

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.74.047

Женин Е.В., Шаповалов А.Н., Дёма Р.Р., Амиров Р.Н., Кудряшов А.А.

СНИЖЕНИЕ ОТСОРТИРОВКИ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ПО ДЕФЕКТУ «СЕТЧАТАЯ ТРЕЩИНА» В РЕЗУЛЬТАТЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ РАЗЛИВКИ

Аннотация. В работе представлены результаты статистического анализа производственных данных по отсортировке листового проката по дефектам различного происхождения. На примере листового проката из стали марки С355 показано влияние шлакообразующей смеси, серийности разливки, химического состава стали и температурно-скоростного режима разливки на отсортировку проката по дефекту «сетчатая трещина». Показано, что раскатная сетчатая трещина на прокате появляется в результате трансформации сетчатых трещин литой заготовки. Установлены причины возникновения дефекта «сетчатая трещина» на литой заготовке и прокате. Выявлено количественное влияние технологических параметров разливки (температура перегрева металла в промежуточном ковше, скорость разливки, серийность разливки, вид шлакообразующей смеси, содержание водорода в стали) на отсортировку металлопроката по дефекту «сетчатая трещина». Приведены технологические рекомендации по снижению отсортировки металлопроката.

Ключевые слова: сетчатая трещина, слябовая заготовка, листовой прокат, непрерывная разливка, отсортировка листового проката

Введение

Конкурентоспособность металлургического производства, в том числе листопрокатного, определяется сочетанием высокого качества продукции при минимальных издержках, которые, в свою очередь, во многом зависят от выхода годной продукции, или обратного показателя – отсортировки. Например, по данным работы листопрокатного цеха (ЛПЦ) АО «Уральская Сталь» за 2020 год количество несоответствующей продукции составило более 2 %, из которых:

- брак исправимый по металлу – 1,85 % от общего объема проката;
- брак исправимый по прокату – 0,45 %;
- брака окончательный – 0,1 %.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что большая часть несоответствующей продукции (НП) в ЛПЦ образуется по дефектам сталеплавильного передела, то есть дефектам непрерывнолитой заготовки (НЛЗ), трансформирующимся в процессе прокатки. На АО «Уральская Сталь» отливают слябовую заготовку двух сечений – 220×1240 и 270×1240 мм. Как показывает практика листопрокатного производства, отсортировка проката из заготовки толщиной 270 мм, особенно по дефектам сталеплавильного происхождения, значительно превышает аналогичный показатель при использовании НЛЗ толщиной 220 мм. Однако, поскольку слябовая НЛЗ не является конечным (товарным) продуктом АО «Уральская Сталь», основной объем заготовок передается в ЛПЦ «горячим посадом» (с температурой 400-600°C), поэтому о качестве поверхности НЛЗ можно судить только после прокатки и приемки листов на стеллажах осмотра и

зачистки.

Одним из основных видов дефектов, по которому производят отсортировку листового проката, является «сетчатая трещина». Доля этого дефекта по данным за 2020 год превышает 0,4% от объема проката или более 20% от общего количества несоответствующей продукции.

Дефект «сетчатая трещина» на НЛЗ [1-3] имеет вид сетки извилистых трещин на поверхности заготовки (рис. 1). В процессе прокатки заготовки с сетчатой трещиной происходит трансформация данного дефекта в раскатную сетчатую трещину, представляющую собой мелкие прикатанные языкообразные отслоения металла, извилистые или беспорядочно ориентированные локальные надрывы [3] на поверхности проката (рис. 2).

Несмотря на большое количество литературных данных о причинах формирования сетчатой трещины в НЛЗ [4-12] и трансформации дефектов поверхности в процессе прокатки [1-3, 9, 12-14], вопрос снижения отсортировки металлопроката в специфических условиях конкретного производства остается актуальным.



Рис. 1. Макрофотография дефекта «сетчатая трещина»

© Женин Е.В., Шаповалов А.Н., Дёма Р.Р., Амиров Р.Н., Кудряшов А.А., 2024

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FZRU-2023-0008)

на НЛЗ



Рис. 2. Внешний вид дефекта «раскатная сетчатая трещина» на поверхности листа

В связи с этим целью настоящей работы является исследование влияния технологических параметров разлива на отсортировку листового проката по дефекту «сетчатая трещина» в условиях АО «Уральская Сталь» и разработка технологических рекомендаций по совершенствованию технологии производства слябовой НЛЗ.

Известно, что образование трещин происходит при возникновении в локальной области поверхности НЛЗ нагрузок, превышающих прочность затвердевшего металла [5, 7, 8]. Поэтому, например, в кристаллизаторе дефект «сетчатая трещина» на поверхности НЛЗ может появляться из-за неравномерного отвода тепла, приводящего к образованию на поверхности сляба перегретых «пятен» в местах замедленного теплоотвода. Неравномерный теплоотвод по периметру НЛЗ в кристаллизаторе может быть связан с технологическими факторами, которые способствуют формированию разнотолщинной оболочки заготовки. К ним, прежде всего, следует отнести качество шлакообразующей смеси.

