

Исследование влияния режимов термической обработки на структуру и механические свойства стали с высоким содержанием марганца 110Г13Л

К.А. Лозоватская, К.П. Еремина А.Н. Жавнеров

Омский государственный технический университет, г.Омск, Россия

Аннотация: в статье приведены результаты исследования трех различных плавок стали с высоким содержанием марганца 110Г13Л, после термической обработки с различным химическим составом, отвечающим требованиям ГОСТ и требованиям специальных технических условий. Проведен стилоскопический анализ и микроанализ термообработанных плавок, дано описание процесса изготовления и травления микрошлифов, представлены фотографии полученных структур, произведен анализ микроструктур, сделаны выводы о влиянии различного содержания углерода и марганца на количество образовавшихся карбидов, их формы и размеры. Проведены испытания по измерению твердости и ударной вязкости.

Ключевые слова: высокомарганцовистая сталь, аустенит, карбид, термическая обработка, закалка, 110Г13Л.

Высокомарганцевая аустенитная сталь типа 110Г13Л обладает уникальными свойствами обусловленными, высоким сопротивлением поверхностей в деформированном состоянии абразивному износу в сочетании с высокой пластичностью и прочностью. Приобретает свои ценные и характерные свойства марганцовистая сталь только в закаленном состоянии, при термической обработке, в результате карбиды переходят в твердый раствор, который при закалке фиксируется в форме относительно чистых зерен аустенита. В производственных условиях применяется фиксированные режимы термической обработки, без учета отклонений по химическому составу, которые могут повлечь за собой дефекты структур в стали [8,9]. Химический состав в рамках ГОСТ и ТУ может отличаться, оказывая существенное влияние на изменение структуры и механических свойств в различных плавках.

В качестве входного контроля химического состава плавок был произведен стилоскопический анализ согласно ГОСТ 977-88 [2] с использованием эмиссионного спектрометра СПАС-02. Пробы для определения химического состава стали отливок отбирают в соответствии с ГОСТ 7565-81 [3]. Образцы маркированы согласно номеру плавки, результаты испытаний химического состава приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав, %

№ образца	C	Mn	Si	P	Cr	Ni
ГОСТ 977-88	0,9-1,5	11,5-15,00	0,30-1,00	0,120	не более 1	не более 1
1	0.95	11.50	0.40	0.030	0.55	0.12
2	1.20	11.60	0.45	0.070	0.47	0.15
3	1.43	12.70	0.47	0.085	0.74	0.12

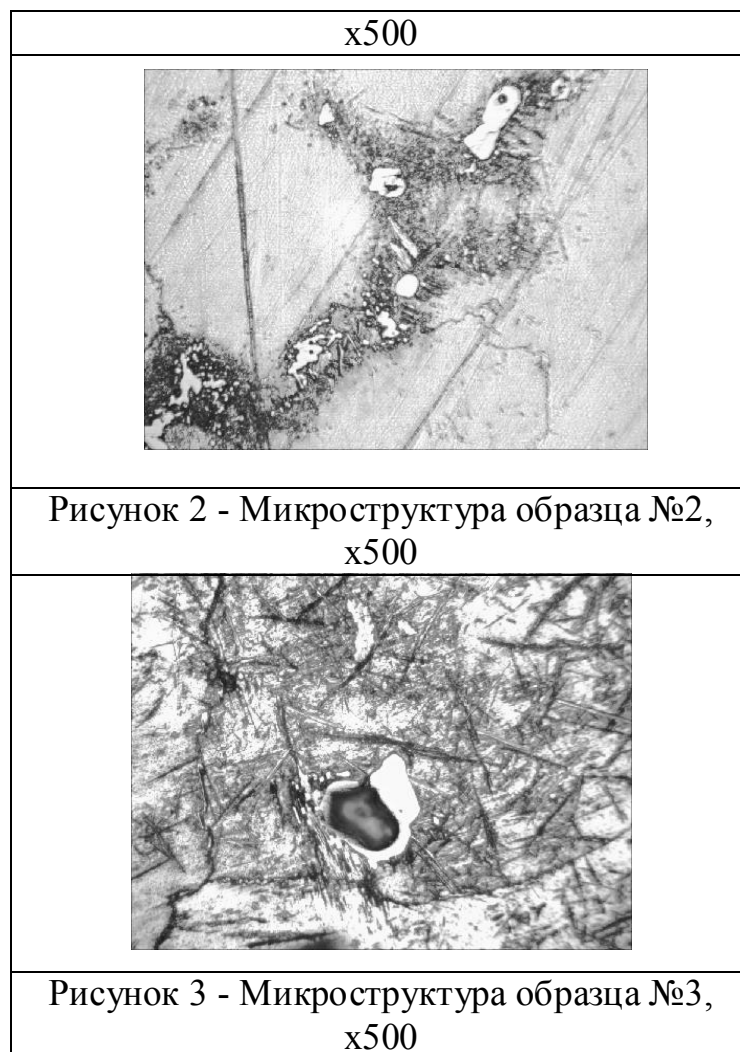
В качестве операции термообработки плавок выдрана закалка при температуре нагрева 1060-1080°C, с последующим охлаждением в воду, аналогичная применяемой термической обработке в производственных условиях.

