ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени И.С. Тургенева

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА» ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ Н.Н. ПОЛИКАРПОВА

Кафедра машиностроения

Л.Н. Курдюмова

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ

Дисциплина – «Инструментальные материалы»
Специальность – 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов»
Направление – 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Орёл
ОГУ имени И.С. Тургенева
2020

Автор: канд. техн. наук,
доц. каф. машиностроения Л.Н. Курдюмова

Рецензент: д-р техн. наук, доц.,
зав. каф. машиностроения Л.Ю. Фроленкова

Методические указания содержат теоретические основы, необходимые для подготовки к лабораторным работам и их выполнению, справочный материал и требования к оформлению отчета.

Предназначены студентам, обучающимся по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» и направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», изучающим дисциплину «Инструментальные материалы».

Редактор И.Ю. Куликов
Технический редактор Т.Н. Шаблинская

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

Подписано к печати 04.08.2020 г. Формат 60×90 1/16.
Усл. печ. л. 1,2. Тираж 10 экз.
Заказ №___

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ОГУ имени И.С. Тургенева
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95.

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
Лабораторная работа № 1. Выбор температуры нагрева
для закалки стали 5
Лабораторная работа № 2. Изучение теплостойкости
инструментальных сталей 10
Литература 15
ПРИЛОЖЕНИЕ А 16
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 17
ПРИЛОЖЕНИЕ В 18
ПРИЛОЖЕНИЕ Г 19

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по выполнению лабораторных работ разработаны с целью оказания помощи студентам при изучении дисциплины «Инструментальные материалы» и приобретения практических навыков работы на исследовательской аппаратуре.

В методические указания включены работы по термической обработке инструментальных сталей. В каждой лабораторной работе изложены основы теоретических сведений, необходимые для понимания сущности рассматриваемого вопроса, указываются материалы и оборудование, порядок выполнения работы и схема оформления отчета. Кроме того, даны контрольные вопросы для самопроверки.

При подготовке к лабораторной работе студент может использовать конспект лекций, учебную литературу и данные методические указания.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ВЫБОР ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ДЛЯ ЗАКАЛКИ СТАЛИ

Цель работы: изучить закалку стали, научиться выбирать температуру нагрева в зависимости от структурной группы стали, приобрести навыки практической работы с термическим оборудованием и приборами.

Теоретические сведения

Закалкой называют процесс термической обработки стали, заключающийся в нагреве до температуры выше критических точек A_{c3} или A_{c1}, выдержке и быстром охлаждении (в воде, масле или других жидких средах) со скоростью больше критической. Цель закалки – повысить твердость стали за счет образования мартенситной структуры. Нагрев выше критических точек необходим, чтобы получить аустенит, а быстрое охлаждение – чтобы аустенит превратился в мартенсит.

Закалка может быть полной и неполной. Полной является закалка на мартенситную структуру, а неполной – закалка на мартенсит и избыточную структуру (феррит или цементит). Результат закалки зависит от температуры нагрева. В свою очередь, температуру нагрева выбирают в зависимости от структурной группы стали (рисунок 1.1).

