

О ВЛИЯНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЕТАЛЛА НА РЕЖИМ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ МАРКИ 110Г13Л

И.В. Чуманов, М.А. Порсев

EFFECT OF CHEMICAL COMPOSITION ON THE HEAT TREATMENT CONDITIONS OF 110G13L STEEL CASTINGS

I.V. Chumanov, M.A. Porsev

Рассмотрена возможность снижения длительности режима термической обработки отливок из стали марки 110Г13Л за счет дифференциации температур нагрева отливок под закалку в зависимости от содержания в них углерода. Проведена серия экспериментальных плавок, изучено влияние понижения температуры закалки относительно общепринятой на структуру металла.

Ключевые слова: сталь 110Г13Л, отливки, закалка, микроструктура.

The possibility of reducing the duration of heat treatment of castings made of 110G13L (1.1 C – 13 Mn) steel by differentiation of temperatures of heating before quenching according to the carbon content is discussed. Influence of lowering the heating temperature upon microstructure is investigated for a series of experimental melts.

Keywords: 110G13L steel, casting, quenching, microstructure.

Как известно, основным фактором, обеспечивающим высокую вязкость и сопротивление ударно-абразивному износу отливок из стали марки 110Г13Л, является структура аустенита, получение которой достигается термической обработкой отливок (закалкой). Общепринятый режим термической обработки такой стали – закалка в воде от температуры 1100–1150 °С, при этом скорость нагрева до закалочной температуры ограничивается 70–150 °С/ч [1]. Такие невысокие скорости нагрева вкупе с достаточно высокой закалочной температурой, а также с зачастую требующимися длительными выдержками делают процесс термической обработки стали 110Г13Л достаточно длительным и энергоемким, что особенно актуально при использовании для нагрева отливок под закалку электрических печей. С целью снижения энергоемкости процесса термической обработки необходимо рассмотреть возможности уменьшения ее продолжительности, разумеется, не в ущерб качеству. Одним из путей сокращения времени термической обработки, на наш взгляд, является понижение закалочных температур до некоторых разумных теоретически обоснованных величин. Целесообразность закалки всех отливок от одной температуры 1100 °С является не совсем оправданной, ведь согласно диаграмме Fe–Mn–C [2], например, для стали с содержанием углерода 0,90 % структура чистого аустенита может быть обеспечена нагревом до 860 °С, т. е. нагрев такой стали до 1100 °С вряд ли будет оправдан, но при

этом потребует затрат времени и тепла. Анализ диаграммы состояния позволил представить в табличном виде зависимость необходимой температуры закалки стали от содержания в ней углерода (табл. 1).

Таблица 1
Рекомендуемые температуры нагрева отливок
с разным содержанием углерода под закалку

№ п/п	Содержание углерода, %	Рекомендуемая температура нагрева под закалку, °С
1	0,90	860
2	0,95	880
3	1,00	900
4	1,05	920
5	1,10	950
6	1,15	980
7	1,20	1000
8	1,25	1030
9	1,30	1050

Из табл. 1 видно, что далеко не всегда есть необходимость нагрева отливок до температуры 1100 °С, зачастую можно обойтись и гораздо более низкими температурами, уменьшив тем самым продолжительность цикла термообработки и его энергоемкость.

Для экспериментальной проверки выдвинутого предположения в условиях литейного цеха Златоустовского литейного завода «Металпласт» были отобраны отливки из 16 разных плавок. Все отлив-