Исследование структуры образцов литой термообработанной стали с высоким содержанием марганца производилось с использованием инвертированного металлургического микроскопа Lim 305 при увеличении x100 и x500.

Подготовка образцов проводилась согласно ГОСТ 977-88 [2]. Образцы подготавливались путем шлифования на наждачной бумаге с номером зерна P80 и 1000x100П7 ГОСТ 6456-75 [4] с использованием шлифовальной машины. Полирование проводилось на полировальной машине «NERIS» модель 3E881 с использованием пасты хром(3)окись /пигмент ГОСТ 2912-79 [5]. Травление проводилось с использованием в качестве травителя раствор азотной кислоты в спирте (спирт 50 мл и 4% азотной кислоты), время травления от 10-15 сек. Образцы размером 4x4 мм.

Фотографии микроструктуры образцов литой термообработанной стали с высоким содержанием марганца полученные с помощью видеокамеры металлургического микроскопа Lim 305 и представлены на рис. 1-3.





Микроструктура образца №1 имеет гомогенную аустенитную структуру. В соответствии с заводской технологической инструкцией — структура кондиционная и оценивается 2 баллом по величине зерна и «5а» баллом по избыточным карбидам.

Микроструктура образца №2 негомогенная, наряду с аустенитом наблюдается большое скопление крупных и мелких карбидов по границам и в теле аустенитного зерна. Микроструктура образца №3 некондиционная гетерогенная структура, состоящая из аустенита и большого количества карбидов преимущественно игольчатой формы.

Назначая режим нагрева под закалку, следует также учитывать температурный разброс, при котором обеспечивается качественная закалка. В условиях реального производства нагрев производится до температур 1060-1080°C, без учета отклонений по химическому составу и габаритов отливок. Отклонение содержания углерода и марганца существенно отражается на изменении критических точек сплава, что не учитывается при назначении стандартного режима термообработки в условиях производства. Так, согласно диаграмме состояния Fe–Mn–C с 13% марганца [1] при содержании углерода 0,95% температура фазового превращения 820°C, а при 1,43% содержании

углерода 940°C, также не учитывается влияние изменения содержания марганца, которое приводит к расширению области аустенита. Таким образом, при применении стандартного режима термической обработки для плавок с различным химическим составом может приводить к образованию брака.

В качестве механических испытаний были выбраны твердость по Бринеллю и испытания на ударную вязкость.

