

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ СТАЛИ

### 1. Цель работы

Целью работы является:

- ознакомление с методом торцевой закалки для определения прокаливаемости стали;
- определение прокаливаемости конструкционных сталей 40 и 40Х;
- изучение влияния легирования на прокаливаемость стали.

### 2. Теоретическая часть

#### 2.1. Прокаливаемость стали

Прокаливаемостью называется способность стали закаливаться на большую или меньшую глубину. Прокаливаемость является лимитирующим фактором, определяющим возможность применения для данной стали упрочняющей двойной термической обработки, состоящей из закалки и отпуска.

В работах № 10, 11 было установлено, что при закалке сталь приобретает мартенситную структуру. Для этого при фазовой перекристаллизации сталь должна быть охлаждена со скоростью, большей критической. При рассмотрении этого вопроса было принято, что скорость охлаждения стали определяется охлаждающей способностью среды. При этом условно подразумевалось, что скорость охлаждения стали во всем объеме детали или образца одинакова.

На самом деле охлаждающая способность среды определяет лишь скорость охлаждения поверхности стали. В глубине же образца скорость охлаждения гораздо меньше и определяется теплопроводностью и температуропроводностью образца. Уменьшение скорости охлаждения по глубине схематично представлено на рис. 13.1.

Если критическая скорость закалки для стали 45 составляет около 300 °/сек, то в поверхностных слоях, где скорость охлаждения больше критической, сталь закаливается на мартенсит, а в сердцевине

аустенит превратится в ферритно-цементитную смесь.

Глубина закаленного слоя определяется точкой  $M$  пересечения линий  $V_{кр.}$  и  $V_{охл.}$ , и в данной схеме составляет немногим более 2 мм. После заключительной операции термообработки - отпуска - в закаленном поверхностном слое будет структура отпуска, а в сердцевине – закалочные структуры. Различие структурного состояния стали определяет различие свойств, при этом свойства незакалившейся сердцевины оказываются ниже, чем в закаленном поверхностном слое (особенно заметны потери вязкости (рис.13.2)). Поэтому прокаливаемость имеет очень большое значение для всех сталей и особенно для улучшаемых сталей.

Для обеспечения однородности свойств по сечению образца или детали необходимо добиться сквозной закалки, т.е. повысить прокаливаемость стали.

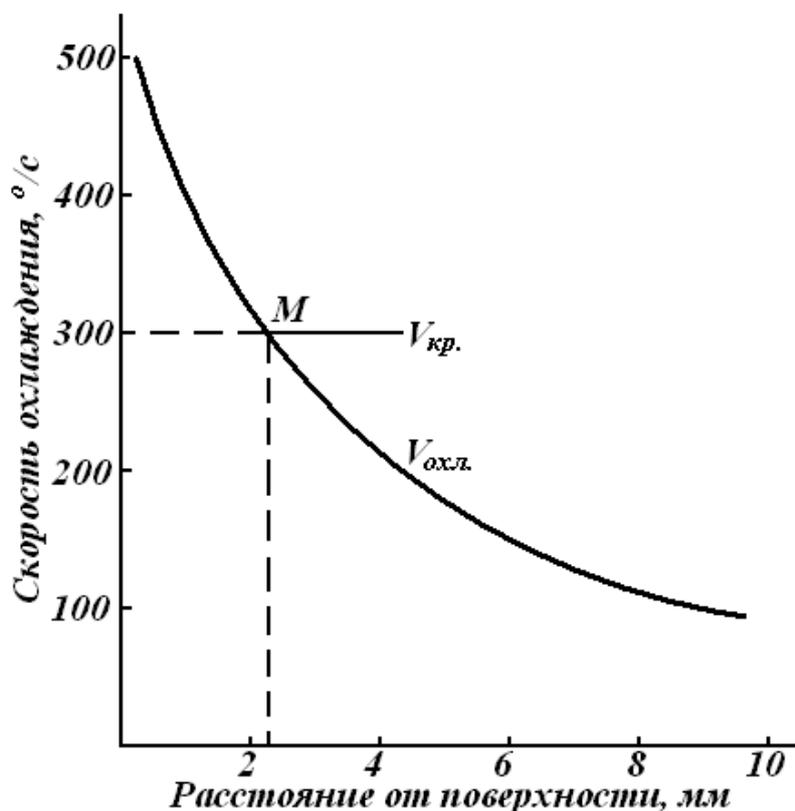


Рисунок 13.1. Изменение скорости охлаждения при закалке по глубине образца (сталь 45, образец цилиндрической формы диаметром 20 мм).

