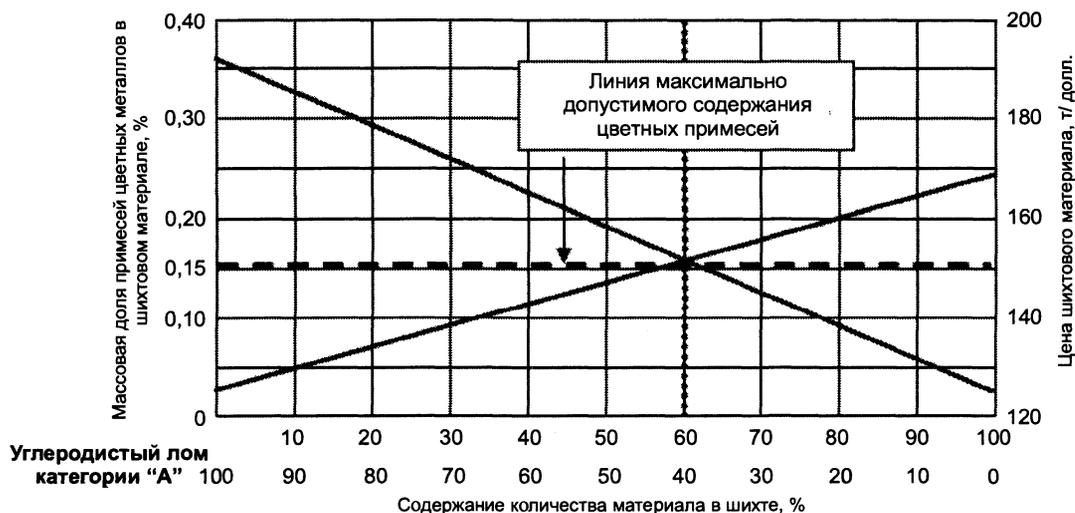


Рис. 1. Диаграмма определения оптимальной доли лома и доли окатышей от общей массы металлошихты при выплавке стали кордового сортамента

Таблица 2. Варианты шихтовок для производства кордовых марок сталей по новой схеме

Марка стали	Шихтовка плавов				итого, т
	пакеты ВАЗ, т	чугун, т	углеродистый лом категории «А», т	металлизированные окатыши, т	
C70D	-	15-20	100-105	-	120
70K	-	20	45-55	40	120

Новая технология внепечной обработки кордовой стали без вакуумирования

Благодаря накопленному опыту ведения внепечной обработки кордовых марок сталей и учитывая, что новая схема не должна предусматривать обработку металла под вакуумом, была разработана новая технология рафинирования стали с целью управления количеством и составом неметаллических включений. Образование оксидных неметаллических включений в стали происходит в основном в результате взаимодействия растворенного кислорода с элементами раскислителями и легирующими в процессе выпуска и внепечной обработки. Отсюда степень загрязненности кордовой стали неметаллическими включениями, их тип и химический состав во многом определяют качество конечного продукта переработки кордовой катанки.

Данная технология внепечной обработки прежде всего предусматривала обработку металла с помощью покровного шлака, сформированного присадками шлакообразующих материалов ($CaO:CaF_2 = 4:1$) до получения кратности шлака 1,2:100. Шлаковый режим на протяжении всей обработки меняли в зависимости от необходимых условий проведения операций по десульфурации, раскисления и модифицирования стали. По ходу внепечной обработки расплава в ковше металл продували аргоном через две щелевые донные фурмы с расходом на каждую 60–130 л/мин. Время всей обработки металла на установке «ковш-печь» составило 40–70 мин.

Проведение такой обработки металла позволило получить результаты на уровне проведения внепечной обработки по схеме с вакуумной обработкой металла. Такой положительный результат дал все предпосылки для успешного проведения последнего этапа – разливки металла.

Защита металла от вторичного окисления при разливке высокоуглеродистой стали кордового качества

Основной задачей, решаемой при разливке кордовой стали, является организация защиты струи металла от вторичного окисления. Как известно, вследствие взаимодействия жидкого металла с воздухом все результаты дегазации стали и ее очищения от неметаллических оксидных включений при внепечной обработке могут быть сведены на нет. Поэтому такой значимый подход к данной проблеме был вызван прежде всего получением на последнем этапе разливки гарантировано низкого уровня активности и общего содержания кислорода в стали. В свою очередь, такая низкая активность кислорода позволит получить минимальное содержание неметаллических включений, особенно таких вредных, как корундовые, алюмосиликаты, шпинели с содержанием Al_2O_3 более 50%, которые оказывают наибольшее влияние на обрывность проволоки в процессе волочения и свивки.

