



Influence of technological bridges in pouring box on allocation of nonmetallics by size is investigated in industrial conditions.

О. П. КРАСЮК, И. А. БОНДАРЕНКО, РУП «БМЗ», А. Н. ЧИЧКО, БНТУ

УДК 621.771

О ВЛИЯНИИ ПЕРИКЛАЗОВЫХ ПЕРЕГОРОДОК С КАЛЬЦИЕВЫМИ ФИЛЬТРАМИ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КОРДОВОЙ КАТАНКЕ

Проблема удаления неметаллических включений на различных этапах металлургического передела является одной из важнейших в теории и практике металлургии. Известно, что уровень неметаллических включений оказывает существенное влияние на механические характеристики заготовки и, как следствие, на процесс формирования эксплуатационных свойств готовой продукции.

Исследования последних лет привели к существенному изменению представлений о чистоте стали, которую нельзя просто отождествлять с наиболее низким содержанием кислорода, серы и неметаллических включений. Понятие чистоты является относительным и определяется применением стали.

Неметаллические включения – это химические соединения металлов с неметаллами, находящиеся в стали и сплавах в виде отдельных фаз. Важно учитывать не только количество включений, но и их состав, размеры, форму, распределение. Проблема неметаллических включений носит вероятностный характер и поэтому требует нового подхода в оценке качества металла, основанного на использовании соответствующих методов отбора проб, количественной оценки распределения включений, определения максимального размера включений для стали конкретного назначения. Для металлокорда «критическими» включениями являются недеформируемые включения корунда и алюминаты, образовавшиеся как продукты раскисления стали. При кристаллизации слитка неметаллические включения стремятся сосредоточиться в центре заготовки. При последующей деформации в проволоку сегрегация и включения не исчезают, а растягиваются по длине, вызывая неоднородность

свойств и обрывность проволоки. Поэтому к кордовым маркам стали предъявляют повышенные требования по качеству готовой продукции.

На каждом технологическом этапе выплавки и обработки стали большое значение имеет правильность проведения процесса удаления неметаллических включений. Важным звеном установки непрерывной разливки стали является промежуточный ковш. Несмотря на то что он считается переходным резервуаром, используемым для переноса расплавленного металла из сталеразливочного ковша в кристаллизатор, промежуточный ковш может быть как источником дополнительного загрязнения металла неметаллическими включениями за счет размывания его футеровки металлом, так и агрегатом, в котором неметаллические включения укрупняются и удаляются из металла.

На различных металлургических предприятиях для обеспечения всплытия и удаления включений из жидкой стали реализуются способы установки в промежуточном ковше так называемых огнеупорных турбостопов различной конструкции, перегородок с отверстиями для создания направленных потоков металла в промежуточном ковше и выноса неметаллических включений к поверхности раздела «металл–шлак».

Для повышения чистоты кордового металла по неметаллическим включениям на РУП «БМЗ» проводилась работа по исследованию качества металла при установке в промежуточный ковш периклазовых перегородок ($MgO > 80\%$) с кальциевыми фильтрами ($CaO > 93\%$) от фирмы «Dalmond». Схематичное изображение применяемых перегородок показано на рис. 1, а промышленный промежуточный ковш – на рис. 2.

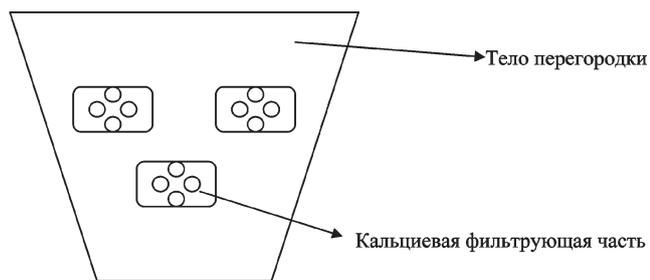


Рис. 1. Схематическое изображение периклазовых перегородок с кальциевыми фильтрами

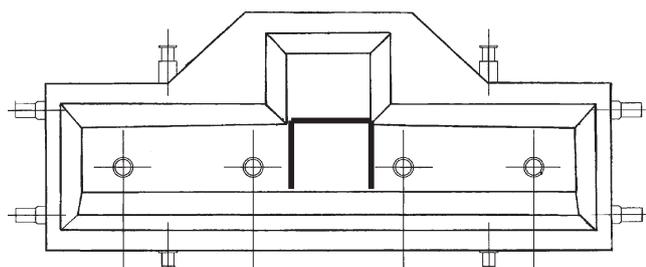


Рис. 3. Перегородки установлены в металлоприемник и ковш между 2-м и 3-м ручьями (вариант 1)

