



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-4-61-65>
УДК 669

Поступила 17.11.2023
Received 17.11.2023

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ МАРКИ 62ПП С ОСОБЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ ПО СОДЕРЖАНИЮ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ

О. Л. ЛЕВОТЧЕНКО, С. В. КОНОВАЛЕНКО, А. А. БУГРИМОВ, В. С. ПУТЕЕВ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37.

В условиях ОАО «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК» осуществляется производство высококачественной стали, используемой в автомобильной, железнодорожной промышленности и нефтегазовой отрасли. Производство данных марок стали предусматривает контроль ряда качественных параметров как непрерывнолитой, так и горячекатаной заготовки из стали для обеспечения требуемых механических, технологических и эксплуатационных свойств готовой продукции. Перед сталеплавленным производством стоят задачи по получению высококачественной стали с требуемой микроструктурой – низким содержанием вредных примесей и неметаллических включений (НВ). В статье на примере углеродистой стали пониженной прокаливаемости (ПП), предназначенной для производства рессор, используемых в подвеске транспортных средств, описана работа и полученные результаты по освоению технологии производства горячекатаной стали марки 62ПП.

Ключевые слова. *Пониженная прокаливаемость, внепечная обработка, вакуумная дегазация, нитриды, неметаллические включения, краевые точечные загрязнения, автомобильная промышленность, производство рессор.*

Для цитирования. *Левотченко, О. Л. Разработка и внедрение в производство стали марки 62ПП с особыми требованиями по содержанию неметаллических включений / О. Л. Левотченко, С. В. Коноваленко, А. А. Бугримов, В. С. Путеев // Литье и металлургия. 2023. № 4. С. 61–65. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-4-61-65>.*

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF GRADE 62PP STEEL PRODUCTION WITH SPECIAL REQUIREMENTS FOR NON-METALLIC INCLUSIONS CONTENT

O. L. LEVOTCHENKO, S. V. KONOVALENKO, A. A. BUGRIMOV, V. S. PUTEEV, OJSC “BSW – Management Company of Holding “BMC”, Zhlobin, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str.

OJSC “BSW – Management Company of Holding “BMC” produces high-quality steel used in the automotive, railway, and oil and gas industries. The production of these steel grades involves controlling a range of quality parameters for both continuous cast and hot-rolled steel billets to ensure the required mechanical, technological, and operational properties of the finished products. The steelmaking process aims to obtain high-quality steel with the desired microstructure – low levels of harmful impurities and non-metallic inclusions (hereinafter referred to as NV). This article describes the work and results obtained in the development of the technology for producing hot-rolled grade 62PP steel, using the example of low-hardenability carbon steel intended for the production of springs used in vehicle suspension.

Keywords. *Low hardenability, off-furnace treatment, vacuum degassing, nitrides, non-metallic inclusions, edge point pollutions, automobile industry, spring production.*

For citation. *Levotchenko O. L., Konovalenko S. V., Bugrimov A. A., Puteev V. S. Development and implementation of grade 62PP steel production with special requirements for non-metallic inclusions content. Foundry production and metallurgy, 2023, no. 4, pp. 61–65. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-4-61-65>.*

Введение

Отличительная особенность сталей ПП – высокая технико-экономическая эффективность применения для тяжело нагруженных деталей машин. Она основана на том, что не требует увеличения в производстве материальных затрат. По сравнению с легированными конструкционными сталями стали ПП дают возможность получать большую норму прибыли, так как стоимость заменяемых сталей обычно на 30–50% выше и при рациональном распределении этой разницы между металлургами и машиностроителями применение сталей класса ПП становится экономически выгодным и для тех, и для других.

В связи с мировыми изменениями конъюнктуры рынка в условиях ОАО «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК» постоянно расширяется сортимент выпускаемых марок путем совершенствования действующей технологии выплавки, внепечной обработки, разливки стали и разработки новых технологических решений.

Одним из примеров разработки технологии производства инновационной продукции со специальными требованиями потребителя является работа по освоению технологии производства горячекатаной стали марки 62ПП в профиле сечением квадрат 125×125 мм для последующего изготовления рессор для автомобилестроения.

С целью выполнения ряда требований потребителя к химическому составу, макро- и микроструктуре продукции был разработан комплекс технологических операций: разработана специальная технология раскисления жидкой стали; подобраны и внедрены режимы вакуумной дегазации стали для удаления азота и получения требуемого балла и вида включений.

Основная часть

При шихтовке стали марки 62ПП необходимо максимально исключить содержание примесей цветных металлов, таких, как никель, медь и хром. Также отсутствует возможность присадки ферросплавов (ферросилиция и ферромарганца) для раскисления стали, что связано с ограничениями по содержанию данных элементов. Химический состав, согласно стандартной спецификации потребителя (СС), приведен в табл. 1.

