

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 26

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
17 – 18 мая 2022 г.*

ЧАСТЬ V

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2022**

ББК 74.48.288
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,
д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.,
канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.
канд. техн. наук, доцент Шевченко Р.А.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 17–18 мая 2022 г. Выпуск 26. Часть V. Технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2022. – 446 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Пятая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области новых информационных технологий и систем автоматизации управления, строительства, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2022

[Текст] / Г. Н. Еланский, Д. Г. Еланский. – М.: МГВМИ, 2006. – 228 с.

5. Власов Н.Н. Разливка черных металлов / Н.Н. Власов, В.В. Король, В.С. Радя. – М.: Металлургия, 1987. – 272 с.

6. Явойский В.И. Генезис формирования неметаллических включений при кристаллизации / В.И. Явойский, С.А. Близнюков, Л.С. Горохов // Исследование и пути совершенствования процессов производства стали – М.: Металлургия, 1970. – С. 4-17.

7. Ефимов В.А. Разливка и кристаллизация стали / В.А. Ефимов – М.: Металлургия, 1976. – 552 с.

8. Китаев Е.М Затвердевание стальных слитков / Е.М. Китаев – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.

УДК 669.184

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ СЛИТКОВ КОНВЕРТЕРНОЙ СТАЛИ

Есмакова А.С.

Научный руководитель: д-р техн. наук, доцент Уманский А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: umanskii@bk.ru*

Проведенными в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК» исследованиями установлены закономерности развития физической и химической неоднородности по высоте крупнотоннажных слитков конвертерной стали марки 20kp.

Ключевые слова: ликвация, микроструктура, конвертерная сталь, нагрева слитков, разливка стали

На нынешнем этапе развития черной металлургии технология разливки стали в изложнице однозначно считается устаревшей, поскольку обладает рядом существенных недостатков по сравнению с непрерывной разливкой стали. К указанным недостаткам, прежде всего, следует отнести повышенную величину отходов на переделе сталь-прокат, низкое качество поверхности и внутренней структуры получаемых слитков, неоднородность механических свойств металла по высоте слитков вследствие значительного развития физической и химической неоднородности [1, 2]. По этой причине в развитых странах доля стали, разливаемой непрерывным способом, приближается к 100%. В России тенденция к переводу metallurgicalих заводов на непрерывную разливку также имеет место, но в силу объективных экономических причин происходит значительно медленнее.

К текущему моменту в отечественной металлургии доля стали, разлитой на МНЛЗ, составляет порядка 80%, то есть значительное количество ста-

ли по-прежнему разливается в изложницы сверху. Указанный факт свидетельствует об актуальности проведения исследований процессов формирования структуры и качества слитков при их разливке в изложницы. В представленной работе проведены исследования химической и физической неоднородности по высоте крупнотоннажных слитков (массой 11,5 т), разливаемых в условиях кислородно-конвертерного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Процессы формирования неоднородности в слитках в процессе их кристаллизации напрямую связаны с режимами их транспортировки от разливочной площадки в обжимные цеха и последующего нагрева под прокатку в обжимных цехах [3, 4]. В соответствии с технологией, принятой в АО «ЕВРАЗ ЗСМК», в зависимости от времени транспортировки слитков и соответственно от температуры посада слитков в нагревательные колодцы обжимного цеха реализуются два варианта нагрева слитков: режим нагрева слитков горячего посада (при температуре посада от 400°C до 875°C) и режим нагрева слитков с повышенным теплосодержанием (при температуре посада от 885°C до 930°C). Отличительной особенностью режима нагрева слитков с повышенным теплосодержанием является наличие периода без подачи топлива на нагрев (таблица 1) и значительно меньшая (на величину порядка 2 ч) общая продолжительность нагрева.