Постановка такой задачи вызвала решение провести разливку по технологической схеме, показанной на рис. 2. Данная схема предусматри-

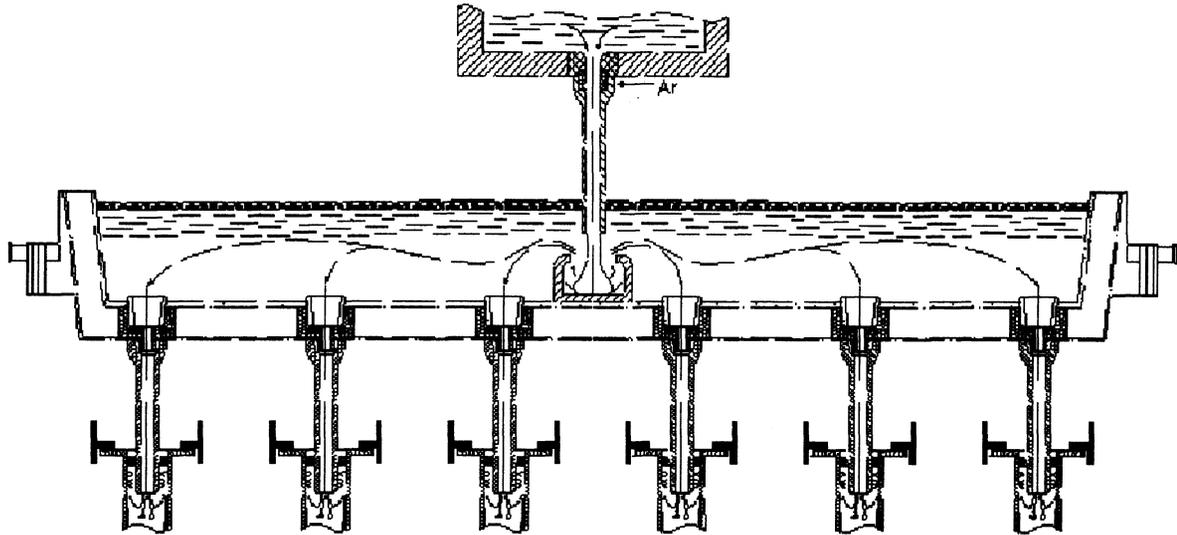


Рис. 2. Технологическая схема формирования и движения потоков металла в промежуточном ковше

вает разливку металла под уровень с применением ШОС. Задача осложнялась необходимостью разливки металла на МНЛЗ с малым радиусом кривизны 5 м и применением кристаллизатора малого сечения 125x125 мм.

В качестве защиты струи металла от вторичного окисления были применены на участке стальной-промковш защитная труба марки ТКСБ-39, а на участке промковш-кристаллизатор – погружной стакан марки СКСБ-91, разработанный совместно с ОАО «Динур». Выбор материала для изготовления погружного стакана был обусловлен необходимостью снижения количества неметаллических включений состава Al_2O_3 в кордовой стали. Поэтому в качестве материала использовали огнеупорные изделия из кварцита, которые меньше влияют на загрязненность стали неметаллически-

ми включениями, чем высокоглиноземистые огнеупоры. В процессе разливки происходило незначительное намораживание металла и неметаллических включений на наружную поверхность погружаемого стакана, что приводило к некоторому его зарастанию. Уровень износа стенки стакана составил 3,3–4,0 мм, скорость износа – 0,033–0,045 мм/т, при этом стойкость стакана составила три плавки.

Разливка высокоуглеродистых сталей кордового качества под уровень предусматривает применение ШОС для дополнительной защиты металла от вторичного окисления при контакте с атмосферой, а также для ассимиляции неметаллических включений. При производстве кордовых марок сталей и сталей кордового качества были испытаны несколько видов шлакообразующих смесей (табл. 3).

