

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Цифровая энергетика»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКАЛИВАЕМОСТИ
И ПРОКАЛИВАЕМОСТИ СТАЛЕЙ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу материаловедения для студентов направлений
15.03.01, 15.03.04, 15.03.05, 20.03.01, 23.05.01,
23.05.02, 23.04.03, 27.03.04, 13.03.00

Курган 2022

Кафедра: «Цифровая энергетика».

Дисциплина: «Технология конструкционных материалов и материаловедение».

Составили: канд. техн. наук, доцент Т. А. Дудорова;
канд. техн. наук, доцент Л. М. Савиных.

Печатается в соответствии с планом издания, утвержденным методическим советом университета «16» декабря 2021 г.

Утверждены на заседании кафедры «01» ноября 2022 г.

Цель работы: научиться самостоятельно определять закаливаемость и прокаливаемость стали методом торцевой закалки.

ЗАДАНИЕ

- 1 Ознакомиться с методическими указаниями.
- 2 Ознакомиться с устройством установки для торцевой закалки.
- 3 Определить химический состав стали, из которой изготовлен образец.
- 4 Определить температуру закалки и время выдержки образца в печи.
- 5 Произвести закалку образца на установке для торцевой закалки.
- 6 Определить твердость по длине образца.
- 7 Определить твердость полумартенситной структуры для заданной марки стали по содержанию углерода.
- 8 Определить расстояние до полумартенситной зоны.
- 9 Определить критический диаметр для данной марки стали.
- 10 Сравнить прокаливаемость двух марок стали (углеродистой и легированной).
- 11 По наибольшей твердости у охлаждаемого торца образца определить содержание углерода в стали.
- 12 Составить отчет.

ВВЕДЕНИЕ

Под закаливаемостью понимается способность стали упрочняться в результате закалки. Закаливаемость принято оценивать твердостью структуры, содержащей 100 % мартенсита, а иногда при структуре с 90, 80, 50 % мартенсита. Она в основном зависит от содержания углерода и количества мартенсита и практически не зависит от содержания легирующих элементов (рисунок 1).

Под прокаливаемостью понимается способность стали закаливаться на определенную глубину.

Прокаливаемость принято оценивать по расстоянию от поверхности детали до слоя со структурой 50 и 90 % мартенсита. В данной работе за критерий прокаливаемости принято 50 % мартенсита.

Прокаливаемость стали зависит от критической скорости закалки ($V_{кр}$). Чем меньше $V_{кр}$, тем глубже прокаливается сталь. Углерод (до 0,8 %) и легирующие элементы Cr, Mn, Si, N и другие, кроме Co, увеличивают устойчивость переохлажденного аустенита, сдвигая термокинетическую диаграмму вправо, и, следовательно, уменьшают критическую скорость закалки, увеличивают прокаливаемость (рисунки 2, 3). Прокаливаемость стали является важным