Таблица 2

Химический состав металла экспериментальных плавков

№ плавки	Содержание элементов, %								
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V
1	0,99	11,40	0,57	0,049	0,002	0,24	0,45	0,02	0,04
2	1,00	11,60	0,66	0,05	0,002	0,32	0,48	0,04	0,04
3	0,98	12,20	0,63	0,051	0,005	0,24	0,60	0,03	0,06
4	1,05	12,30	0,55	0,051	0,004	0,30	0,29	0,03	0,07
5	0,90	11,70	0,67	0,04	0,002	0,24	0,33	0,03	0,06
6	1,13	11,30	0,50	0,062	0,016	0,07	0,18	0,01	0,06
7	1,10	12,20	0,59	0,056	0,015	0,29	0,40	0,04	0,08
8	1,00	11,50	0,57	0,053	0,01	0,30	0,62	0,04	0,06
9	1,03	11,30	0,63	0,057	0,01	0,42	0,38	0,02	0,20
10	1,00	10,45	0,56	0,046	0,011	0,21	0,30	0,02	0,06
11	1,25	10,40	0,63	0,044	0,01	0,06	0,36	0,01	0,05
12	1,10	12,45	0,56	0,057	0,008	0,31	0,21	0,03	0,07
13	1,14	11,90	0,60	0,05	0,009	0,11	0,11	0,01	0,04
14	1,08	12,10	0,61	0,057	0,01	0,11	0,12	0,01	0,04
15	1,05	11,20	0,63	0,041	0,002	0,10	0,53	0,01	0,04
16	0,98	11,54	0,46	0,035	0,002	0,18	0,46	0,02	0,03

ки являлись однотипными деталями с максимальной толщиной стенки 60 мм. На каждой отливке выполнялось по 2 технологических прилива диаметром 20 мм, выступающих в роли образцов-свидетелей, по результатам исследований которых производились дальнейшие заключения о качестве термической обработки всей отливки.

Химический состав металла всех 16 плавков приведен в табл. 2.

Из табл. 2 мы видим, что содержание углерода в отливках в разных плавках варьируется от 0,90 % до 1,25 %. Следует отметить, что в условиях завода «Метапласт» подобное содержание углерода является среднестатистическим, порядка 95 % отливок характеризуются именно таким содержанием углерода.

Таким образом, имеет место следующая картина: налицо набор отливок с разным содержанием углерода и, соответственно, с разной закалочной температурой. С позиций экономии каждая отливка должна обрабатываться по индивидуальному режиму; с позиций производства режим термической обработки должен быть единым как минимум для каждой категории отливок. На наш взгляд, целесообразно искать компромисс между тотальной экономией и реалиями производства: ни один литейный цех при обширной номенклатуре выпускаемых деталей не в состоянии организовать в рамках одной категории отливок складирование и отдельную термическую обработку, например, 16 групп отливок. Но при этом мы считаем целесообразным выделить несколько групп отливок (в зависимости от содержания в них углерода) и разработку для каждой группы соответствующего режима термической обработки. Пример подобной предлагаемой градации отливок приведен в табл. 3.

Таблица 3
Рекомендуемая температура закалки для разных групп отливок

№ п/п	Содержание углерода, %	Температура закалки, °С
1	0,90–1,0	900
2	1,0–1,10	950
3	1,10–1,25	1030

Согласно полученным рекомендациям все отливки из 16 плавков были поделены на 3 группы, в зависимости от содержания углерода.

Отливки с содержанием углерода 0,90–1,0 % (плавки № 1, 2, 3, 5, 8, 10, 16) были скомплектованы в одну садку и подвергнуты термической обработке в шахтной термической печи по следующему режиму:

- посадка в печь при температуре 200 °С;
- нагрев садки до температуры 750 °С со скоростью 70 °С/ч;
- выдержка при температуре 750 °С 1 ч;
- нагрев до температуры 900 °С со скоростью 150 °С/ч;
- выдержка при температуре 900 °С 2,5 ч;
- закалка в воду.

Согласно диаграмме состояния нагрев отливок с данным содержанием углерода до 900 °С должен был обеспечить получение аустенитной структуры в металле.

Результаты исследований образцов-свидетелей, отделенных от термообработанных отливок, показали: нагрев до температуры под закалку до 900 °С не обеспечил требуемой структуры, данные подтверждаются приведенными на рис. 1 микрофотографиями (номера в нижнем правом углу на фотографиях соответствуют номерам плавков в табл. 2).