Таблица 1. Требования к химическому составу стали марки 62ПП

Требования стандартной спецификации	Массовая доля химических элементов в стали, %										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Ti	N
min	0,60	–	–	–	–	–	–	–	0,030	0,06	–
max	0,67	0,10	0,10	0,015	0,010	0,10	0,10	0,10	0,100	0,10	0,008

На начальном этапе отработки технологии при выпуске плавки из дуговой сталеплавильной печи производили присадку науглероживателя и алюминия чушкового для раскисления стали. Далее обработку проводили на комплексе внепечной обработки стали присадками шлакообразующих материалов, шлакораскисляющих смесей для наведения высокоосновного шлака с целью снижения содержания серы до заданных пределов, при этом параллельно осуществляли доводку стали по содержанию углерода. Во время вакуумной обработки производили окончательное микролегирование стали по содержанию алюминия и титана. После вакуумной дегазации плавки передавали на установку печь-ковш для модификации неметаллических включений и усреднительной продувки стали.

При оценке макроструктуры в соответствии с ГОСТ Р 58228 на образцах плавок выявлены несоответствия по дефекту: краевое точечное загрязнение. В табл. 2 приведены данные металлографического контроля плавок стали марки 62ПП.

Таблица 2. Оценка макроструктуры в соответствии с ГОСТ Р 58228

Образец	Оценка макроструктуры в баллах						
	центральная пористость (ЦП)	осевая ликвация (ОЛ)	ликвационные полосы и трещины			светлая полоса, (контур)	краевое точечное загрязнение (КТЗ)
			общие	осевые	угловые		
1	0,5	0,5	0	0	1,0	0	2,0
2	0,5	1,0	0	0	0	0	2,0
3	0,5	1,0	0	0	0	0	2,0
4	1,0	1,5	0	0	0	0	2,0
5	0,5	1,5	0	0	0	0	1,0
6	0,5	1,5	0	0	0	0	2,0
Требования НД	2,0	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0

Краевое точечное загрязнение – неметаллические включения в виде скоплений или единичных вкраплений располагаются в поверхностных слоях слитка. Дефект определяется величиной точек-включений

и плотностью их расположения в заготовке. Источниками их появления могут быть шлакообразующие смеси и их расплавы в кристаллизаторе с пониженной вязкостью из-за перенасыщения оксидами алюминия или другими тугоплавкими НВ, захватываемыми в металл быстро движущимися потоками расплава, отслоившийся огнеупорный материал футеровки сталеразливочного и промежуточного ковша, продукты реакции стали и содержащегося в ней алюминия с огнеупорными материалами, продукты раскисления и вторичного окисления металла, захват струей стали тугоплавких неметаллических отложений после их отрыва от внутренней поверхности дозирующих устройств (стаканов), попадание ковшевых шлаков в кристаллизатор.

Оценку микроструктуры проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 1778 (метод Ш6) (табл. 3).

Таблица 3. Оценка микроструктуры в соответствии с ГОСТ 1778 (метод Ш6)

Образец	По максимальному баллу, не более						По среднему баллу, не более	
	оксиды точечные	оксиды строчечные	сульфиды	силикаты пластичные	силикаты хрупкие	силикаты недеформирующиеся	нитриды строчечные	нитриды точечные
	ОТ	ОС	С	СП	СХ	СН	НС	НТ
1	0,5	0	1,5	0	3,5	1,5	0,7	1,2
2	0,5	0	0,5	0	5,0	1,0	1,4	1,0
3	0,5	0	2,5	0	0,5	1,0	1,6	0,8
4	0,5	0	1,0	0	5,0	2,0	1,5	1,0
Требования НД	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	1,0	1,0

При микроструктурном исследовании в светлом поле зрения с помощью инвертированного металлографического микроскопа отраженного света Olympus GX51 с видеосистемой на нетравленном микрошлифе были выявлены НВ, классифицируемые согласно шкале ГОСТ 1778 как силикаты хрупкие и нитриды строчечные (рис. 1).