HRC,

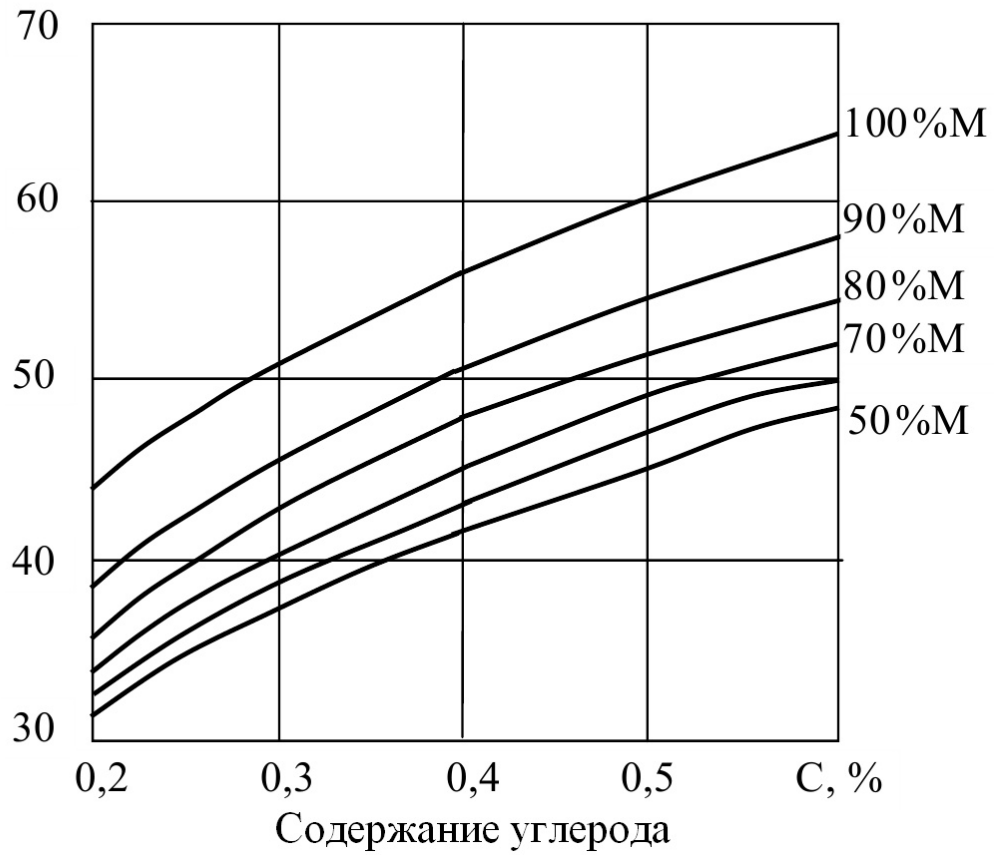


Рисунок 1 – Зависимость твердости закаленной стали от содержания углерода и количества мартенсита

