

## Повышение износостойкости высокохромистого чугуна ИЧХ28Н2 при термической обработке

Студентка группы ИММ-18 Савула Е.А.  
 Научный руководитель Крымов В.Н.  
 Донецкий национальный технический университет  
 Донецкая Народная Республика, г. Донецк

Литые изделия из чугуна ИЧХ28Н2 в большинстве случаев применяются без термической обработки или обработка ограничивается релаксационным отжигом. Вместе с тем, опубликованные в литературе результаты исследования показывают, что закалка чугуна ИЧХ28Н2 может приводить к повышению износостойкости на 20 % и более.

Целью данной работы являлось изучение влияния температуры нагрева под закалку на структуру, твердость и износостойкость чугуна ИЧХ28Н2. Образцы чугуна вырезали из отлитых рабочих колес шламовых насосов типа ШМ-250<sup>1</sup> с толщиной стенки 25 мм. Образцы закаливали на воздухе с температур 800-1100 °С. После закалки во всех случаях следовал низкий отпуск. Часть образцов подвергали низкотемпературному отжигу при 550 °С. Испытания на абразивный износ выполняли по схеме трения о незакрепленный абразив по ГОСТ 23.208-79.

Структура литого чугуна ИЧХ28Н2 представлена первичным аустенитом и аустенито-карбидной эвтектикой (рис.1). Таким образом, при содержании углерода 2,5 % (табл. 1) данный чугун является доэвтектическим, что соответствует диаграмме Fe-C-Cr.

Таблица 1 – Химический состав чугуна, %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
2,50	0,80	0,62	0,031	0,036	24,8	2,4	0,20

Матрица имеет аустенито-мартенситную структуру с микротвердостью 5225 Н/мм<sup>2</sup>. Использованными травителями мартенсит не выявляется.

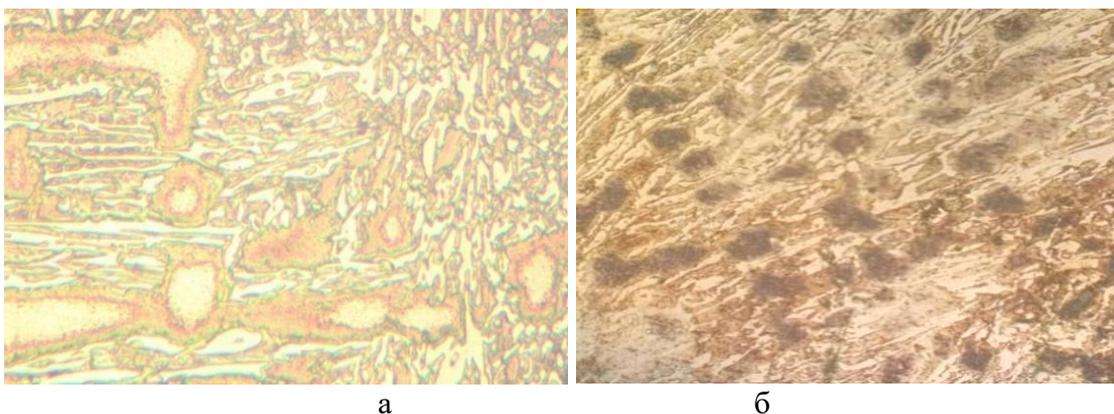


Рисунок 1 – Структура чугуна ИЧХ28Н2 в литом состоянии (а) и после отжига 550 °С (б), х600

Отжиг при 550 °С с охлаждением на воздухе приводит к повышению травимости металлической матрицы (рис. 1 б). Это особенно заметно в участках бывшего первичного аустенита. Вероятно, это связано с явлением вторичной твердости. Аустенит в литом чугуне обладает высокой устойчивостью. При охлаждении после отжига происходит распад аустенита на мартенсит, что приводит к повышению твердости (см. табл. 2).

<sup>1</sup> Работы выполняли совместно с заводом универсального машиностроения ООО «Техносоюз», г. Донецк.

Таблица 2 – Влияние отжига на твердость и микротвердость чугуна ИЧХ28Н2

Режим термообработки	Твердость, HRC	Микротвердость металлической матрицы, Н/мм <sup>2</sup>
Литое состояние	48	5225
Отжиг 550 °С	53	6135
Двукратный отжиг 550 °С	54	7990

Это подтверждается повышением микротвердости матрицы после двукратного отжига до 8000 Н/мм<sup>2</sup>.

В структуре образцов, подвергнутых закалке, наблюдаются схожие изменения (рис. 2). Закалку образцов чугуна производили начиная с температуры 800 °С. Эта температура была выбрана как минимальная, при которой в структуре чугуна появляется аустенит в результате превращения  $\alpha + K1 \rightarrow \gamma$ .