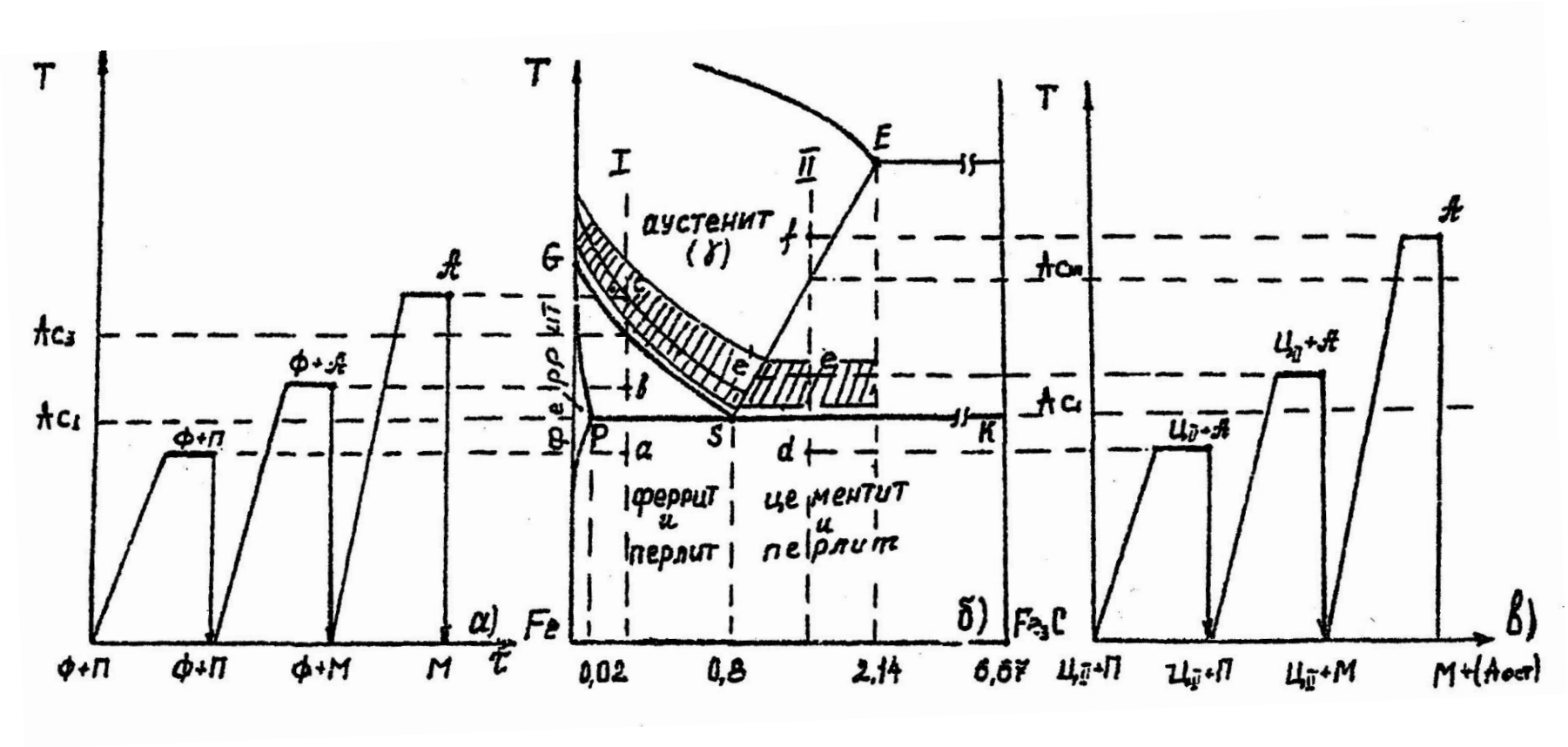
Доэвтектоидные стали подвергают полной закалке:

$$T_н = A_{c3} + (30\ldots50)\ ^{o}C.$$

При таком нагреве ферритно-перлитная структура полностью перейдет в аустенит, который при быстром охлаждении превратится в мартенсит:

$$Ф + П \xrightarrow{нагрев} A \xrightarrow{охлаждение} M.$$

Твердость стали – максимальная.



а – график термической обработки доэвтектоидной стали;
б – нижний левый угол диаграммы «железо – цементит» (схема);
в – график термической обработки заэвтектоидной стали.

Рисунок 1.1 – Диаграмма состояния «железо – цементит» и формирование структуры при закалке от различных температур

Нагрев выше точки A_{c1}, но ниже A_{c3} (точка *в* на ординате I) приведет к неполной закалке, так как перлит превратится в аустенит, а избыточный феррит не изменится. Поэтому после охлаждения, кроме мартенсита, в структуре сохранится избыточный феррит:

$$Ф + П \xrightarrow{нагрев} Ф + А \xrightarrow{охлаждение} Ф + М.$$

Так как твердость феррита меньше твердости мартенсита, он снижает твердость закалённой стали.