Среди технологических параметров, обуславливающих появление сетчатой трещины в зоне вторичного охлаждения (ЗВО), следует выделить неоптимальную настройку охлаждения НЛЗ в ЗВО [15-19] и недостаточный угол раскрытия форсунок водовоздушного охлаждения [7, 8, 20]. Последнее может иметь место вследствие засорения форсунок.

Из всего марочного сортамента, производимого в ЛПЦ листового проката, наибольшее количество брака исправимого как по тоннажу, так и по среднему уровню образуется при прокатке стали марки С355. При этом, как и по другим видам дефектов, объем отсортировки проката по сетчатой трещине из слябов толщиной 220 мм существенно меньше, чем из слябов

270×1240 мм, составляя за исследуемый период 0,92 и 1,70 % (от объема проката) соответственно. Поэтому дальнейшее исследование проводили для стали марки С355 с учетом толщины НЛЗ, поступающей на прокатку.

Известно, что качество листового проката во многом оценивается качеством исходной заготовки. Поэтому исследование параметров технологии производства заготовки позволяет определить факторы, влияющие на отсортировку проката.

Влияние ШОС на отсортировку листового проката

На АО «Уральская Сталь» применяются шлакообразующие смеси от различных производителей. Данные о зависимости образования брака исправимого по дефекту «сетчатая трещина» в зависимости от вида ШОС, которую подавали в кристаллизатор при разливке, представлены в табл. 1.

Представленные в табл. 1 данные не дают однозначного ответа по оптимальному варианту ШОС, что связано как с многофакторностью процессов, происходящих при формировании НЛЗ в кристаллизаторе, так и особенностями затвердевания заготовок различной толщины. Однако из представленных в табл. 1 данных следует, что при разливке стали марки С355 на заготовку толщиной 220 мм предпочтительно применять ШОС типа ACCUTHERM ST 39/4S-110S, а для заготовки толщиной 270 мм – ШОС типа ACCUTHERM ST-SP 605-M1.

Влияние серийности плавков

В соответствии с технологической инструкцией по разливке, на первых и последних плавках в серии на промежуточный ковш происходит по технологическим причинам разгон или торможение соответственно. Таким образом, плавки первые и последние на промежуточный ковш изначально более склонны к образованию дефектов, чем серийные.

Данные по отсортировке проката из стали марки С355 в зависимости от серийности плавков представлены в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что независимо от толщины непрерывнолитого сляба в серийных плавках количество несоответствующей продукции ниже, чем в первых / последних плавках на промежуточный ковш. Однако у НЛЗ толщиной 270 мм отмеченная закономерность прослеживается более явно, что особенно заметно в различии между серийными и первыми в серии плавками.

Усредненные данные по отсортировке листового проката из стали С355 при использовании различных ШОС

Толщина сляба, мм	Марка ШОС*	Прокатано, %	Отсортировка, %
220	ST-SP/500-18*	16,89	0,89
	ST 39/4S-110S*	59,55	0,72
	ST-SP 605-M1*	3,15	0,84
	GB 535/P**	19,25	1,11
270	ST-SP/500-18*	8,84	3,40
	ST 39/4S-110S*	66,30	1,68
	ST-SP 605-M1*	4,64	0,25
	GB 535/P**	20,21	1,83

* ШОС ACCUTHERM.

** ШОС ALSIFLUX.

Отсортировка проката по дефекту «сетчатая трещина» от серийности разливки стали марки С355

Толщина сляба, мм	Серийность	Разлито, %	Отсортировка, %
220	Первая	10,4	0,81
	Серийная	79,0	0,72
	Последняя	10,6	2,50
270	Первая	9,9	3,43
	Серийная	80,2	1,10
	Последняя	10,0	4,82

Влияние химического состава

В табл. 3 представлены данные о химическом составе разливаемой на слябовую заготовку различного сечения стали марки С355.

Представленные в табл. 3 данные свидетельствуют о сопоставимом составе стали марки С355, разливаемой на НЛЗ различной толщины. Химический состав стали С355 для всех толщин отливаемых заготовок удовлетворяет требованиям непрерывной разливки, поэтому влияние этого фактора на качество слябовой заготовки, а соответственно, и листового проката не рассматривалось. При этом в ряде случаев отмечались повышенные уровни содержания вредных примесей (серы и фосфора) и водорода, что могло повлиять в том числе и на развитие сетчатой трещины. Однако эти отклонения имели случайный единичный характер.

