



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Автотранспортные, строительные и дорожные  
средства»

**Методические указания  
к выполнению  
лабораторных работ  
по дисциплине**

**«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»  
часть 2**

Авторы  
Котесова А. А.,  
Евсеев Д. З.,  
Теплякова С. В.,  
Недолужко А. И.

Ростов-на-Дону, 2019

## Аннотация

Методические указания предназначены для студентов очной формы обучения направлений 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства; 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

## Авторы

к.т.н., доцент каф. «АСиДС»  
Котесова А.А

доцент, к.т.н., доцент каф. «АСиДС»  
Евсеев Д.З.

к.т.н., ассистент каф. «АСиДС»  
Теплякова С.В.

доцент, к.т.н., доцент каф. «АСиДС»  
Недолужко А.И.



## Оглавление

Лабораторная работа № 6 .....	<b>8</b>
Лабораторная работа № 7 .....	<b>17</b>
Лабораторная работа № 8 .....	<b>23</b>
Лабораторная работа № 9 .....	<b>29</b>
Список литературы .....	<b>36</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	<b>37</b>

## ОРГАНИЗАЦИОННО – МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### Цель и порядок проведения лабораторных занятий

*Лабораторные занятия по дисциплине*

*«Материаловедение» проводятся с целью:*

- закрепления и углубления знаний, получаемых студентами на лекциях и в процессе самостоятельной работы;
- усвоения фундаментальных законов и расчетных методик, изложенных в лекциях;
- обучения студентов методам экспериментальных и научных исследований;
- привития навыков научного анализа и обобщения полученных результатов;
- приобретения навыков работы с лабораторным оборудованием, контрольно-измерительными приборами и вычислительной техникой;
- развития творческой инициативы и самостоятельности студентов в проведении практических работ в лаборатории;
- привития чувства гордости за изучаемую профессию.

*Выполнение работы содержит несколько основных этапов:*

- подготовительную часть;
- проведение экспериментального исследования;
- обработку результатов эксперимента;
- оформление и защиту отчетов.

**Подготовительная часть** проводится накануне лабораторного занятия каждый студентом самостоятельно, где необходимо:

- ознакомиться с целью и содержанием работы;
- проработать соответствующую тему теоретического курса;
- изучить устройство и принцип работы лабораторной установки и используемых измерительных приборов;
- усвоить последовательность выполнения рабочих операций и порядок обработки измеряемых параметров;
- изучить меры безопасности, относящиеся к данной работе, лично расписаться в журнале инструктажей;
- подготовить бланк отчета.

В результате проведения подготовительной части студент должен **знать**:

- объект и предмет исследования;
- состав и устройство лабораторной установки;

- порядок выполнения работы;
- порядок обработки данных, полученных при измерении;
- меры безопасности при работе на установке, местах подачи и отключения питания, расположения средств защиты и пожаротушения,

правила оказания первой помощи пострадавшим.

Каждый студент при себе должен иметь:

- подготовленный бланк отчета;
- счетный прибор (микрокалькулятор);
- линейку, карандаш, ручку и ластик;
- конспект лекций по изучаемой теме;
- руководство для лабораторных занятий;
- тетрадь для черновых записей и расчетов.

### **Проведение эксперимента включает в себя:**

- проверку исходного состояния установки;
- подготовку установки к работе;
- проведение эксперимента и измерений в опытах;
- приведение в исходное состояние лабораторной установки.

Измерения выполняются, как правило, в составе группы из 4 - 6 студентов.

Заключительным этапом лабораторного занятия является оформление отчета и его защита.

### **Требования к оформлению отчетов**

Оформление отчета по очередной лабораторной работе начинается на подготовительной части занятия. Отчет оформляется на бланке конкретной лабораторной работы либо в тетради для практических занятий черными, фиолетовыми или синими чернилами (пастой). Схемы, таблицы, графики допускается выполнять простым карандашом. В верхней части бланка записываются фамилия и инициалы студента и преподавателя, дата выполнения работы, ее номер и полное (без сокращений) название. В конце названия точка не ставится. В общем случае отчет должен содержать следующие разделы:

1. Схему и состав лабораторной установки.
2. Исходные данные.
3. Расчетные формулы.
4. Результаты измерений и вычислений.
5. Выводы.

Схема лабораторной установки выполняется аккуратно, с применением чертежных инструментов. Она должна отражать состав и взаимодействие основных частей установки. Схема

обязательно должна иметь номера позиций составных частей установки. Условные обозначения должны соответствовать ЕСКД или иметь общепринятый смысл.

Расшифровка иных обозначений и сокращений должна быть приведена в отчете. Исходные данные содержатся в описаниях соответствующих работ или предоставляются преподавателем.

Расчетные формулы должны иметь краткий комментарий без слов "найти", "вычислить", "определить" и т.п., ссылочный номер и единицу измерения. Замеченные опiski и ошибки исправляются с помощью корректора.

.Раздел « Результаты измерений вычислений» занимает главное место в отчете и имеет наибольший объем.

Вычисления записываются без дополнительных пояснений и промежуточных результатов. Пишется расчетная формула, в нее подставляются значения соответствующих величин и проводится математическое вычисление. Результат представляется округленным до трех значащих цифр. Например, вычисление массы воздуха в баллоне объемом 40 литров с температурой  $t = 20$  °С и давлением  $p = 15$  МПа оформляется в виде:

$$m = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{150 \cdot 10^5 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{287 \cdot 293} = 7,1 \text{ кг.}$$

Таблицы, представленные в каждой лабораторной работе, имеют рекомендательный характер. Студент имеет право по своему усмотрению изменять форму таблиц, добиваясь максимальной наглядности представления материала.

Графики являются наиболее информативным средством представления результатов.

Выводы составляются в произвольной форме, однако они не должны сводиться к констатации фактов типа: "Мы выполнили лабораторную работу. Результаты теории и эксперимента совпали".

В выводах необходимо выразить личное отношение к исследованию, проанализировать совпадение экспериментальных результатов с теоретическими данными, показать причины их возможного расхождения.

В качестве дополнения, демонстрирующего понимание сути изучаемого явления, в выводах можно высказать предложения по совершенствованию лабораторной установки, методики проведения занятия, выполнения эксперимента и

обработки опытных данных. Выводы пишутся каждым студентом самостоятельно.

### **Меры и правила безопасности при работе в лаборатории**

Инструктаж студентов по мерам и правилам безопасности проводится преподавателем перед началом каждой лабораторной работы.

При выполнении работ требуется обязательное соблюдение следующих мер безопасности:

1. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, изучившие правила и меры безопасности и расписавшиеся в журнале инструктажа.

2. В каждой группе для выполнения лабораторной работы назначается старший, который организует работу и отвечает за соблюдение установленного порядка и мер безопасности на рабочем месте.

3. Лабораторную установку можно включать только после получения разрешения от преподавателя.