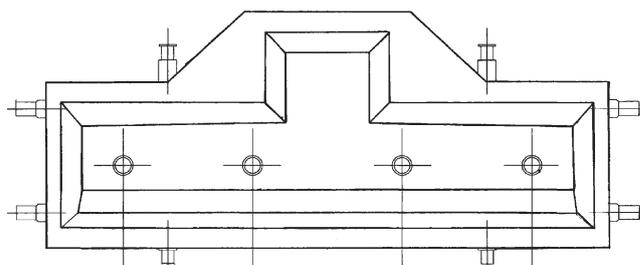


Рис. 2. Схематическое изображение промышленного промежуточного ковша (вариант 0)

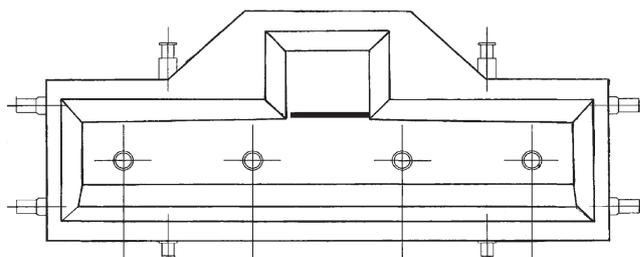


Рис. 4. Перегородки установлены в металлоприемник (вариант 2)

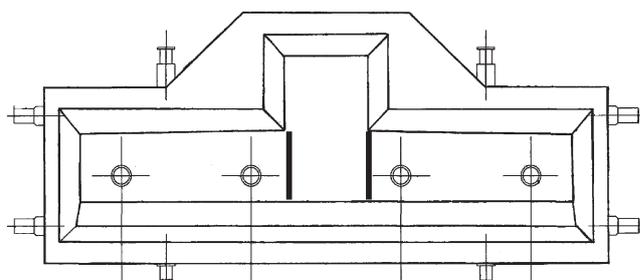


Рис. 5. Перегородки установлены в ковш между 2-м и 3-м ручьями (вариант 3)

Перегородки с фильтрами устанавливали в промежуточный ковш по трем различным вариантам (рис. 3–5). Отмечено, что в процессе разливки износа периклазовой части перегородок и кальциевыми фильтрами практически не происходило.

Задача исследовательской работы заключалась в оценке возможности удаления неметаллических включений при прохождении металла через кальциевые фильтры и последующем анализе качества кордового сортамента. Исследовательская работа проводилась в два этапа.

На первом этапе с применением опытной партии перегородок в ЭСПЦ-2 на МНЛЗ-3 было разлито 25 плавков марок 70К, 80К, 75К и 80БВ. Из-за небольшого объема опытных плавков проследить качество кордового металла в зависимости от различных вариантов установки перегородок не представлялось возможным, поэтому исследования были продолжены в дальнейшем.

На втором этапе с использованием опытно-промышленной партии перегородок было разлито: по первому варианту размещения перегородок (одна перегородка в металлоприемнике и две перегородки в ковше между 2-м и 3-м ручьями) – 31 плавка, по второму варианту (одна перегородка в металлоприемнике) – 25 плавков и по третьему варианту (две перегородки в ковше между 2-м и 3-м ручьями) – 46 плавков. Для сравнения были взяты кордовые плавки без применения перегородок, массив данных составил около 200 плавков (нулевой вариант).

При контроле катанки диаметром 5,5 мм от каждой плавки отбиралось по два образца с нача-

ла плавки, середины плавки и конца плавки – всего шесть образцов с плавки. В продольном сечении образцов с помощью металлографического метода оценивались размеры недеформируемых и деформируемых включений, а также наличие нитридов титана.

При проведении данной исследовательской работы большое внимание уделялось недеформируемым включениям, так как их размер и плотность распределения непосредственно влияют на обрывность при производстве металлокорда. По заводским техническим условиям особенно жесткие требования предъявляются к таким кордовым маркам стали, как 80К, 85К, 90К, где размер недеформируемых включений в катанке не должен превышать 10 мкм, для стали марки 70К – не более 15 мкм. Поэтому на основании полученных статистических данных были построены диаграммы распределения доли плавков с недеформируемыми включениями по размерному ряду. Диаграмма для сравнительных плавков (нулевой вариант) показана на рис. 6, диаграммы для опытных плавков по различным вариантам установки перегородок – на рис. 7–9. Как видно из рис. 6, основное количество