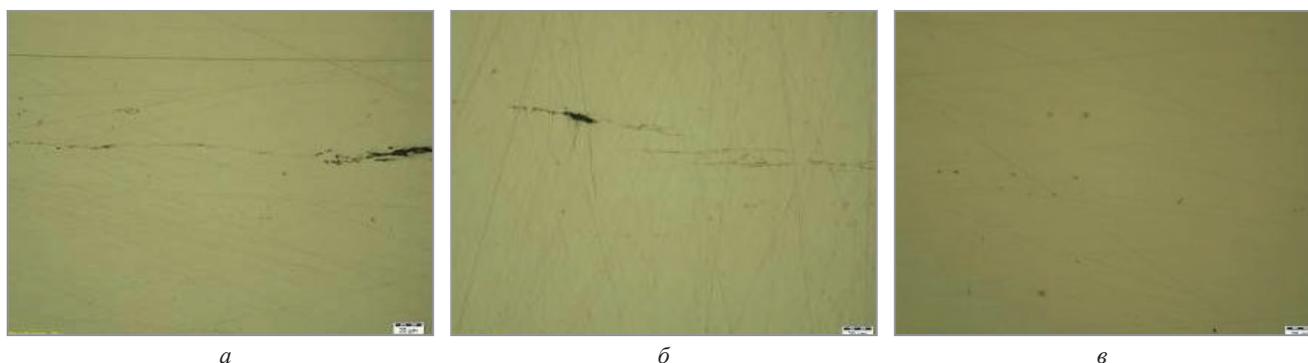


Рис. 1. Неметаллические включения согласно шкале ГОСТ 1778: а, б – силикаты хрупкие; в – нитриды строчечные

Для определения состава НВ проводили качественный и количественный анализ с помощью сканирующего электронного микроскопа Vega II LSH с системой микроанализа Inca Energy 350 (при ускоряющем напряжении 20 кВ, время сбора спектра – 15 с).

Состав НВ представлен системами N+Ti, N+Ti+Fe, Al+Ca, Mg+Al+Ca (рис. 2).

Химический состав включений показал наличие включений сложного состава (Al, Mg, N, Ti, Fe, Ca, S). Основу неметаллических включений составили оксиды алюминия (Al – 38–87%) и нитриды титана (N – 15% и Ti – 47–84%).

Проанализировав полученные результаты по микроструктуре стали, виду, формам и химическому составу неметаллических включений, а также с целью снижения содержания азота и вероятности образования нитридов, предотвращения загрязнения стали оксидами алюминия, возникла необходимость в корректировке технологического процесса в части вакуумной обработки и последовательности присадки легирующих материалов.

Для снижения количества НВ корундового типа и насыщения стали азотом были предложены следующие изменения:

- перед выпуском плавки из дуговой сталеплавильной печи активность кислорода в расплаве должна составлять не более 350 ppm;