Влияние температурно-скоростного режима

В табл. 4 показаны данные об основных параметрах разливки слябовых заготовок из стали С355 различной толщины. Анализ данных табл. 4 показал, что перегрев стали в промковше по средним значениям находится в регламентированном диапазоне (10–25°C), однако максимальные значения температур перегрева металла значительно выше регламентированных величин (см. рис. 3). Также средние значения скоростей вытягивания слябов ниже регламентированных.

Кроме того, в подавляющем большинстве случаев (более 70%) температура металла в промковше поддерживается на верхнем допустимом пределе (20–25°C) или превышает его (более 25°C), что наглядно видно из частотной диаграммы, представленной на рис. 4. Вероятно, эта особенность технологии разливки также является одной из причин появления дефектов на слябовой заготовке, в том числе и сетчатой трещины, что подтверждается литературными данными [6–8]. Подтверждением данной гипотезы является наличие линейной зависимости отсортировки листового проката по дефекту «сетчатая трещина» от перегрева металла в промежуточном ковше, представленной на рис. 5.

Из представленных на рис. 5 линий тренда следует, что повышение перегрева металла в промежуточном ковше приводит к росту отсортировки металлопроката по сетчатой трещине на 0,274 %/°C для проката из заготовки толщиной 220 мм и на 0,76 %/°C – для проката из заготовки толщиной 270 мм. Это еще раз подчеркивает неблагоприятные условия, складывающиеся при формировании заготовки 270×1240 мм и последующей её прокатке на лист. На основании полученных данных для минимизации отсортировки листового проката по дефекту «сетчатая трещина» необходимо поддерживать перегрев стали в промежуточном ковше на уровне 10–25°C для отливаемых слябов толщиной 220 мм и 10–20°C – для слябов толщиной 270 мм.

Таблица 3

Химический состав стали

Элемент	Содержание в НЛЗ толщиной			
	220 мм		270 мм	
	Диапазон	Среднее	Диапазон	Среднее
C, %	0,08-0,13	0,10	0,08-0,14	0,10
Si, %	0,23-0,70	0,47	0,27-0,70	0,48
Mn, %	1,09-1,63	1,48	1,35-1,73	1,51
P, ppm	70-190	120	70-220	110
S, ppm	20-70	30	20-110	30
H ₂ , ppm	1,50-9,90	3,69	1,50-9,00	3,27

Таблица 4

Технологические параметры разливки слябовой заготовки из стали С355

Наименование параметра	Значение параметра для толщины НЛЗ			
	220 мм		270 мм	
	Диапазон	Среднее	Диапазон	Среднее
Количество плавков	117		215	
T _{ликв} , °C	1511,4-1518,1	1514,6	1510,3-1517,7	1514,3
T п/к, °C	1525,2-1548,8	1537,0	1524,4-1552,8	1536,8
Перегрев в промковше, °C	8,2-32,3	22,4	9,3-39,5	22,5
Нормированный перегрев, °C	10-25			
Скорость вытягивания факт., м/мин	0,80-1,25	1,07	0,70-1,05	0,90
Скорость вытягивания норм., м/мин	1,20		1,00	

