

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Индустриально-педагогический колледж
Отделение технологии производства и промышленного оборудования

К.Г. ХАЛЕЛОВ

ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 620.172(07)

ББК 34.2я7

Х 17

Рецензент

канд. техн. наук, доцент Ш.Г. Насыров

Х 17 **Халелов, К.Г.**
Испытание на растяжение: методические указания к
лабораторной работе / К.Г. Халелов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009.
- 17 с.

Основное содержание – научиться подготавливать образцы для испытания на растяжение, изучить устройство разрывной испытательной машины, ознакомиться с проведением испытания на растяжение и определением показателей прочности и пластичности.

Методическое указание, предназначено для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Материаловедение» для студентов специальностей 050501, 160203, 150411, 220301, 230103.

ББК 34.2я7

©Халелов К.Г., 2009

©ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

Введение.....	4
1 Описание лабораторной работы.....	6
1.1 Задание, цель работы. Приборы, материалы и инструмент.....	6
1.1.1 Задание.....	6
1.1.2 Цель работы.....	6
1.1.3 Приборы, материалы и инструмент.....	6
1.2 Подготовка образцов для испытания.....	6
1.3 Устройство испытательной машины ИМ-4Р.....	8
2 Проведение испытания.....	9
3 Определение предела прочности (временного сопротивления).....	9
4 Методика определения по диаграмме растяжения нагрузок пределов пропорциональности и текучести.....	10
4.1 Определение нагрузки предела пропорциональности.....	11
4.2 Определение нагрузки предела текучести.....	12
5 Методика определения удлинения и поперечного сужения.....	13
5.1 Определение удлинения.....	13
5.2 Определение поперечного сужения.....	13
6 Правила техники безопасности при работе на оборудовании при испытании на растяжение.....	14
7 Контрольные вопросы.....	14
8 Отчет по лабораторной работе.....	15
8.1 Протокол испытания на растяжение.....	15
Список использованных источников.....	17

Введение

Важное место среди механических испытаний занимают статические испытания на растяжение, при помощи которых можно судить о прочности, упругости и пластичности металлов и сплавов.

Прочность — это способность материала сопротивляться действию внешних сил без разрушения.

Упругость — это способность материала восстанавливать свою первоначальную форму и размеры после прекращения действия внешних сил, вызвавших деформацию.

Пластичность — это способность материала изменять свою форму и размеры под действием внешних сил, не разрушаясь, и сохранять полученные деформации после прекращения действия внешних сил.

Статическим испытаниям на растяжение подвергают образцы стандартной формы и размеров на специальных разрывных машинах. Растягивающие усилия разрывной машины вызывают удлинение образца вплоть до его разрушения.

Образцы для испытания на растяжение состоят из рабочей части и головок, предназначенных для закрепления в захватах разрывной машины. На рабочей части образца отмечают начальную расчетную длину l_0 , которую определяют по формулам:

$$l_0 = 11,3\sqrt{F_0} \text{ (для длинных образцов)}$$

$$l_0 = 5,65\sqrt{F_0} \text{ (для коротких образцов),}$$

где F_0 — начальная площадь поперечного сечения рабочей части образца до разрыва, мм².

При испытании цилиндрических образцов в качестве основных применяют образцы диаметром $d_0=10$ мм.

Статические испытания на растяжение производят на разрывных машинах разных конструкций с различными мощностями. Основными частями разрывных машин являются: станина, механизм нагружения, силоизмерительный механизм, диаграммное устройство.

При статических испытаниях металлов на растяжение, кроме прочностных характеристик, определяется еще пластичность материалов.

Это свойство проявляется в том, что под действием нагрузки образцы различных металлических материалов удлиняются и сужаются в разной степени. Чем больше образец способен удлиняться, а его поперечное сечение сужаться, тем пластичнее материал образца.

Благодаря пластичности металлы можно обрабатывать давлением (ковкой, штамповкой, прокаткой и т. д.).

Хрупкие материалы в противоположность пластичным разрушаются при статических испытаниях на растяжение без заметного удлинения, внезапно. Хрупкость относится к отрицательным свойствам. В технике применяются не только прочные, но и пластичные материалы.