4. Включение питания установки электрическим током производится только согласно потребляемому напряжению для каждой установки. Для этого на розетках и вилках сделаны надписи с указанием характеристик электрического тока. После окончания работ установка обесточивается.

5. Категорически запрещается проводить работы на неисправных установках. При появлении неисправности следует немедленно доложить преподавателю.

6. При работе со сжатыми газами не допускать их травления из магистралей через места соединений.

7. Запрещается проводить разборку газовых магистралей при наличии в них давления газа, а также устранять травление газа подтяжкой уплотнений при наличии в них давления.

8. При работе с электрооборудованием не прикасаться к оголенным электрическим проводам; следует помнить: для поражения человека электрическим током достаточно его величины 0,01- 0,1 А и напряжения 50 В.

9. Запрещается проводить лабораторную работу на установке, если произошло короткое замыкание в ее цепи.

10. При поражении электрическим током необходимо оказать первую помощь пострадавшему:

а) отключить питание от электросети;

б) оттащить пострадавшего от электрической установки за одежду, стоя на резиновом коврике;

в) если пострадавший потерял сознание, но его легкие и сердце работают нормально, нужно проветрить помещение и дать пострадавшему понюхать нашатырный спирт; если же дыхание и сердечная деятельность отсутствуют, то следует освободить пострадавшего от стесняющей одежды и проводить ему искусственное дыхание и непрямой массаж сердца до прибытия врача.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### Европейская система обозначения сталей

*Цель работы: ознакомиться с европейской системой обозначения сталей и научиться определять состав, назначение и свойства сталей.*

#### Содержание работы

Европейская система обозначений сталей подробно приводится в стандарте DIN EN 10027, состоящем из двух частей:

- часть 1 (DIN EN 10027-1) определяет порядок наименований сталей (присвоения им буквенно-цифровых обозначений),
- часть 2 (DIN EN 10027-2) определяет порядок присвоения сталям порядковых номеров.

DIN EN - это немецкое издание европейского стандарта, которое без каких-либо изменений принимается членами Европейского комитета по стандартизации (CEN) и Европейского электротехнического комитета по стандартизации (CENELEC).

#### *Наименования сталей*

Согласно DIN EN 10027-1 (часть 1) стали по порядку присвоения им наименований делятся на две группы. В первую группу включены стали, наименования которых определяются их назначением и механическими или физическими свойствами. Вторую группу составляют стали, наименования которых определяются их химическим составом.

#### **Группа 1 первой части.**

Наименования сталей (таблица 1) состоят из одной или более букв, связанных с назначением, стали, за которыми следуют цифры, определяющие ее свойства. За цифрами могут следовать дополнительные символы, определяющие состояние поставки, стали и особенности ее назначения.



Таблица 1

Наименования сталей группы 1 по DIN EN 10027-1

Начальная буква (наименование стали)	Свойство, обозначаемое цифрами	Дополнительные символы				
		подгруппа 1			подгруппа 2	
Конструкционные стали	Например: <b>S355J0</b> ,	Работа разрушения при ударе			Температура	S=c повышенной пластичностью в холодном состоянии
S =		27 Дж	40 Дж	60 Дж	°C	D = для нанесения покрытий в
G =	Свойство: мини	JR	KR	LR	+20	горячем состоянии
Стальное литье	мальный предел	J0	K0	L0	0	E = для эмалирования
Ставится впереди, если необходимо	текучесть в Н/мм <sup>2</sup> (три цифры)	J2	K2	L2	-20	F = дляковки и штамповки
		J3	K3	L3	-30	L = для работы при низких температурах
		J4	K4	L4	-40	M =
		J5	K5	L5	-50	термомеханически упрочненная
		J6	K6	L6	-60	N =
		M = термомеханически упрочненная				нормализованная O = для шельфовых конструкций
		N = нормализованная				Q = термообработанная
		Q = термообработанная G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами				S = для судостроения T = для труб W = стойкая к атмосферной коррозии

Продолжение таблицы 1

Начальная буква (наименование стали)	Свойство, обозначаемое цифрами	Дополнительные символы	
		подгруппа 1	подгруппа 2
Стали для котлов и сосудов высокого давления $P =$ $G =$ Стальное литье Ставится впереди, если необходимо	Например: <b>P265B</b> Свойство: минимальный предел текучести в $H/mm^2$ (три цифры)	M - термомеханически упрочненная N = нормализованная Q = термообработанная V = баллоны со сжатым газом S = обычные сосуды под давлением G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами	I = высокая температура L - низкая температура R = комнатная температура X = высокая или низкая температура
Стали для трубопроводов L =	Например: <b>L360Q</b> , Свойство: минимальный предел текучести в $H/mm^2$ (три цифры)	M = термомеханически упрочненная N = нормализованная Q = термообработанная G - другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами	Буква и цифра, если необходимо
Стали для ма- шиностроения E =	Например: <b>E295</b> Свойство: минимальный предел текучести в $H/mm^2$ (три цифры)	G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами	
Арматурные стали B =	Например: <b>B500N</b> Свойство: минимальный предел текучести в $H/mm^2$ (три цифры)	N = нормальной вытяжки H = высокой вытяжки G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами	
Стали для предварительно- напряженных конструкций Y =	Например: <b>Y1770C</b> , Свойство: минимальное временное сопротивление в $H/mm^2$ (четыре цифры)	C = холоднотянутая проволока H = горячекатаные или предварительно- напряженные прутки Q = термообработанная проволока S = тонкий трос G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами	

## Продолжение таблицы 1

Начальная буква (наименование стали)	Свойство, обозначаемое цифрами	Дополнительные символы	
		подгруппа 1	подгруппа 2
Рельсовые стали <b>R</b> <b>=</b>	Например: <b>RO880Mn</b> , Свойство: минимальное временное сопротивление в Н/мм <sup>2</sup> (четыре цифры, возможен ноль впереди)	Мп = высокое содержание марганца Сг = легированная хромом G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами	Q = термообработанная проволока
Холоднокатаный листовой прокат из высокопрочных сталей для холодной штамповки <b>H =</b> Если установлен Б <sub>т</sub> нт = Если установлен Б <sub>в</sub>	Например: <b>H420M</b> , Свойства: минимальный предел текучести в Н/мм <sup>2</sup> (три цифры); минимальное временное сопротивление в Н/мм <sup>2</sup> (три цифры и НТ впереди)	М = термомеханически упрочненная или холоднокатаная В = закаленная в печи Р = легированная фосфором X = двухфазная Y = с малым содержанием элементов внедрения (С и N) G - другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами	
Листовой прокат для холодной штамповки <b>D =</b>	Например: <b>DC12EK</b> , Свойства: C = холоднокатаный D = горячекатаный X = состояние проката (две буквы или цифры)	D = для нанесения покрытий в горячем состоянии EK = для эмалирования DK = для безгрунтового эмалирования G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами	

## Окончание таблицы 1

Упаковочные листы и ленты $T =$ Если установлен предел текучести $TН =$ Если установлена твердость	Например: <b>T660</b> , Свойство: заданный предел текучести в Н/мм <sup>2</sup> для двойного обжатия (три цифры) Например: ТН52, Свойство: средняя твердость (ТН и две цифры)		
Электротехнические стали $M =$	Например: <b>M400-50A</b> , Свойство: предельно допустимые потери на перемагничивание в Вт/кг, умноженные на сто (три цифры)	Для магнитной индукции от 1,5 Тл (при 50 Гц) $A = c$ неориентированным зерном $D =$ нелегированные без заключительного отжига $E =$ легированные без заключительного отжига $N = c$ нормальными потерями на перемагничивание	

Содержание обозначений примеров по таблице 1.