Таблица 1 – Параметры режима нагрева слитков с повышенным теплосодержанием

Температура посада слитков, °C	930	925	920	915	910	905	900	895	885
Общая продолжительность нагрева, час-мин	3-25	3-20	3-05	3-00	2-50	3-00	3-15	3-30	3-50
Продолжительность режима с подачей топлива	2-50	2-50	2-40	2-40	2-50	3-00	3-15	3-30	3-50
Продолжительность режима без подачи топлива («байпас»)	0-35	0-30	0-25	0-20	-	-	-	-	-

В соответствии с вышесказанным исследовали физическую и химическую неоднородность в слитках, нагретых с использованием различных режимов. Отбор проб проводили от головной части заготовок, прокатанных из слитков стали марки 20п – каждая заготовка соответствовал определенному уровню от головной части слитка. Для минимизации влияния условий разливки в качестве объекта исследований использовали слитки одной плавки, для минимизации влияния теплотехнических условий – нагрев опытных слитков проводили в одной и той же ячейке нагревательных колодцев. Исследование физической неоднородности проводили с использованием металлографического анализа микроструктуры. В качестве показателя, харак-

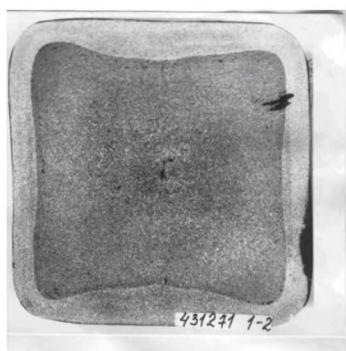
теризующего химическую неоднородность, использовали степень ликвации, определяемую по формуле:

$$\Pi = \frac{C - C_K}{C_K} \cdot 100\%,$$

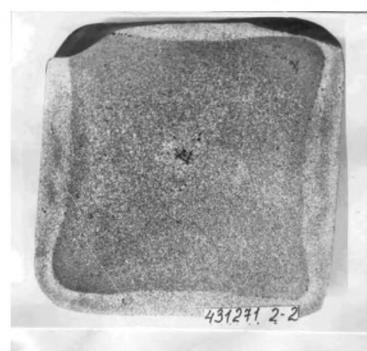
где С – содержание химического элемента в пробе от заготовки, %;

С_К – содержание химического элемента в ковшевой пробе, %.

По полученным данным микроструктура слитков, нагретых по различным технологиям, не имеет существенных отличий (рисунки 1-3). При этом, в головной части слитков имеет значительное развитие центральная пористость (рисунок 1), в центральной части слитков – точечная неоднородность (рисунок 2), в донной части слитков металл плотный и не имеем видимых дефектов (рисунок 3).



а

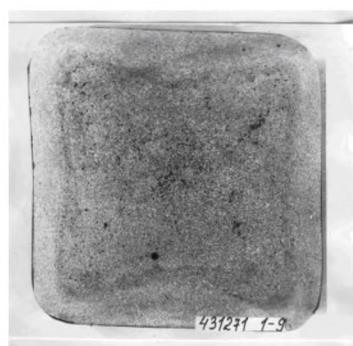


б

а – слиток, нагретый по технологии для слитков горячего посада;

б – слиток, нагретый по технологии для слитков с повышенным теплосодержанием

Рисунок 1 – Центральная пористость в заготовках, прокатанных из головной части слитков стали 20кп



а

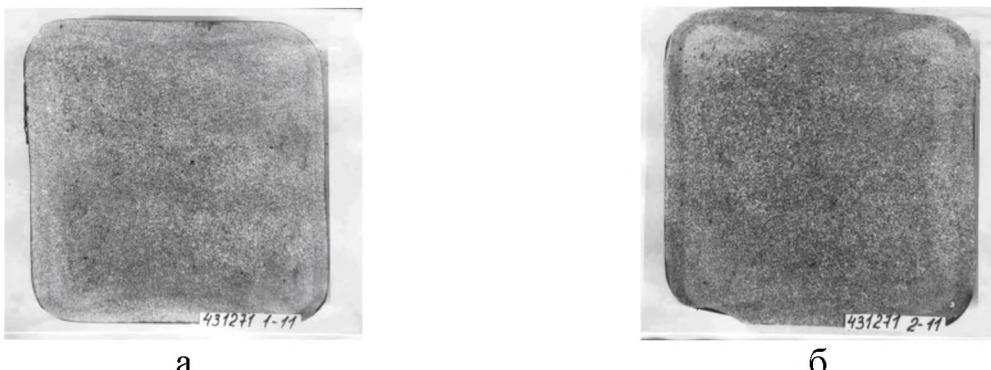


б

а – слиток, нагретый по технологии для слитков горячего посада;

