

УДК 621.746.019

С. С. Кузовов, К. В. Макаренко, Д. А. Илюшкин

## ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРЯЧИХ ТРЕЩИН В УСЛОВИЯХ НЕПОСТОЯНСТВА ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАЛИВКИ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК

Проанализировано влияние очередности заливки форм на количество горячих трещин в стальных отливках. Описан механизм образования горячих трещин при низких температурах заливки.

Ключевые слова: горячие трещины, стальные отливки, температура заливки, трещиностойкость, стопорный ковш.

Известно, что на склонность к образованию горячих трещин в стальных отливках существенно влияет температура заливки [1-3]. При этом отмечается следующая закономерность: чем выше температура заливки, тем больше вероятность образования горячих трещин. Однако в ходе исследования причин образования дефекта «горячая трещина» на производстве (рис. 1, 2) была выявлена интересная особенность. В стальных отливках наблюдались трещины, представляющие собой надрывы, с неровной окисленной поверхностью по границам кристаллов и дендритных ячеек, что указывает на высокую температуру их образования (рис. 2). Но наряду с горячими трещинами на тех же отливках наблюдались дефекты, свидетельствующие о низкой температуре заливки: недолив, неслитина и спай. При этом была выявлена определенная закономерность возникновения горячих трещин в зависимости от очередности заливки форм (рис. 3, 4): горячие трещины образуются на первоначальном и заключительном этапах разливки ковша.



Рис. 1. Горячая трещина и сопутствующие ей дефекты

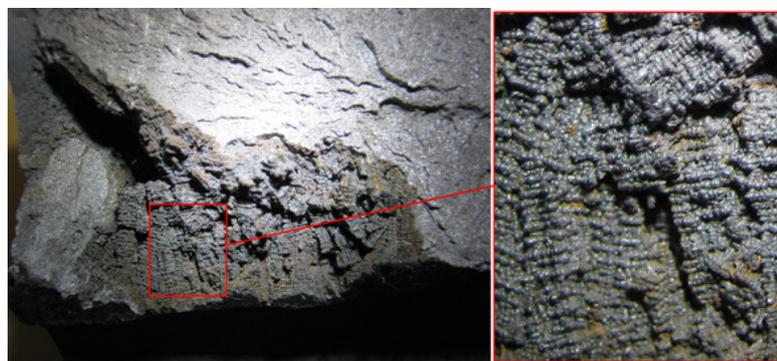


Рис. 2. Разлом по горячей трещине



Рис. 3. Зависимость появления горячих трещин (ГТ) в отливках от очередности заливки литейной формы (ковш 10 т)

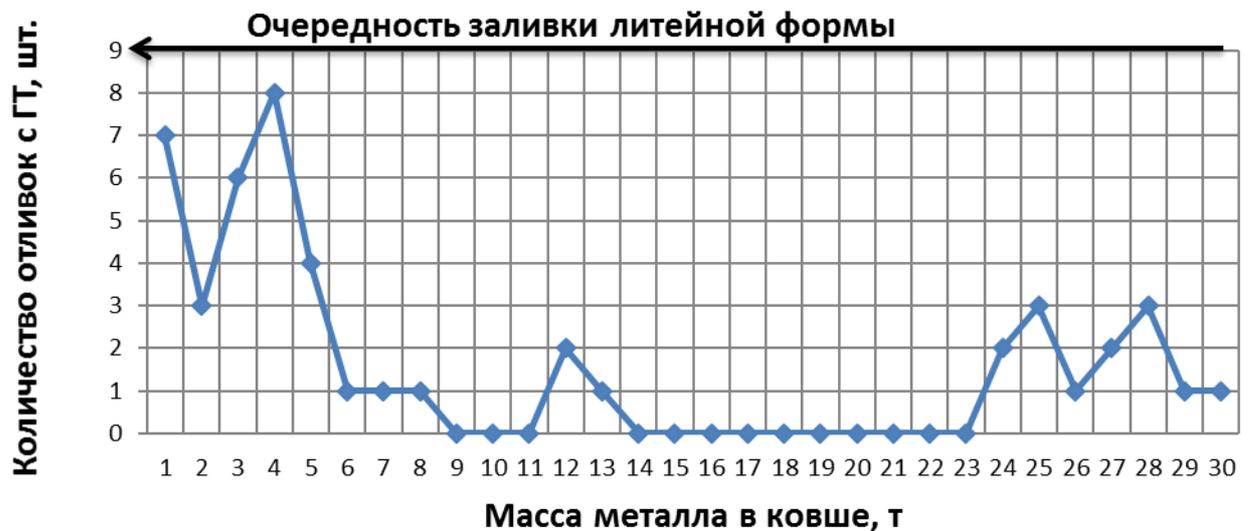


Рис. 4. Зависимость появления горячих трещин (ГТ) в отливках от очередности заливки литейной формы (ковш 30 т)

Факторы, снижающие трещиностойкость сплавов, подробно рассмотрены в работах [2-5]. Отрицательное воздействие этих факторов можно снизить, изменяя температуру и скорость заливки жидкой стали в полость литейной формы. Температурный критический интервал образования горячих трещин составляет 1450-1250 °С. Относительно особенностей изменения температуры по высоте ковша существуют противоречивые сведения. В монографии [6] отмечается, что температура первых порций выпускаемого металла наиболее высокая, в процессе разлива она уменьшается. Однако в работах [7; 8], напротив, отмечен тот факт, что в начале и конце заливки температура ниже, чем в середине.

