

УДК 620.18:669.14

О ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИНАХ БРАКА КРУПНОТОННАЖНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ МАРГАНЦЕВОЙ СТАЛИ НА ПО «ЮРМАШ»

А.М. Апасов, Д.В. Валуев, В.И. Данилов*

Юргинский технологический институт (филиал) ТПУ

E-mail: mchmyti@rambler.ru

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск

E-mail: dvi@ispms.tsc.ru

Предпнято исследование механических свойств и микроструктуры кованой крупнотоннажной заготовки из низкоуглеродистой стали, которая не прошла обязательный выходной ультразвуковой контроль. Исследование проведено с целью установления причин возникновения брака изделий. Установлены отклонения от оптимальной структуры и несоответствие пластичности металла требованиям ТУ. На основе полученных результатов сделано предположение, что причинами брака могут быть отклонения от штатного химического состава и нарушения режима горячейковки.

Введение

Металлургическое производство ПО «Юрмаш» является одним из немногих в России, которое имеет возможность производить поковки массами до 17,5 т. С этой точки зрения оно экономически и технически привлекательно как для отечественных, так и для зарубежных потребителей. Однако данное обстоятельство накладывает высокую ответственность за качество продукции, особенно в новых экономических условиях хозяйственной деятельности.

В то же время к 2000 г. на производстве сложилась ситуация, когда внутризаводской брак при изготовлении крупнотоннажных поковок превышает 7 %. Чаще всего слитки растрескиваются при нормализации и нагреве под горячуюковку или не расковываются в процессе кузнечного передела. Значительная доля готовых изделий не проходит обязательный выходной ультразвуковой контроль (УЗК).

Внешние причины такого состояния обусловлены ухудшением сырьевой базы предприятия, а внутренние — высокой изношенностью оборудования и значительным расширением числа выпускаемых марок сталей. Достаточно отметить лишь, что в настоящее время завод выплавляет не только отечественные низко- и среднеуглеродистые стали, но и некоторые марки по германским стандартам, в частности St52,3N [1].

Основной способ устранения этих недостатков заключается в строгом соблюдении технологической дисциплины и своевременной научно обоснованной корректировке технологических карт производства.

Последнее невозможно без тщательных сравнительных исследований структуры и механических свойств бракованных и кондиционных заготовок.

2. Материал и методики исследования

В качестве материала для исследований использован поперечный темплет стали St52,3N, который был вырезан из заготовки, не прошедшей обязательный УЗК. Диаметр заготовки — 430 мм. Требуемый химический состав указанной стали представлен в табл. 1. Место вырезки темплета располагалось в области двух протяженных макродефектов диаметрами 5...8,5 и 8...10 мм, обнаруженных УЗК на глубине 210 и 200...230 мм, соответственно. Перед изготовлением образцов для механических и структурных испытаний темплет был подвергнут контролю методом магнитно-порошковой дефектоскопии, что позволило выявить трещину, параллельную оси заготовки. Образцы для механических испытаний и металлографических исследований вырезались из той части темплета, которая непосредственно прилегала к трещине. Для сравнения исследовалась структура образцов металла из кондиционной заготовки.

Механические испытания на одноосное растяжение выполнялись на универсальной испытательной машине Instron 1185. Скорость деформирования составляла $1,67 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ (1 мм/мин) при температуре 300 К. Для растяжения были изготовлены по ГОСТ 1497-84 плоские образцы с размерами рабочей части $100 \times 10 \times 3$ мм. Продольная ось образцов

была нормальна к оси поковки. Определение ударной вязкости по ГОСТ 1524-2042 производилось на маятниковом копре МК 30А с максимальной энергией удара 300 Дж также при температуре 300 К на стандартных образцах с U-образным концентратором напряжений.

Таблица 1. Требуемый по ТУ химический состав стали St52,3N, мас. %

C	Mn	Al	P	S	Si, не более	Cr, не более	Mo, не более	Ni, не более
0,16...0,22	1,0...1,6	0,02...0,06	0,035	0,035	0,55	0,4	0,1	0,4

Металлографические исследования проводились на микроскопе Neophot-21. При изготовлении поперечных микрошлифов использовались механическая шлифовка, механическая полировка на алмазной пасте АСМ 10/7 НВЛ, химическое травление в 4 % спиртовом растворе HNO_3 .