Нагрев ниже точки A_{C1}, например до точки *а* на ординате I сплава (см. рисунок 1.1), не обеспечит образования аустенита, следовательно, после охлаждения не будет и мартенсита. Закалка вообще не полу-чится:

$$Ф + П \xrightarrow{нагрев} Ф + П \xrightarrow{охлаждение} Ф + П.$$

Заэвтектоидные стали (ордината II на диаграмме «железо – цементит» – рисунок 7.1), наоборот, подвергают неполной закалке:

$$T_н = A_{c1} + (30...50),\ ^{o}C.$$

В заэвтектоидной стали исходная структура – перлит и цементит вторичный. При нагреве выше точки A_{c1} (точка *е* на ординате II) только перлит перейдет в аустенит, а цементит вторичный останется. Причем в аустените будет растворено около 0,8 % С. При охлаждении аустенит перейдет в мартенсит, а цементит вторичный останется:

$$П_{II} + П \xrightarrow{нагрев} П_{II} + А \xrightarrow{охлаждение} П_{II} + М + (А_{ост}).$$

Так как твердость цементита выше твердости мартенсита, его присутствие не только не снизит твердости закалённой стали, но и повысит ее износостойкость.

Нагрев заэвтектоидной стали до температуры выше критической точки $A_{ст}$ (точка *f* на ординате II) приведёт не только к переходу перлита в аустенит, но и к растворению в нем цементита вторичного, повышению в аустените углерода и снижению мартенситных точек. Поэтому при охлаждении аустенит не весь перейдёт в мартенсит. В структуре останется более 10 % остаточного аустенита, что снизит твёрдость закалённой стали:

$$Ц_{II} + П \xrightarrow{нагрев} А \xrightarrow{охлаждение} М + А_{ост}.$$

Нагрев ниже точки A_{c1} (точка *d* на ординате II), как и в случае с доэвтектоидной сталью, не приведет к образованию аустенита, следовательно, не будет и мартенсита.

На рисунке 1.1 область закалочных температур заштрихована.

Итак, для доэвтектоидной стали

$$T_н = A_{c3} + (30...50),\ °C \text{ – полная закалка,}$$

а для эаэвтектоидной стали

$$T_н = A_{c1} + (30...50),\ °C \text{ – неполная закалка.}$$

Материалы и принадлежности

- Образцы углеродистой стали в отожженном состоянии (марки 40, 45 и У12, У13 по 4 штуки).
- Лабораторные печи.
- Приспособления для загрузки (выгрузки) образцов в печь.
- Закалочный бак с холодной водой.
- Наждак.
- Твердомер ТК с шариком и алмазным наконечником.
- Микроскопы ×200...300.
- Коллекция микрошлифов.

Порядок выполнения работы

Получить образцы для работы и ознакомиться с маркой стали, химическим составом, критическими точками (приложение А). Измерить и записать размеры образцов и их твердость на приборе Роквелла по шкале В (HRB). Посмотреть и зарисовать микроструктуру исходного образца (отожженного).

Подсчитать время нагрева ($\tau_н$) и время выдержки ($\tau_в$) образцов в печи. Время нагрева подсчитывается из расчёта одна минута на 1 мм минимального сечения образца, а время выдержки $\tau_в = 0{,}5\tau_н$. Общее время нахождения образца в печи $\tau = \tau_н + \tau_в$.

Загрузить образцы (по одному) в печь с температурой 680, 740, 820, 920 °С, выдержать τ минут, а затем быстро перенести в бак с холодной водой. Охладить в воде в течение 10…12 с, всё время перемещая образец, чтобы сбить паровую рубашку.

Закалённые образцы зачистить на наждаке до металлического блеска.

Измерить твёрдость закалённых образцов на приборе Роквелла. Образец, закалённый с 680 °С, – по шкале В (HRB), остальные – по шкале С (HRC). На каждом образце сделать по два накола, а среднее значение перевести в твёрдость по Бринеллю (НВ).

Построить графики термической обработки.

Получить коллекцию микрошлифов термически обработанных образцов, изучить их структуру, зарисовать в кругах диаметром 35 – 40 мм или квадратах со стороною 30 – 35 мм (отдельные структурные составляющие указываются стрелками, а справа от микроструктуры дается описание видимого в микроскоп изображения).

Сделать выводы, как выбрать температуру нагрева для закалки стали заданной группы.

Оформить отчет.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение основных структурных составляющих стали: феррита, перлита, аустенита, мартенсита.

2. Какую температуру называют критической точкой A_{c1}, A_{c3}, A_{cm}?