При испытаниях металлов на растяжение пластичность определяется двумя взаимосвязанными характеристиками: относительным удлинением и относительным сужением. Эти характеристики рассчитываются по результатам замеров образца до и после испытания. Во время испытания образец удлиняется и уменьшается в поперечном сечении.

1 Описание лабораторной работы

1.1 Задание, цель работы. Приборы, материалы и инструмент

1.1.1 Задание

1 Изучить порядок подготовки образца для испытания на растяжение; устройство разрывной испытательной машины; порядок проведения испытания.

2 Провести испытание на растяжение образцов стали.

3 Изучить методику определения по диаграмме растяжения, автоматически вычерченной на машине при испытании, нагрузок пределов пропорциональности и текучести; методику определения удлинения и сужения.

Определить предел пропорциональности ($\delta_{пл}$, предел текучести – физический δ_T или условный $\delta_{0,2}$, предел прочности δ_B , относительное удлинение δ и относительное сужение ψ .)

4 Результаты испытания на растяжение оформить в виде протокола.

5 Написать отчет по работе в соответствии с пунктами задания.

1.1.2 Цель работы

Ознакомиться с проведением испытания на растяжение и определением показателей прочности и пластичности.

1.1.3 Приборы, материалы и инструмент

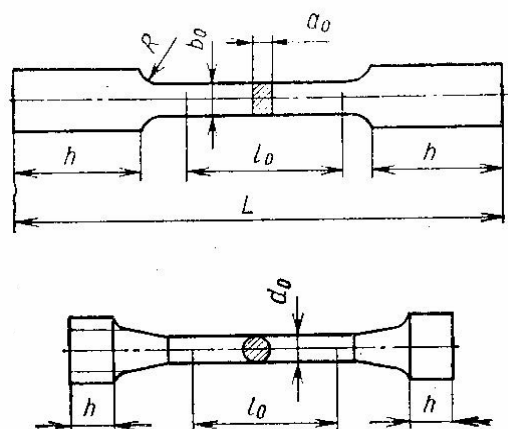
Для проведения работы необходимо иметь разрывную испытательную машину; образцы для испытания на растяжение; штангенциркуль; микрометр 0—25 мм; линейку с делениями; бумагу для записи диаграммы.

1.2 Подготовка образцов для испытания

Для испытания на растяжение применяют цилиндрические или плоские образцы (см. рисунок 1 и 2). По ГОСТ 1497-84 рекомендуется применять цилиндрические образцы диаметром 3 мм и более и плоские толщиной 0,5 мм и более с начальной расчетной длиной $l_0 = 5,65\sqrt{F_0}$ или $l_0 = 11,3\sqrt{F_0}$. Образцы с расчетной длиной $l_0 = 5,65\sqrt{F_0}$ называются короткими, а образцы $l_0 = 11,3\sqrt{F_0}$ – длинными. Применение коротких образцов предпочтительнее. При испытании цилиндрических образцов в качестве основных применяют образцы диаметром $d_0 = 10$ мм.

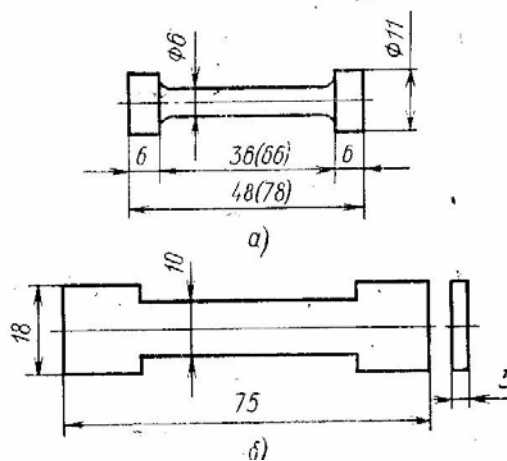
На рабочей части образцов не должно быть следов механической обработки, забоин и других дефектов; образцы должны быть без кривизны и закалочных трещин.