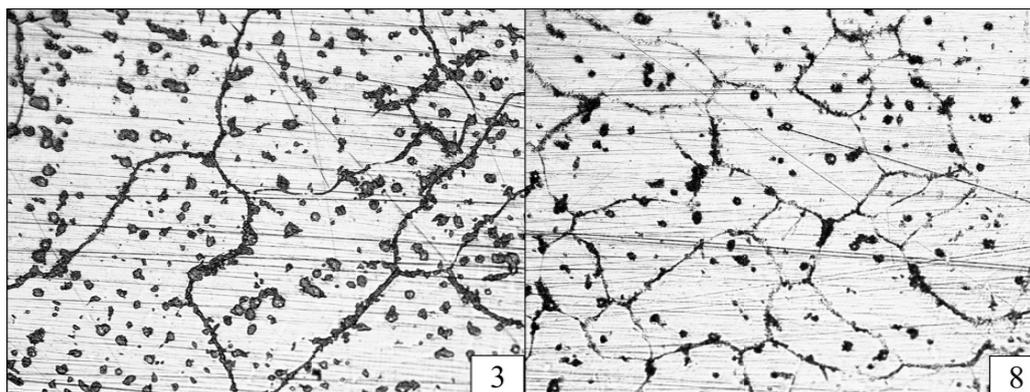


Рис. 1. Микроструктура образцов закаленных от 900 °С (×100)

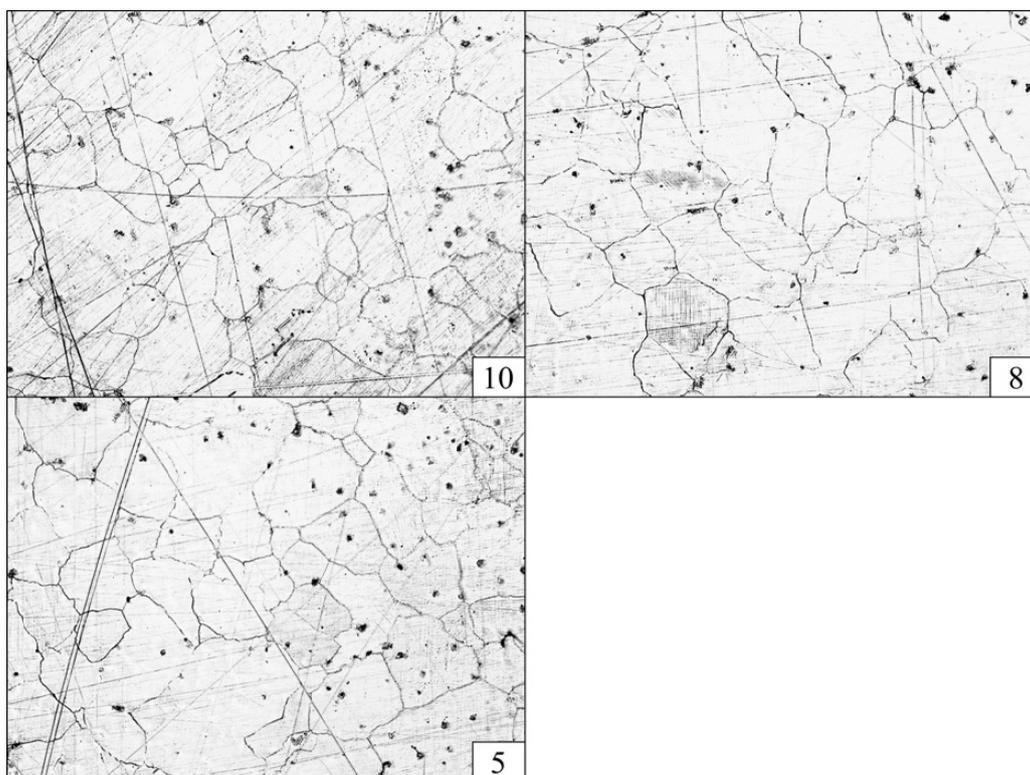


Рис. 2. Микроструктура стали после закалки от 970 °С

Структурные исследования образцов показали, что на фоне аустенитной структуры наблюдаются мелкие карбидные включения, которые в некоторых случаях сливаются, образуя тонкую оторочку по границам зерен, местами грубой формы включения. Данная структура, как известно, приводит к охрупчиванию стали.