3. Какое превращение протекает при нагреве стали выше точки A_{c1}?

4. Какое превращение протекает при нагреве стали в интервале температур A_{c1} – A_{c3}?

5. В каком состоянии находится сталь ваше точки A_{c3} (выше A_{cm})?

6. Какой вид термической обработки называют закалкой, полной закалкой, неполной закалкой?

7. Как выбрать температуру нагрева для закалки доэвтектоидной стали?

8. Как выбрать температуру нагрева для закалки заэвтектоидной стали?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Цель работы: экспериментально определить теплостойкость инструментальных сталей; сравнить по теплостойкости углеродистую, легированную и быстрорежущие стали.

Теоретические сведения

Химический состав, термообработка и свойства инструментальных сталей.

Для изготовления режущего инструмента применяют углеродистые легированные и быстрорежущие стали, а также металлокерамические твердые сплавы. Они должны иметь высокую твердость (более 60 HRC), износостойкость и теплостойкость.

Твердость и износостойкость обеспечиваются применением сталей с повышенным содержаний углерода (более 0,6 %) и термической обработкой: закалкой и низким отпуском. После закалки стали имеют мартенситную структуру с избыточными карбидами (заэвтектоидные и ледебуритные стали) или мартенситную структуру (доэвтектоидные и эвтектоидные стали). Кроме указанных структурный составляющих, в структуре присутствует остаточный аустенит, влияние которого на свойства стали в данной работе не рассматривается. Низкий отпуск (для углеродистой стали это 150 - 180 °С), который применяют после закалки, снижает закалочные напряжения и очень незначительно уменьшает твердость закаленной стали, так как мартенсит в этом интервале температур устойчив.

Теплостойкость – это способность стали сохранять твердость (режущие свойства) при нагреве, то есть устойчивость против отпуска при нагреве инструмента в процессе работы. В процессе резания режущая кромка разогревается (чем больше скорость резания, тем выше температура разогрева) и инструмент «отпускается» – теряет твердость.

Теплостойкость зависит от устойчивости мартенситной структуры, полученной при закалке стали. В углеродистых и низколегированных сталях мартенсит (определение дано в Приложении А) неустойчив. Мартенситная структура и высокая твердость в этих сталях

сохраняется при нагреве до 200 - 250 °С. При более высоком нагреве мартенсит распадается на ферритно-цементитную (карбидную) смесь.

Выделившиеся из мартенсита карбиды коагулируют (укрупняются) и твердость стали резко падает. В высоколегированных сталях (например, быстрорежущих), легированных карбидообразующими элементами (хром, вольфрам, молибден и др.), можно получить высоколегированный мартенсит, устойчивый к нагреву.

Быстрорежущие стали относятся к ледебуритному (карбидному) классу. В отожженном состоянии структура этих сталей перлит и избыточные карбиды легирующих элементов. Теплостойкой сталь становится после специальной термической обработки (закалки и отпуска) Температуру закалки стали принимают равной 1220 - 1280 °С, что на 400 - 450 °С выше критической точки A_{c1}. Такой высокий нагрев нужен для того, чтобы в аустените, полученном из перлита при нагреве выше точки A_{c1}, растворилось как можно больше избыточных карбидов. Растворяясь, карбиды легируют аустенит, в результате при таком высоком нагреве получается высоколегированный аустенит (см. Приложение А). При последующем охлаждении высоколегированный аустенит превращается в высоколегированный мартенсит.

Структура стали после закалки – мартенсит высоколегированный, избыточные карбиды и остаточный аустенит. Отпуск после закалки производят при 500 - 560 °С для снятия закалочных напряжений и перевода аустенита остаточного в мартенсит. Быстрорежущая сталь теплостойка, так как полученный при закалке высоколегированный мартенсит устойчив при нагреве до 550 - 650 °С. Распад такого мартенсита происходит при более высокой температуре, а выделившиеся из него карбиды (не цементит) дисперсны и коагулируют при температуре выше 600 °С. Поэтому быстрорежущие стали предназначены для работы инструмента с повышенными скоростями резания.