б – слиток, нагретый по технологии для слитков с повышенным теплосодержанием

Рисунок 2 – Точечная неоднородность в заготовках, прокатанных из центральной части слитков стали 20кп



а

б

а – слиток, нагретый по технологии для слитков горячего посада;
б – слиток, нагретый по технологии для слитков с повышенным теплосодержанием

Рисунок 3 – Микроструктура заготовок, прокатанных из донной части стали 20кп

Исследованиями развития химической неоднородности показано, что вне зависимости от технологии нагрева слитков имеет место следующий характер ликвации основных химических элементов (рисунки 4, 5): в головной части слитков наблюдается положительная ликвация (до уровня порядка 2/3 от верхнего торца слитка), которая затем переходит в отрицательную ликвацию в донной части слитка.

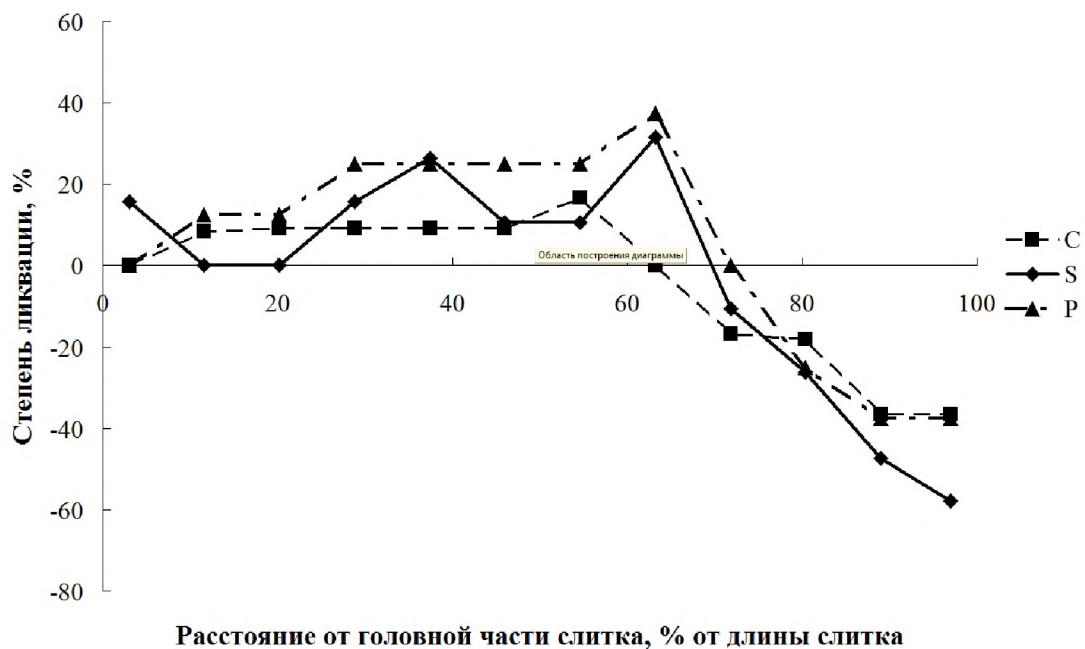


Рисунок 4 – Степень ликвации основных химических элементов по высоте слитков стали 20кп, нагретых по технологии для слитков горячего посада