## 2.2. Способы повышения прокаливаемости стали

Как уже говорилось, прокаливаемость определяется соотношением между реальной скоростью охлаждения в объеме

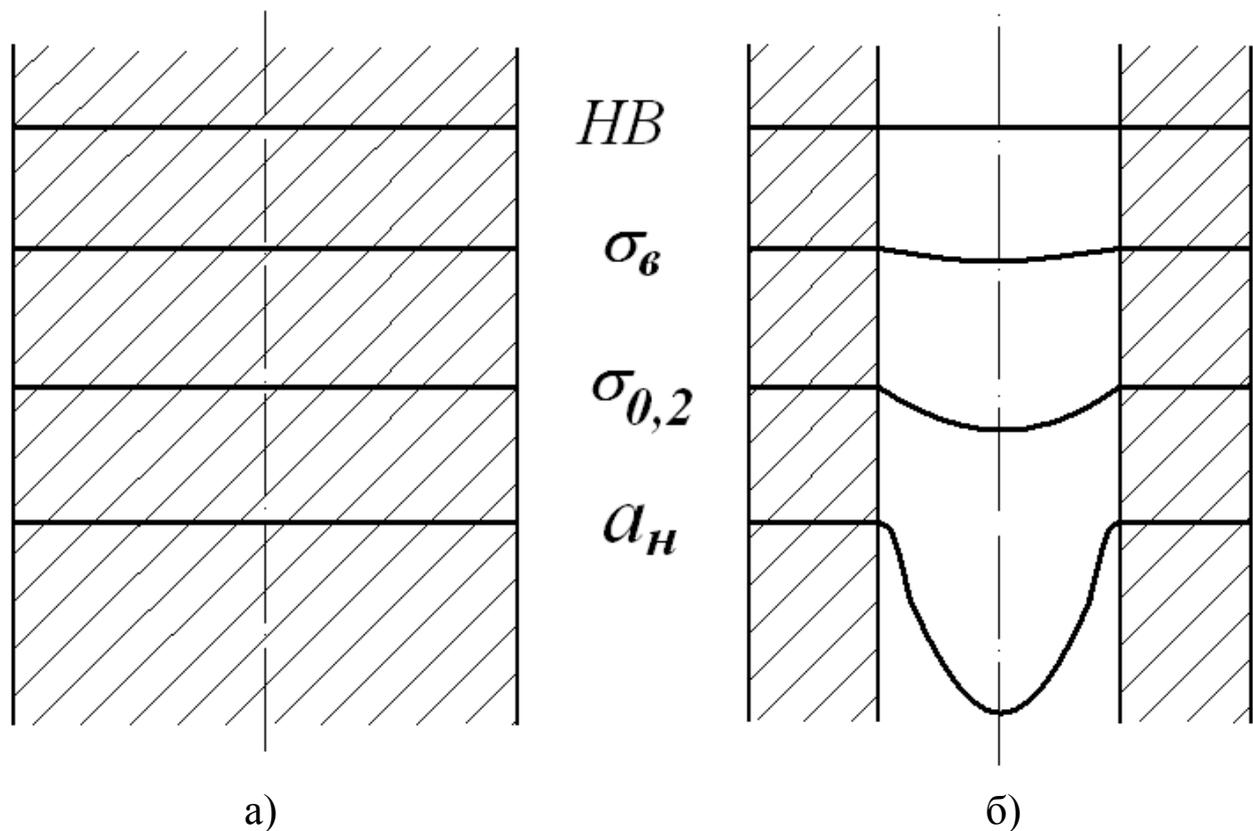


Рисунок 13.2. Схема изменения механических свойств стали по сечению образца после закалки и высокого отпуска; а - в случае сквозной прокаливаемости; б - в случае несквозной прокаливаемости (заштрихована закаленная зона).