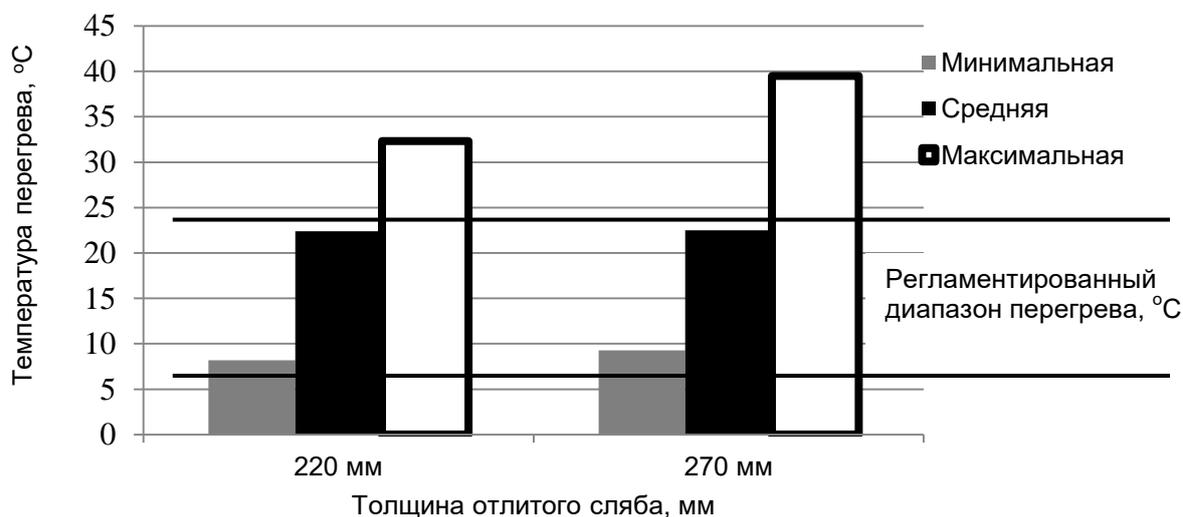


Рис. 3. Перегрев металла в промежуточном ковше

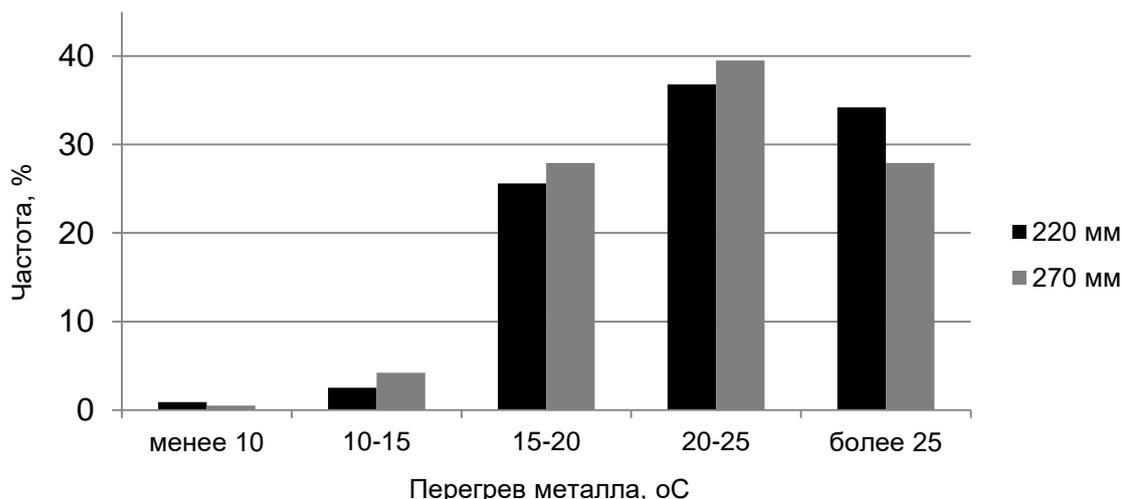


Рис. 4. Частотная диаграмма перегрева металла в промежуточном ковше

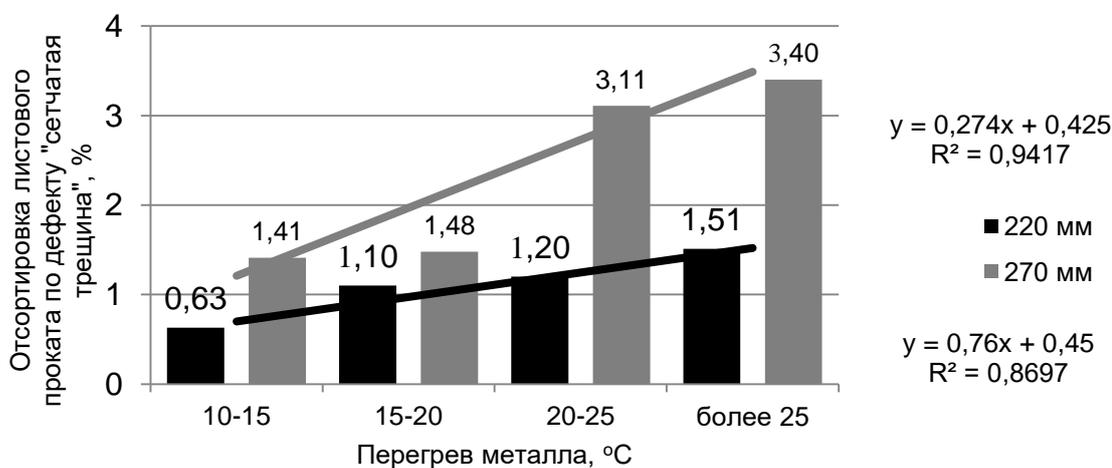


Рис. 5. Взаимосвязь отсортировки листового проката по дефекту «сетчатая трещина» с перегревом металла в промежуточном ковше

Учитывая, что на практике сложно обеспечить стабильность температурных условий разливки в оптимальном диапазоне, для компенсации повышенного перегрева металла в промежуточном ковше и стабилизации тепловых условий формирования корочки, необходимо корректировать скорость вытягивания заготовки. Данная рекомендация находит своё отражение в технологической инструкции [21], в которой рекомендуется уменьшать скорость вытягивания слябов на 0,02 м/мин на каждый градус превышения верхнего предела температурного интервала (10–25°C) с учетом допустимого отклонения температуры (± 3 °C). Анализ производственных данных показал, что в целом рекомендации ТИ по снижению скорости вытягивания при повышенных температурах металла в промежуточном ковше соблюдаются.