3. Результаты исследований и их анализ

По результатам механических испытаний анализировался вид деформационных диаграмм, и определялись стандартные прочностные и пластические характеристики. На деформационных кривых только у одного из пяти испытанных образцов (рис. 1, кр. 1) наблюдались зуб и площадка текучести, характерные для малоуглеродистой стали в нормализованном или отожженном состоянии. Поэтому рассчитывался условный ($\sigma_{0,2}$), а не физический предел текучести [2]. Типичная диаграмма нагружения представлена на рис. 1, кр. 2. Обращает на себя внимание факт очень небольшой нестационарной деформации в шейке. Механические характеристики представлены в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что δ несколько выше, чем ϵ_{tot} , значит процесс локализации деформации в шейке играет существенную роль. Разрушение образца № 5 произошло по первой метке вблизи захвата разрывной машины, поэтому δ и ψ не были определены, а при расчете средних прочностных характеристик данные этого образца не учитывались.

Кроме того видно, что, если прочностные параметры соответствуют предельно допустимому уровню требований, то пластичность более чем на 40 % ниже. В полном соответствии с видом деформационной кривой очень малым оказалось относительное

сужение образцов в шейке разрушения ψ , которое не превышало 20 %. В то же время, ударная вязкость стали при температуре 300 К оказалась на вполне удовлетворительном уровне и составила 70 Дж/см².

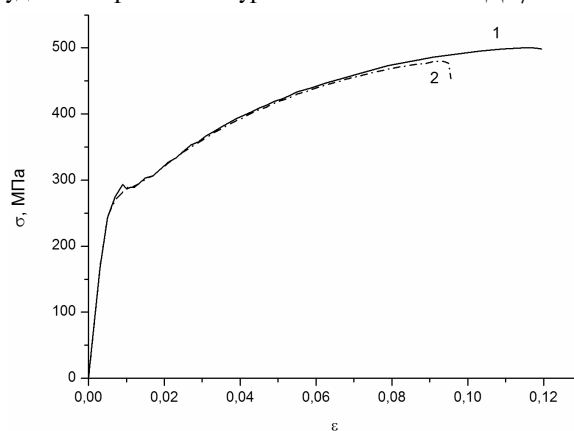


Рис. 1. Диаграммы нагружения образцов стали St52,3N

Таблица 2. Механические характеристики материала бракованной заготовки

	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	KCU, Дж/см ²	ϵ_{tot} , %	δ , %	ψ , %
Образец 1	293	501	76	11,6	13	14
Образец 2	287	500	68	12,0	12,8	14
Образец 3	270	480	66	9,7	10,6	20
Образец 4	256	422,5	—	5,8	7,0	15
Образец 5	253	411	—	6,1	—	—
Среднее	270±18	463±45	70±5	9±2,9	10,8±2,7	15,7±2,8
Требования по ТУ	≥275	450...630	≥50	—	≥17	—

σ_B — временное сопротивление, ϵ_{tot} — величина пластической деформации образца в момент разрыва, рассчитанная по деформационным кривым, δ — относительное удлинение при разрыве, измеренное общепринятым способом на базе 50 мм, KCU — ударная вязкость при температуре 300 К; ψ — относительное сужение

Характерными оказались изломы, образующиеся как при ударных, так и при квазистатических испытаниях. Согласно классификации, предложенной в [3], их можно определить как неоднородно-волокнистые с вырывами. Между волокнами наблюдаются отдельные участки кристаллических сколов. Волокна образуют слои параллельные оси поковки. Такой тип излома возникает вследствие неоднородно-

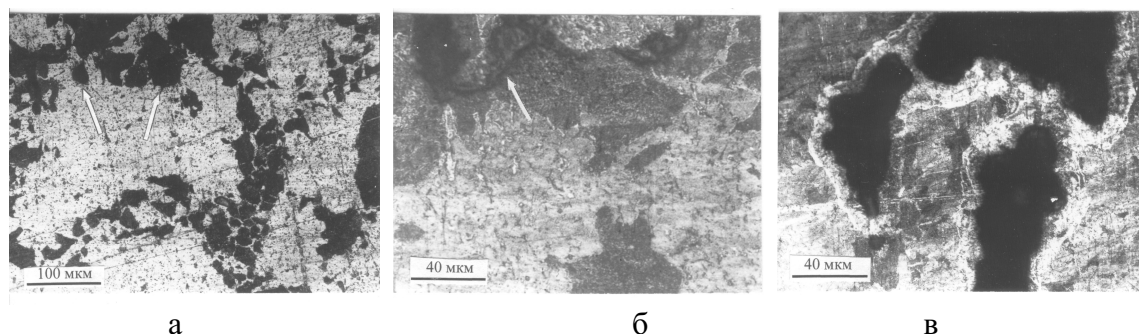


Рис. 2. Микроструктура стали St52,3N из бракованной заготовки: а) общий вид микроструктуры, стрелками указаны поры; б) тонкая структура перлитной колонии, стрелками указана цепочка пор; в) поры в перлитной колонии

сти исходной литой структуры и недостаточной степени деформации при обработке давлением [3].