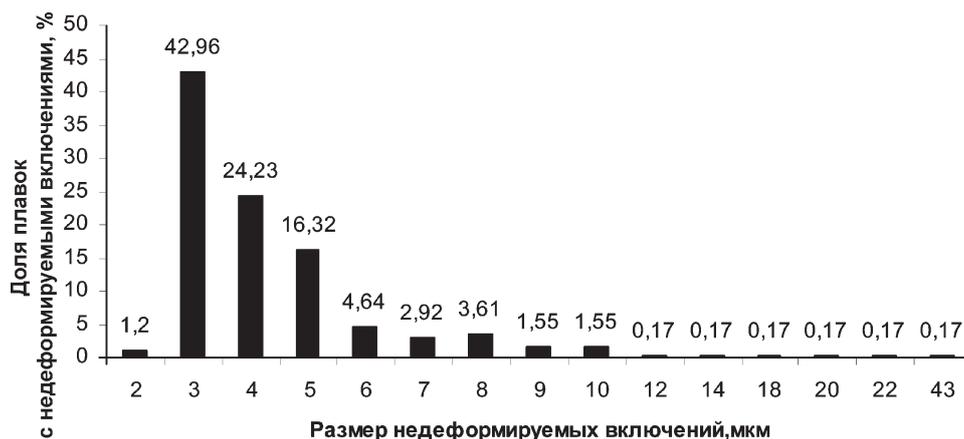


Рис. 6. Распределение недеформируемых включений по размерному ряду для промышленных плавков (вариант 0)

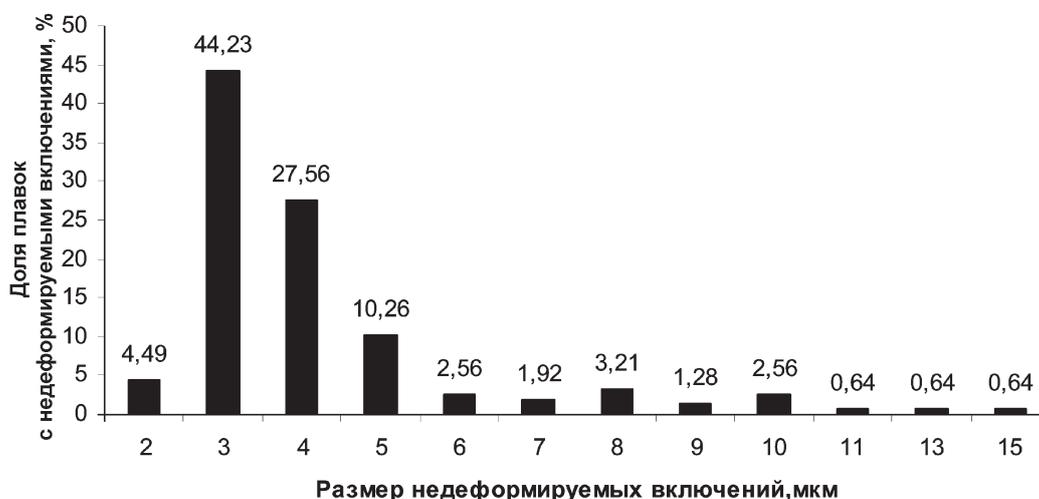


Рис. 7. Распределение недеформируемых включений по размерам для перегородок варианта 1

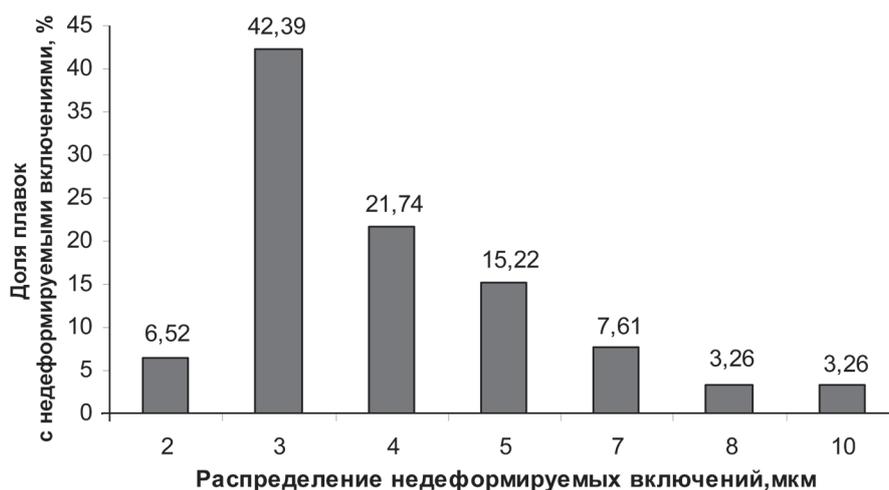


Рис. 8. Распределение недеформируемых включений по размерам для перегородок варианта 2

недеформируемых включений приходится на размер 3, 4 и 5 мкм. Если на данной диаграмме провести контрольную границу с допустимым размером 15 мкм, то становится очевидным наличие плавков с большими размерами недеформируемых включений.