Перед испытанием измеряют поперечное сечение образцов (у цилиндрических — начальный диаметр рабочей части d_0 , мм, а у плоских — начальную толщину рабочей части a_0 , мм и начальную ширину B_0 , мм). Точность измерения цилиндрических образцов диаметром 10 мм и менее и плоских образцов толщиной 2 мм и менее — до 0,01 мм. Измеряют не менее чем в трех местах по длине рабочей части образца (в середине и по краям). Полученные наименьшие размеры записывают в графу 2 протокола испытания, по ним вычисляют площадь (см. рисунок 2) поперечного сечения образца F_0 и записывают в графу 3 протокола испытания. Чтобы после испытания определить удлинение, измеряют начальную расчетную длину l_0 образца с точностью до 0,1 мм и записывают в графу 4 протокола испытания. Установленная начальная расчетная длина l_0 ограничивается неглубокими кернами, рисками или иными метками.



h — длина заготовки при помощи которой образец закрепляется в захват машины; l_0 — начальная расчетная длина образца; R — радиус закругления переходной части; d_0 — начальный диаметр рабочей части плоского образца; b_0 — начальная ширина рабочей части плоского образца; L — общая длина образца

Рисунок 1 - Стандартные образцы для испытания на растяжение



а — круглый, б — плоский

Рисунок 2 - Образцы для испытания на растяжение на машине ИМ-4Р

1.3 Устройство испытательной машины ИМ-4Р

Машина ИМ-4Р (см. рисунок 3) имеет малые габариты и проста в обслуживании.

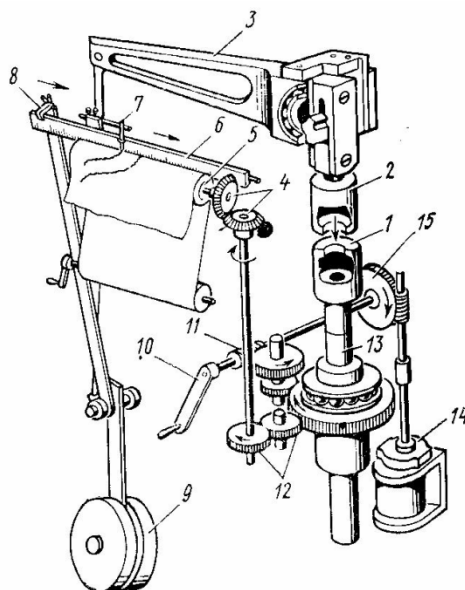


Рисунок 3 - Разрывная машина ИМ-4Р

Образец (на схеме не показан) закрепляется головками в зажимах 1 и 2. Нижний зажим 1 соединен с винтом 13 нагружающего механизма. Верхний зажим 2 соединен с силоизмерительным механизмом, состоящим из рычага 3 и маятника 9.

При вращении электродвигателя 14 винт 13 начинает перемещаться вниз, в связи с чем усилие растяжения передается на оба зажима, образец и рычажно-маятниковую измерительную систему. Левый конец рычага 3 поднимается, маятник 9 отклоняется, при этом стрелка 8 перемещается по шкале 6, представляющей собой линейку с делениями, указывая действующую нагрузку, а перо 7 автоматически записывает на бумаге, намотанной на диаграммном барабане 5, кривую в координатах нагрузка — деформация. Вращение барабана 5 осуществляется при помощи двух пар зубчатых колес 4 и 12. Машина имеет две шкалы нагрузок: 0 – 40000 Н (когда на штыре маятника закрепляются два груза) и 0 – 20 000 Н (когда закрепляется только один груз). Цена наименьшего деления шкалы: 0 – 20000 Н – 50 Н, 0 – 40000 Н – 100 Н.

Машина имеет два привода: электродвигатель, являющийся нормальным приводом, и ручной привод, который применяют редко, например, когда нагружение надо вести до строго определенной величины.

При работе с ручным приводом используют рукоятку 10, которую надо надеть на правый конец червяка 11. Кроме этого надо выдвинуть кнопку, находящуюся на крышке коробки (на рисунке не показаны). Это делается для того, чтобы освободить червяк 11 от сцепления с осью червячного колеса 15.

Вращением ручки по часовой или против часовой стрелки дают прямой (выгрузка) или обратный (разгрузка) ход.

При работе с электродвигателем рукоятка должна быть снята, а кнопка на коробке должна быть утоплена до упора. Прямой или обратный ход осуществляется переключателем.