стали и критической скоростью закалки. В связи с этим на прокаливаемость влияют многие факторы.

#### 1. Охлаждающая способность среды.

Одна и та же сталь имеет различную глубину закаленной зоны при охлаждении в воде, в масле или в других средах. Чем выше охлаждающая способность, тем на большую глубину прокаливается сталь. Увеличение охлаждающей способности приводит к тому, что кривая  $V_{\text{охл.}}$  на схеме рис. 13.1 проходит выше, и точка М смещается вправо.

#### 2. Содержание углерода в стали.

С увеличением содержания углерода снижается критическая скорость закалки стали (рис.13.3). Уменьшение  $V_{\text{кр.}}$  также смещает точку М вправо, т.е. увеличивает прокаливаемость.

Следовательно, высокоуглеродистые стали при прочих равных условиях имеет большую глубину прокаливаемости, чем малоуглеродистые.

#### 3. Различные металлургические факторы, такие как содержание

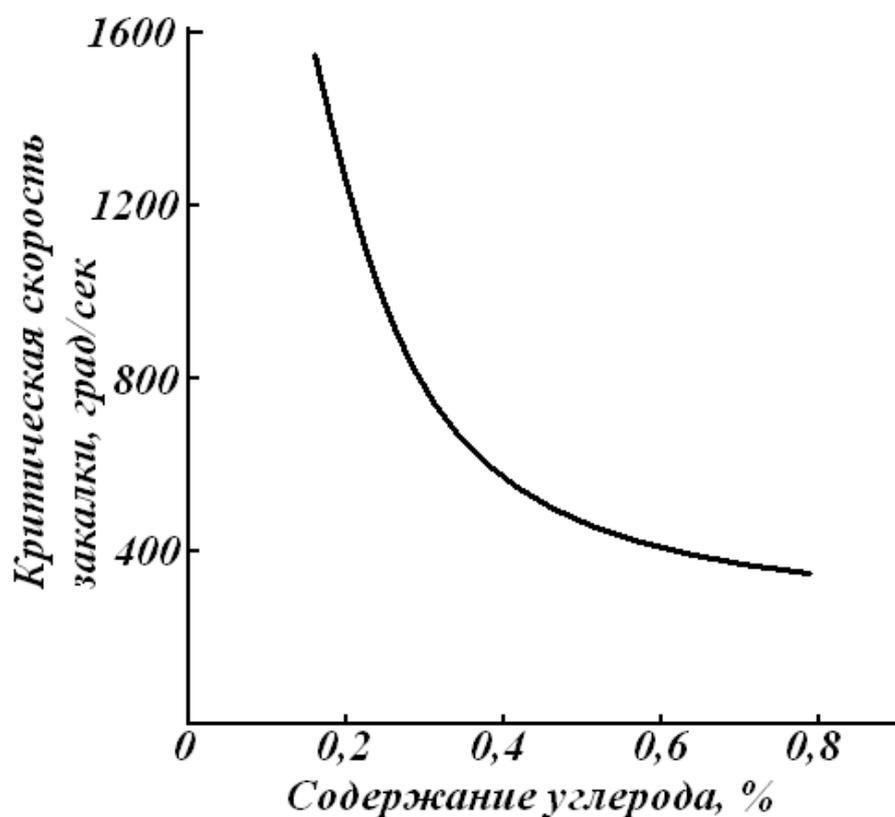


Рис. 13.3. Зависимость критической скорости закалки от содержания углерода.

неконтролируемых примесей, размер зерна стали и т.п. могут влиять на прокаливаемость.

4. Легирование, являющееся основным способом повышения прокаливаемости.

Почти все легирующие элементы, растворенные в аустените, затрудняют его распад. Это обусловлено тем, что в легированном аустените скорость диффузионных процессов снижается, а это повышает его устойчивость при всех степенях переохлаждения. В результате С-образная диаграмма распада переохлажденного аустенита в легированной стали смещается вправо, т.е. критическая скорость закалки уменьшается, что и приводит к увеличению прокаливаемости. Это влияние тем интенсивнее, чем больше и сложнее легирована сталь (рис. 13.4). Наиболее эффективно повышают прокаливаемость хром, никель, марганец, особенно при совместном легировании.