**S355J0** - конструкционная сталь с минимальным пределом текучести 355 Н/мм<sup>2</sup> и работой разрушения при ударе 27 Дж, измеренной при температуре 0°С

**P265B** - сталь для баллонов со сжатым газом с минимальным пределом текучести 265 Н/мм<sup>2</sup>.

**L360QB** - термообработанная сталь для магистральных трубопроводов с минимальным пределом текучести 360 Н/мм<sup>2</sup>.

**E295** - машиностроительная сталь с минимальным пределом текучести 295 Н/мм<sup>2</sup>.

**B500N** - арматурная сталь с пределом текучести 500 Н/мм<sup>2</sup> нормальной вытяжки.

**Y1770C** - холоднотянутая проволока из стали для предварительно-напряженных конструкций с минимальным временным сопротивлением 1770 Н/мм<sup>2</sup>.

**R0880Mn** - рельсовая сталь с высоким содержанием

марганца с минимальным временным сопротивлением 880 Н/мм<sup>2</sup>.

**H420M** - термомеханически упрочненная листовая высокопрочная сталь для холодной штамповки с минимальным пределом текучести 420 Н/мм<sup>2</sup>.

**DC12EK** - холоднокатаная листовая сталь для холодной штамповки для эмалирования.

**T660** - упаковочный лист (лента) с заданным пределом текучести для двойного обжатия 660 Н/мм<sup>2</sup>.

**TH52** - упаковочный лист (лента) с твёрдостью 52.

**M400-50A** - электротехническая сталь с предельно допустимыми потерями на перемагничивание

4 Вт/кг для магнитной индукции от 1.5 Тл при частоте 50 Гц с неориентированным зерном.

### Группа 2 первой части.

В группу 2 включены стали, наименования которых определяются их химическим составом. Группа 2 разделена на четыре подгруппы в зависимости от назначения и содержания легирующих элементов (таблица 2).

Таблица 2

Наименование сталей группы 2 по DIN EN 10027-1

Нач. Начальная буква (наименование стали)	Свойство, обозначаемое цифрами	Дополнительные символы
Нелегированные стали со средним содержанием Мп <1 % (кроме автоматных) С = G = Стальное литье .Ставится впереди, если необходимо	Например: С35Е4, Первое число: среднее содержание углерода, умноженное на 100 (до трех цифр)	Е=заданное максимальное содержание серы, умноженное на 100 R = заданный интервал содержания серы, умноженный на 100 D= для тянутой проволоки С = с повышенной пластичностью в холодном состоянии S = пружинная Т = инструментальная W = для сварочной проволоки G = другие качества, если необходимо с 1 или 2 цифрами

## Окончание таблицы 2

Нелегированные стали с содержанием Мп >1 %, нелегированные автоматные стали, легированные стали (кроме быстрорежущих) с содержанием каждого легирующего элемента до 5% <b>Без буквы G =</b> Стальное литье. Ставится впереди, если необходимо	Например: 28Mn6, Первое число: среднее содержание углерода, умноженное на 100 (до трех цифр)	Легирующие элементы: Буквы: символы химических элементов Цифры: отделены тире, соответствуют среднему содержанию элемента, умноженному на нижеследующие коэффициенты	
		Элемент	Коэффициент
		Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
		Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
		Ce, N, P, S	100
В	1000	Легирующие элементы: Буквы: символы химических элементов, выстроенные по убыванию содержания элементов (при одинаковом содержании - в алфавитном порядке) Цифры: отделены тире, соответствуют среднему содержанию элемента	
		Например: X5CrNi18-10, Первое число: среднее содержание углерода, умноженное на 100 (до трех цифр)	Например: HS2-9-1-8, Числа, отделенные тире: содержания легирующих элементов в следующем порядке: W-Mo-V-Co
Быстрорежущие стали <b>HS=</b>	Например: HS2-9-1-8, Числа, отделенные тире: содержания легирующих элементов в следующем порядке: W-Mo-V-Co		

**C35E4** - нелегированная сталь со средним содержанием углерода 0,35 %, с содержанием марганца менее 1% и максимальным содержанием серы 0,04%

**28Mn6** – нелегированная сталь со средним содержанием углерода 0,28% и марганца 1,5% (6 деленное на 4)

**13CrMo4-5** - нелегированная сталь со средним содержанием: углерода - 0,13 %, хрома - 1%, молибдена - 0,5 % и содержанием марганца более 1 %.

**X5CrNi8-10** - легированная сталь со средним содержанием: углерода - 0,05 %, хрома - 18,0 %, никеля - 10,0 %.

### Порядковые номера

Порядок присвоения сталям порядковых номеров определяется стандартом DINEN 10027-2 (часть 2). Порядковый номер стали представляется в виде 1.XXXX, где цифра 1 определяет, что данный материал относится к сталям. (Для обозначения других материалов символ 0 используется для обозначения чугунов, 2. - для обозначения жаропрочных сплавов на основе никеля и кобальта, 3. - для обозначения цветных металлов и сплавов.) Следующие две цифры после 1. определяют номер группы сталей, а две последние - порядковый номер стали в группе.

По номеру группы можно однозначно определить, к какому типу относится та или иная сталь. В таблице 3 приведены интервалы номеров, используемых для различных типов сталей.

Таблица 3

Порядковые номера сталей по EN 10027 – 2

Стали		Порядков. номер
Нелегированные	Обыкновенного качества	1.00XX
	Качественные	1.01XX – 1.09XX
	Высококачественные	1.10XX – 1.13XX
Легированные	Инструментальные нелегированные	1.15XX – 1.18XX
	Инструментальные легированные	1.20XX – 1.28XX
	Быстрорежущие	1.32XX - 1.33XX
	Износостойкие	1.34XX

Окончание таблицы 3

	Подшипниковые	1.35XX
	Материалы со специальными свойствами	1.36XX – 1.39XX
	Коррозионно-стойкие	1.40XX – 1.45XX
	Жаропрочные и жаростойкие	1.46XX – 1.49XX
	Высококачественные легированные конструкционные	1.50XX – 1.85XX
	Свариваемые конструкционные	1.87XX – 1.89XX

### Содержание отчета

В карте испытаний №6 для марок сталей по группе 1 Евроном указывать вид, назначение и механические характеристики сталей.