Металлографический анализ позволил обнаружить, что исследуемая сталь является феррито-перлитной со следующими размерами структурных составляющих: поперечник ферритных зерен 25...40 мкм, а перлитных колоний – 10...15 мкм (рис. 2, а). Существенным представляется тот факт, что перлитные колонии располагаются цепочками, по-видимому, по границам «старых» аустенитных зерен (рис. 2, а, б). Обращает на себя внимание очень грубая субструктура перлитных колоний. В большинстве случаев перлит представляет собой переходную модификацию от пластинчатого к зернистому. В тех случаях, когда строение перлита ближе к пластинчатому удалось измерить межпластиночное расстояние, которое превышает 2 мкм.

Кроме того, содержание перлита в стали 25...30 %, что соответствует концентрации углерода >0,25 мас. %, которая заметно превышает допускаемую по ТУ (табл. 1). В ферритных зернах отмечаются в значительном количестве светлые полиэдрические выделения вторичных фаз (рис. 2, б). Размеры их достигают 0,5 мкм.

Вторым недостатком исследуемых образцов является обилие пор, которые достигают 100 мкм. В ряде случаев поры выходят на свободную поверхность заготовки. Как правило, они располагаются преимущественно в перлитных колониях, часто образуя непрерывные цепочки (рис. 2, а, б). Особо крупные поры захватывают перлитные колонии целиком (рис. 2, в). Видно, что окружающие их ферритные зерна травятся слабее (рис. 2, в). Образуется своеобразный ореол вокруг поры, где, по-видимому, сосредоточена ликвация по легирующим элементам и углероду.

Подчеркнем, что при сравнении со шлифами кондиционного металла эти особенности выделяются еще более отчетливо (рис. 3).

В кондиционном материале размеры структурных элементов такие же, как в дефектном, однако перлитные колонии расположены стохастически и цепочек не образуют. Общее содержание перлита составляет 20...25 % и соответствует марочному химическому составу стали (табл. 1). Наконец, строение перлитных колоний более дисперсное, а его модификация ближе к зернистой (рис. 3, б). Относительно меньше и выделений вторичных фаз внутри ферритных зерен (рис. 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вест К., Вест М. Ключ к сталям. Пер. с нем. под ред. Э.Ю. Колпишна. – СПб.: Профессия, 2006. – 760 с.
2. Металловедение и термическая обработка стали. Справочник. Т. I. Кн. 2. Методы испытаний и исследований / Под ред. М.Л. Бернштейна, А.Г. Рахштадта. – М.: Металлургия, 1991. – 462 с.

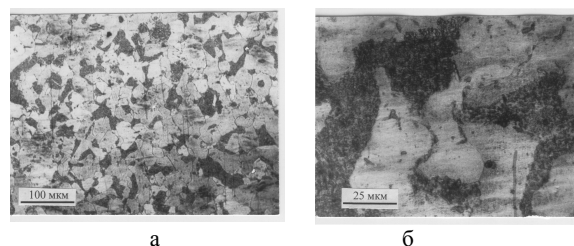


Рис. 3. Микроструктура стали St52,3N из кондиционного изделия: а) общий вид микроструктуры; б) тонкая структура перлитной колонии

4. Заключение и выводы

Согласно данным механических испытаний и фраттографического анализа сталь St52,3N из дефектной заготовки обладает недостаточной пластичностью. На изломах выявлены значительные участки хрупкого разрушения. Такие изломы возникают при недостаточной степени деформации при горячей обработке давлением.

Микроструктура металла не является оптимальной. Морфология перлитных колоний грубодисперсная, близкая к пластинчатой. Перлитные колонии располагаются цепочками по границам «старых» аустенитных зерен. Как правило, в перлитных колониях располагаются поры. В теле ферритных зерен наблюдается большое число выделений вторичных фаз. Доля перлита по отношению к ферриту выше той, которая должна быть согласно штатному химсоставу стали. Отсюда следует:

1. Содержание углерода в стали марки St52,3N дефектных заготовок было выше допустимого.
2. Сталь содержит большой процент крупных пор и выделений вторичных фаз в ферритных зернах, которые могут служить источниками термических трещин.
3. По состоянию изломов можно заключить, что степень деформации при горячей ковке была недостаточной, а литой металл существенно неоднороден по химическому составу.
4. Для корректировки технологического процесса необходимы электронно-микроскопические исследования напряженно-деформированного состояния металла, природы выделений вторичных фаз и тонкой структуры ферритных зерен и перлитных колоний.

3. Ежов А.А., Герасимова Л.П., Каток А.М. Изломы конструкционных сталей // Металловедение и термическая обработка. – 2004. – № 4. – С. 34–38.

Поступила 22.12.2006 г.