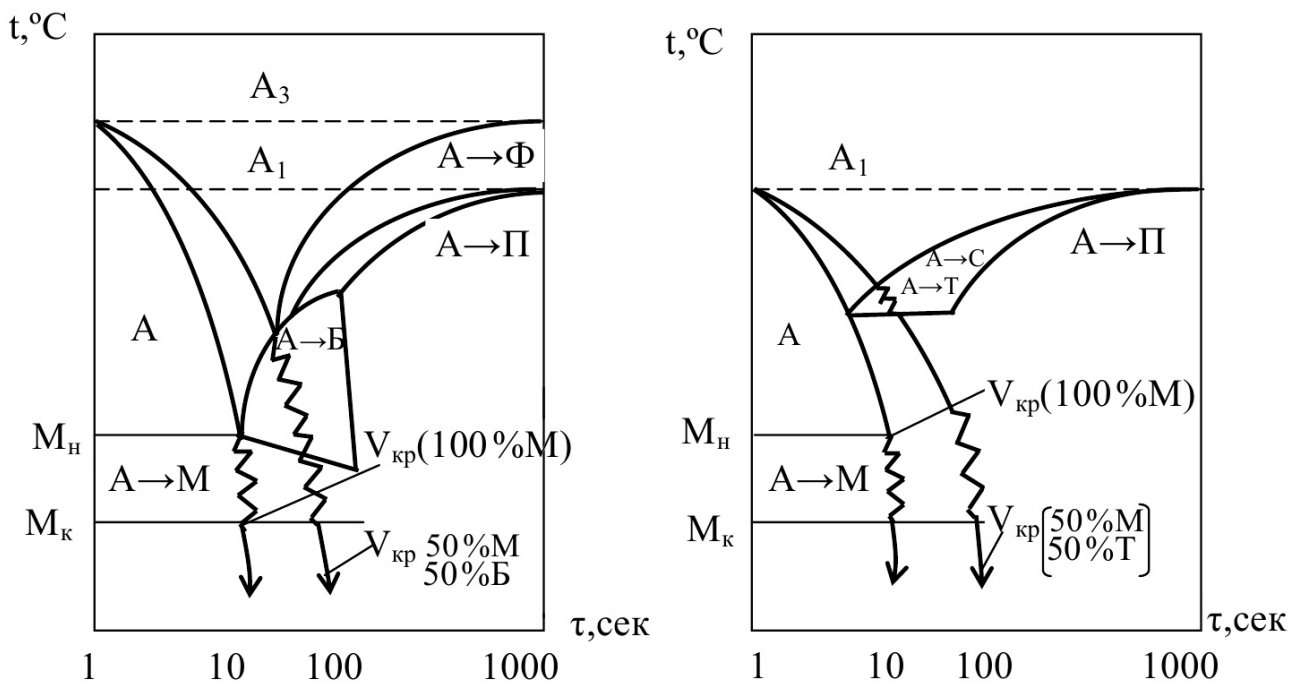
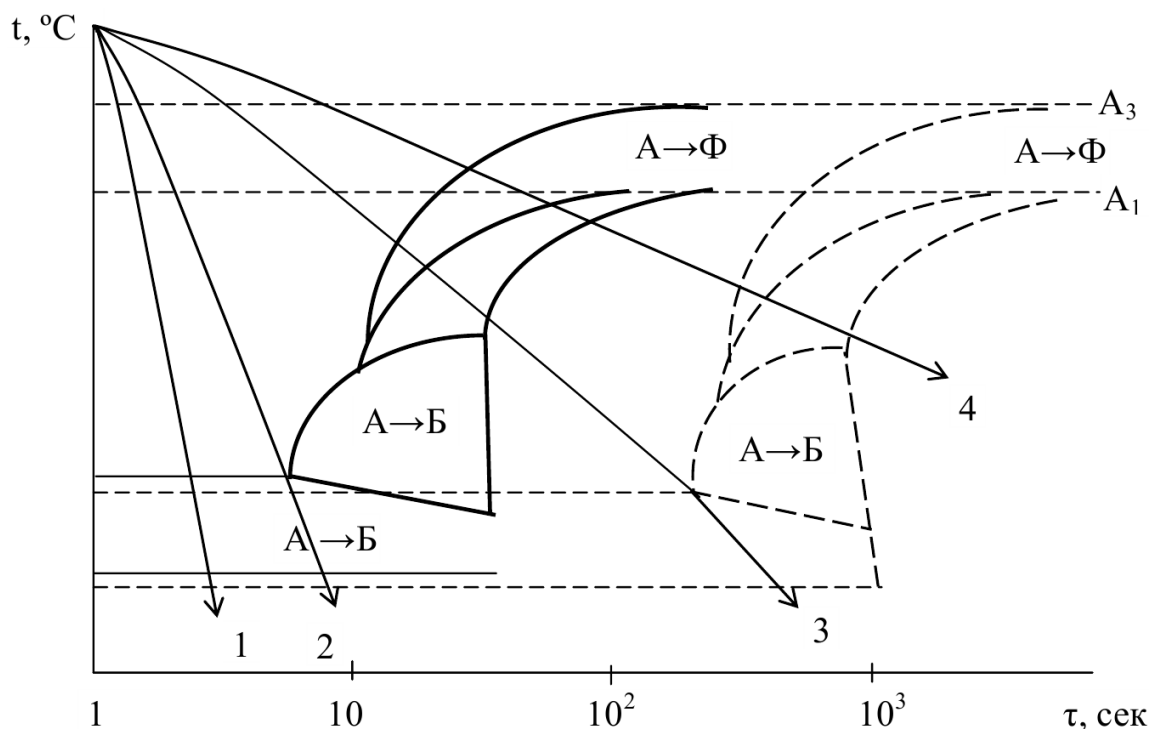


Рисунок 2 – Термокинетические диаграммы превращения переохлажденного аустенита и критические скорости закалки

фактором, определяющим свойства по сечению деталей после термической обработки.

При закалке деталей путем погружения в закалочную ванну (водяную или масляную) наиболее быстро охлаждается поверхность и наиболее медленно сердцевина. При скоростях охлаждения в сечении больших или равных критической ($V_{кр}$) получаем мартенситную структуру, а при скоростях охлаждения, меньших критической ($V_{кр}$), получаем в сечении смесь продуктов распада аустенита (рисунок 3).