По теплостойкости все инструментальные стали подразделяют на три группы:

- не обладающие теплостойкостью (сохраняют твердость при нагреве до 200 - 250 °С),
- полутеплостойкие (до 400 – 450 °С),
- теплостойкие (до 550 - 650 °С).

Итак, твердость инструментальных сталей зависит от содержания углерода и термообработки (на мартенсит); а теплостойкость – от

наличия легирующих элементов (в основном карбидообразующих) и термообработки на структуру высоколегированного мартенсита.

Определение теплостойкости стали.

Теплостойкость определяют экспериментально двумя способами.

Первый заключается в нагреве закаленной стали до различных температур (100, 200 ... °С) в течение 4-х часов и охлаждении на спокойном воздухе. После термообработки измеряют твердость HRC образцов и строят кривую зависимости твердости от температуры нагрева, как показано на рисунке 2.1.

При нагреве допускается снижение твердости инструмента до 59 HRC. Для определения группы стали по теплостойкости на ординате твердости находят значение 69 HRC, проводят линию, параллельную оси абсцисс. Из точки пересечения линии с экспериментальной кривой (точка *а* – рисунок 2.1) опускают перпендикуляр. На оси температур находят значение T_1. По температуре T_1 определяют группу стали по теплостойкости.

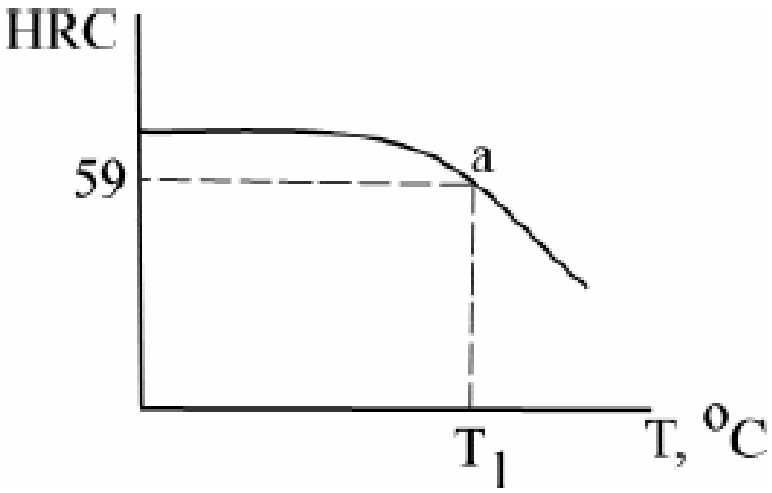


Рисунок 15.1 – График зависимости твердости закаленной инструментальной стали от температуры нагрева

Второй способ позволяет отделить теплостойкие стали от других путем кратковременного испытания. Закаленную сталь нагревают в течение 20 минут при температуре 675 °С, а затем охлаждают на спокойном воздухе и измеряют твердость. Если после такого нагрева твердость стали равна или превышает 59 HRC, сталь является теплостойкой.

Материалы и принадлежности

- Закаленные образцы трех марок стали (углеродистая, легированная, быстрорежущая) - 7 образцов каждой марки.
- Лабораторные печи с температурами: 100, 200, 250, 350, 550, 700 °С.
- Твердомер ТК с алмазным наконечником.
- Приспособления для загрузки и выгрузки образцов из печи.
- Наждачный круг.

Порядок выполнения работы

Получить закаленные образцы. Ознакомиться с исходными данными (марка, химический состав, размер и форма образцов).

Измерить твердость всех образцов на приборе Роквелла по шкале С. Твердость должна быть не менее 60 HRC).

Загрузить образцы в печи с указанными выше температурами – в каждую печь по одному образцу от каждой марки. Выдержать в течение одного часа и охладить на спокойном воздухе.

Зачистить поверхность образцов на наждачном круге.

Измерить твердость HRC (по 2-3 накола на каждом образце); записать полученные значения.

Построить график зависимости твердости от температуры нагрева (три кривые на одном графике), определить для каждой марки стали температуру Т1 (59 HRC).

На основании анализа полученных результатов определить группу сталей по теплостойкости.

Оформить отчет.

Контрольные вопросы

1. Какие стали используют для изготовления режущего инструмента?

2. Сколько углерода содержат инструментальные стали?

3. Какой термической обработке подвергают режущий инструмент?