2 Проведение испытания

Для проведения испытания необходимо:

- 1) подготовленный для испытания образец поместить в зажимы машины;
- 2) включить электродвигатель;
- 3) наблюдать за перемещением стрелки 8 по шкале 6 (см. рисунок 3), зафиксировать крайнее правое положение, до которого дойдет стрелка 8, т. е. наибольшую нагрузку P_{\max} , предшествующую разрушению образца, и записать ее в графу 8 протокола испытания;
- 4) после разрыва образца выключить электродвигатель, обе части образца вынуть из зажимов и снять с диаграммного аппарата часть бумажной ленты с записанной диаграммой.

3 Определение предела прочности (временного сопротивления)

Предел прочности при растяжении, σ_B , определяют по формуле

$$\sigma_B = \frac{P_{\max}}{F_0}$$

и полученный результат записывают в графу 12 таблицы 1.

4 Методика определения по диаграмме растяжения нагрузок пределов пропорциональности и текучести

Диаграмма растяжения. На диаграмме (см. рисунок 4) по вертикальной оси отложены величины нагрузок P , Н, а по горизонтальной оси – величины абсолютных удлинений образца Δl , мм.

Вначале, до точки $P_{пл}$, идет прямая линия. Это значит, что удлинения пропорциональны нагрузкам, прилагаемым к испытываемому образцу. Нагрузка, соответствующая точке $P_{пл}$, называется нагрузкой предела пропорциональности. До предела пропорциональности в металле возникают только упругие деформации. Если нагрузку удалить, то образец возвратится в первоначальное состояние и никаких остающихся удлинений в образце обнаружено не будет.

При дальнейшем повышении нагрузки прямолинейность нарушается и прямая переходит в кривую, т. е. происходит нарушение пропорциональности между напряжением и удлинением, и в образце начинают возникать остаточные удлинения.

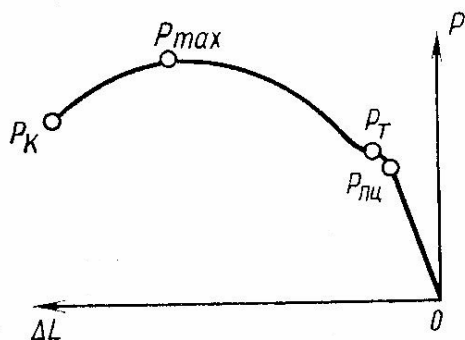


Рисунок 4 - Диаграмма растяжения мягкой стали

При растяжении образца низкоуглеродистой стали при повышении нагрузки выше $P_{пл}$ начинается значительное отклонение кривой, которая затем переходит в горизонтальную или почти горизонтальную линию, что указывает на то, что в этот момент удлинение образца увеличивается без возрастания нагрузки. Материал как бы течет, поэтому нагрузка, соответствующая горизонтальному участку на кривой, называется нагрузкой P_T , соответствующей пределу текучести (физическому).

Если при растяжении образца не образуется горизонтальной площадки, то за нагрузку предела текучести принимают ту нагрузку, которая вызывает остаточное удлинение, равное 0,2 % расчетной длины образца, и обозначают $P_{0,2}$ – нагрузка, соответствующая пределу текучести условному.

После предела текучести нагрузка начинает увеличиваться до максимума в точке P_{\max} . Наибольшая нагрузка P_{\max} соответствует пределу прочности (временному сопротивлению).

Дальше в образце начинает образовываться шейка (местное уменьшение сечения образца), нагрузка в связи с этим понижается; наконец при нагрузке, соответствующей точке P_k , происходит разрыв образца.

4.1 Определение нагрузки предела пропорциональности

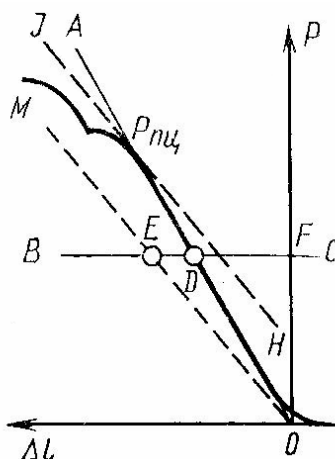


Рисунок 5 - Определение по диаграмме растяжения нагрузки предела пропорциональности

Провести прямую OA (см. рисунок 5), совпадающую с прямолинейным участком кривой растяжения. Через точку O провести ось ординат OP . Затем на произвольной высоте, но в упругих пределах кривой растяжения, провести прямую BC , параллельную оси абсцисс. На прямой BC отложить отрезок DE , равный половине отрезка DF . Через точку E и начало координат провести прямую OM . Нагрузка предела пропорциональности $P_{нц}$ определяется точкой касания к кривой растяжения прямой HI , проведенной параллельно прямой OM . Нагрузку $P_{нц}$ предела пропорциональности записывают в графу 5 протокола испытания таблицы 1.