Таблица 3. Химический состав ШОС, используемых при разливке кордовых марок сталей

Тип ШОС	Массовая доля химических элементов, %								
	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CO ₂	F	C
ACCUTHERM ST-SP/512SV-DS	34,2-37,2	23,5-26,5	2,4-3,4	11-13	2,2-3,3	до 1,2	3,1-4,5	3,5-4,5	6,5-7,5
БСТ-6	34-36	35-37	-	3-5	-	-	-	7-9	8-10
Scorialit 189/E1	32-34	34-36	-	4-5	1,5-2,5	-	2,5-3,5	8	8-9

Сравнивая контрольные результаты качества литых заготовок, выяснилось, что применение ШОС ACCUTHERM ST-SP/512SV-DS наиболее благоприятно сказалось на макроструктуре литой заготовки. При применении данного материала было замечено уменьшение скорости отвода тепла в верхней части кристаллизатора, что способствовало выравниванию всего фронта затвердевания заготовки. Опытные ШОС присаживались порциями в количестве, обеспечивающем создание защитного покрытия толщиной 30 мм, при этом толщина жидкой фазы составляла 6–8 мм. Расход ШОС составил 0,3–0,45 кг/т. Образование “кор-

жей” и грубого шлакового гарнисажа на стенках кристаллизаторов не происходило. Осмотр литых заготовок показал, что у заготовок, разливавшихся с применением ШОС, шлаковые включения практически отсутствуют, складчатость минимальная, поверхность заготовки ровная, без трещин и углублений.

При отработке технологии разливки на УНРС с закрытой струей и использованием ШОС параметры работы ЗВО определяли экспериментально. При расходах воды в соответствии с действующей технологией по третьей группе охлаждения (А – 50 л/мин, В – 115, С – 107 л/мин) температура

заготовки на выходе из ЗВО по замерам оптическим пирометром "Проминь" была в интервале 760–780°C, на поверхности заготовки отсутствовала окалина. По оценке макроструктуры и тем-

пературы заготовки на выходе из ЗВО наилучшие результаты были получены при расходе воды по зонам А – 60–65 л/мин; В – 90–95 л/мин. Зона С – отключена (табл. 4).

Таблица 4. Технологические параметры разливки

Марка стали	Номер ручья	Tс/к, °C	Температура металла в п/к, °C			Расход воды в ЗВО, л/мин			Масса металла в п/к, т	T _{ливк} , °C	v, м/мин	Содержание общего кислорода в катанке [O], ppm	Способ защиты струи
			Перегрев над T _{ливк} , °C			А	В	С					
			10т	40т	80т								
70К	2	1566	1525 58	1527 60	1515 48	60	90	0	8,5-11	1467	1,9-2,4	48	Погружной стакан
70К	1	1565	1524 57	1511 44	1521 54	52	114	107	8-12	1467	2,1-2,4	59	Открытая струя
C70D	2	1534	1508	1505	1502	50	125	106	8-12	1467	2,0-2,5	55	Погружной стакан
C70D	2	1535	1504	1509	1500	57	125	107	8-12	1467	2,0-2,5	70	Открытая струя

С целью снижения загрязненности стали глиноземистыми включениями и управления движения металла в ковше было применено решение с демпфированием потока металла в месте его заливки в промежуточный ковш с помощью огнеупорного изделия «турбостоп» (рис. 2). Такое решение способствовало получению целенаправленного потока металла, обеспечивающего равномерность температурного поля в ванне промежуточного ковша и одновременный вынос загрязняющих включений в верхние слои для последующей ассимиляции их шлаком. Кроме того, использование данного устройства способствовало предотвращению выбросов металла в период открытия плавки.

Макроструктура кордовой стали, полученная без вакуумирования

Оценку макроструктуры, качества поверхности и определение коэффициента ликвации углерода в литых заготовках, разлитых с защитой металла погружным стаканом (начало, середина и конец разливки плавки), производили по результатам анализа сравнения предварительно отобранных поперечных темплетов. Было установлено, что ликвация углерода и серы в литой заготовке практически отсутствует и составила для углерода 0,98–1,07, а для серы – 0,98–1,06. Макроструктура литой заготовки сечением 125x125 мм показана на рис. 3, а результаты оценки по ОСТ 14-1-235-91 и ГОСТ 10243 приведены в табл. 5.