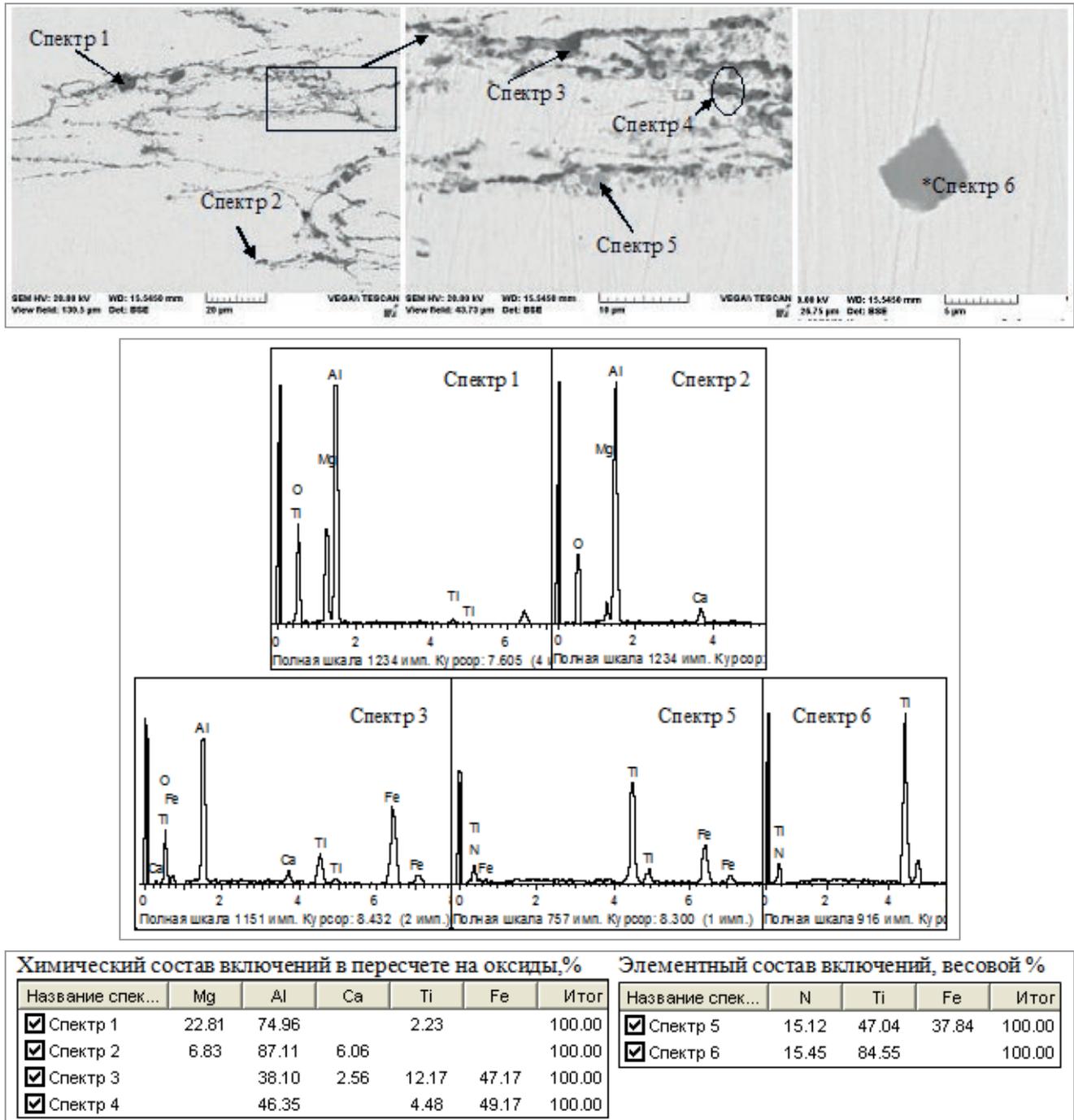


Рис. 2. Химический состав включений

- присадку чушкового алюминия минимизировать, первичное раскисление стали проводить материалами на основе кремния и углерода;
- на установке печь-ковш исключить отдачу вторичного алюминия в слитках; раскисление проводить вводом алюминиевой катанки; установить содержание серы перед операцией вакуумирования в пределах не более 0,008 %;
- в начальном процессе вакуумирования проводить вакуум-углеродное раскисление, а на финишном этапе обработки – микролегирование стали алюминием и ферротитаном до необходимых требований спецификации.

Внедренные изменения технологического процесса позволили снизить содержание неметаллических включений (табл. 4) и улучшить макроструктуру стали (табл. 5).

В настоящее время работа по совершенствованию технологии производства стали марки 62ПП продолжается.

Таблица 4. Полученные результаты исследований микроструктуры

Марка стали	Способ оценки							
	по максимальному баллу, не более						по среднему баллу, не более	
	оксиды точечные	оксиды строчечные	сульфиды	силикаты пластичные	силикаты хрупкие	силикаты недеформирующиеся	нитриды строчечные	нитриды точечные
	ОТ	ОС	С	СП	СХ	СН	НС	НТ
62ПП	0,5	0	0,5	0	0	2,5	1,0	1,0
	0,5	0	0,5	0	0,5	1,0	1,0	1,0
	0,5	0	1,5	0	0,5	1,0	0,8	0,9
	0	0	1,0	0	0,5	1,0	0,8	1,0
	0,5	0	1,0	0	0,5	2,0	0,5	1,0
Требования НД	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	1,0	1,0

Таблица 5. Результаты исследований макроструктуры

Марка стали	Оценка макроструктуры, балл						
	центральная пористость ЦП	осевая ликвация ОЛ	ликвационные полосы и трещины			светлая полоса (контур) СП	краевое точечное загрязнение КТЗ
			общие	осевые	угловые		
62ПП	0,5	1,0	0	0	0,5	0	0,5
	0,5	1,5	0	0	0,5	0	0,5
	0,5	1,5	0	0	0	0	0,5
	0,5	1,5	0	0	0,5	0	0,5
	0,5	1,0	0	0	0,5	0	0,5
Требования НД	2,0	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0

Выводы

В условиях ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» разработана технология производства стали марки 62ПП с пониженной прокаливаемостью для производства рессор тяжелогруженных машин.

Определены приемы и закономерности по технологическим режимам первичного раскисления стали, параметрам присадки материалов на внепечной обработке стали со специальными требованиями потребителя к макро- и микроструктуре продукции.

ОАО «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК» продолжает внедрять технологические решения в освоении новых марок стали и производства высококачественной конкурентоспособной продукции с целью удовлетворения спроса потребителей на внутренних и расширения внешних рынков сбыта металлопродукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ботников, С.А. Современный атлас дефектов непрерывнолитой заготовки и причины возникновения прорывов кристаллизующейся корочки металла / С.А. Ботников. – Волгоград, 2011. – 97 с.

REFERENCES

1. Botnikov S.A. *Sovremennyy atlas defektov nepreryvnolitoj zagotovki i prichiny vozniknovenija proryvov kristallizujushhejsja korochki metalla* [A modern atlas of defects in continuously cast billets and the causes of breakthroughs in the crystallizing crust of the metal]. Volgograd, 2011, 97 p.