В карте испытаний №6 для марок сталей по группе 2 Евроном указывать вид и химический состав сталей.

В карте испытаний № 6 указать обозначение сталей с помощью порядковых номеров Евроном.

#### *Контрольные вопросы по теме лабораторной работы*

1. Что определяется первой частью Евроном, а что второй частью?
2. Как в первой части Евроном обозначаются конструкционные стали?
3. Какая механическая характеристика и в какой размерности указывается в обозначении конструкционной стали?
4. Для каких сталей в обозначении указывается предел временного сопротивления?
5. Как во второй части обозначаются нелегированные стали со средним содержанием Mn меньше 1% и что значат цифры в обозначении?
6. Что обозначает марка стали G28Mn6?
7. К какому типу сталей относятся стали с порядковыми номерами 1.46XX – 1.49XX?



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

### Обозначения сталей в американских стандартах

*Цель работы: ознакомиться с американскими системами обозначения сталей и научиться определять их состав, назначение и свойства.*

#### Содержание работы:

В США используется несколько систем обозначения металлов и сплавов, связанных с существующими организациями по стандартизации. Наиболее известными организациями являются:

AISI - Американский институт чугуна и стали;

ACI - Американский институт литья;

ANSI - Американский национальный институт стандартизации;

AMS - Спецификация аэрокосмических материалов;

ASME - Американское общество инженеров - механиков;

ASTM - Американское общество испытания материалов;

AWS - Американское общество сварщиков;

SAE - Общество инженеров – автомобилистов

#### Система обозначений AISI.

**Углеродистые и легированные стали.** В системе обозначений AISI углеродистые и легированные стали, как правило, обозначаются с помощью четырех цифр. Первые две цифры обозначают номер группы сталей (таблица 1), а две последние - среднее содержание углерода в стали, умноженное на 100.

Так сталь **1045** относится к группе **10XX** качественных конструкционных сталей нересульфенированных с содержанием Mn менее 1%) и содержанием углерода около 0,45%

Сталь **4032** является легированной (группа **40XX**) со средним содержанием 0,32% С и 0,2 или 0,25% Мо (реальный состав стали **4032**: 0,30 - 0,35%С, 0,2 - 0,3% Мо).

Сталь **8625** также является легированной (группа **86XX**) со средним содержанием: 0,25%С (реальные значения 0,23 - 0,28%), 0,55% Ni (0,40 - 0,70%), 0,50% Cr (0,4 - 0,6%), 0,20% Мо (0,15 - 0,25%).

Помимо четырех цифр в наименованиях сталей могут встречаться также и буквы. При этом буквы **В** и **L**, означающие,

что сталь легирована соответственно бором (0,0005 - 0,03%) или свинцом (0,15 - 0,35%), ставятся между второй и третьей цифрой ее обозначения, например, : **51B60** или **15L48**. Буквы **М** и **Е** ставят впереди наименования стали, это означает, что сталь предназначена для производства неответственного сортового проката (буква **М**) или выплавлена в электропечи (буква **Е**). И наконец, в конце наименования стали может присутствовать буква **Н**, означающая, что характерным признаком данной стали является прокаливаемость.

Таблица 1  
Обозначения углеродистых и легированных сталей в системе AISI

Обозначение	Группа сталей
<b>Углеродистые стали</b>	
10XX	Нересульфированные: Mn менее 1%
11XX	Ресульфированные
12XX	Рефосфорированные и ресульфированные
15XX	Нересульфированные: Mn более 1%
<b>Легированные стали</b>	
13XX	1,75%
40XX	0,2; 0,25; Mo или 0,25% Mo и 0,042% S
41XX	0,5; 0,8 или 0,95%Cr и 0,12; 0,20 или 0,30%Mo
43XX	1,83% Ni, 0,50 - 0,80%Cr, 0,25% Mo
46XX	0,85 или 1,83%Ni и 0,2 или 0,25% Mo
47XX	1,05%Ni, 0,45%Cr и 0,2 или 0,35% Mo
48XX	3,5%Ni и 0,25% Mo
51XX	0,8; 0,88; 0,93;0,95 или 1,0% Cr
51XXX	1,03% Cr
52XXX	1,43% Cr
61XX	0,6 или 0,95% Cr и 0,13% min или 0,15% min V
86XX	0,55% Ni, 0,50% Cr и 0,20% Mo
87XX	0,55% Ni, 0,50% Cr и 0,25% Mo
88XX	0,55% Ni, 0,50% Cr и 0,35% Mo

Окончание таблицы 1

92XX	2,0% Si или 1,40% Si и 0,70 Cr
50VXX	0,28 или 0,50% Cr
51BXX	0,80% Cr
81BXX	0,30% Ni, 0,45% Cr и 0,12% Mo
94BXX	0,45% Ni, 0,40% Cr и 0,12% Mo

**Коррозионно - стойкие стали** Обозначения стандартных коррозионно - стойких сталей по AISI включают в себя три цифры и следующие за ними в ряде случаев одну, две или более буквы. Первая цифра обозначения определяет класс стали. Так обозначения аустенитных коррозионно-стойких сталей начинаются с цифр **2XX** и **3XX**, в то время как ферритные и мартенситные стали определяются в классе **4XX**. При этом последние две цифры, в отличие от углеродистых и легированных сталей, никак не связаны с химическим составом, а просто определяют порядковый номер стали в группе. Значения букв, следующих за цифрами, даны в таблице 2.

Сталь **304** относится к аустенитному классу, содержание углерода в ней  $<0,08\%$ . В то же время в стали **304 L** углерода не более  $0,03\%$ , а в стали **304 H** -  $0,04 - 0,10\%$ . Указанная сталь, кроме того, может быть легирована азотом (тогда ее наименование будет **304 N**) или медью (**304 Cu**).

В стали **410**, относящейся к мартенситоферритному классу, содержание углерода  $<0,15\%$ , а в стали **410 S** углерода  $<0,08\%$ .

В стали **430 F** в отличие от стали **430** повышенное содержание серы и фосфора, а в сталь **430 F Se** добавили еще и селен.

Ниже приводятся базовые обозначения коррозионно-стойких сталей в системах AISI и UNS.

Таблица 2

Обозначения коррозионно-стойких сталей по AISI и UNS

Символ AISI	Символ UNS	Описание
xxxL	xxx01	Низкое содержание углерода ( $<0,03\%$ )
xxxS	xxx08	Нормальное содержание углерода ( $<0,08\%$ )
xxxN	xxx51	Добавлен азот

Окончание таблицы 2

xxxLN	xxx53	Низкое содержание углерода (<0,03%)+добавлен азот
xxxF	xxx20	Повышенное содержание серы и фосфора
xxxSe	xxx23	Добавлен селен
xxxV	xxx15	Добавлен кремний
xxxH	xxx09	Расширенный интервал содержания углерода
xxxCu	xxx30	Добавлена медь

### Система обозначений ASTM.

Обозначение сталей в системе ASTM включает в себя:

- букву **A**, означающую, что речь идет о черном металле,
- порядковый номер нормативного документа ASTM (стандарта)
- собственно, обозначение марки стали.