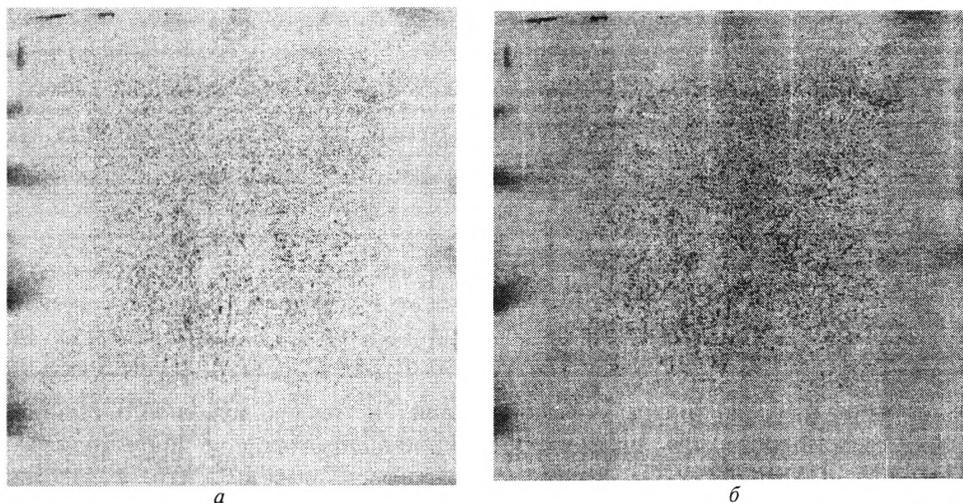


Рис. 3. Макроструктура литой заготовки стали 70К, полученной при производстве кордовой стали без вакуумирования: а – при разливке с закрытой струей; б – при разливке с открытой струей

Таблица 5. Результаты макроструктурного анализа литых заготовок сечением 125x125 мм

Марка стали	Макроструктура, ОСТ 14-1-235-91, балл						ГОСТ 10243, балл
	ЦП	ОЛ	ЛПит (об)	ЛПит (ос)	Лпит (уг)	СП	КТЗ
70К	2,5-3,5	0,5-1,0	1,0	0	0	0	1,0-1,5
C70D	2-3,5	1,0-2,0	0,5	0,5	0	0	0-0,5

Примечания: ЦП – центральная пористость; ОЛ – осевая ликвация; ЛПит (об) – ликвационная полоса и трещины осевые; ЛПит (уг) – ликвационная полоса и трещины угловые; СП – светлая полоска; КТЗ – краевые точечные загрязнения; ПП – подкорковые пузыри.

Оценка краевых точечных загрязнений соответствовала 1,0–1,5-му баллу, подкорковые пузыри отсутствовали или имели незначительный (0,5) балл, а осевая ликвация не превышала 2-го балла на стали С70D и 1-го балла – на 70К.

Оценка загрязненности кордовой стали неметаллическими включениями

Оценку загрязненности кордовой стали неметаллическими включениями производили по методике фирмы “Pirelli”, исследуя оксидные включения на электронном микроскопе с микроанализатором с получением результатов химического состава включений, которые вносятся в тройную диаграмму (CaO+MgO+MnO) – SiO₂ – Al₂O₃, разбитую на три области: А, В, С. Область С имеет наиболее опасные включения, содержащие более 50% Al₂O₃. При попадании включений в область С увеличивается обрывность проволоки при волочении.

При проведении электронно-зондового микроанализа выяснилось, что средняя плотность неметаллических включений в катанке, произведенной по новой схеме, превышает на 30% среднюю плотность в катанке, произведенной по схеме с вакуумированием (рис. 4). Тип оксидных неметаллических включений при переходе на новую схему не изменился. В целом же сталь, произведенная по новой схеме, имеет загрязненность оксидными неметаллическими включениями в пределах требований фирмы “Pirelli” и ЗТУ, а именно плотность неметаллических включений не превышает предел 1000 вкл/см². Полученные результаты металлографического анализа и состава оксидных неметаллических включений опытных образцов сопоставили с усредненными результатами за 2002–2003 гг. для обычной технологии с вакуумной обработкой стали (рис. 5).