Для объяснения данного факта было проведено компьютерное моделирование процессов теплопереноса в ковше емкостью 10 т при выдержке (в процессе транспортировки ковша) и разлива металла (рис. 5, 6). Для моделирования использовали систему NX (компания «Siemens PLM Software»).

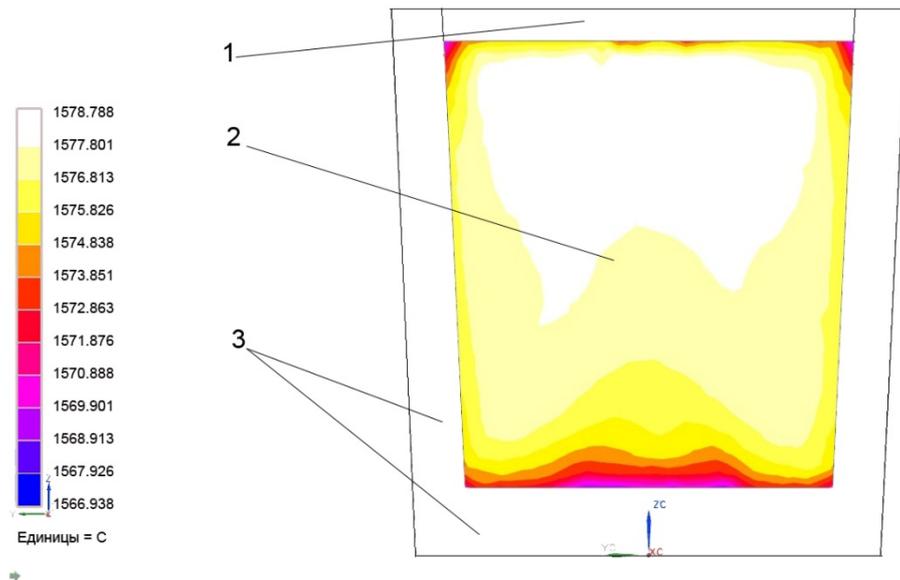


Рис. 5. Распределение температур жидкого металла по высоте ковша:  
1 – слой шлака; 2 – жидкий металл; 3 – футеровка ковша

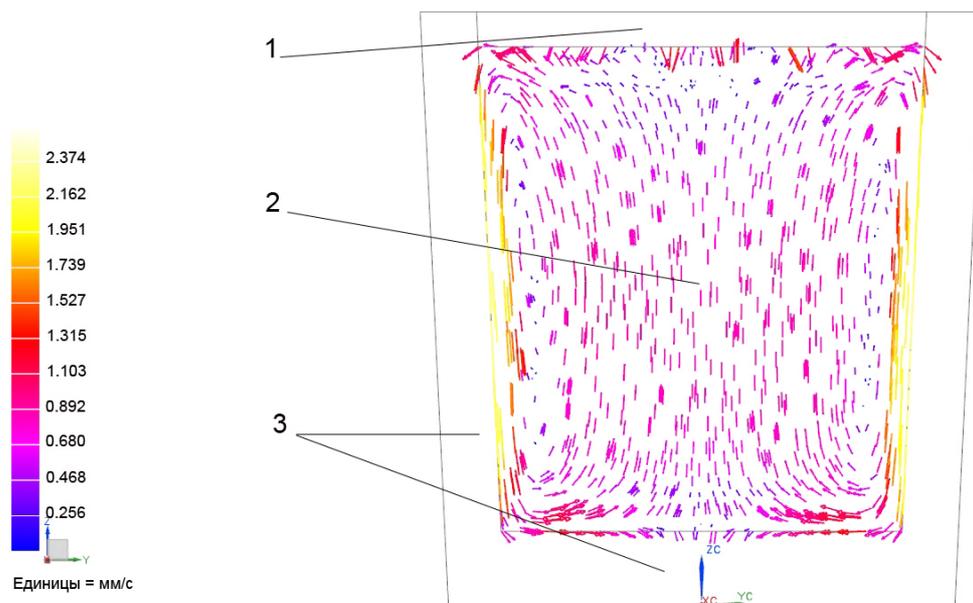


Рис. 6. Распределение скоростей конвекционных потоков по высоте ковша:  
1 – слой шлака; 2 – жидкий металл; 3 – футеровка ковша