Обычно в стандартах ASTM принята американская система обозначений физических величин. Если в стандарте приводится метрическая система обозначений, после его номера ставится буква **M**. Стандарты ASTM, как правило, определяют не только химический состав, стали, но и полный перечень требований к металлопродукции. Для обозначения собственно марок сталей и определения их химического состава может быть использована как собственная система обозначений ASTM (в этом случае химический состав сталей и их маркировка определяются непосредственно в стандарте), так и другие системы обозначений, например, AISI - для прутков, проволоки и др., или ACI - для отливок из коррозионно-стойких сталей.

В стали **A 516/A 516M-90 Grade 70** буква A указывает на то, что речь идет о черном металле, **516** - это порядковый номер стандарта ASTM (**516M** - это тот же стандарт, но в метрической системе обозначений); **90** - год издания стандарта; **Grade 70** - марка стали. В данном случае используется собственная система обозначений сталей ASTM, здесь 70 определяет минимальный предел прочности стали при испытаниях на растяжение (в ksi, что составляет около 485 Н/мм<sup>2</sup>).

Сталь **A 276 Type 304 L** - в данном стандарте используется обозначение марки стали в системе AISI - **304 L**.

Сталь **A 351 Grade CF8M**. Здесь используется система обозначений АСІ: первая буква **С** означает, что сталь относится к группе коррозионно-стойких, **8** - определяет среднее содержание в ней углерода (0,08%), **М** - означает, что в сталь добавлен молибден.

В сталях

- **A 335 / A 335 M grade P22**
- **A 213 / A 213 M grade T22**
- **A 336 / A 336 M class F22**

используется собственная маркировка сталей ASTM. Буквы означают, что сталь предназначена для производства труб (**P** и **T**) или поковок (**F**).

Сталь **A 269 grade TP304** - здесь используется комбинированная система обозначений. Буквы **TP** определяют, что сталь предназначена для производства труб, **304** - это обозначение стали в стали в системе AISI.

### Универсальная система обозначений UNS

**UNS** - это универсальная система обозначений металлов и сплавов. Она была создана в 1975 г. с целью унификации различных систем обозначений, используемых в США Согласно UNS обозначения сталей состоят из буквы, определяющей группу сталей ( табл. 3 ), и пяти цифр.

В системе UNS проще всего классифицировать стали AISI. Для конструкционных и легированных сталей, входящих в группу **G**, первые четыре цифры наименования - это обозначение стали в системе AISI, последняя цифра заменяет буквы, которые встречаются в обозначениях по AISI. Так буквы **B** и **L**, означаящим, что сталь легирована бором или свинцом, соответствуют цифры **1** и **4**, а букве **E**, означающей, что сталь выплавлена в электропечи, - цифра **6**.

Наименования коррозионно-стойких UNS-сталей начинаются с буквы **S** и включают в себя обозначение стали по AISI (первые три цифры) и две дополнительные цифры, соответствующие дополнительным буквам в обозначении по AISI. ( табл.2 )

Углеродистая сталь **1045** имеет обозначение в системе UNS **G 10450**,

Легированная сталь **4032** - имеет обозначение в системе UNS **G 40320**.

Сталь **51B60**, легированная бором, имеет обозначение в системе UNS **G 51601**

Сталь **15L48**, легированная свинцом, - имеет обозначение в системе UNS **G 15484**.

Коррозионно - стойкая сталь **304** - имеет обозначение в системе UNS **S30400**,

**304 L** - имеет обозначение в системе UNS **S 30401**

**304 H** - имеет обозначение в системе UNS **S 30409**

**304Cu** - имеет обозначение в системе UNS **S30430**.

Таблица 3

Обозначения сталей в системе UNS

Символ	Группа сталей
Dxxxxx	Стали с предписанными механическими свойствами
Gxxxxx	Углеродистые и легированные стали AISI (за исключением инструментальных)
Hxxxxx	То же, но для прокаливаемых сталей
Jxxxxx	Литейные стали
Kxxxxx	Стали, не включенные в систему AISI
Sxxxxx	Жаростойкие и коррозионно-стойкие стали
Txxxxx	Инструментальные стали
Wxxxxx	Сварочные стали

### Содержание отчета

Отчет по работе оформляется согласно требованиям.

В карте испытаний №7 указать обозначение углеродистых и легированных сталей в системе AISI: марка стали, вид стали, химический состав.

В карте испытаний №7 указать обозначение коррозионно-стойких сталей в системе AISI: марка стали, вид стали, химический состав.

В карте испытаний №7 указать содержание обозначения марок сталей в системе ASTM.

В карте испытаний №7 для марок сталей в системе UNS указать вид стали и химический состав.

### Контрольные вопросы по теме лабораторной работы

1. Какое количество углерода в стали 1045 по системе обозначения AISI?
2. Что значат буквы В , L , М и Е в системе обозначений AISI ?

3. С какой цифры, в системе AISI, начинается обозначение аустенитных коррозионно-стойких сталей, а с какой цифры ферритных и мартенситных?
4. На какое содержание углерода указывают буквы L и S, следующие после цифр, в обозначении стали в системе AISI?
5. Что значит в системе ASTM следующее обозначение стали: A516 / A516M – 90 Grade70?
6. Какой химический состав у стали G 40320 в системе UNS?
7. Какая группа сталей в системе UNS обозначается следующим образом: S 30409?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

### Структура чугунов

*Цель работы: ознакомиться с видами чугунов, изучить способы получения, структуру, свойства и области применения.*

#### Содержание работы

##### *Оборудование и материалы*

1. Металлографический микроскоп МИМ-6;
2. Пресс Бринелля;
3. Ножовочный или токарный станок для отрезки образца;
4. Верстак и тиски для предварительной шлифовки образца после его отрезки;
5. Плоскошлифовальный станок для шлифовки исследуемой поверхности;
6. Вертикально-полировочный станок;
7. Наждачное полотно;
8. Паста ГОИ;
9. Раствор для травления.

##### *Основные положения*

#### Разновидности чугунов

Чугунами называются железоуглеродистые сплавы, содержащие от 2,14 до 6,7% С и затвердевающие с образованием эвтектики. Эти сплавы имеют постоянные примеси марганца до 1,5 %, кремния до 4,5% , серы до 0,08%, а иногда и легирующие элементы: хром , никель , алюминий и др.

Выплавленный в домнах чугун бывает трех видов: передельный, специальный (ферросплавы) и литейный. Передельный и специальный чугуны используют для

последующей выплавки стали и различных чугунов, а литейные расплавляют в вагранках и в электропечах для получения отливок. Благодаря сочетанию высоких литейных свойств, достаточной прочности, износостойкости, а также относительной низкой стоимости чугуны получили широкое распространение в машиностроении.

