

Литература

1. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: в 2 т. Т. 1. / К.М. Антонович. – М., 2005.
2. АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ»: Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. – М., 2004.

3. Лаборатория геотехнологий ГЕОДАН. – URL: <http://www.geodan.ru/>.
4. Маконкова, Н.С. Геодезические измерения. Учебная практика / Н.С. Маконкова, Р.Ш. Адигамов. – Череповец, 2014.

УДК 669.18:621.746

А.Т. Степанов, В.В. Малов, Н.Н. Суворин

О ПРИЧИНАХ ПОРАЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СЛЯБОВ ИЗ СТАЛИ St 52 СЕТЧАТЫМИ ТРЕЩИНАМИ

Представлены результаты металлографического изучения причин поражения поверхности слэбов из стали St52 трещинами глубиной 3 – 5 мм. Установлено, что трещины образуются при температурах менее 700 – 800 °С в период перекристаллизации стали. Сталь с содержанием углерода 0,10 – 0,20 % и марганца – более 1 % по своим свойствам склонна к образованию трещин в период перекристаллизации. Неоптимальное соотношение технологических параметров разлива и охлаждения отлитых слэбов является основной причиной поражения слэбов сетчатыми трещинами.

Сталь, слэб, поверхностная трещина, кристаллизация, углерод, марганец, прочность.

The paper presents the results of the metallographic study of the causes of the defeat of micrographic surface slabs of steel St52 by cracks of 3-5 mm depth. It is found that the cracks are formed at temperatures less than 700-800°C during recrystallization of steel. Steel with carbon content 0.10-0.20% and manganese – more than 1 % according to its properties are prone to cracking during recrystallization. Suboptimal ratio of technological parameters of casting and cooling of cast slabs is the main cause of defeating the slabs by netlike cracks.

Steel, slab, surface crack, crystallization, carbon, manganese, strength.

В металлургической практике известно, что поверхность непрерывнолитых слэбов часто бывает поражена поверхностными трещинами, относящимися к «холодным». Причины их образования неоднозначны для разных марок сталей. Для выявления причин появления подобных трещин (паукообразных, сетчатых) в КП «ОАО Северсталь» была выплавлена и разлита на МНЛЗ № 3 партия стали марки St52 (15 плавок). Слябы размером 250x1630x9000 мм охлаждались на складе слэбов КП в течение 48 ч в штабеле и подвергались 100 % -ному осмотру ОТК при приемке. Как выяснилось, все слябы на всех плавках оказались пораженными поверхностными дефектами – сетчатыми трещинами. Каких-либо других значимых макродефектов не обнаружено ни при визуальном контроле ОТК, ни при макроанализе темплетов. В результате, большая часть слэбов подвергнута частичной, частично-сплошной или сплошной зачистке или вырубке. Значительная часть слэбов была переназначена в другие марки стали.

Для выявления причин такого массового проявления сетчатых трещин на слэбах стали St 52 сотрудниками Череповецкого государственного университета и ООО «НПЦ ИНЖИНИРИНГ» проведен анализ дополнительно вырезанных темплетов из произвольно выбранной плавки № 244788 из слэба № 5/2, а также технологических параметров выплавки, внепечной обработки и разлива. Отобранные темплеты (рис. 1) подвергались механической обра-

ботке в темплетной лаборатории КП и подвергались визуальному осмотру при увеличении в 3 раза. На наружной поверхности темплета 1.2 было обнаружено несколько крупных трещин длиной по 8 – 15 мм. На темплете 1.3 на поверхности, образующей боковую грань слэба, зафиксирована одна трещина длиной 7 мм.

Затем темплеты дополнительно разрезались на 5 частей и травились в кислотном растворе. С каждого образца снимались серные отпечатки на фотобумаге. Цифровой фотокамерой сделаны фотоснимки структуры. В образцах измерялась твердость корочки и тела слэба. Измерение твердости проводилось в лаборатории кафедры металлургических технологий ЧГУ.

Визуальный анализ структуры и серных отпечатков, а также цифровых снимков на ЭВМ при значительном увеличении каких-либо внутренних дефектов металла не выявил. Зерновая структура на всех образцах одинаковая: на поверхности слэба проявляется мелкозернистая плотная корка толщиной 5 – 6 мм, что несколько меньше, чем на аналогичных слэбах других марок сталей, далее к оси слэба размер зерна увеличивается и остается практически одинаковым по всему сечению. На образцах четко видны межкристаллитные нитевидные мелкозернистые фазы, направленные от поверхности к оси слэба. Однако ни зернистость, ни наличие межкристаллитных нитевидных фаз, имеющих более светлый

фон, не отличают структуру металла опытных темплетов от структуры металла других марок, не пораженного подобными трещинами. Измерение твердости показало, что твердость корочки – HRB 72-75, а твердость внутри сляба – HRB 69-71, т.е. твердость корочки незначительно выше.