Испытание на твердость по Бринеллю проводилось согласно ГОСТ 9012-59 [6] на твердомере в качестве индентора ЗИП ГОСТ 13406-67 типа СИ ТШ-2М стальной шарик D=10мм., испытательная нагрузка F=29430 Н (3000кгс), время выдержки 10-15 с. Замер отпечатка проводился на компараторе МПБ-2. Размеры образца 4x4. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Твердость, НВ

№ образца	Диаметр отпечатка, мм	Число твердости, НВ
1	4.4	187
2	4.0	229
3	3.55	293

Испытания на ударную вязкость КСУ проводились согласно ГОСТ 9454-78 [7] образец тип 1 на маятниковом копре УТ-30. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

Ударная вязкость, МПа

№ образца	КСУ, МПа
1	250
2	190
3	120

Разница углерода между плавками 1-3 составляет 0,48%, марганца 1,68%, что не может, не отразится на изменении механических свойств, так твердость изменяется с 187-293НВ, а ударная вязкость 120-250 МПа. Наблюдается изменение количества, форм и размеров карбидов в разных плавках, что приводит к возрастанию твердости и ударной вязкости.

На основании полученных данных можно судить о том, что после термической обработки образец №1 имеет удовлетворительную структуру с единичным количеством карбидов небольшого размера, что позволит получить оптимальные сочетания твердости и ударной вязкости удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к деталям. Образцы №2 и №3 имеют неудовлетворительную структуру, из-за увеличения процента углерода в стали,

наблюдается большое скопление крупных и мелких карбидов по границам и в теле зерна, у образца №3 преимущественно преобладают карбиды игольчатой формы. Такая структура обладает высокой твердостью и низкой ударной вязкостью и может приводить к поломке деталей. Причиной неудовлетворительного качества термообработки, в районе верхнего предела требований ГОСТ977-88 [1], является высокое содержание углерода в стали, что затрудняет получение однородной гомогенной аустенитной структуры при закалке и требует корректировки режима термической обработки.

Библиографический список.

1. Власов В.И., Комолова Е.Ф. Литая высокомарганцовистая сталь. МАШГИЗ, 1963 — С 195.
2. ГОСТ 977-88 ОТЛИВКИ СТАЛЬНЫЕ. Общие технические условия [Текст] – Взамен ГОСТ 977-75, ГОСТ 2176-77, Введ. 01.01.1990. - Москва, ИПК Издательство стандартов, 2004, С. 36.
3. ГОСТ 7565-81 ЧУГУН, СТАЛЬ И СПЛАВЫ. Метод отбора проб для определения химического состава [Текст] – Взамен ГОСТ 7565-73, Введ. 01.01.1982. – Москва, Издательство стандартов 1987, С. 26.
4. ГОСТ 6456-75 ШКУРКА ШЛИФОВАЛЬНАЯ БУМАЖНАЯ. Технические условия [Текст] - Введ. 01.01.1983. - Разработан и внесен Министерством станкостроения и инструментальной промышленности СССР, С. 12.
5. ГОСТ 2912-79 ХРОМА ОКИСЬ ТЕХНИЧЕСКАЯ. Технические условия [Текст] - Введ. 01.01.1980. - Издательство стандартов 1989, С. 32.
6. ГОСТ 9012-59 МЕТАЛЛЫ. Метод измерения твердости по Бринеллю [Текст] - Введ. 01.01.1960. – Москва, Издательство стандартов 1993, С. 45.
7. ГОСТ 9454-78 МЕТАЛЛЫ. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах [Текст] - Взамен ГОСТ 9454-60, ГОСТ 9455-60 ГОСТ 9456-60, Введ. 01.01.1979. – Москва, Издательство стандартов 1982, С. 26.
8. Исследование дефектов структуры стали с высоким содержанием марганца 110Г13Л [Статья] Техника и технологии машиностроения: материалы IV Междунар. студ. науч. - практ. конф. (Омск, 20-30 марта 2015 г.) / Минобрнауки России, ОмГТУ – Омск: Издательство ОмГТУ, 2015. – С. 148-152 Лозоватская К.А., Степанова Е.П., Синявская С.А., Жавнеров А.Н.
9. Исследование дефектов структуры стали с высоким содержанием марганца 110Г13Л [Статья] Актуальные проблемы современной науки: материалы IV Регион. науч. - практ. конф. (Омск, 17 апр. 2015 г.) / Минобрнауки России, ОмГТУ – Омск: Издательство ОмГТУ, 2015. – С. 32-35 Лозоватская К.А., Ананьева Е.Ю., Рябова Е.И., Жавнеров А.Н.