Кроме температурных условий разливки, скорость вытягивания корректируется при возникновении опасности подвисания заготовки в кристаллиза-

торе, что фиксируется по показаниям датчиков системы раннего распознавания прорывов, а также в зависимости от содержания в стали водорода, наличие которого в стали сверх пределов растворимости (1-2 ppm) негативно отражается на структуре и свойствах затвердевшего слоя НЛЗ [10, 19, 22-25]. Поэтому с повышением содержания водорода, особенно сверх 6 ppm, рекомендуется снижение скорости вытягивания, а при содержании водорода сверх 10 ppm разливку прекращают. Для исследуемой базы данных по разливке стали марки С355 случаев превышения содержания водорода в стали сверх 10 ppm не наблюдалось, а количество плавков с содержанием водорода более 6 ppm составило 18,8% для заготовки 220×1240 мм и 13% – для сечения 270×1240 мм. При этом на этих плавках скорость разливки понижали до 1,0–1,1 м/мин для заготовки 220×1240 мм и до 0,7–0,9 м/мин – для заготовки 270×1240 мм. На рис. 6 представлен график зависимости средней скорости вытягивания

заготовки от содержания водорода в стали при превышении его значения 6 ppm (на плавках с регламентированным перегревом 15–25°C).

Таким образом, фактическая скорость вытягивания корректируется в зависимости от условий разливки (марка стали, температура, содержание растворенных газов, показания системы раннего распознавания

прорывов и др.) в широких пределах: 0,8–1,25 м/мин – для заготовки сечением 220×1240 мм, 0,7–1,05 м/мин – для заготовки 270×1240 мм. Такая вариативность позволяет оценить влияние скорости разливки на отсортировку металлопроката по дефекту «сетчатая трещина» при разливке металла в регламентируемом температурном диапазоне (рис. 7 и 8).

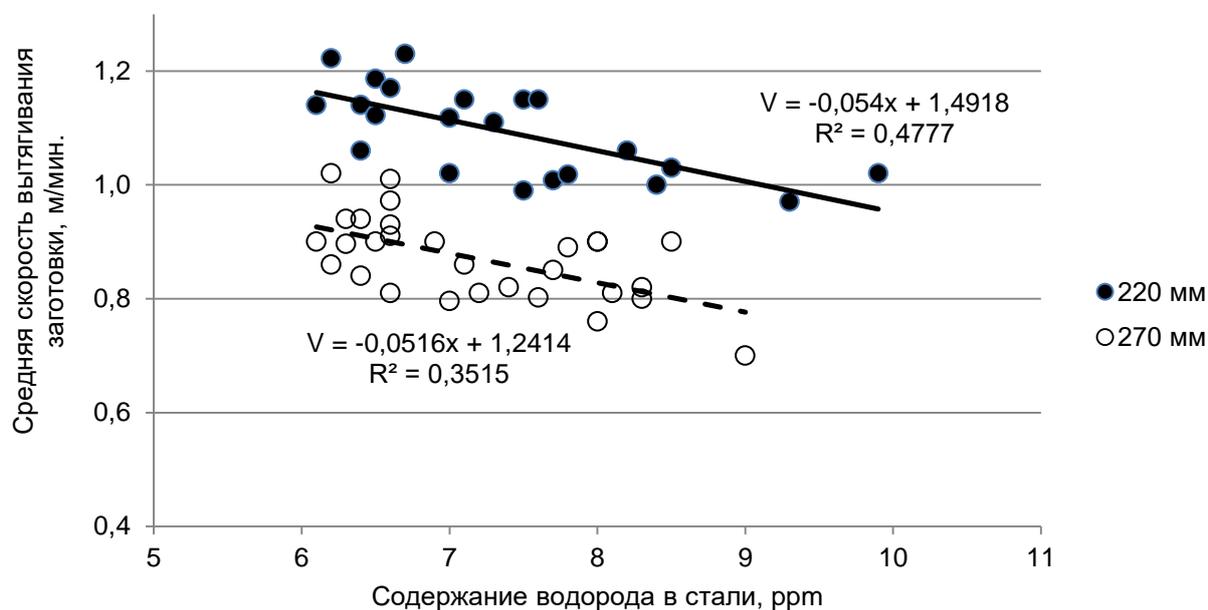


Рис. 6. Зависимость средней скорости вытягивания заготовки от содержания водорода в стали при регламентированном перегреве