*Кривые охлаждения: 1 – для поверхности ($V_{охл} > V_{кр}$),
 2 – для точки $0,7 R$ ($V_{охл} = V_{кр1}$), 3 – для точки $0,5 R$ ($V_{охл} = V_{кр2}$),
 4 – для центра детали ($V_{охл} < V_{кр2}$)*

Рисунок 3 – Термокинетические диаграммы для углеродистой (—) и легированной (- - -) сталей

Диаметр стержня, который после закалки в данных условиях имеет в центре полумартенситную структуру, принято называть критическим (D_{50}). Для тяжело нагруженных деталей определяется критический диаметр при 90 % мартенсита. Охлаждающая способность закалочной среды является вторым важным фактором прокаливаемости стали: чем выше охлаждающая способность закалочной жидкости, тем больше критический диаметр для данной марки ста-

ли, поэтому при закалке стержней в воде глубина закаленного слоя больше, чем при закалке в масле.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ МЕТОДОМ ТОРЦЕВОЙ ЗАКАЛКИ

Из исследуемой стали изготавливается стандартный образец (рисунок 4) диаметром 20 и 25 мм и высотой 100 мм, на одном конце которого имеется заплечик.

Перед нагревом под закалку образец упаковывается в защитный патрон, чтобы исключить окисление и обезуглероживание поверхности. Предварительно в патрон насыпается около 1 см древесного угля (рисунок 5).