4. На какую твердость и микроструктуру обрабатывают режущий инструмент?

5. Что такое теплостойкость?

6. От каких факторов зависит твердость инструментальной закаленной стали?

7. От каких факторов зависит теплостойкость инструментальной стали?

8. Что такое мартенсит? Что такое легированный мартенсит?

9. Как экспериментально определить теплостойкость стали?

10. На какие группы по теплостойкости подразделяются инструментальные стали?

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубарев, Ю.М. Современные инструментальные материалы: Учебник / Ю.М. Зубарев. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 224 с.
2. Комаров О.С. Материаловедение в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник / О.С. Комаров, Л.Ф. Керженцева, Г.Г. Макаева. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2009. — 304 с. — 978-985-06-1608-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/20088.html
3. Инструментальные материалы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Г.А. Воробьева [и др.].- Электрон. текстовые данные. - СПб.: Политехника, 2016.- 271 с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/58850.html
4. Сотников, В.И. Инструментальные материалы: учебное пособие / В.И. Сотников, Н.Н. Самойлов, Ю.В. Василенко, А.Н. Дерли. – Орел: ОрелГТУ, 2007. – 80 с. – Режим доступа: http://elib.oreluniver.ru/uchebniki-i-uch-posobiya/instrumental-nye-materialy.html
5. Сотников, В.И. Материалы для изготовления лезвийных режущих инструментов: Учебное пособие / В.И. Сотников, Н.Н. Самойлов, О.В. Полохин. – Орел: ОрелГТУ, 2006. – 74 с. – Режим доступа: http://elib.oreluniver.ru/uchebniki-i-uch-posobiya/sotnikov-vladimir-ilich-materialy-dlya-izgotovleni.html
6. Ильина, Л.В. Теория и технология термической обработки металлов: справочное пособие / Л.В. Ильина, Л.Н. Курдюмова. - Орел: ОрелГТУ, 2007. - 49 с. - Режим доступа: http://elib.oreluniver.ru/spravochniki-i-enciklopedii/teoriya-i-tekhnologiya-termicheskoj-obra.html
7. Артингер, И. Инструментальные стали и их термическая обработка: Справочник / И. Артингер. - М.: Металлургия, 1982. – 312с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица соотношений чисел твердости, определяемой различными методами

Твердость						Твердость					
Виккерс	Бринелль		Роквелл			Виккерс	Бринелль		Роквелл		
HV	d, мм	HB	HRC	HRA	HRB	HV	d, мм	HB	HRC	HRA	HRB
2150	-	-	-	93	-	534	2,80	477	51	74	-
2040	-	-	-	92	-	502	2,85	461	50	73	-
1939	-	-	-	91	-	474	2,90	444	48	73	-
1841	-	-	-	90	-	460	2,95	429	46	72	-
1732	-	-	-	89	-	435	3,00	415	45	72	-
1630	-	-	-	88	-	423	3,05	401	44	71	-
1527	-	-	-	87	-	401	3,10	388	43	71	-
1425	-	-	-	86	-	390	3,15	375	42	70	-
1324	-	-	-	85	-	380	3,20	363	41	70	-
1224	2,20	780	72	84	-	361	3,25	352	40	69	-
1116	2,25	745	71	83	-	344	3,30	341	38	68	-
1022	2,30	712	69	82	-	334	3,35	331	37	67	-
941	2,35	682	67	81	-	320	3,40	321	35	67	-
868	2,40	673	65	80	-	311	3,45	311	34	66	-
804	2,45	627	63	79	-	303	3,50	302	33	66	-
746	2,50	601	61	78	-	292	3,55	293	32	65	-
694	2,55	578	59	78	-	285	3,60	285	31	65	-
650	2,60	555	57	77	-	278	3,65	277	30	64	-
606	2,65	534	55	76	-	270	3,70	269	29	64	-
587	2,70	514	53	75	-	261	3,75	262	28	63	-
551	2,75	495	52	74	-	255	3,80	255	27	63	-
249	3,85	248	25	62	-	149	4,90	149	-	-	82
240	3,90	241	25	62	102	148	4,95	146	-	-	81
235	3,95	235	23	61	101	143	5,00	143	-	-	80
228	4,00	229	22	61	100	140	5,05	140	-	-	79
222	4,05	223	21	60	99	138	5,10	137	-	-	78
217	4,10	217	20	60	98	134	5,15	134	-	-	77
213	4,15	212	17	59	97	131	5,20	131	-	-	76
208	4,20	207	16	59	95	129	5,25	129	-	-	75
201	4,25	201	15	58	94	127	5,30	126	-	-	74
197	4,30	197	14	58	93	123	5,35	123	-	-	73
192	4,35	192	13	57	92	121	5,40	121	-	-	72
186	4,40	187	11	57	91	118	5,45	118	-	-	71
183	4,45	183	10	56	90	116	5,50	116	-	-	70
178	4,50	179	9	56	90	115	5,55	114	-	-	68
174	4,55	174	8	55	89	113	5,60	111	-	-	67
171	4,60	170	6	55	88	110	5,65	110	-	-	66
166	4,65	167	5	54	87	109	5,70	109	-	-	65
162	4,70	163	4	53	86	108	5,75	107	-	-	64
159	4,75	159	3	53	85	-	-	-	-	-	-
155	4,80	156	2	52	84	-	-	-	-	-	-
152	4,85	152	-	-	83	-	-	-	-	-	-