### 2.3. Методы определения прокаливаемости стали

Мерой прокаливаемости стали является так называемый

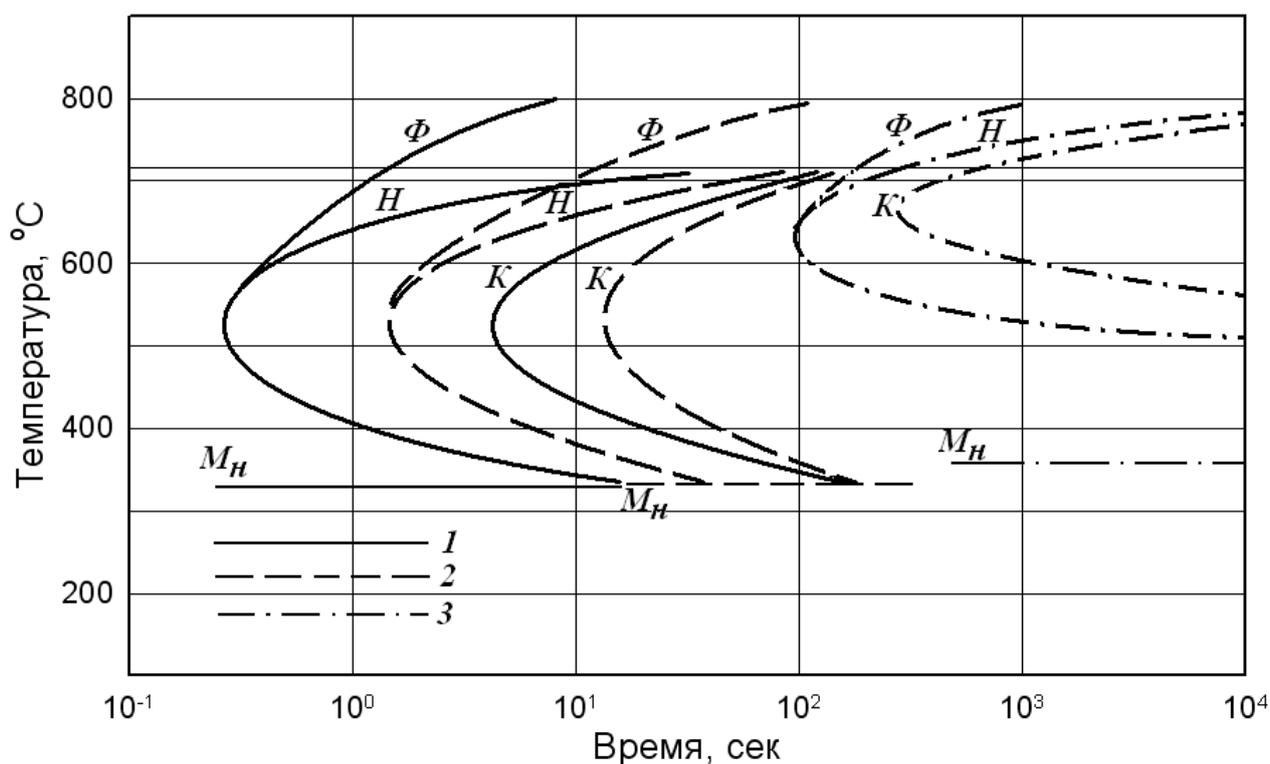


Рисунок 13.4. С-образные диаграммы распада переохлажденного аустенита в углеродистой и легированной сталях: 1 – сталь с 0,4%С; 2 – сталь с 0,4%С и 1% Cr; 3 – сталь с 0,4%С и 3,5%Cr.

критический диаметр. Под ним понимается наибольший диаметр цилиндрического образца, который в данных условиях охлаждения прокаливается насквозь.