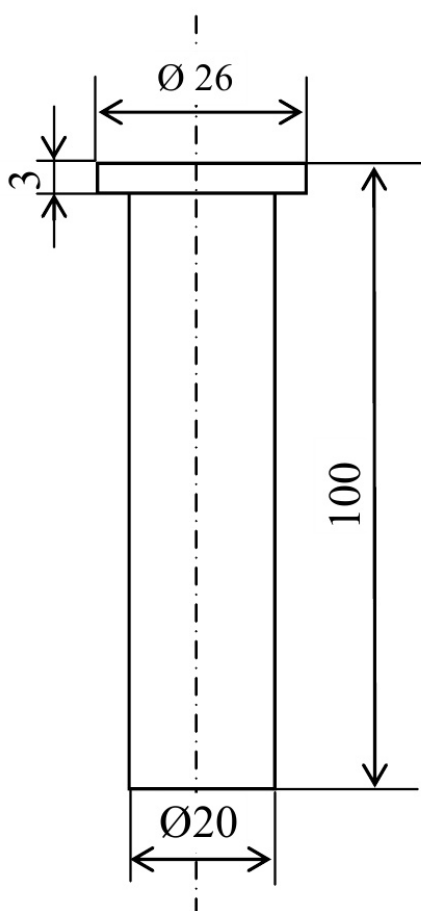


Рисунок 4 – Образец для определения прокаливаемости

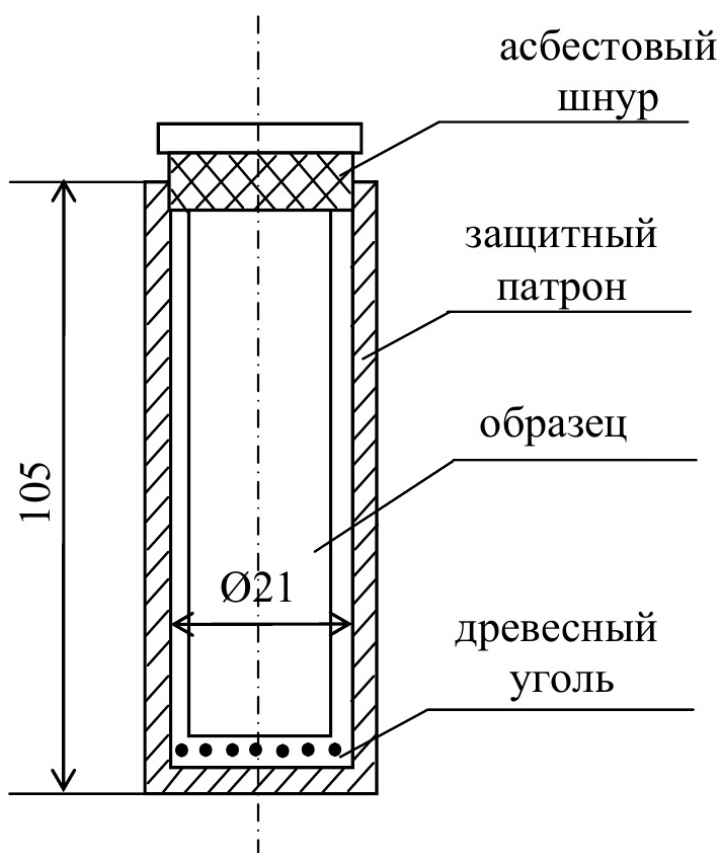


Рисунок 5 – Схема упаковки образца в защитный кожух

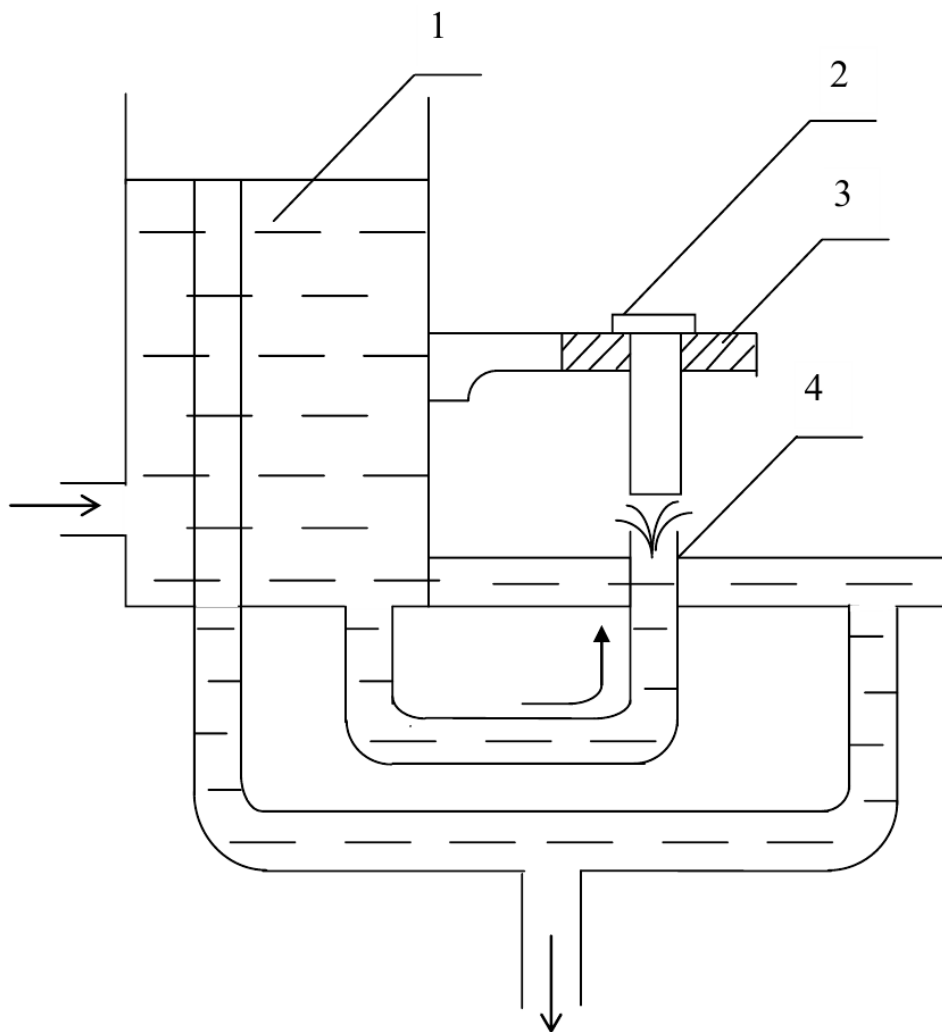
1 Вокруг головки образца наматывается 2–3 витка асбестового шнура, затем образец помещается в патрон и туго притирается. Патрон все время должен быть в вертикальном положении при верхнем расположении головки образца.

2 Упакованный образец загружается в закалочную печь защищенным концом к термопаре. Температура нагрева для доэвтектоидных сталей устанавливается на 50–70 °С выше точки A_{c3} .

Выдержка образца в печи 45 минут.

3 После нагрева патрон вместе с образцом вынимается из печи и с помощью щипцов переносится к установке для закалки. Второй участник работы щипцами или плоскогубцами быстро извлекает образец из патрона и устанавливает его в специальное приспособление для закалки (рисунок 6).

В установке образец с одного торца интенсивно охлаждается струей воды. Скорость охлаждения образца в разных точках будет различной. У закаливаемого торца она соответствует охлаждению в воде, а на другом конце – охлаждению на воздухе.