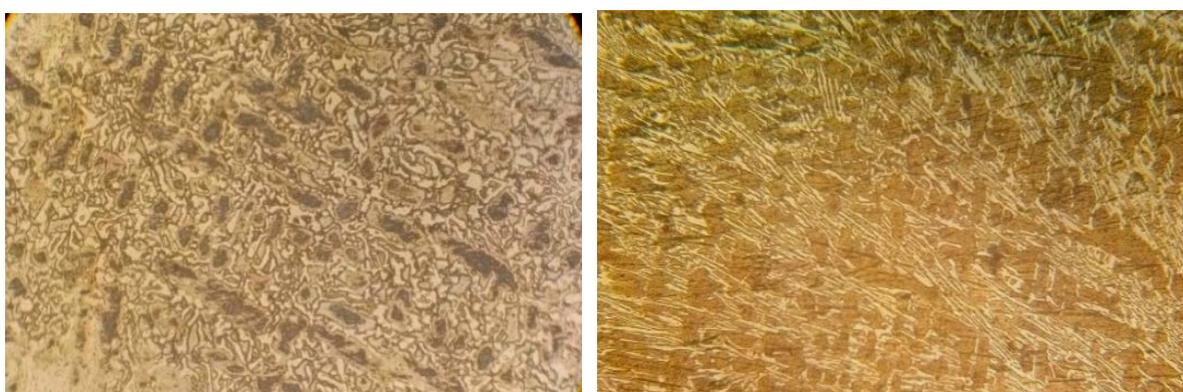


Рисунок 2 – Структура чугуна ИЧХ28Н2 после закалки с 850 (а) и 1050 °С (б), х300

Однако твердость повышается всего на 5 единиц, что даже ниже, чем при двукратном отжиге при 550 °С (см. табл. 2).

Нагрев до 850-900 °С переводит чугун в двухфазную аустенито-карбидную область. То есть, исчезает альфа-фаза. При этом происходит более полное растворение специальных карбидов. Повышение температуры закалки до 850-1080 °С приводит к увеличению твердости на 6-7 единиц (рис. 3). По-видимому, это объясняется снижением устойчивости переохлажденного аустенита после нагрева под закалку, на что указывалось в работах Цыпина И.И.

Твердость возрастает с максимумом при 950 °С. Однозначно указать причину снижения твердости нельзя. Микротвердость матрицы непрерывно возрастает, асимптотически приближаясь к 10000 Н/мм<sup>2</sup>. Очевидно, что повышение микротвердости происходит за счет увеличения доли мартенсита. При этом, повышение температуры нагрева под закалку приводит к растворению карбидов.

Интересно, что при температуре нагрева под закалку 1050 °С наблюдается заметное снижение и твердости чугуна и микротвердости матрицы (рис. 3). По-видимому, это связано с повышением доли остаточного аустенита в матрице.

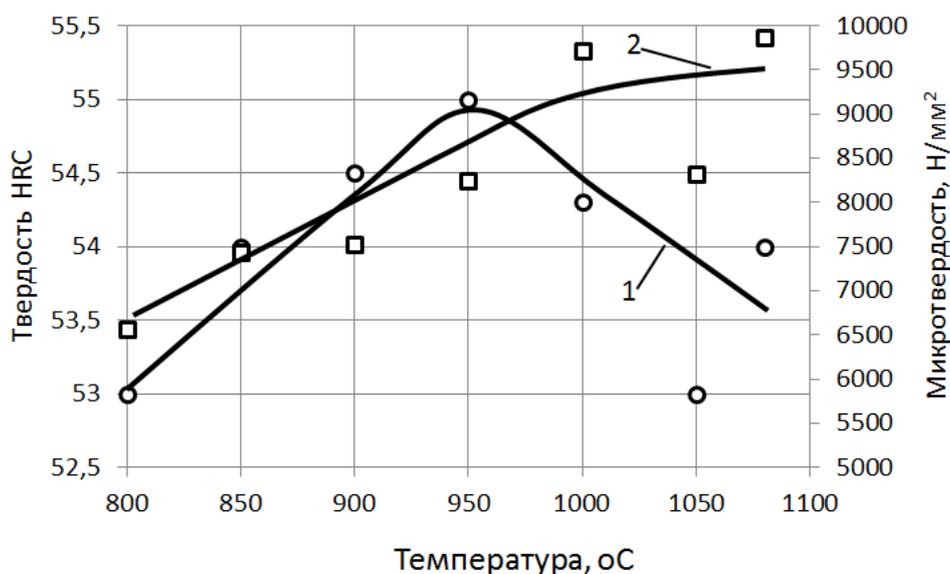


Рисунок 3 – Влияние температуры закалки на твердость (1) и микротвердость матрицы (2) чугуна ИЧХ28Н2

Износостойкость чугуна оценивали по потере массы образца при трении об абразив, который подавали на плоский, вращающийся диск. В качестве абразива использовали гранатовый песок крупностью 80 меш. (примерно, 0,15-0,17 мм). Данный абразивный материал прочнее и тверже, чем кварцевый песок (7,5 и 7 ед. по шкале Мооса соответственно). Кроме того, гранатовый песок характеризуется более высокой абразивностью за счет того, что частицы имеют неправильную форму и острые края. Основным механизмом износа является срезание стружки. Износостойкость оценивали по удельной потере массы, то есть, изменению массы, отнесенному к площади трения образца и пути износа.

Увеличение твердости чугуна при термической обработке приводит к повышению износостойкости на 5-6 % (табл. 3). Этот результат может быть объяснен повышением твердости металлической матрицы.

Таблица 3 – Изменение массы при износе чугуна

Вид обработки	Удельный износ, г/(м²*м)	Относительная потеря массы, %
Литое состояние	1,88	-
Закалка 950 оС	1,78	5
Закалка 1080°С.	1,77	6

Очевидно, что основной вклад в износостойкость высокохромистого чугуна вносит карбидная фаза.

Таким образом, термическая обработка приводит к росту твердости чугуна. После низкотемпературного отжига это происходит в результате проявления вторичной твердости. При проведении закалки твердость возрастает вследствие увеличения количества мартенсита.