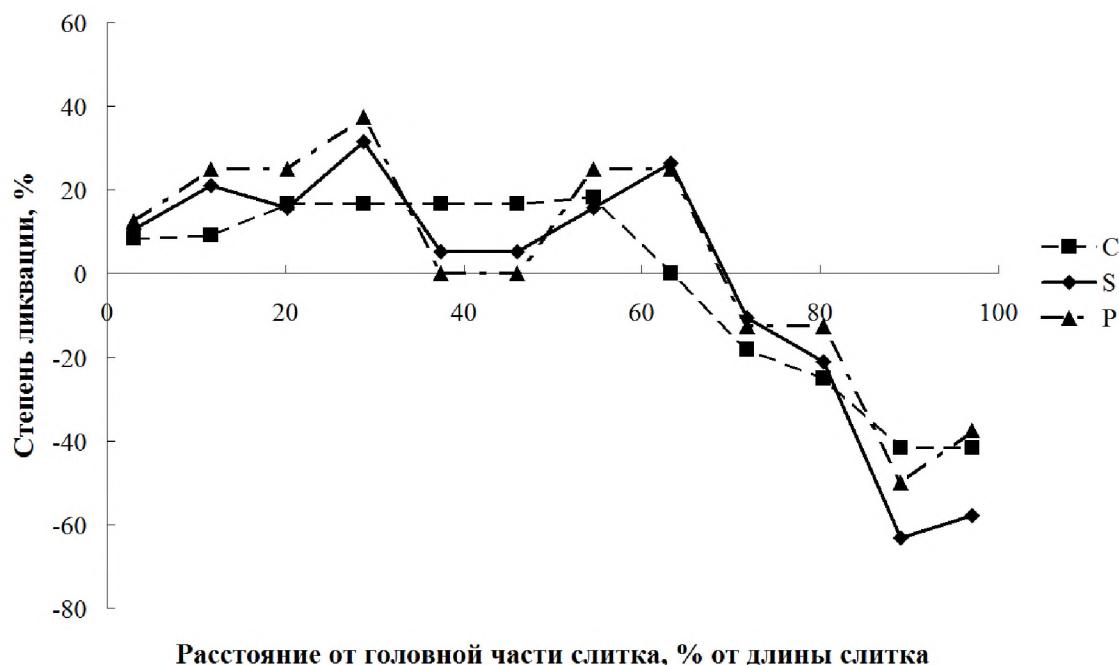


Рисунок 5 – Степень ликвации основных химических элементов по высоте слитков стали 20кп, нагретых по технологии для слитков с повышенным теплосодержанием

При этом максимальная степень положительной и отрицательной ликвации практически не зависит от технологии нагрева слитков и составляет: +18 % и -42% по углероду; +32 % и 63 % по сере; +38 % и -50 % по фосфору.

Таким образом, на основании исследований, проведенных в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК» установлены закономерности изменения структуры и химического состава металла по высоте крупнотоннажных слитков стали 20кп.

Библиографический список

1. Смирнов А.Н. Непрерывная разливка / А.Н. Смирнов, С.В. Куберский, Е.В. Штепан. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – 428 с.
2. Либерман А.Л. Непрерывная разливка стали – современное состояние и перспективы развития / А.Л. Либерман, В.Я. Генкин // Электрометаллургия. – 2002. – № 1. – С. 23-32.
3. Китаев Е.М. Затвердевание стальных слитков / Е.М. Китаев – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.
4. Писаренко В.Г. Влияние технологических факторов прокатного производства на дефектность заготовок сортамента обжимных цехов комбината «Криворожсталь» / В.Г. Писаренко [и др.] // Производство проката. – 2004. – №10. – С. 27-32.

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ СЛИТКОВ КОНВЕРТЕРНОЙ СТАЛИ <i>Есмакова А.С.</i>	415
МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЕВРАЗ ЗСМК ДЛЯ СТОЧНЫХ ВОД <i>Челищев А.А.</i>	420
ДРЕВЕСНОУГОЛЬНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ <i>Антонюк А.Е., Михайличенко Т.А.</i>	426
СОБЛЮДЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РОССИЕЙ ПО ПАРНИКОВЫМ ГАЗАМ <i>Сидонова М.В.</i>	431