В зависимости от того, в какой форме присутствует углерод в сплавах, различают белые, серые, высокопрочные чугуны, чугуны с вермикулярным графитом и ковкие чугуны. Высокопрочные чугуны и чугуны с вермикулярным графитом являются разновидностью серых, но из-за повышенных механических свойств их выделяют в особые группы.

### *Белый чугун*

Его получают при быстром охлаждении расплава, повышенном содержании марганца и пониженном кремния.

В белом чугуне весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита, который определяет следующие свойства: высокую твердость и хрупкость, плохую обрабатываемость резанием, но хорошее сопротивление износу. Название этот чугун получил по белому цвету излома. В основном белый чугун является передельным - он служит для получения серого, ковкого чугунов и стали.

Белый чугун маркировки не имеет.

### *Серый чугун (СЧ)*

Образуется при малых скоростях охлаждения, при повышенном содержании кремния и пониженном содержании марганца. Связанный углерод составляет не более 0,5 %, остальной находится в свободном состоянии в виде графита пластинчатой формы (фактически надрезы в металлической основе). Излом такого чугуна имеет серый цвет.

На серый чугун приходится около 80 % общего производства чугунных отливок.

Маркировка, например СЧ 20, обозначает: СЧ –серый чугун, а цифра 20, умноженная на 10, показывает предел прочности на растяжение ( 200 МПа).

### *Высокопрочный чугун (ВЧ)*

Получают, добавляя в жидкий серый чугун магний или его соединения с алюминием или никелем, а также ферросилиций. Все это, в сочетании с быстрым охлаждением, дает возможность



получить графит в шарообразной или точечной форме. Такая обработка обеспечивает высокие механические свойства, коррозионную стойкость, жаростойкость, хорошие антифрикционные свойства, свариваемость и обрабатываемость резанием. Это дает возможность эффективно заменять сталь во многих изделиях и конструкциях.

Маркировка, например, ВЧ 50, обозначает: ВЧ – высокопрочный чугун, а цифра 50, умноженная на 10, показывает предел прочности на растяжение (500 МПа).

#### *Чугун с вермикулярным графитом (ЧВГ)*

Получают обработкой жидкого чугуна активными модификаторами: магнием, кальцием, редкоземельными металлами, которые способствуют получению округлой формы вермикулярного графита. Такая форма графита меньше разупрочняет металлическую матрицу, по сравнению с пластинчатым графитом серого чугуна. Количество графита в структуре примерно 60% вермикулярного графита и 40% шаровидного графита. Достоинство ЧВГ заключается в том, что находясь по структуре между серым и высокопрочным чугунами, ЧВГ удачно сочетает промежуточные механические и физические свойства (литейные свойства, прочность, теплопроводность и т.д.).

Маркировка, например, ЧВГ 30, обозначает: ЧВГ –чугун с вермикулярным графитом, а цифра 30, умноженная на 10, показывает предел прочности на растяжение (300 МПа).

#### *Ковкий чугун*

Получают после длительного отжига белого чугуна при высоких температурах, когда цементит почти полностью распадается с образованием графита хлопьевидной формы. За счет такой структуры ковкий чугун обладает повышенной пластичностью и вязкостью.

Название “ковкий” условное – обработке давлением не подвергается.

Маркировка, например, КЧ 30-6- Ф, обозначает: КЧ – ковкий чугун, цифра 30, умноженная на 10, показывает предел прочности на растяжение (300 МПа), цифра 6 показывает величину относительного удлинения (6%), а буква Ф свидетельствует о том, что это ферритный ковкий чугун.

*Формы графитовых включений* для различных чугунов представлены на рисунке 1, а механические свойства и структура в таблице 1. Применение чугунов в таблице 2.



Рисунок 1 – Формы графитовых включений

Таблица 1

Механические свойства и структура металлической основы чугунов

Марка	Бв	Б <sub>0,2</sub>	δ %	НВ	Структура мет. осн.
	МПа				
Серые чугуны ( ГОСТ 1412 – 85 )					
СЧ 10	100	-	-	143 – 229	Ф
СЧ 15	150	-	-	163 - 229	Ф
СЧ 18	180	-	-	170 - 241	Ф
СЧ 20	200	-	-	170 - 241	Ф + П
СЧ 21	210	-	-	170 - 241	Ф + П
СЧ 24	240	-	-	170 - 241	Ф + П
СЧ 25	250	-	-	180 – 250	Ф + П
СЧ 30	300	-	-	181 – 255	П
СЧ 35	350	-	-	197 - 269	П
Высокопрочные чугуны ( ГОСТ 7293 – 85 )					
ВЧ 35	350	220	22	140 – 170	Ф
ВЧ 40	400	250	15	140 – 202	Ф
ВЧ 45	450	310	10	140 – 225	Ф + П

Окончание таблицы 1

ВЧ 50	500	320	7	153 – 245	Ф + П
ВЧ 60	600	370	3	192 – 277	П
ВЧ 70	700	420	2	228 -302	П
ВЧ 80	800	480	2	248 – 351	П
ВЧ 100	1000	700	2	270 – 360	Бейнит
Чугуны с вермикулярным графитом ( ГОСТ 28394 – 89 )					
ЧВГ 30	300	240	3	130 – 180	Ф
ЧВГ 35	350	260	2	140 – 190	Ф + П
ЧВГ 40	400	320	1,5	170 – 220	Ф + П
ЧВГ 45	450	380	0,8	190 – 250	П
Ковкие чугуны ( ГОСТ 1215 – 79 )					
КЧ 30 - 6	294		6	100 – 163	Ф
КЧ 33 – 8	323		8	100 – 163	Ф
КЧ 35 – 10	333		10	100 – 163	Ф
КЧ 37 – 12	362		12	110 – 163	Ф
КЧ 45 – 7	441		7	150 – 207	П
КЧ 50 – 5	490		5	170 – 230	П
КЧ 55 – 4	539		4	192 – 241	П
КЧ 60 – 3	588		3	200 – 269	П
КЧ 65 – 3	637		3	212 – 269	П
КЧ 70 – 2	686		2	241 – 285	П
КЧ 80 – 1,5	784		1,5	270 - 320	П