1 – водонапорный бак; 2 – образец; 3 – кронштейн; 4 – сопло для подачи воды

Рисунок 6 – Схема установки для определения прокаливаемости

Продолжительность охлаждения образцов на установке:

- углеродистые стали марок 40, 45 – 10 мин;
- хромистые стали марок 20Х, 40Х, 45Х – 10 мин;
- среднелегированные стали 38ХС, 40ХН, 9ХС – 15 мин;
- высоколегированные стали 20ХН3, 12Х2Н4А, 45ХНМФА – 20 мин.

Затем образцы переносятся в бак с водой и охлаждаются до комнатной температуры (1–2 мин).

4 После закалки образец готовится к испытанию на твердость. По длине образца сошлифовывают полосу глубиной 0,2–0,5 мм. Во время шлифовки образец держится двумя руками без отрыва от шлифовального круга 10 с, затем цилиндрическая поверхность образца слегка зачищается вручную мелкозернистой шлифовальной бумагой для удаления окалины.

5 Определение твердости производится на приборе Роквелла. Начиная от закаливаемого торца, делается 5 замеров через 3 мм. Результаты каждого замера записываются. Расстояние между точками определяется визуально.

Составляется таблица: расстояние от закаливаемого торца – твердость. Расстояние измеряется штангенциркулем или линейкой.

6 По полученным данным распределения твердости по длине образца строится кривая в координатах: расстояние от закаливаемого торца (мм) – твердость (HRC) (рисунок 7).

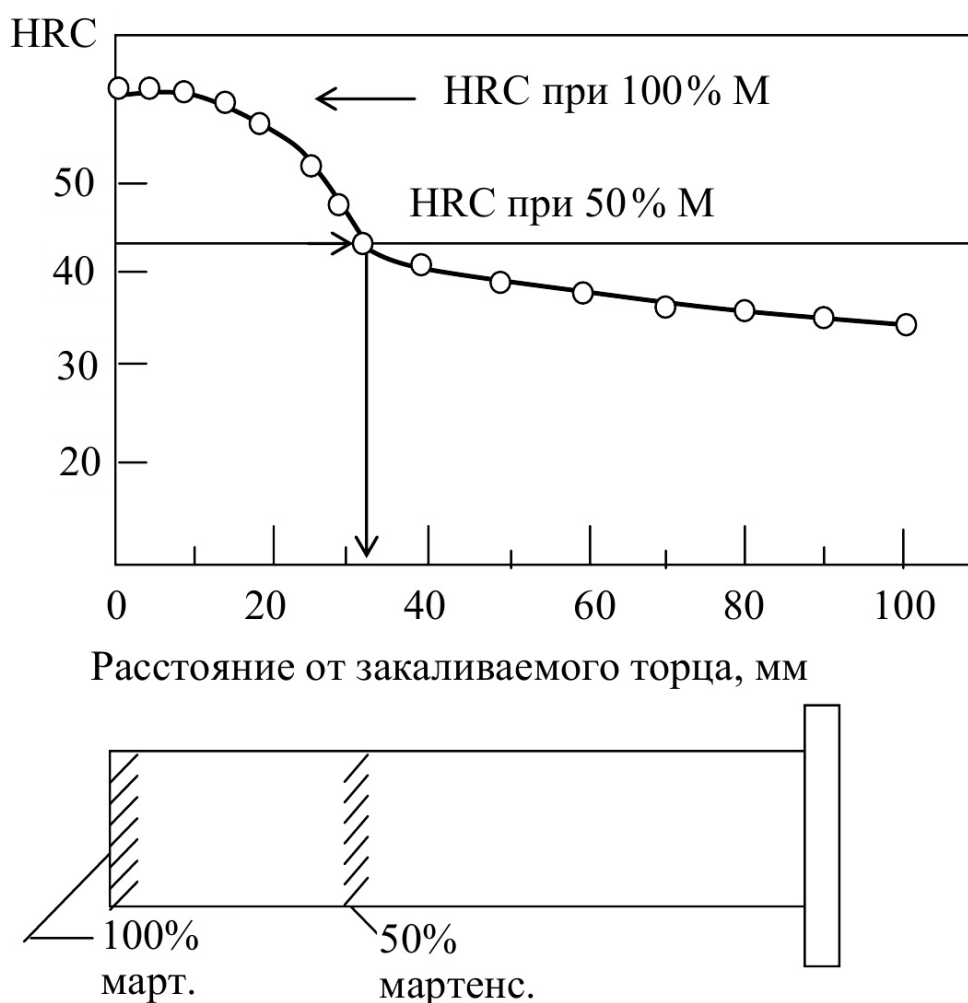


Рисунок 7 – Твердость по длине образца

7 Определяются критические диаметры в следующей последовательности:

а) по диаграмме (рисунок 1) находится твердость полумартенситной зоны для исследуемой стали;

б) на построенном графике определяется расстояние от закаливаемого торца до слоя с полумартенситной структурой (рисунок 7);

в) по полученному значению расстояния от закаливаемого торца до полумартенситной зоны находятся диаметры цилиндров, изготовленных из данной стали, которые будут прокаливаться насквозь с получением в сердцевине полумартенситной структуры при охлаждении в воде и в масле путем погружения, эти диаметры называются критическими. Для определения критических диаметров используется номограмма (рисунок 8).

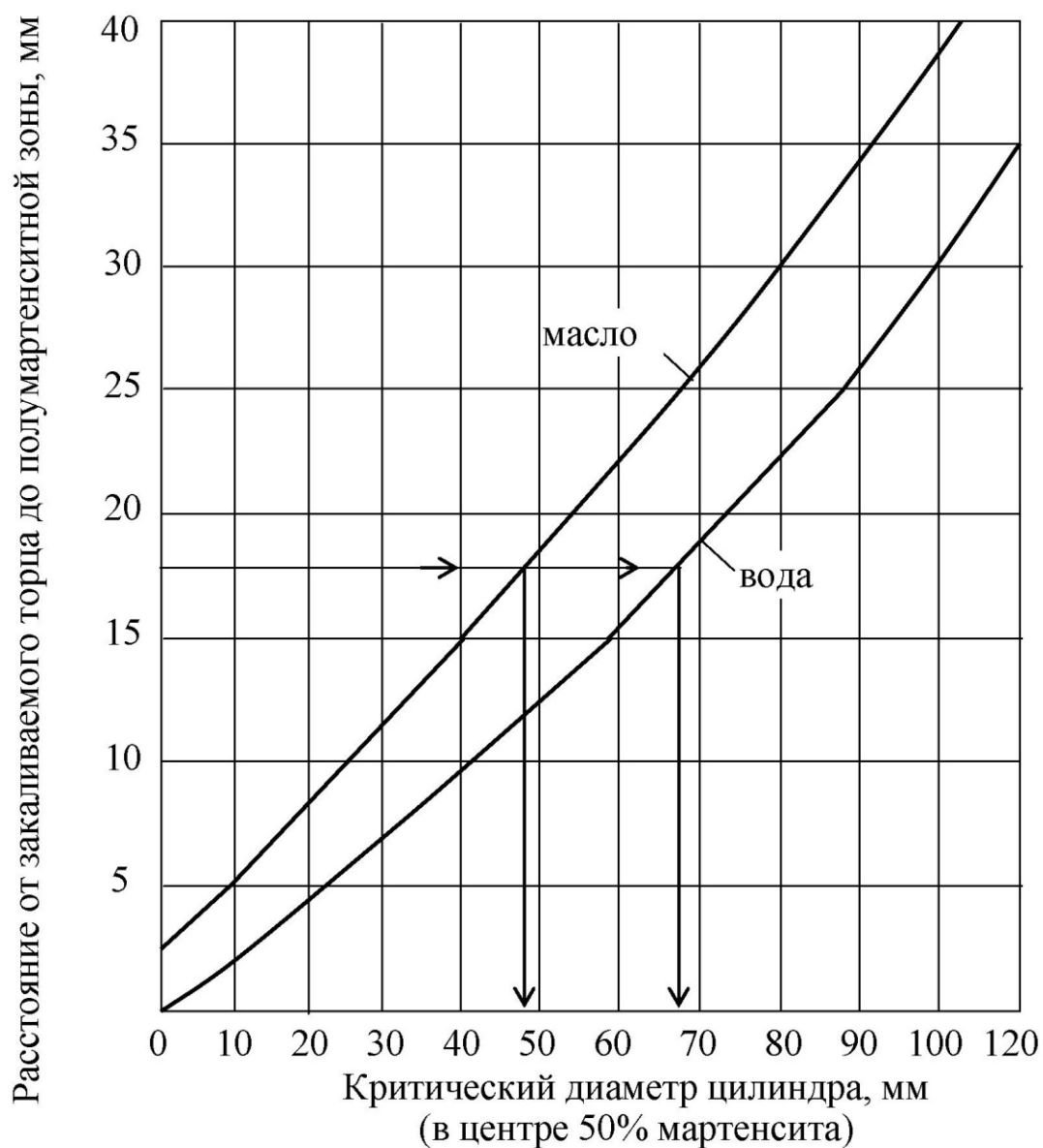


Рисунок 8 – Номограмма для определения критических диаметров

С целью выявления влияния легирующих элементов на прокаливаемость сталей сделать сравнение полученных критических диаметров двух сталей: легированной и углеродистой с примерно одинаковым содержанием углерода.

8 Определяется закаливаемость стали:

а) на построенном графике берутся значения твердости 1, 2, 3 замеров – по согласованию с преподавателем;

б) по рисунку 1 для стали 45 находится ожидаемая твердость при 100 % мартенсита для минимальной и максимальной концентрации углерода (0,42 и 0,49 % С);

в) объясняется расхождение в значениях твердости – ожидаемой и фактически полученной.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1 Краткое описание выполненной работы.

2 Марка и химический состав исследуемой стали.

3 График – «расстояние от закаливаемого торца – твердость» для двух марок стали с указанием твердости полумартенситной зоны и расстояния от закаливаемого торца до этой зоны.

4 Заполненный протокол для двух марок стали.

5 Объяснение влияния легирующих элементов на устойчивость переохлажденного аустенита, критическую скорость закалки и прокаливаемость стали.

6 Объяснение зависимости критического диаметра от закалочной среды с учетом охлаждающей способности ее.

7 Анализ закаливаемости стали.