Примечание – Числа твердости по Бринеллю и Виккерсу даны в кгс/мм^2.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Химический состав и критические точки некоторых марок сталей

Марка стали	Химический состав, основные компоненты, %				Критические точки, °С	
	C	Cr	Ni	Si	A_{c1}	A_{c3}
Сталь 30	0,3				730	810
Сталь 40	0,4				730	790
Сталь 45	0,45				725	770
Сталь 50	0,50				725	760
У7	0,7				730	740
У8	0,8				725	-
У10	1,0				730	840[1]
У12	1,2				730	860[1]
40Х	0,4	1			740	770
40ХН	0,4	1	1		730	770
60С2	0,6			2	750	820
9ХС	0,9	1		1	770	870[1]
[1] – сталь заэвтектоидная; дано значение критической точки A_{cm}						

ПРИЛОЖЕНИЕ В

СТРУКТУРНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ В СТАЛЯХ

Феррит – твердый раствор углерода в α-железе. Решетка ОЦК. Максимальное содержание углерода в феррите составляет 0,025 % при температуре 727 °С. При комнатной температуре – 0,006 %. Устойчиво существует ниже 910 °С (в эвтектоидной и заэвтектоидной сталях – ниже 727 ^{o}С).

Феррит легированный – твердый раствор углерода и легирующих элементов в α-железе.

Аустенит – твердый раствор углерода в γ-железе. Решетка ГЦК. Максимальная растворимость углерода 2,14 % при температуре 747 °С. Устойчиво существует при температурах выше 727 °С (выше точки S диаграммы состояния железо - углерод).

Аустенит легированный – твердый раствор углерода и легирующих элементов в γ-железе.

Цементит – химическое соединение железа с углеродом Fe_3C (карбид железа). Решетка сложная, содержание углерода в цементите составляет 6,67 %. Твердость 800-1000 HV, вязкость равна нулю.

Цементит легированный – твердый раствор легирующих элементов в цементите. Сохраняет структуру и свойства обычного цементита. В цементите может раствориться не более двух процентов легирующих элементов.

Перлит – ферритно-цементитная смесь эвтектоидного состава. Обычно имеет пластинчатое строение, но может иметь и зернистое строение. В легированных сталях перлит состоит из феррита легированного и карбидов.

Карбиды – химические соединения углерода и легирующих элементов, например, WC, Cr_2C_3, Mn_3C.

Мартенсит – пересыщенный твердый раствор углерода в α-железе. Решетка объемно-центрированная тетрагональная. Твердость зависит от содержания углерода, мартенсит – структура закалки.

Мартенсит легированный – пересыщенный твердый раствор углерода и легирующих элементов в α-железе.

Мартенсит отпуска – продукт первой стации распада мартенсита. Свойства близки к свойствам мартенсита.

Троостит отпуска – мелкодисперсная смесь феррита и карбидов игольчатого строения, продукт второй стадии распада мартенсита. У троостита отпуска максимальное значение предела упругости.

