

*С.В. Беликов, О.Ю. Корниенко, К.И. Сергеева,
М.С. Карабаналов, А.В. Вопилова, 2012 г.*
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
г. Екатеринбург

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ СТАЛИ 38Г2СФ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ

Важнейшей проблемой, стоящей перед отечественной металлургией, является повышение эффективности производства и коренное улучшение качества выпускаемой металлопродукции. В области непрерывной разливки стали это, прежде всего, создание технологичных МНЛЗ, расширение типоразмерного и марочного сортамента непрерывнолитой заготовки и обеспечение гарантированного качества металла при наименьших затратах по переделу.

На большинстве предприятий введен автоматизированный контроль качества литых заготовок, что позволяет своевременно выявлять дефекты поверхности и реже дефекты макроструктуры. Поверхностные и внутренние дефекты возникают в непрерывнолитых слитках по целому ряду причин, которые нередко комбинируются и усиливают взаимодействие друг друга.

В данной работе проведена сравнительная оценка микроструктуры стали 38Г2СФ в годной трубной заготовке и заготовке, отбракованной по продольной трещине. Состав материала приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав исследуемого материала

Марка Стали	Содержание элементов, % *										
	C	Mn	Si	V	Mo	не более					
						P	S	Cr	Ni	Cu	As
38Г2СФ	0,38	1,50	0,50	0,06	≤0,03	0,045	0,045	0,30	0,30	0,30	-

* основа Fe

Для установления причин образования трещин проанализированы различные параметры структуры и состава (размер, форма, ориентировка зерен, толщина ферритной сетки, характер выделения феррита в объеме). Определено количество образовавшихся трещин, их расположение в зависимости от кристаллических зон, предпочтительные места образования, а также химический состав металла в области микротрещин и неметаллических включений.

Микроструктурные исследования показали, что структура обеих заготовок аналогичная, состоит из перлита и феррита, который выделяется

преимущественно по границам зерен. Перлит присутствует в виде пластин и в виде глобулей.

Исследование заготовок показало, что в годной продукции имеет место четкое разграничение зон мелких и столбчатых кристаллов, а в бракованной – зона мелких кристаллов практически отсутствует.

Столбчатые кристаллы растут сразу от поверхности заготовки и лишь в некоторых местах можно заметить мелкие кристаллы. Такой аномальный рост столбчатых кристаллов может быть обусловлен малым количеством подложек в зоне мелких кристаллов.

Структура и ориентировка столбчатых кристаллов в годной заготовке говорит о нормальном процессе затвердевания – о наличии ровного по толщине коркового слоя мелких кристаллов.

При сравнении двух аналогично вырезанных образцов из отбракованной и годной заготовок, длина столбчатых кристаллов соизмерима и составляет 3,24 и 3,35 мм соответственно, а ширина столбчатых кристаллов в годном продукте в два раза больше и составляет 3 мм. Такое различие свидетельствует о том, что теплоотвод направлен не только от центра заготовки к поверхности, а также параллельно центральной оси заготовки.

Таким образом, условия теплоотвода в отбракованной заготовке нарушены. Теплоотвода не достаточно для роста столбчатых кристаллов перпендикулярно поверхности и даже для выклинивания неблагоприятно ориентированных зерен.

Изменение теплоотвода связано с нарушением параметров охлаждения в зоне вторичного охлаждения. При неравномерном охлаждении форсунками, появляются области, менее (более) охлажденные по сравнению с остальной поверхностью заготовки. Т.о. образуется неравномерная по толщине корка затвердевания, что приводит к неравномерному теплоотводу.

В отбракованной заготовке обнаружены трещины, размеры которых 1–5 мкм. Они располагаются на границе двух разных видов перлита, а на продолжении трещины по границе зерна можно различить поры размерами порядка 1 мкм (рис. 1).

Обнаружено, что с увеличением размера столбчатых кристаллов количество микротрещин растет. В результате нарушения структуры кристаллических зон, большого размера зерен, присутствие пор по границам зерен появляются структурные напряжения, способствующие распространению микротрещин внутри заготовки, что может привести к их раскрытию наружу.

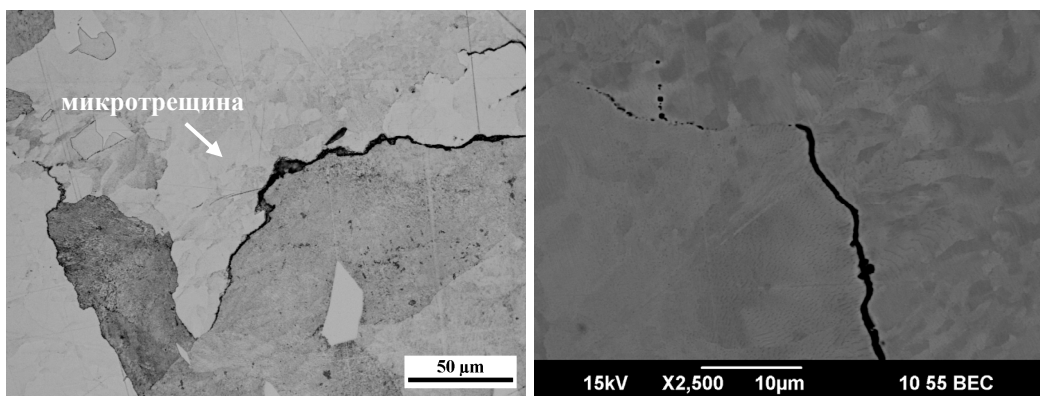


Рис. 1. Микротрещины и микропоры в бракованной заготовке

Методом растровой электронной микроскопии обнаружены трещины размерами 1–5 мкм на границе зерен, а на продолжении трещины по границе расположены мелкие поры. Некоторые из этих пор имеют размеры порядка 100–500 нм.

Данные исследования структур изучаемых заготовок занесены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение структуры изучаемых заготовок

Параметр сравнения	Бракованная заготовка	Годная заготовка
○ Зона мелких кристаллов	Зона неоднородна, встречаются столбчатые кристаллы	Зона равномерна по толщине
○ Зона столбчатых кристаллов	Форма изогнутая, большие углы разориентировки, встречаются мелкие кристаллы	Прямые, вытянутые в направлении противоположном теплоотводу кристаллы, малые углы разориентировки
○ Размер зерен	Наблюдается аномальный рост зерен по приближению к центру заготовки	Длина и ширина столбчатых кристаллов уменьшается по мере близости к центру
○ Ферритная сетка	Извилистая, не ровная по толщине	Прямая, ровная
○ Ферритные выделения	Выделения расположены по всему объему, форма выделений идентична	

Выявлены нарушения в структуре заготовки отбракованной по продольной трещине. В данном материале практически отсутствует

внешний слой мелких зерен. Рост столбчатых кристаллов начинается от поверхности заготовки. Нарушена ориентация столбчатых кристаллов по направлению теплоотвода. Ферритная сетка извилистая, не одинаковая по толщине. Имеет место аномальный рост зерна по мере приближения к центру заготовки.

Найдены микропоры и микротрещины по границам субзерен. Дефекты преимущественно располагаются в зоне столбчатых кристаллов.

При оценке микротвердости структурных составляющих обнаружено два вида перлита: пластинчатый и в виде глобулей.

При проведении анализа химического состава в области микротрещин установлено, что объекты, расположенные по границам являются микропорами.