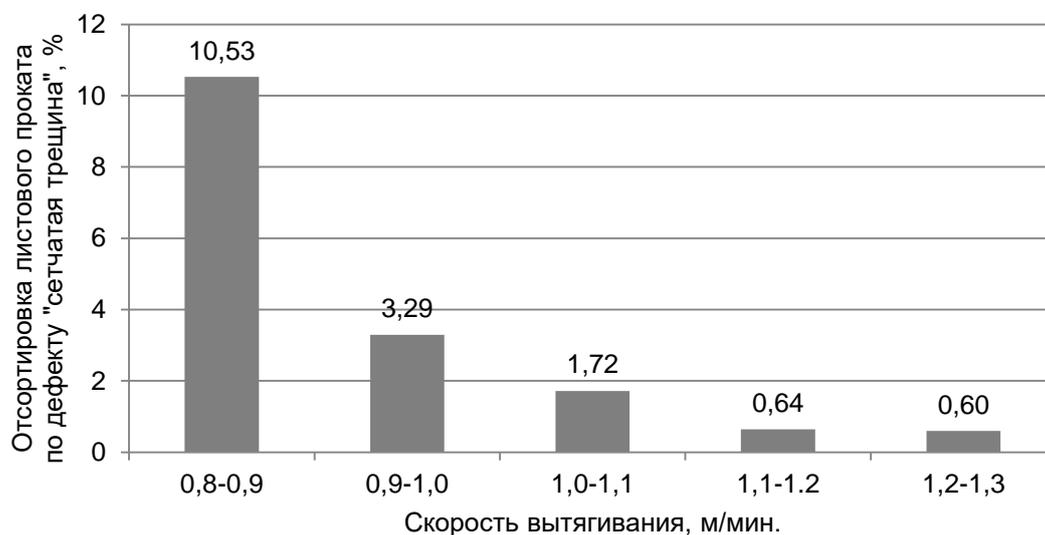


Рис. 7. Зависимость отсортировки листового проката по дефекту «сетчатая трещина» от скорости вытягивания для слябов толщиной 220 мм

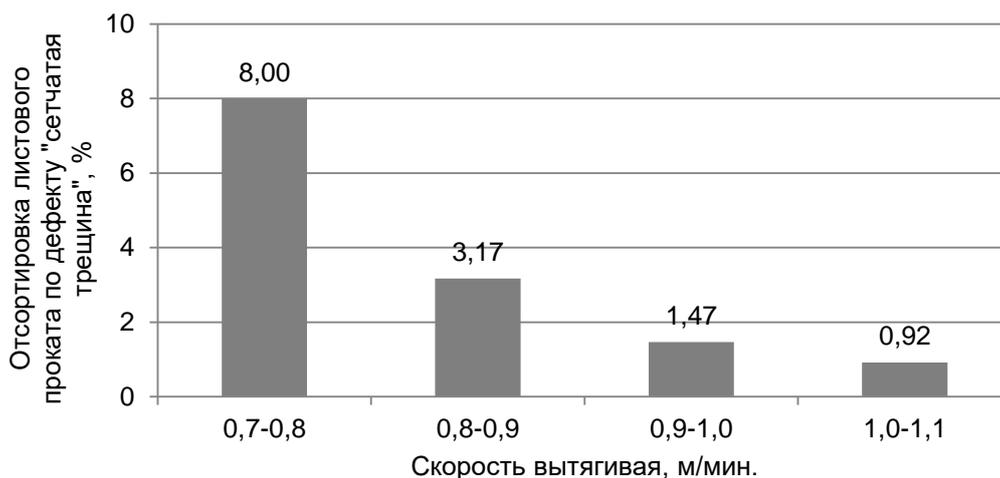


Рис. 8. Зависимость отсортировки листового проката по дефекту «сетчатая трещина» от скорости вытягивания для слябов толщиной 270 мм

Из рис. 7–8 видно, что с увеличением скорости вытягивания до регламентированных средних значений (1,2 м/мин – для толщины 220 мм и 1 м/мин – для толщины 270 мм) отбраковка листового проката резко снижается. Низкие скорости разливки при нормированном диапазоне величин перегрева металла в промежуточном ковше приводят к значительному ухудшению качества поверхности непрерывнолитых слябов, что уменьшает выход годного при производстве листового проката.

Таким образом, при регламентированном перегреве, когда скорость вытягивания заготовки должна оставаться постоянной, согласно требованиям температурно-скоростного режима, она колеблется, снижаясь по мере возрастания содержания водорода в стали. То есть снижение средней скорости разливки в этом случае позволяет избежать прорыва металла под кристаллизатором во избежание аварийной ситуации, но однозначно приводит к повышению вероятности образования поверхностных трещин на слябах и, следовательно, к отсортировке листового проката по дефекту «сетчатая трещина».

Заключение

Анализ производственных данных позволил выявить основные проблемы формирования качественной заготовки, влияющие на отсортировку листового проката, а именно:

- использование ШОС с неоптимальными свойствами;
- повышенный перегрев металла в промежуточном ковше;
- несовершенство температурно-скоростного режима;
- повышенное содержание водорода в стали.