После травления на поверхностях образцов, образующих наружную поверхность сляба как по широкой, так и узкой (боковой) граням, проявились многочисленные сетчатые трещины, которые ранее не были видны (рис. 2).

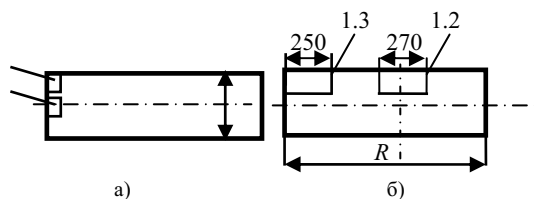
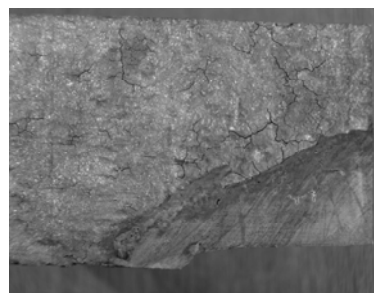


Рис. 1. Схема отбора темплетов из тела сляба:
а) по длине; б) по сечению

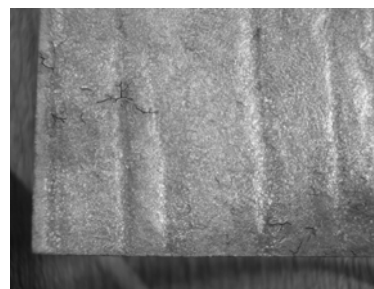
Все трещины поверхностные глубиной 3 – 5 мм. На фотографиях образцов (рис. 3) видно, что трещины расположены в пределах мелкозернистой корки. Встречаются мелкие трещины, расположенные внутри корки и не выходящие на поверхность (рис. 4) Трещин, уходящих вглубь сляба дальше корки, не обнаружено. По широкой грани сляба наибольшее количество трещин зафиксировано в средней части (темплет 1.2, рис. 1). Тот факт, что большинство трещин проявилось только после травления, свидетельствует о низкотемпературном их образовании, так как их поверхность была неоxygenной и потому они были незаметны. Следовательно, это «холодные трещины», образовавшиеся в процессе охлаждения слябов на складе.

Многие мелкие трещины на поверхности слябов скрыты сплошной пленкой окалины и становятся видимыми после механического скалывания окалины или травления. Это также свидетельствует об образовании трещин при низких температурах, когда пленка окалины сформировавшись при высоких температурах еще остается достаточно пластичной при образовании сетчатых трещин. Поэтому образующиеся при более низких температурах мелкие трещины остаются под пленкой окалины. Но вместе с тем, значительное количество наиболее крупных трещин длиной до 10 – 15 мм и глубиной до 5 – 6 мм видны на поверхности слябов и без травления. На таких трещинах края, включая и слой окалины, остаются острыми неоплавленными и неоxygenными, что подтвердилось цифровой фотосъемкой с последующим просмотром с увеличением до 20 раз.

Поскольку на слябах не обнаружено поперечных трещин, в которые могли бы развиваться столь многочисленные поверхностные сетчатые трещины на поверхностях большого и малого радиуса при сгибе – разгибе на роликах, можно утверждать, что сетчатые трещины образовались в процессе охлаждения слябов.

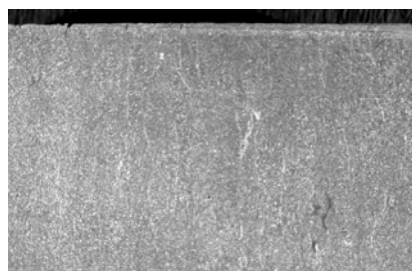


а)

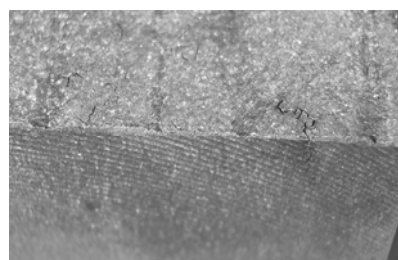


б)

Рис. 2. Фотографии темплетов
с наружной поверхности сляба: а) широкая грань –
с темплета 1.2; б) боковая поверхность – с темплета 1.3



а)



б)

Рис. 3. Поперечные разрез сляба:
а) со стороны широкой грани;
б) со стороны боковой грани

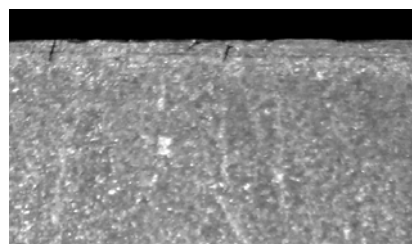


Рис. 4. Виды трещин по сечению:
трещина в центре – внутрикорковая;
трещина слева – поверхностная

Анализ технологических параметров процесса выплавки, обработки на УДМ и разливки стали St 52 серьезных нарушений в принятой технологии не выявил. Хотя следует отметить как неблагоприятные факторы: большой разброс содержаний марганца – от 1,08 до 1,57 % и разливку стали на верхнем температурном пределе на нескольких плавках, что и отмечено ОТК.