Сорбит отпуска – мелкодисперсная ферритно-карбидная смесь зернистого строения, продукт третьей стадии распада мартенсита. Свойства сорбита отпуска (прочность, вязкость) лучше, чем у отожженной или нормализованной стали.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО – УГЛЕРОД

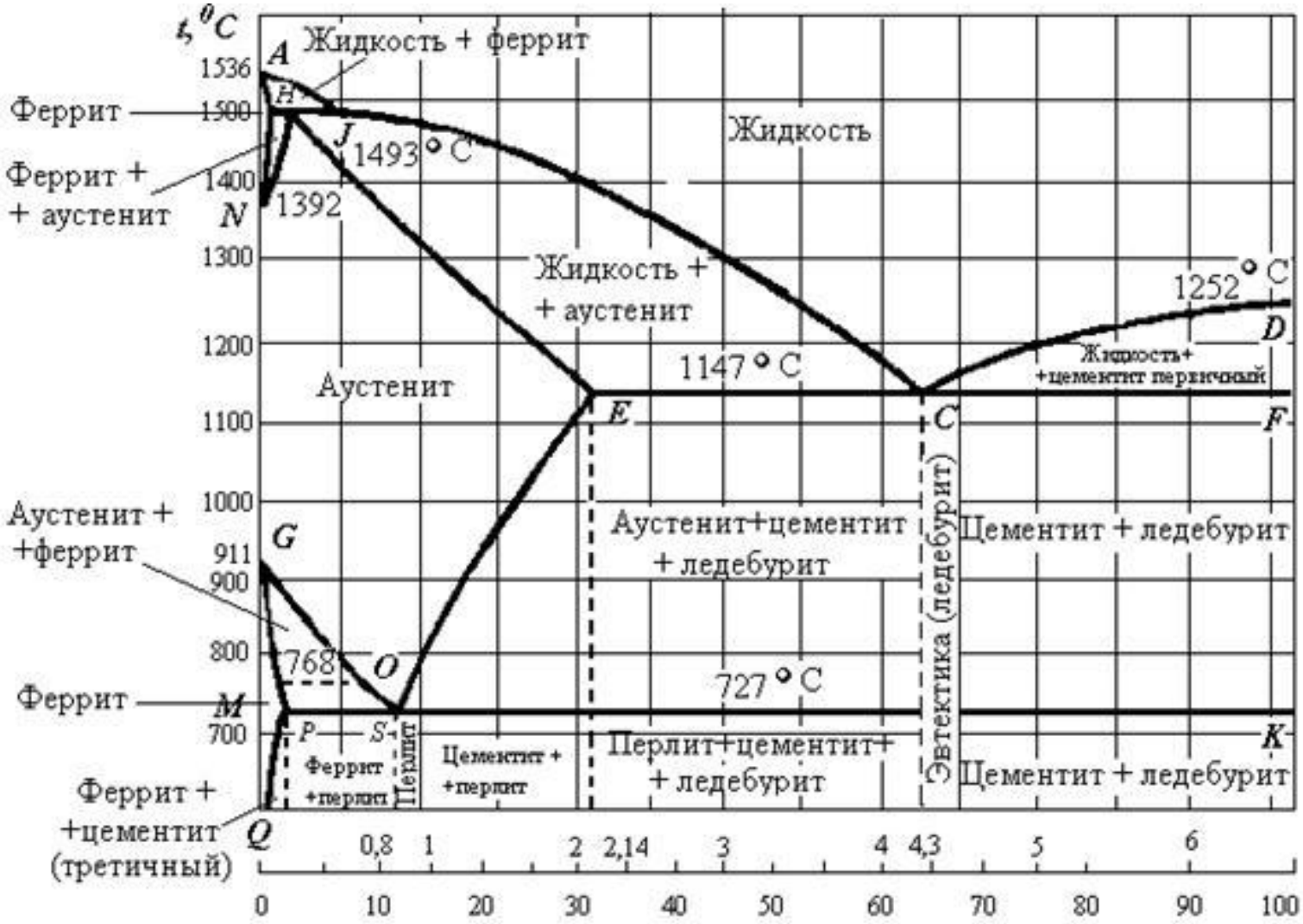


Рисунок Г.1