Соответственно, для уменьшения отсортировки листового проката из стали марки С355 по дефекту «сетчатая трещина» необходимо использовать опти-

мальный состав ШОС (ACCUTHERM ST 39/4S-110S для заготовки толщиной 220 мм и ACCUTHERM ST-SP 60S-M1 для заготовки 270 мм), повышать серийность разливки, обрабатывать 100% стали на установке вакуумирования, обеспечивая остаточное содержание водорода не более 5 ppm, а также строго придерживаться рекомендаций технологической инструкции по температурно-скоростному режиму разливки.

Список литературы

1. Ботников С.А. Современный атлас дефектов непрерывнолитой заготовки и причины возникновения прорывов кристаллизующейся корочки металла. Волгоград, 2011. 97 с.
2. Правосудович В.В., Сокуренок В.П., Данченко В.Н. Дефекты стальных слитков и проката: справочник. М.: Интермет Инжиниринг, 2006. 382 с.
3. К 13657842-8-18-8-2008. Классификатор поверхностных дефектов непрерывнолитых заготовок. Новотроицк: АО «Уральская Сталь», 2008.
4. Повышение качества толстых листов / Ф.Е. Долженков, Ю.В. Коновалов, В.Г. Носов и др. М.: Металлургия, 1984. 247 с.
5. Огурцов А.П., Гресс А.В. Непрерывное литье стали. Днепропетровск: Системные технологии, 2002. 675 с.
6. Kainz A., Ilie S., Parteder E. From slab corner cracks to edge-defects in hot rolled strip – experimental and numerical investigations // Steel Research Int. 2008. V. 79, № 11. P. 861-867.
7. Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В., Смирнов А.Н. Производство стали. Т. 4: Непрерывная разливка металла. М.: Теплотехник, 2009. 528 с.
8. Смирнов А.Н., Куберский С.В., Штепан Е.В. Непрерывная разливка стали: учебник. Донецк: ДонНТУ, 2011. 482 с.
9. Влияние дефектов макроструктуры непрерывнолитой слябовой заготовки на качество листового проката

- та в условиях ОАО «Уральская Сталь» / Е.А. Шевченко, А.Н. Шаповалов, В.Д. Тутарова, Д.С. Сафонов // Литейные процессы. 2011. № 10. С. 73-79.
10. Шевченко Е.А., Столяров А.М., Шаповалов А.Н. Изучение качества слябовой заготовки, отлитой на криволинейной МНЛЗ с вертикальным участком // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. №1 (41). С. 27-30.
 11. Контанистов М.Е., Терлецкий С.В., Шатило В.А. Влияние химического состава стали, состояния оборудования МНЛЗ и технологических параметров разливки на возникновение поверхностных и внутренних дефектов непрерывнолитой заготовки // Литье и металлургия. 2013. №1. С. 28-31.
 12. Шевченко Е.А., Столяров А.М., Шаповалов А.Н. Анализ влияния технологических параметров разливки стали на качество непрерывнолитого сляба и листового проката // Теория и технология металлургического производства. 2013. №1(13). С. 21-23.
 13. Моделирование напряженно-деформированного состояния стальных листов при прокатке непрерывнолитых слябов с поверхностными трещинами / Салганик В.М., Песин А.М., Чикишев Д.Н., Пустовойтов Д.О., Артамонова М.О. // Черные металлы. 2012. № 5. С.15-18.
 14. Исследование дефектов горячекатаного листа из трубной стали и причин их образования / Н.А. Шабурова, М.С. Киштыкова, В.Я. Гольдштейн, С.В. Рушиц, Б.Г. Пластинин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия. 2018. Т. 18. № 4. С. 82-88.
 15. Евтеев Д.П., Колыбалов И.Н. Непрерывное литье стали. М.: Металлургия, 1984. 199 с.
 16. Мирсалимов В.М., Емельянов В.А. Напряженное состояние и качество непрерывного слитка. М.: Металлургия, 1990. 151 с.
 17. Экспериментальные исследования температуры поверхности непрерывнолитой слябовой заготовки / В.Д. Тутарова, Д.С. Сафонов, А.Н. Шаповалов и др. // Известия вузов. Черная металлургия. 2012. №3. С. 40-42.
 18. Шевченко Е.А., Столяров А.М., Шаповалов А.Н. Влияние температуры разливаемого металла на качество непрерывнолитого сляба и листового проката // Теория и технология металлургического производства. 2012. № 12. С.68-74.
 19. Шевченко Е.А., Шаповалов А.Н. Проблемы получения качественной слябовой заготовки на МНЛЗ №2 ОАО «Уральская Сталь» // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2013. Т. 13. № 1. С.68-73.
 20. Тутарова В.Д., Сафонов Д.С., Шаповалов А.Н. Распределение плотности орошения плоскофакельной форсунки в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ // Металлург. 2012. №6. С.49-52.
 21. ТИ-13657842-СТ.ЭС-02-2016. Разливка стали на слябовой машине непрерывного литья заготовок. Новотроицк: АО «Уральская Сталь», 2016.
 22. Mills K.C. Mould powders for continuous casting. – Johannesburg: The South African Institute of Mining and Metallurgy, 1997. 156 p.
 23. Generation of Hydrogen Gas from Solidified Shell Surface at Initial Stage of Solidification of Carbon Steel / H. Muzukami, M. Hara, Y. Shirai, T. Watanabe // ISIJ International, 2004. V. 44. № 10. P. 1714-1719.
 24. Тутарова В.Д., Шаповалов А.Н., Калитаев А.Н. Закономерности удаления водорода на установке вакуумирования стали камерного типа // Известия вузов. Черная металлургия. 2017. Т. 60. №3. С.192-199.
 25. Бровман М.Я. Непрерывная разливка металлов. М.: ЭКОМЕТ, 2007. 484 с.