Однако вполне очевидно, что факт поражения поверхностными трещинами слябов всех 15 плавков этой марки стали не может быть следствием нарушения принятых в КП технологий. В связи с этим решили провести анализ дефектов других марок сталей, но аналогичных по химсоставу St 52, выплавленных в этот же период, а затем и за предыдущий год, и разлитых на МНЛЗ № 3. То есть решили проверить гипотезу о возможности образования трещин из-за нарушенных или неотлаженных параметрах разливки и охлаждения МНЛЗ № 3.

Анализ результатов макроанализа темплетов, выполненных темплетной лабораторией, показал, что в период исследований помимо серии плавков стали St 52 выплавлялись и другие, близкие к ней по химическому составу, марки стали. Это стали: 22ГЮ; 13Г1СУ; S355; 09Г2С. В этих сталях $C = 0,10 - 0,20 \%$; $Si = 0,23 - 0,60 \%$; $Mn = 1,0 - 1,6 \%$. На всех темплетах этих марок сталей также обнаружены сетчатые трещины по широким граням с размерами 5 – 10 мм, что зафиксировано в журналах учета макроанализа. В частности, эти следующие плавки, разлитые на МНЛЗ № 3, представлены в таблице. Но следует отметить, что на плавках подобных марок стали пропущенных «горячим всадом», в ЛПЦ-2 увеличения брака или безаказной продукции, в том числе и из-за наличия трещин, не зафиксировано.

Подобный анализ был проведен также по МНЛЗ № 1, 2. Результаты оказались аналогичными: поверхность слябов из сталей с содержанием $Mn = 1,0 - 1,6 \%$ и $C = 0,10 - 0,20 \%$, как правило, были поражены сетчатыми трещинами. На 70 – 80 % темплетов из марок сталей, подобных приведенным в таблице, зафиксированы сетчатые трещины.

Установлено также, что частота случаев появления сетчатых трещин на слябах из сталей, аналогичных стали St 52, не зависит от времени года (зима – лето). Не обнаружено преимущественного расположения сетчатых трещин на поверхностях слябов большого R и малого r радиусов. То есть причина массового поражения поверхности слябов сетчатыми трещинами заключается не в особенностях настройки МНЛЗ № 3.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что стали с повышенным содержанием марганца, т.е. более 1,0 %, склонны к образованию сетчатых трещин на поверхности слябов при существующей технологии разливки. Эта склонность к образованию сетчатых трещин усугубляется при низком содержании углерода в стали и особенно при 0,12 – 0,20 % [3], [4].

Согласно данным из научной литературы, это явление связано со структурными изменениями как в жидкой стали, так и в твердой. В жидком состоянии стали с содержанием углерода 0,1 – 0,2 % приобретают меньшую вязкость, плотность и большую жидкотекучесть [4]. На рис. 5 [4] показано изменение вязкости стали с добавками марганца 0,3 – 0,5 %. Авторы [4] подтверждают мнение о том, что добавки марганца и особенно кремния до 0,15 – 0,25 % смещают минимум вязкости расплава в сторону низких содержаний углерода.

Таблица

Технологические показатели плавков близких по составу сталей, разлитых на МНЛЗ № 3

Марка стали	№ плавки	Дата выплавки	Химический состав			Дефекты поверхности	Сечение слябов
			C	Si	Mn		
22ГЮ	144638	14.08	0,19	0,25	1,27	Сетчатые трещины по R и r (4–6 мм)	250x1630
22ГЮ	144551	14.08					
22ГЮ	244805	14.08					
S355	245034	23.08	0,16	0,23	1,40	Сетчатые трещины по R и r (5–8 мм)	250x1540
	245176	28.08					
	144968	30.08					
09Г2С	144847	26.08	0,08	0,6	0,64	Крупные сетчатые трещины по R и r (5–10 мм), по R до 10 мм	250x1540
X60	145524	23.09	0,09	-	1,51	Сетчатые трещины по R и r (4–6 мм)	250x1080
13Г1СУ	144499	13.08	0,11	0,53	1,42	Сетчатые трещины по R и r (4–8 мм)	250x1630
	144510	13.08					