Моделирование подтвердило, что неравномерность распределения температур по высоте ковша (рис. 5) связана с тем, что донные слои жидкого металла интенсивно отдают тепло футеровке дна, а верхние остывают по ходу заливки. Кроме того, в результате перераспределения горячего и охлажденного расплава в ковше за счет конвекции жидкости (рис. 6) объемы расплава, имеющие более низкую температуру, опускаются в нижнюю, донную часть ковша, что на начальном этапе заливки дает температуру не выше средней за период разлива. По мере выпуска расплава через стопорное отверстие, расположенное в днище ковша, расплав в верхней части будет охлаждаться за счет излучения и теплопередачи к шлаковой фазе. Таким образом, первые и последние формы заливаются более холодным металлом с пониженной жидкотекучестью. Механизм «залечивания» горячих

трещин и заполнения пустот между растущими дендритами реализуется при условии, что относительное количество жидкой фазы к концу кристаллизации будет не менее 15% [1; 9]. Холодный металл не может удовлетворить этому условию. Процесс роста разветвленных дендритов при относительно малом количестве остаточной жидкой фазы сопровождается образованием усадочных рыхлот, пористости и микротрещин. Вследствие нарушения сплошности структуры значительно снижаются механические свойства сплава, вероятность образования горячих трещин увеличивается. Таким образом, причина горячих трещин – неблагоприятные условия заполнения и питания отливки ввиду относительно низкой температуры заливки. Поэтому при выборе температуры заливки необходимо учитывать не только геометрические характеристики отливки, место подвода металла, скорость заполнения формы, но и существование максимума трещиностойкости (рис. 7).

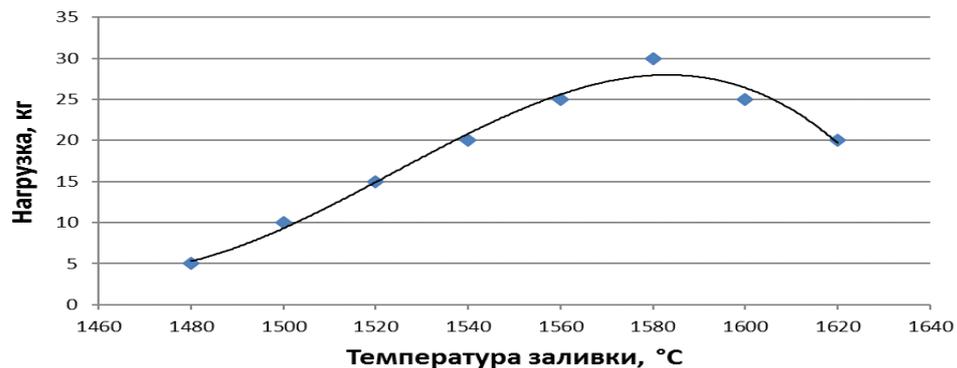


Рис. 7. Влияние температуры заливки на трещиностойкость стали 20ГЛ (нагрузка, при которой образовались горячие трещины)

Оптимальная температура заливки должна назначаться из условий обеспечения высокой жидкотекучести металла и минимальной вероятности возникновения литейных дефектов, в частности горячих трещин. В реальных условиях производства стального литья регулирование температурно-скоростных режимов заливки и охлаждения позволяет устранить горячие трещины в отливках.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корольков, А. М. Литейные свойства металлов и сплавов/А. М. Корольков. - М.: Наука, 1967. - 199 с.
2. Баландин, Г. Ф. Основы теории формирования отливки. В 2 ч. Ч. 2. Формирование макроскопического строения отливки/Г. Ф. Баландин. - М.: Машиностроение, 1979. – 335 с.
3. Нехендзи, Ю. А. Стальное литье/Ю. А. Нехендзи. - М.: Металлургиздат, 1948. - 766 с.
4. Макаренко, К.В. Механические аспекты образования в отливках горячих трещин/К. В. Макаренко, С. С. Кузовов, О. А. Лесюнина//Литейное производство. – 2013. - № 2. – С. 5-8.
5. Макаренко, К.В. Влияние дефектов группы «несплошностей» на механизм образования горячих трещин в стальных отливках/К. В. Макаренко, С. С. Кузовов//Материалы II Международной заочной конференции. – Орск: Изд-во ОГТИ ОГУ, 2013. – С. 141-144.
6. Ефимов, В. А. Технологии современной металлургии/В. А. Ефимов, А. С. Эльдарханов.- М.: Новые технологии, 2004.- 784 с.
7. Металлургические мини-заводы: монография/А.Н. Смирнов, В.М. Сафонов, Л.В. Дорохова, А.Ю. Цупрун. - Донецк: Норд-Пресс, 2005. - 469 с.
8. Ладыженский, Б. Н. Выплавка стали для фасонного литья/Б. Н. Ладыженский, В. П. Тунков. - М.: Машгиз, 1954. - 384 с.
9. Лапотышкин, Н.М. Трещины в стальных слитках/Н. М. Лапотышкин, А. В. Лейтес.- М.: Металлургия, 1969.-112с.

Материал поступил в редколлегию 8.05.14.