Предел пропорциональности $\delta_{нц}$ определяют по формуле

$$\delta_{нц} = \frac{P_{нц}}{F_0}$$

и полученный результат записывают в графу 9 таблицы 1.

4.2 Определение нагрузки предела текучести

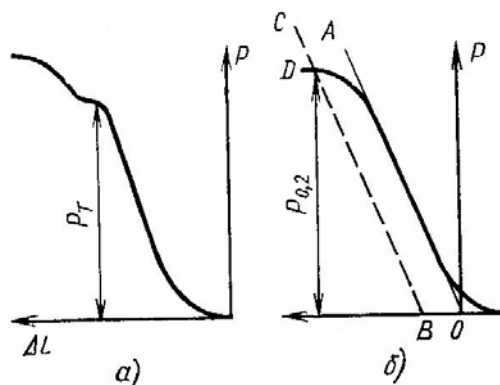


Рисунок 6 - Определение по диаграмме растяжения нагрузки предела текучести

Первый способ. При наличии на диаграмме растяжения ясно выраженной площадки текучести по ней определяют нагрузку физического предела текучести (см. рисунок 6 а). Результат записывают в графу 6 таблицы 1.

Предел текучести (физический) δ_T Па, определяют по формуле:

$$\delta_T = \frac{P_T}{F_0}$$

и полученный результат записывают в графу 10 протокола испытания.

Второй способ. Если на диаграмме растяжения нет площадки текучести, то можно определить нагрузку $P_{0.2}$ условного предела текучести, для чего надо провести прямую OA (см. рисунок 6 б), совпадающую с прямолинейным участком кривой растяжения. Через точку O провести ось ординат OP . От точки O влево надо отложить участок OB , величина которого равна величине заданного остаточного удлинения, т. е. 0,2% от начальной расчетной длины образца (l_0), увеличенного до масштаба диаграммы растяжения (например, в 100 раз, если диаграмма получена на машине ИМ-4Р с масштабом 100:1). Из точки B надо провести прямую BC , параллельную прямой OA . Точка D пересечения прямой BC с кривой растяжения определит высоту ординаты, т. е. нагрузку P_0 , соответствующую условному пределу текучести, которую записывают в графу 7 таблицы 1

Предел текучести (условный) $\delta_{0.2}$, Па, определяют по формуле:

$$\delta_{0.2} = \frac{P_{0.2}}{F_0}$$

и полученный результат записывают в графу 11 таблицы 1.

5 Методика определения удлинения и поперечного сужения

5.1 Определение удлинения

Для определения длины расчетной части образца после разрыва l_K обе части образца после разрыва плотно прикладывают одну к другой. Если после испытания образца в месте разрыва образуется зазор, то он включается в длину расчетной части образца после разрыва. Длину l_K образца после разрыва определяют измерением расстояния между кернами (рисками), ограничивающими расчетную длину образца.

Полученный результат длины l_K образца после разрыва записывают в графу 13 таблицы 1. Относительное удлинение δ , %, вычисляют по формуле:

$$\delta = \frac{l_K - l_0}{l_0}$$

и полученный результат записывают в графу 15 таблицы 1.

5.2 Определение поперечного сужения

При растяжении в месте разрыва образца образуется шейка, т. е. уменьшается поперечное сечение образца. Разность между начальной площадью поперечного сечения F_0 образца и площадью поперечного сечения F_K в месте разрыва дает величину абсолютного сужения.

Начальная площадь поперечного сечения F_0 известна.

Чтобы получить площадь поперечного сечения F_K в месте разрыва круглого образца, надо диаметр образца в месте разрыва измерить в двух взаимно перпендикулярных направлениях и по среднему арифметическому вычислить площадь F_K .

Чтобы получить площадь F_K в месте разрыва плоского образца, надо измерить в месте разрыва наименьшую толщину n и наибольшую ширину m образца (см. рисунок 7).