ПРОТОКОЛ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ

Вид стали	Марка стали	Расстояние от закаливаемого торца до полумартенситной зоны, мм	Критический диаметр цилиндра, мм	
			при охлаждении в воде	при охлаждении в масле
Углеродистая сталь				
Легированная сталь				

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Гуляев А. П. *Металловедение* / А. П. Гуляев. – Москва : *Металлургия*, 1986.
- 2 Лахтин Ю. М. *Материаловедение* / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьев. – Москва : *Машиностроение*, 1980.
- 3 Качанов Н. Н. *Прокаливаемость стали* / Н. Н. Качанов. – Москва : *Металлургия*, 1978.
- 4 Ломакин В. Н. *Прокаливаемость стали* / В. Н. Ломакин. – Москва : *Машиностроение*, 1980.
- 5 Геллер Ю. А. *Материаловедение* / Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт. – Москва : *Металлургия*, 1983.
- 6 Панышин И. Ф. *Выбор стали и технологии упрочнения для деталей машин* / И. Ф. Панышин, В. И. Рахманов. – Курган : *Изд-во КГУ*, 1998.
- 7 Арзамасов Б. Н. *Материаловедение* / Б. Н. Арзамасов, В. И. Макарова, Г. Г. Мухин. – Москва : *Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана*, 2008.
- 8 Гуревич Ю. Г. *Теория термической обработки стали : Курс лекций для студентов заочников* / Ю. Г. Гуревич, Л. М. Савиных, Т. А. Дудорова. – Курган : *Изд-во КГУ*, 2013. – 96 с.

Дудорова Татьяна Александровна
Савиных Леонид Михайлович

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКАЛИВАЕМОСТИ И ПРОКАЛИВАЕМОСТИ СТАЛЕЙ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу материаловедения для студентов направлений
15.03.01, 15.03.04, 15.03.05, 20.03.01, 23.05.01,
23.05.02, 23.04.03, 27.03.04, 13.03.00

Редактор Л. П. Чукомина

Подписано в печать 18.11.22	Формат 60×84 1/16	Бумага 80 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 0,75	Уч.-изд. л. 0,75
Заказ 88	Тираж 25	

Библиотечно-издательский центр КГУ.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.