На рис. 7 показана диаграмма распределения размерного ряда недеформируемых включений

для первого варианта с установкой трех перегородок. Из рисунка видно, что размер недеформируемых включений не превышает выбранных контрольных границ в 15 мкм.

На рис. 8 показана диаграмма распределения размерного ряда недеформируемых включений для второго варианта с установкой одной перегородки в районе металлоприемника. Из рисунка

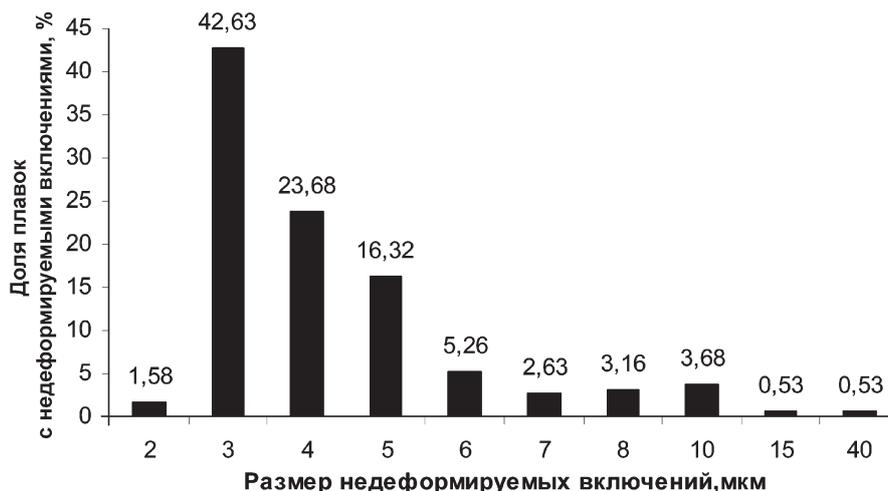


Рис. 9. Распределение недеформируемых включений по размерам для перегородок варианта 3

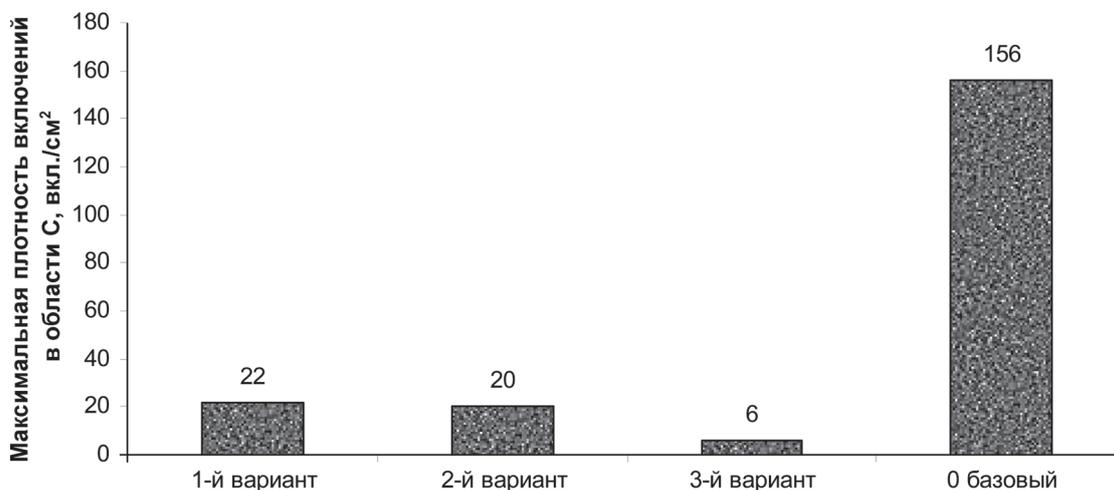


Рис. 10. Максимальная плотность включений в области «С», вкл/см², для различных вариантов

видно, что размер недеформируемых включений не превысил 10 мкм. На рис. 9 показана диаграмма распределения размерного ряда недеформируемых включений для третьего варианта с установкой двух перегородок в районе 2-го и 3-го ручьев. При разливке кордового металла значение 40 мкм характерно для одного из шести образцов в одной плавке, данное включение считается экзогенным, т. е. единичной и случайной величиной. Размер остальных недеформируемых включений не превышает выбранных контрольных границ в 15 мкм.