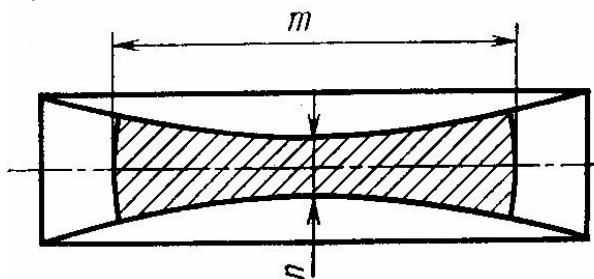


Рисунок 7 - Сечение плоского образца в месте разрыва

Произведение F_K дает величину F_K , т. е. $F_K = \pi m$. Результат записывают в графу 14 таблицы 1.

Чтобы вычислить относительное сужение ψ в процентах, надо величину абсолютного сужения $F_0 - F_K$ разделить на начальную площадь F_0 и умножить на 100:

$$\psi = \frac{F_0 - F_K}{F_0}$$

Полученный результат записывают в графу 16 таблицы 1.

6 Правила техники безопасности при работе на оборудовании при испытании на растяжение

3.1 Проверить исправность оборудования.

3.2 Ознакомиться с технической документацией предстоящей работы.

3.3 Проверить наличие и исправность инструмента предназначенного для работы.

3.4 Подготовить рабочее место:

- на рабочем месте не должно быть ничего лишнего;

- рабочее место должно содержаться в чистоте.

3.5 По окончании работы выключить оборудование.

7 Контрольные вопросы

1 Какие показатели механических свойств характеризуют прочность и пластичность материала при их растяжении?

2 Как определяются прочность и пластичность, как обозначаются, в каких единицах выражаются?

3 Почему испытания на растяжение называются статическими?

4 Какие механические свойства металлов определяют при помощи этих испытаний?

5 Какие образцы применяются для статических испытаний металлических материалов на растяжение?

6 Назовите основные части разрывной машины и укажите их назначение

8 Отчет по лабораторной работе

В отчете должны быть изложены:

- 1) цель работы;
- 2) характеристика испытания на растяжение, как способа исследования металлов;
- 3) схема испытания на растяжение;
- 4) заполнение таблицы с результатами по испытанию на растяжение металла расчет предела прочности материалов.

8.1 Протокол испытания на растяжение

Форма и материал образцов

Машина.....В.....

Рабочая шкала.....

Таблица 1 – Протокол испытания на растяжение

Таблица 1 - Протокол испытания на растяжение

№ п/п	Размеры расчетной части образца до испытания			Нагрузки, соответствующие								Размеры расчетной части образца после испытания		Относительное удлинение		Относительное сужение	
	Диаметр d_0 или размеры поперечного сечения a_0 и b_0 , мм	Площадь поперечного сечения F_0 , мм	Расчётная длина l_0 , мм	Пределу пропорциональности R_{mg}	Пределу текучести R_m физического	Пределу текучести условному $R_{0.2}$	Пределу прочности R_{max}	Предел пропорциональности δ_{mg}	Предел текучести физический δ_m	Предел текучести условный $\delta_{0.2}$	Предел прочности δ_b						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		

Список использованных источников

- 1 Материаловедение: учеб. для вузов / Б.Н. Арзамасов [и др.]; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. - 3 изд., переработ, и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 648 с.
- 2 Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, [и др.]. - М.: Высш. шк., 2001. - 640 с.
- 3 Масленков, С. Б. Стали и сплавы для высоких температур: справочник: в 2-х кн. / С.Б. Масленков, Е.А. Масленкова. – 1991, Кн 2. - М: Металлургия. - 832 с.
- 4 Костин, П.П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов / П.П. Костин. -М.: Машиностроение, 1990. -256 с.
- 5 Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учебник для вузов / Ю.Н. Лахтин, В.П. Леонтьев. - М.: Машиностроение, 1990. - 526 с.
- 6 Конструкционные материалы: справочник / под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. - М: Машиностроение, 1990. -688 с.
- 7 Геллер, Ю.А. Материаловедение: учебное пособие для вузов / под ред. Ю.А. Геллер, А.Г. Рахштадта. - М.: Металлургия, 1989. - 454 с.
- 8 Гуляев, А.П. Металловедение: учебник для вузов / А.П. Гуляев. - М.: Металлургия, 1985.-542 с.