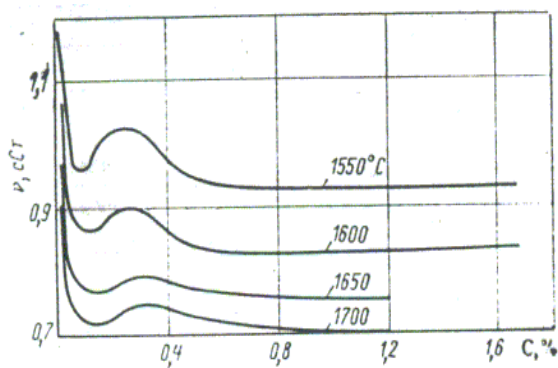


Рис. 5. Изотермы вязкости расплавов Fe-C-O с добавкой 0,3 – 0,5 % Mn [4]

Как следствие уменьшения вязкости и плотности жидкой стали при 0,1 – 0,2 % углерода наблюдается и большая усадка стали при кристаллизации, а в затвердевающих слоях сляба, соответственно, большие внутренние напряжения. Эти напряжения могут вылиться в поверхностные трещины, если прочность корочки окажется меньше внутренних напряжений.

Авторы [1] считают, что стали с содержанием марганца до 2 и более % относятся к классу перлитных и склонны к воздушной подкалке, т.е. к охрупчиванию, и в первую очередь корки слябов. Наблюдается так называемая «синеломкость» стали. В работе [2] проведен анализ качества стали, выплавленной на нескольких заводах и разливаемой в слитки. Выявлено, что у стали с содержанием углерода 0,15 – 0,20 % наблюдается наибольшее количество брака, обнаруженного при прокатке (трещины и др.). В работе [3] отмечается, что при температурах 700 – 800 °С у подобных сталей наблюдается провал пластичности, т.е. происходит охрупчивание металла.

Из вышеизложенного следует, что проявление сетчатых трещин на партии плавок стали St52 не является случайным, а имеет теоретические предпосылки. Неоптимальное соотношение технологиче-

ских параметров разливки и охлаждения отлитых слябов вызвало массовое поражение слябов сетчатыми трещинами.

Выводы:

1. Стали с содержанием углерода 0,10 – 0,20 % и марганца – более 1 % по своим физико-химическим и структурным свойствам склонны к образованию трещин в период перекристаллизации.

2. Существующая в КП ЧерМК технология разливки и охлаждения слябов из низкоуглеродистой с повышенным содержанием марганца стали требует серьезной доработки, так как металл на поверхности сляба не приобретает необходимой прочности.

3. Согласно литературным данным, для отливок из подобных сталей охлаждение со средними скоростями является наиболее опасным. Поэтому скорость охлаждения в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ и продолжительность охлаждения слябов в стопке следует либо снизить, либо увеличить. Выбрать лучший вариант можно только опытным путем.

4. Наиболее вероятным способом предотвращения образования сетчатых трещин можно признать направление слябов в ЛПЦ-2 «горячим всадом», т.е. не допускать охлаждения слябов менее 700 – 800 °С.

Литература

1. Арсеньев, П.П. Металлические расплавы и их свойства / П.П. Арсеньев, Л.А. Коледов. – М., 1976.
2. Еланский, Г.Н. Строение и свойства жидкого металла – технология – качество / Г.Н. Еланский, В.А. Кудрин. – М., 1984.
3. Лютковский, В.М. «Механизм образования “холодных” трещин на поверхности непрерывнолитых слябов из низкоуглеродистых сталей» / [В.М. Лютковский и др.] // Труды VI конгресса сталеплавыльщиков (г. Череповец, 17–19 ноября 2000 г.). – М., 2000. – С. 516 – 518.
4. Циммерман, Р. Металлургия и материаловедение / Р. Циммерман, К. Гюнтер. – М., 1982.

УДК 620.9.002.68

В.Ю. Сухарев, В.Р. Анишлес

БЕНЗИНОВО-МЕТАНОЛЬНЫЕ СМЕСИ – ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ И ЭКОЛОГИЧНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье рассматриваются проблемы использования бензиново-метанольных смесей в качестве энергоэффективного и экологичного топлива для автомобилей в условиях северных российских регионов, в частности – Вологодской области. Показано, что наиболее эффективным является применение бензиново-метанольных смесей с содержанием спирта 15 – 30 %.

Бензиново-метанольные смеси, топливо для автомобилей, спирты, охрана окружающей среды.

The article considers the problems of the use of gasoline-methanol mixtures as the energy efficient and environmental friendly fuel for cars in the Northern Russian regions, Vologoda region in particular. It is shown that the use of gasoline - methanol mixtures with the alcohol content of 15 – 30 % is considered to be the most effective.

Gasoline-methanol mixtures, fuel for cars, alcohols, environmental protection.