Затем весь объем опытных и сравнительных плавков был подвергнут контролю по методике фирмы «Pirelli». Данная методика построения тройной шлаковой диаграммы SiO₂-CaO-Al₂O₃ основывается на подсчете плотности и состава оксидных включений в поперечном сечении катанки по трем образцам от каждой плавки. В кордовом металле допускается наличие неметаллических включений с содержанием оксида алюминия менее 50%. Эти включения сосредоточены в областях «А» и «В» с максимальным размером 30 мкм,

а неметаллические включения с содержанием оксида алюминия более 50% – в области «С» с максимальным размером 10 мкм, при этом их плотность не должна превышать 20 вкл/см². Самой опасной для металлокорда является область «С» с включениями, содержащими более 50% Al₂O₃.

На рис. 10 показана диаграмма данных по максимальной плотности корундовых включений в области «С» для различных вариантов установки перегородок и сравнительные данные. Результаты выборки показывают, что при разливке кордового металла по второму и третьему вариантам максимальная плотность включений не превышает установленные требования – 20 вкл/см². При разливке металла с установкой трех перегородок по первому варианту плотность включений в области «С» превысила и составила 22 вкл/см², а на сравнительных плавках – 156 вкл/см².

Диаграмма распределения размерного ряда включений по их максимальному количеству с плавки в области «С» для опытных и сравнительных вариантов показана на рис. 11. Из приведенных

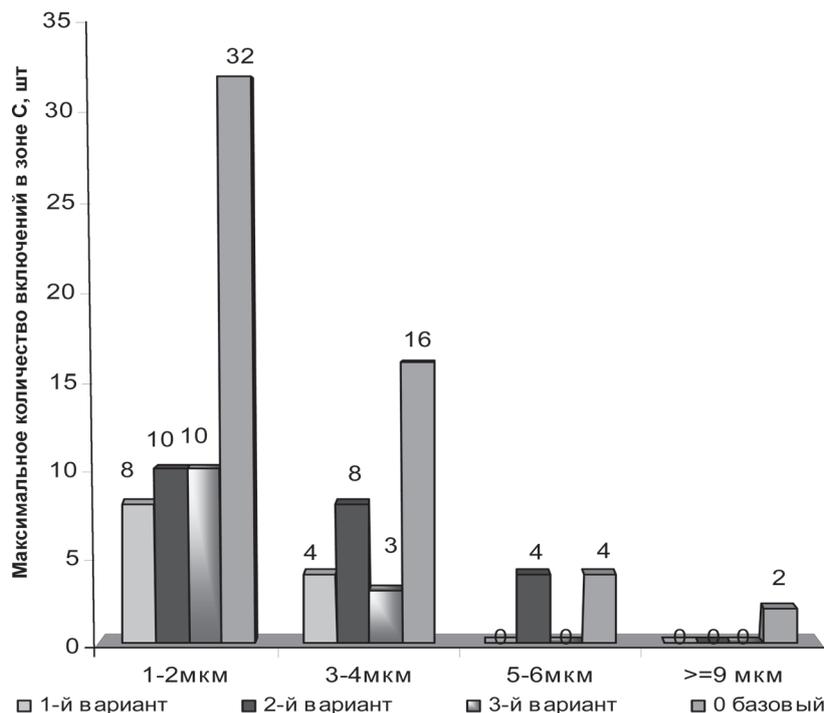


Рис. 11. Распределение неметаллических включений по размерам в области «С» для различных вариантов установки перегородок: 1 – 1-й вариант; 2 – 2-й вариант; 3 – 3-й вариант; 4 – базовый (вариант 0)

данных выделяются сравнительные данные, где количество включений выше опытных плавков.

Таким образом, распределение недеформируемых включений на сравнительных плавках имеет наибольший разброс по размерам и количеству крупных включений. Следует отметить, что сравнительные плавки, имеющие размер включений более 15 мкм, подвергались всестороннему анализу технологических операций: порядок раскисления металла, уровень металла в промежуточном ковше, серийность разливки, замена стаканов в

процессе разливки – отклонения не выявлены. Максимальная плотность неметаллических включений в области «С» на 1 см² и количество самих включений также значительно выше на сравнительных плавках. Оценивая металлографические исследования опытных и сравнительных плавков, можно отметить, что основное количество недеформируемых включений приходится на размер 3, 4 и 5 мкм. Наличие же включений более 15 мкм прослеживается только на сравнительных плавках.