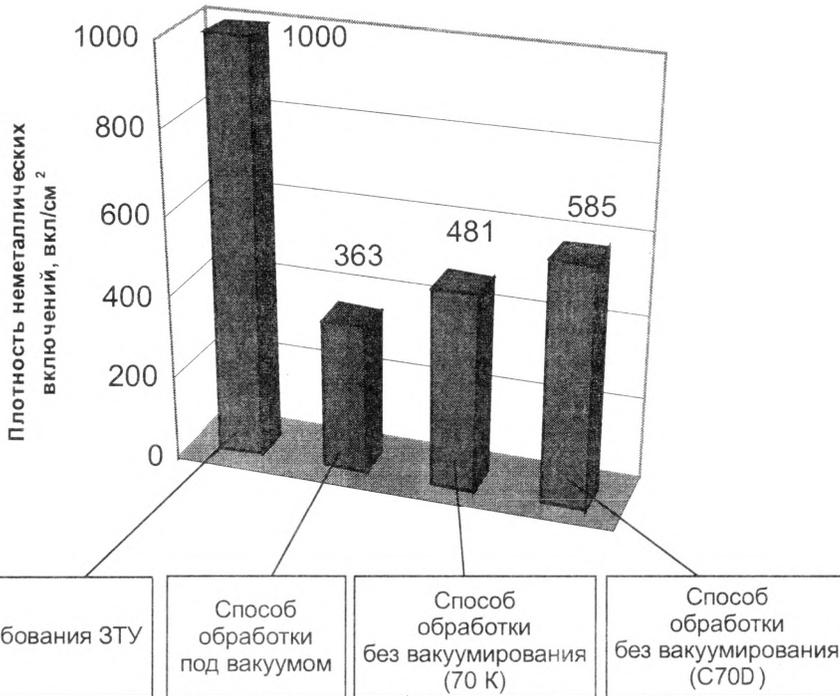


Рис. 4. Средняя плотность неметаллических включений в плавках, произведенных по старой и новой схемам

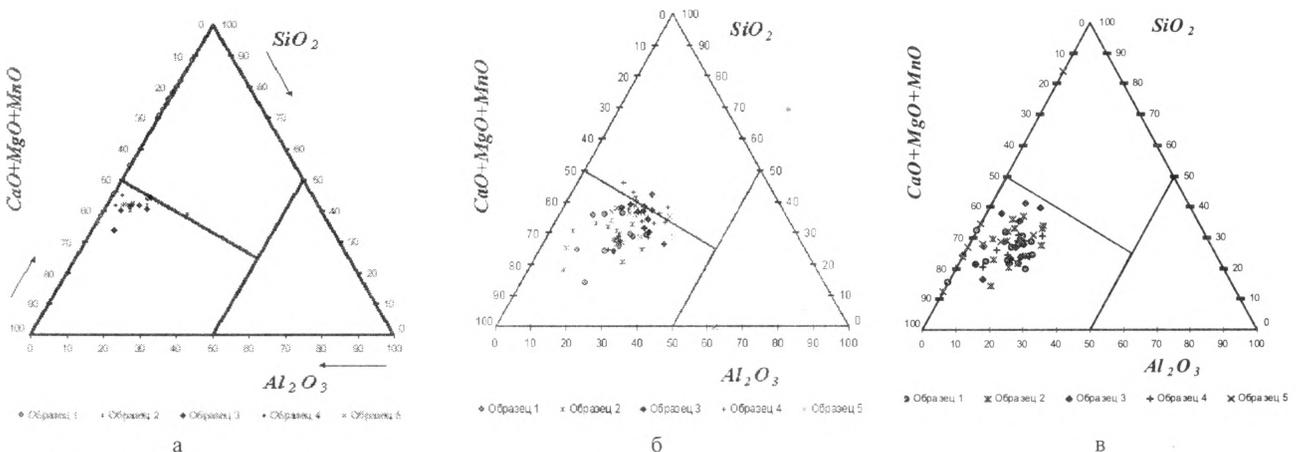


Рис. 5. Состав включений в катанке, произведенной из непрерывнолитой заготовки: а – вакуумная обработка (70К); б – без вакуумной обработки (70К); в – без вакуумной обработки (С70D)

Выводы

Исследованная новая сокращенная технологическая схема показала возможность производства высокоуглеродистой стали кордового качества с разливкой металла на УНРС малого сечения в условиях ЭСПЦ-1. Установлено, что загрязненность невакуумированной стали оксидными неметаллическими включениями в 1,3 раза выше, чем стали, произведенной в этот период по обычной схеме, однако не превышает пределов, определяемых заводскими ТУ. Применение погружных стаканов марки СКБ-91 и надежная изоляция стыков позволили практически устранить вторичное окисление металла: общее содержание кислорода в 1,2 раза ниже, чем при обычной разливке и составило 50–60 ppm. Прирост содержания азота

в стали не наблюдался, нитриды титана отсутствовали, что в целом отвечало требованиям ЗТУ.

В зависимости от сортамента выплавляемых кордовых сталей снижение себестоимости катанки, произведенной по новой схеме по отношению к кордовому производству с вакуумной обработкой и переделом на стане 850, составило 30–35 долл. на 1 т произведенной продукции. Достижение указанных выше результатов позволило получать высококачественный вид продукции – кордовую катанку по упрощенной технологической схеме со снижением ее себестоимости, тем самым повысив экспортный потенциал завода и еще больше увеличив конкурентоспособность продукции РУП «БМЗ» на рынке металлокорда.