Таблица 2

## Применение чугунов

Марки	Область применения
СЧ 10 , СЧ 15, СЧ 18	Используются для строительных элементов, работающих на сжатие: строительные колонны , фундаментные плиты. Применяются для слабо и средненагруженных деталей машин : крышки , фланцы , маховики , корпуса , тормозные барабаны , диски сцепления и т.д.
СЧ 20 , СЧ 25	Детали, работающие при повышенных статических и динамических нагрузка: блоки цилиндров, картеры двигателей, поршни цилиндров , зубчатые колёса и т.д.
СЧ 30 , СЧ 35	Детали, работающие с высокими нагрузками и при повышенном износе: зубчатые колёса, гильзы блоков цилиндров, распределительные валы и т.д.
ЧВГ 30 , ЧВГ 35 , ЧВГ 40	Детали общего машиностроения (взамен СЧ), работающие при повышенных циклических нагрузках: корпусные и базовые детали. Детали ДВС, работающие при переменных повышенных температурных и механических нагрузках: головки цилиндров, V-образные блоки 12 цилиндровых двигателей, блоки 6 цилиндровых двигателей и т.д.
ЧВГ 45	Детали, работающие при значительных механических нагрузках, в условиях трения , гидрокавитации и при повышенных термоциклических нагрузках: поршни гильзы и блоки цилиндров ДВС , корпуса гидроаппаратуры высокого давления, а также изложницы и кокили.
ВЧ 35 , ВЧ 40 , ВЧ 45	Тяжелое машиностроение –траверса пресса , шабот ковочного молота, прокатные валки и т.д.
ВЧ 50, ВЧ 60, ВЧ 70 ВЧ 80, ВЧ 100	Детали станков, кузнечно-прессового оборудования, коленчатые валы, поршни, крышки цилиндров
КЧ 30-6 ,КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12, КЧ 50-5 , КЧ 55-4	Вилки карданных валов ,звенья и ролики цепей конвейера, муфты, тормозные колодки и др. детали, воспринимающие знакопеременные и ударные нагрузки

**Содержание отчета**

Кроме оформленного заголовка отчет должен содержать

В карте испытаний №8 указать для предложенных марок чугунов механические характеристики, структуру и области применения.

На обратной стороне карты испытаний №8 зарисовать схему структуры для каждого из 4-х видов чугунов. Выводы по данной работе должны содержать суждения о характере зависимости параметров газового потока по длине сверхзвукового сопла; о сходимости экспериментальных результатов с теоретическими предпосылками; о причинах их возможных расхождений.

*Контрольные вопросы по теме лабораторной работы*

1. Какие железоуглеродистые сплавы относят к чугунам?
2. На какие виды подразделяются чугуны?
3. Почему белый чугун имеет ограниченное применение в качестве конструкционного материала?
4. Как получают серый чугун?
5. Как получают высокопрочный чугун?
6. Как получают чугун с вермикулярным графитом?
7. Как получают ковкий чугун?
8. Как маркируются чугуны?
9. Как форма графита влияет на механические свойства чугунов?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

### Композиционные материалы

*Цель работы: ознакомиться с видами чугунов, изучить способы получения, структуру, свойства и области применения.*

#### Содержание работы:

Композиционными материалами (КМ) – называются материалы, состоящие из объединенных в монолит различными технологическими способами двух или более материалов. Композиционные материалы классифицируют по структуре и по материалу, составляющему матрицу композиции.

#### Классификация по структуре композиционного материала

*Слоистые КМ* с двумерным наполнителем – слоистые биметаллы, образованные сочетанием двух и более разнородных металлов. Сюда же относятся слоистые пластики (гетинакс, текстолит и т.д.), когда неметаллические наполнители – бумага, текстиль и т.д. укладываются слоями в связующей матрице (рисунок 1).

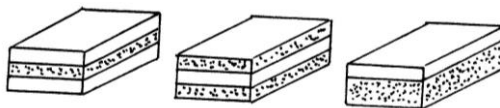


Рисунок 1 - Слоистые композиционные материалы

*Дисперсионно-упрочненные* с нулевыми наполнителями КМ имеют металлическую матрицу упрочненную дисперсными частицами диаметром 0,001...0,1мкм (рис 2 ,а) или в полимер вводится наполнитель в виде керамики ( рис. 2, б ) или металла и керамики вместе ( рис. 2, в ).

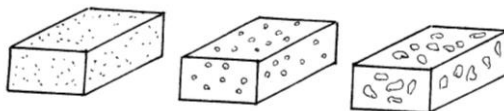


Рисунок 2 - Дисперсионно-упрочненные композиционные материалы

*Волокнистые КМ* состоят из металлической или полимерной матрицы с введенными в нее нитями или волокнами более прочных материалов, которые однородно и жестко сцеплены с матрицей. Волокна могут быть дискретными (рисунок 3,а), непрерывными (рисунок 3,б) или разноориентированными (рисунок 3, в).

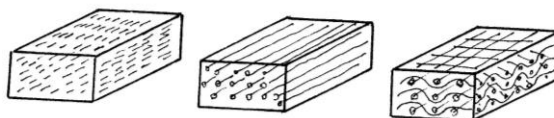


Рисунок 3 - Волокнистые композиционные материалы

### **Классификация по материалу, составляющему матрицу композиции**

Композиционные материалы на основе металлической матрицы:

1. Слоистые композиционные материалы позволяют получить высокую пластичность, трещиностойкость, коррозионную стойкость в сочетании с прочностью. Это сплавы алюминия плакированные чистым алюминием, биметаллы, двух и более слойные подшипниковые материалы (сталь- бронза, сталь – бронза – баббит и др.), в которых сплавы и чистые материалы

уложены слоями, каждый из которых имеет определенное назначение.

Например, композиция четырехслойного металлического подшипника скольжения: баббит – никель – бронза – сталь. Стальная основа обеспечивает прочность и жесткость детали. Верхний слой – баббит – улучшает прирабатываемость. Когда он изнашивается, рабочим становится следующий слой – свинцовистая бронза. Слой никеля – барьер, не допускающий диффузию олова в свинец бронзы.

Другим примером являются температурный датчик, представляющий собой биметаллический упругий элемент, один слой которого это сплав инвар 36Н, имеющий низкий коэффициент линейного расширения, а второй – это латунь, бронза или легированная сталь, у которых коэффициент линейного расширения в 20...25 раз больше. Нагрев или охлаждение такого элемента вызывает его перемещение в ту или иную сторону.

2. Дисперсионно-упрочненные композиционные материалы имеют металлическую матрицу, воспринимающую основную часть нагрузки, а равномерно распределенные частицы тормозят движение дислокации. Расстояние между частицами до 1 мкм.

2.1. Композиционные материалы с алюминиевой матрицей представляют собой алюминий, упрочненный частицами  $Al_2O_3$ . Методом порошковой металлургии получают сплавы САП, которые не теряют прочность после нагрева до  $500^\circ C$ . Высокая прочность, сохраняющаяся после длительного нагрева, и высокая механическая износостойкость делают САП идеальным материалом для изготовления поршней ДВС, особенно для дизелей.

2.2. Композиционные материалы с никелевой матрицей имеют никелевую основу, а упрочняющей фазой могут быть частицы диоксида тория ( $ThO_2$ ) или диоксида гафния ( $HfO_2$ ) - сплавы ВДУ-1 и ВДУ-2, соответственно. Используются как жаропрочные материалы при работе до  $1000...1200^\circ C$ .