Для практического определения критического диаметра используется метод торцевой закалки, заключающийся в том, что образец стандартных размеров, нагретый до температуры закалки, охлаждается в специальном устройстве с одного торца фонтанирующей жидкостью (рис. 13.5).

После полного охлаждения образца измеряется твердость по его длине и определяется расстояние от закаливаемого торца до полумартенситной зоны, состоящей из 50% мартенсита и 50% троостита, и по этому расстоянию с помощью номограмм (рис. 13.6) определяется прокаливаемость стали.

Твердость полумартенситной зоны в стали не зависит от содержания легирующих элементов и определяется содержанием углерода.

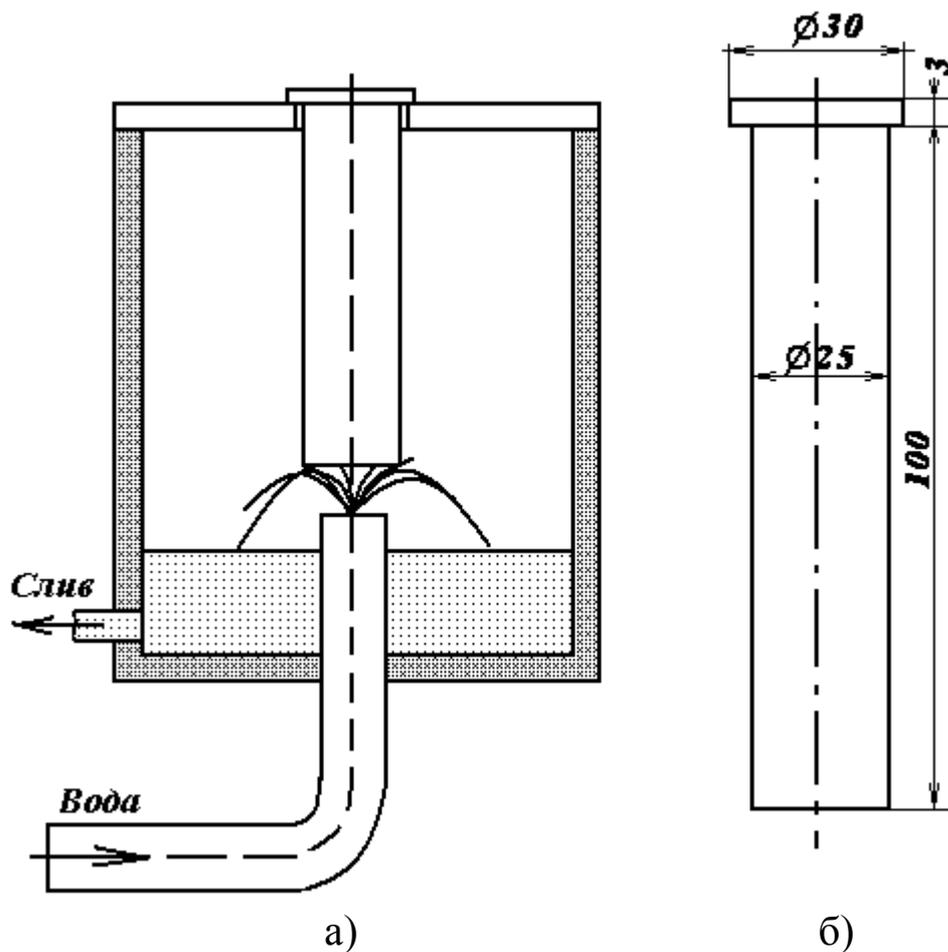


Рисунок 13.5. Установка (а) и образец (б) для торцевой закалки.

### 3. Задание и порядок выполнения работы

В данной работе необходимо определить прокаливаемость стали 40 и 40Х. (Составы сталей приведены в таблице 13.1.).

Таблица 13.1.

Марка стали	Содержание элементов, %						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
40	0,35...045	0,5...0,8	0,16...0,37	0,3	0,3	0,04	0,045
40X	0,35...045	0,5...0,8	0,17...0,37	0,8...1,1	0,3	0,04	0,04

1. Образцы стандартного размера (рис. 13.5, б) поместить в железный тигель и засыпать чугушной стружкой во избежание выгорания углерода (стружку не уплотнять).