Возможно, наличие этих карбидов связано с тем, что при выборе режима температуры под закалку не были учтены потери температуры садки при переносе корзины с отливками из печи в закалочный бак, в результате чего при этом переносе температура садки опустилась ниже критической и произошло повторное выпадение карбидов.

С целью установления величины падения температуры были произведены замеры изменения температуры садки с помощью оптического пирометра «Диэлтест-ТВ 2П» от момента открытия

крышки печи до погружения корзин с отливками в закалочный бак.

Проверку проводили на десяти садках, закаливаемых в соответствии с действующим технологическим режимом термической обработки завода «Металласт». При подъеме крышки печи по результатам замера пирометром температура садки составляла 1070–1100 °С, перенос отливок в бак осуществлялся в течение 11–14 секунд, над баком замер показал температуру 1030–1040 °С. В среднем, падение температуры от момента открытия крышки печи до полного погружения корзин с отливками в закалочный бак с водой составило 60–70 °С, что, по всей видимости, необходимо учитывать при выборе режимов нагрева отливок под закалку.

С учетом вышесказанного из отливок тех же плавков была сформирована еще одна садка, которую обрабатывали по такому же графику нагрева, но изменив температуру заковки до 970 °С, т. е. увеличив расчетное значение температуры из табл. 2 на величину падения температуры садки при переносе из печи в закалочный бак. Микроструктура, представленная на рис. 2, полученная в отливках в результате нагрева отливок под заковку от 970 °С, показала, что заковка от такой температуры отливок с содержанием углерода 0,9–1,0 % является достаточной для растворения карбидов и получения структуры чистого аустенита.

Отливки с содержанием углерода 1–1,10 % (плавки № 4, 7, 12, 14, 15) также были скомплектованы в отдельную садку. Согласно разработанным рекомендациям температура заковки отливок

с таким содержанием углерода составила 950 °С, для компенсации потерь температуры при переносе садки из печи в закалочную ванну для данной группы отливок закалочная температура была назначена равной 1020 °С.

В результате проведенной термической обработки в отливках была получена аустенитная структура, что полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к стали марки 110Г13Л. Таким образом, заковка от 1020 °С для отливок с содержанием углерода 1,0–1,10 % вполне достаточна для полного растворения карбидов, данные подтверждены микрофотографиями, представленными на рис. 3.

По такому же принципу и с таким же положительным результатом была проведена термическая обработка отливок с содержанием углерода