Сведения об авторах

Женин Евгений Вячеславович – кандидат технических наук, доцент кафедры металлургических технологий и оборудования, Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС», г. Новотроицк, Россия. E-mail: evzhenin@mail.ru.

Шаповалов Алексей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры металлургических технологий и оборудования, Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС», г. Новотроицк, Россия. E-mail: alshapo@yandex.ru.

Дёма Роман Рафаэлович – доктор технических наук, профессор кафедры металлургических технологий и оборудования, Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС», г. Новотроицк, Россия. E-mail: dema.rr@misis.ru

Амиров Руслан Низамиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры машин и технологий обработки давлением и машиностроения, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: r.amirov@magtu.ru.

Кудряшов Александр Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры горных машин и транспортно-технологических комплексов, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: kudryashoffal@gmail.com

REDUCTION OF SHEET REJECTION BY "MESH CRACK" DEFECT AS A RESULT OF IMPROVEMENT OF CASTING TECHNOLOGY

Zhenin Evgeny V. – Ph.D. (Eng.), Associate Professor of Metallurgical Technologies and Equipment Department, Novotroitsk branch of the University of Science and Technology MISIS, Novotroitsk, Russia. E-mail: evzhenin@mail.ru.

Shapovalov Alexey N. – Ph.D. (Eng.), Associate Professor of Metallurgical Technologies and Equipment Department, Novotroitsk branch of the University of Science and Technology MISIS, Novotroitsk, Russia. E-mail: alshapo@yandex.ru.

Dema Roman R. – Doctor of Engineering (D.Sc. (Technology), Professor of Metallurgical Technologies and Equipment Department, Novotroitsk branch of the University of Science and Technology MISIS, Novotroitsk, Russia. E-mail: dema.rr@misis.ru

Amirov Ruslan N. – Ph.D. (Eng.), Associate Professor of the Department of Machines and Technologies of Pressure Processing and Mechanical Engineering, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: r.amirov@magtu.ru.

Kudryashov Alexander A. – Ph.D. (Eng.), Associate Professor of the Department of Mining Machines and Transportation Technological Complexes, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: kudryashoffal@gmail.com

Abstract. The paper presents the results of statistical analysis of production data on sheet metal rejection by defects of different origin. On the example of sheet metal from steel grade C355 the influence of slag-forming mixture, casting batch, chemical composition of steel and temperature and speed mode of casting on sheet metal rejection by defect "mesh crack" is shown. It is shown that rolling mesh crack on sheet metals appears as a result of transformation of mesh cracks of cast billet. Causes of occurrence of defect "mesh crack" on cast billet and rolled products are established. The quantitative influence of technological parameters of casting (temperature of metal superheating in the intermediate ladle, casting speed, casting series, type of slag-forming mixture, hydrogen content in steel) on sheet metal defect "mesh crack" is revealed. Technological recommendations on reduction of sheet metal rejects are given.

Keywords: mesh crack, slab billet, sheet metal, continuous casting, sheet rejection.

Ссылка на статью:

Снижение отсортировки листового проката по дефекту «сетчатая трещина» в результате совершенствования технологии разливки / Е.В. Женин, А.Н. Шаповалов, Р.Р. Дёма, Р.Н. Амиров, А.А. Кудряшов // Теория и технология металлургического производства. 2024. №1(48). С. 15-23.

Zhenin E.V., Shapovalov A.N., Dema R.R., Amirov R.N., Kudryashov A.A. Reduction of sheet rejection by "mesh crack" defect as a result of improvement of casting technology. *Teoria i tehnologiya metallurgicheskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2024, vol. 48, no. 1, pp. 15–23.