2. В засыпку вставить контрольную термопару.

3. Образец стали 40Х вместе с тиглем и термопарой поставить в печь, нагретую до 900°С (температура нагрева несколько выше

обычной для увеличения прокаливаемости), выдержать 30 минут.

4. По окончании выдержки, не вынимая тигля из печи, снять термопару, зажав щипцами за опорный буртик, образец несколько раз повернуть в тигле для удаления пригоревшей стружки.

5. Очень быстро перенести образец в закалочное приспособление и одновременно открыть подачу охлаждающей воды. Охлаждение с торца вести в течение 10 минут, после чего весь образец доохладить погружением в воду.

6. По двум противоположным образующим цилиндрической части образца на наждачном круге снять лыску глубиной 0,5...1 мм.

7. По лыске сделать разметку через каждые 1,5 мм на длине 30 мм, начиная от закаливаемого торца, и по разметке измерить твердость.

8. Построить график изменения твердости по длине образца, и, пользуясь рис. 13.7, найти расстояние до полумартенситной зоны.

9. Пользуясь номограммой на рис. 13.6, определить критический диаметр для условий охлаждения в воде, в масле и на воздухе.

10. Повторить пункты 3...9 с образцом из стали 40.

11. Составить отчет.

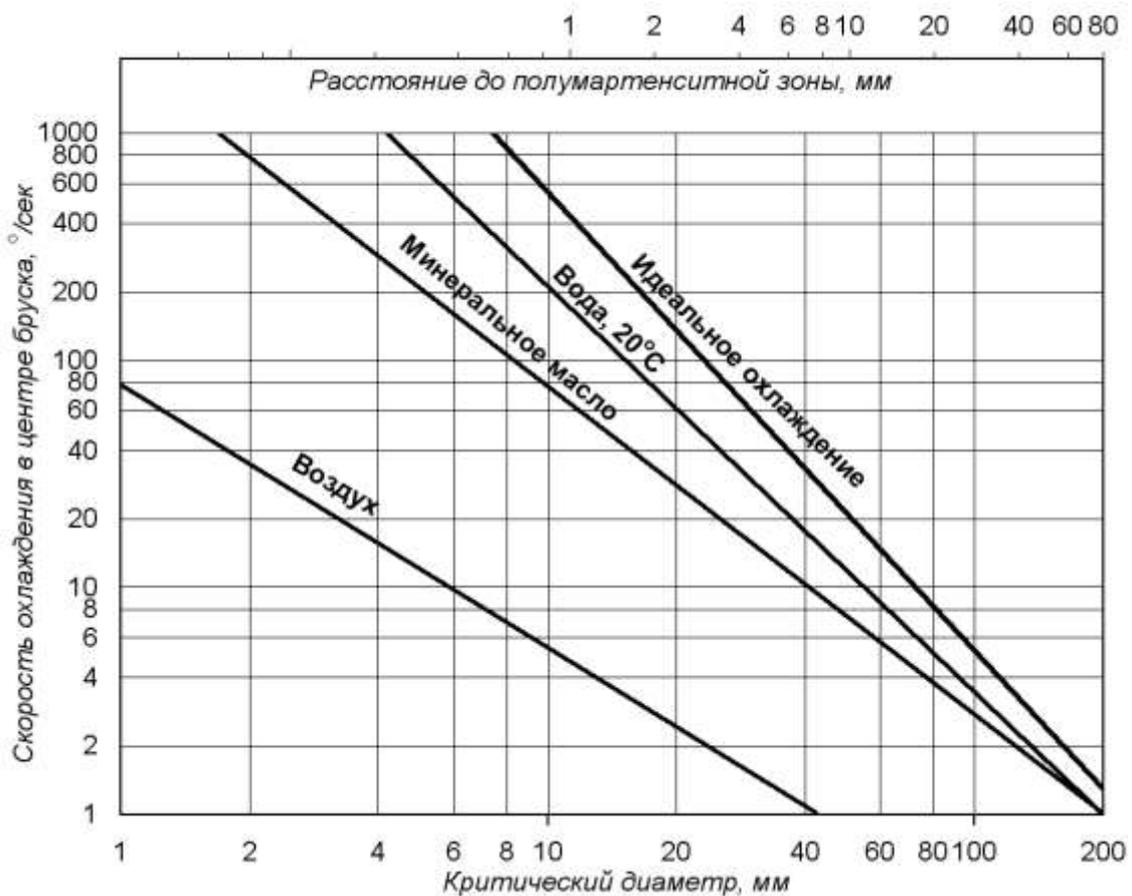


Рисунок 13.6. Номограмма для определения прокаливаемости.

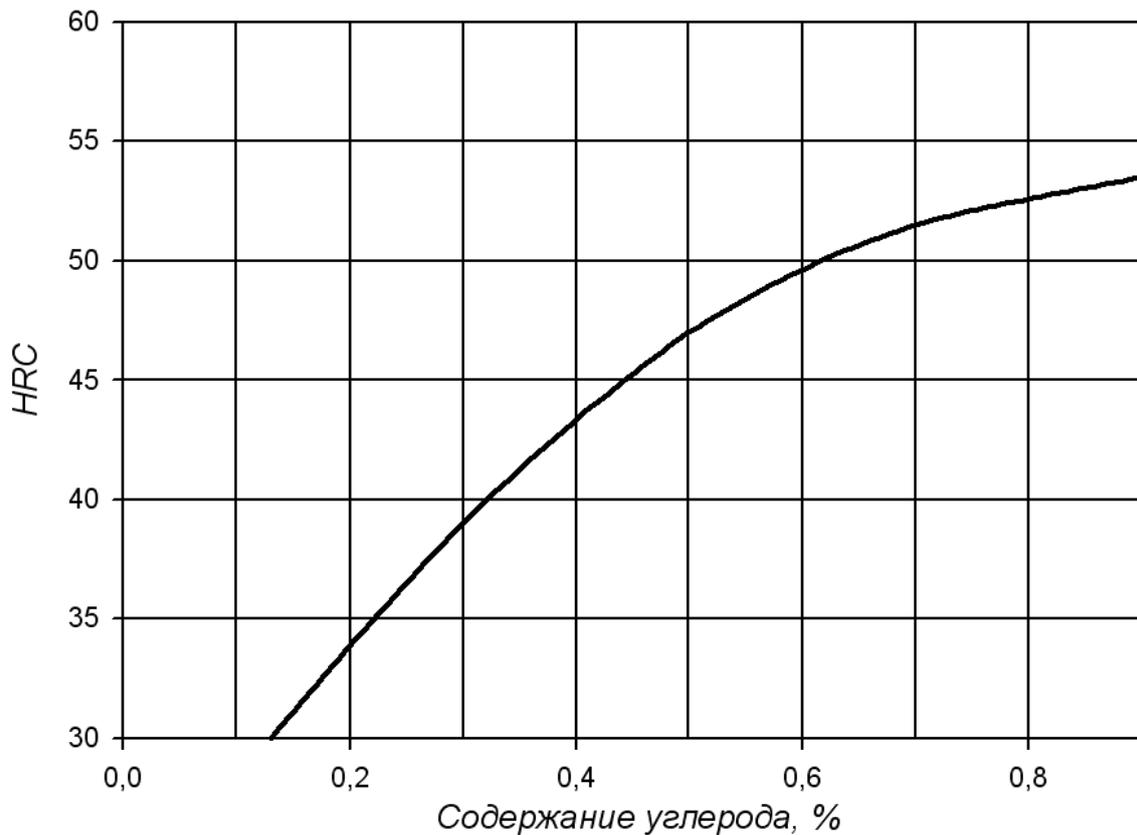


Рисунок 13.7. Зависимость твердости полумартенситной зоны от содержания углерода в стали.

#### 4. Отчет по работе

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Описание исследуемых материалов и методики выполнения работы.
3. Экспериментальные данные в виде таблиц и графиков,
4. Определение прокаливаемости по номограмме.
5. Объяснение полученных результатов.
6. Вывод по работе.