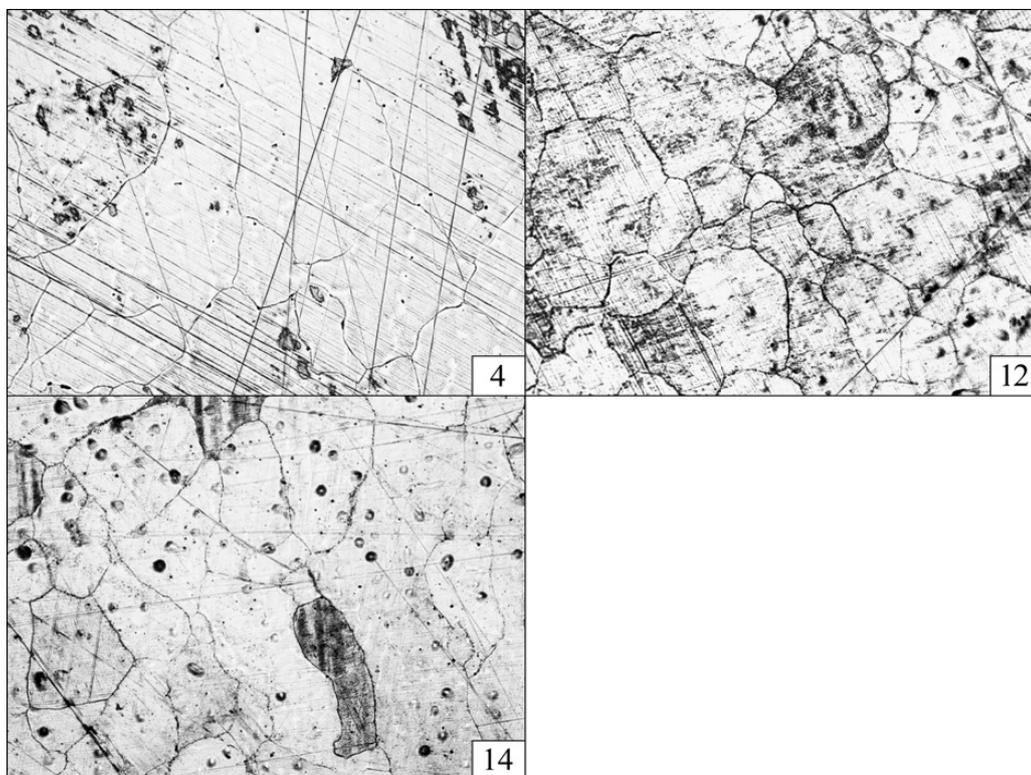


Рис. 3. Микроструктура стали после заковки от 1020 °С

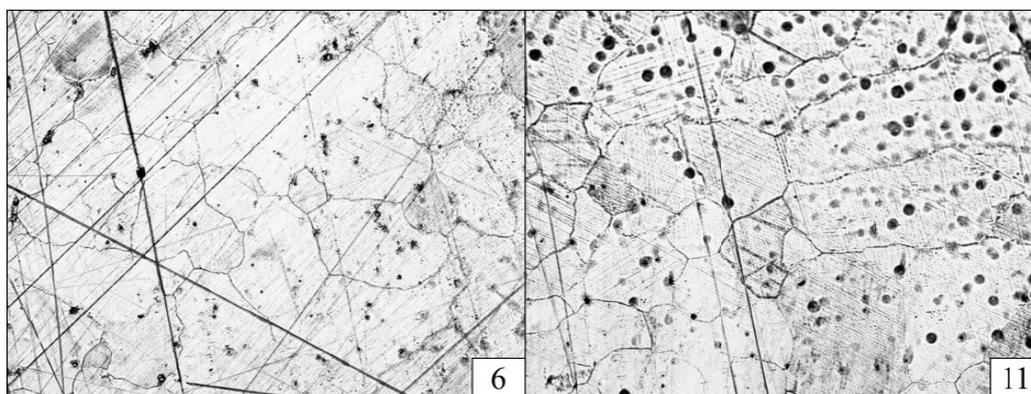


Рис. 4. Микроструктура образцов, закаленных от 1090 °С (×100)

1,10–1,25 % (плавки № 6, 11); с учетом концентрации углерода и компенсации потерь температура закалки отливок была назначена равной 1090 °С. Фотографии полученной микроструктуры приведены на рис. 4.

Проведенные исследования подтверждают, что температура закалки отливок из стали марки 110Г13Л действительно может быть снижена, в том числе в некоторых случаях на 130–180 °С, при этом не потребуются внесения кардинальных изменений в ритм работы цеха – предложенная схема для своей реализации потребует лишь принятия дополнительных организационных мер. При всем при этом следует иметь в виду, что снижение зака-

лочной температуры на 150 °С – это уменьшение длительности цикла термической обработки на один час, а соответственно, и ускорение темпов обработки отливок, экономия энергоресурсов, сокращение времени работы нагревательных элементов в зоне высоких температур и, следовательно, продление ресурса их работы.

Литература

1. Давыдов, Н.Г. Высокомарганцевая сталь / Н.Г. Давыдов – М.: Металлургия, 1979. – 175 с.
2. Власов, В.И. Литая высокомарганцовистая сталь / В.И. Власов, Е.Ф. Комолова. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во машиностроит. лит., 1963. – 196 с.

Поступила в редакцию 30 июля 2012 г.