3.1 Волокнистые композиционные материалы на основе алюминия:

- КАС – армирование алюминия или его сплавов стальной проволокой ( матрица - сплавы АД-1 , АМг6 , волокно - сталь 08Х18Н9Т );

- КАС-1 – армирование САПов проволокой из стали марки 1Х15Н4АМЗ ;

ВКА-1 - система алюминий – бор (до 50% боридных волокон ).

Материалы обладают малым удельным весом в сочетании с высокой прочностью, жесткостью и жаростойкостью.

Волокнистые композиционные материалы ВКТ на основе титана армируют волокнами карбида кремния (SiC), бора, оксидами бериллия и молибдена, что существенно повышает прочность.

Жаропрочные волокнистые композиционные материалы получают, используя в качестве матрицы, жаропрочные никелевые сплавы армированные вольфрамом, рением, волокнами бора. Основное применение в самолетостроении для теплонагруженных деталей двигателей, камер сгорания и т.д.

3.2 . Композиционные материалы на основе полимерной матрицы.

Полимерная матрица может состоять из:

- термореактивных смол (эпоксидные смолы, полиэфирные смолы, фенолформальдегидные и кремнийорганические смолы);
- термопластичных полимеров (полиамиды, поликарбонаты, полисульфоны ).

Полимерная матрица определяет деформационную устойчивость при повышенных температурах, длительную прочность, стабильность характеристик при работе в агрессивных средах, технологию изготовления деталей.

Армирующее волокно может быть следующим:

- стеклянное волокно - тонкие нити диаметром 3...40 мкм и длиной 30...50 м (кварцевые, кремнеземные);
- борное волокно, получаемое из газовой фазы кристаллического бора на вольфрамовую нить диаметром ~12 мкм;
- углеродные волокна – вискоза и полиакрил-нитрил (ПАН);
- органические волокна- полиамиды ПА-6, капрон, нейлон, лавсан;
- нитевидные кристаллы - усы  $Al_2O_3$ , SiC. BeO.  $SiO_2$ .

Армирующее волокно обеспечивает высокую прочность, усталостную прочность и жесткость конструкции.

Конструирование композиционных материалов на основе полимерной матрицы зависит от условий эксплуатации и



включает в себя выбор компонентов, выбор формы наполнителя (волокно, жгут, нить, ткань) и выбор способа его укладки. Наполнитель должен иметь близкий к матрице коэффициент линейного расширения. От схемы укладки волокон зависят свойства композита: материал может быть изотропным или анизотропным( рисунок 4 ).

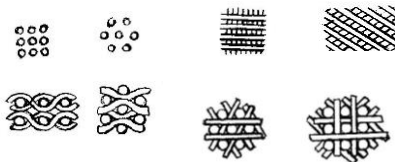


Рисунок 4 - Схема укладки волокон в КМ

Стекловолокниты - полимерная матрица и стеклянное волокно, стеклонити, стекложгуты, стеклоткани различного плетения. Могут быть однонаправленными и перекрестными. Их основное достоинство - высокая механическая прочность, усталостная прочность, коррозионная стойкость и низкая чувствительность к надрезам. Применяются в авто - , самолето- и ракетостроении.

Бороволокниты - полимерная матрица и борное волокно. Имеет высокий предел прочности при растяжении и сжатии, высокий модуль упругости, хорошие полупроводниковые свойства, повышенную тепло - и электропроводимость. К недостаткам бороволокнитов относится трудность механической обработки. Применяют в деталях, где определяющим качеством материала являются удельные значения прочности и жесткости.

Углепластики в качестве наполнителя содержат углеродные волокна. Они имеют низкую плотность, высокий модуль упругости, термостойкость, низкий коэффициент линейного расширения и высокую износостойкость. В автомобилестроении углепластики применяют в качестве каркасных и кузовных элементов, а так же в узлах трения – в подшипниках, дисках тормозов и т.д. Кроме того углепластики применяют при производстве металлопластиковых баллонов для сжатого газа для газобаллонных автомобилей. В этой конструкции угольные волокна, наматываемые на баллон с меньшей толщиной стенки, создают предварительное напряжение сжатия. Тем самым получают снижение материалоемкости при высокой прочности.

Другим примером использования углепластиков является изготовление из них карданных валов, что при определенной ориентации волокон при намотке, дает возможность существенно снизить вес и воспринимать большие крутящие моменты – все это позволяет делать карданные валы значительно большей длины.

Органопластики в качестве наполнителя содержат синтетические волокна. Это самые легкие композиционные материалы. стойкие к ударным циклическим нагрузкам. Они имеют монолитную структуру благодаря химическому взаимодействию матрицы и волокна. Применяются в автомобилестроении в качестве изоляционного и конструкционного материала (обшивка).

### Содержание отчета

Отчет оформляется согласно требованиям. Кроме оформленного заголовка отчет должен содержать:

1. В карте испытаний №9 зарисовать различные структуры композиционных материалов.
2. Для композиционных материалов на основе металлической матрицы привести состав указанных марок.
3. Для композиционных материалов на основе полимерной матрицы указать материалы полимерной матрицы (реактопласты и термопласты), материалы армирующих волокон и области применения четырех видов композитов.
4. На оборотной стороне карты испытаний №9 указать какие свойства определяет полимерная матрица, а какие армирующее волокно. В выводах указывается ориентировочный состав сплава образца на основании полученного графика и графика 1 из приложения.

#### *Контрольные вопросы по теме лабораторной работы*

1. Какие материалы называются композиционными?
2. Как композиционные материалы классифицируются по структуре?
3. Приведите пример слоистого композиционного материала на основе металлов и область его применения.
4. Приведите пример дисперсионно - упрочненного композиционного материала на основе металлов и область его применения.
5. Приведите пример волокнистого композиционного материала на основе металлов и область его применения.
6. Какие материалы используются для полимерной матрицы и для

волокон армирования?

7. Какие свойства определяет полимерная матрица, а какие армирующее волокно?

8. Укажите область применения углепластиков в автомобилестроении.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструкционные материалы: Справочник.-М.: Машиностроение , 1990.- 688с.- (Основы проектирования машин)
2. Лахтин Ю.М. , Леонтьева В.П. Материаловедение.- М.: Машиностроение , 1980.- 493с.
3. Марочник сталей и сплавов.- М.: Машиностроение. 2003.- 784с.
4. Материаловедение.- М.:МГТУ им. Баумана , 2002.-648 с.
5. Материаловедение в схемах- конспектах: Учебное пособие. Ч.2 М.: МГИУ , 2002.-124с.
6. Металлография железа .Том 1. Основы металлографии ( с атласом микрофотографий ). /пер с англ.- М.: Металлургия , 1972 .- 240с.
7. Мещеряков В.М. Технология конструкционных материалов и сварка.- Ростов н/Д : Феникс , 2009 .- 316с.
8. Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению .- М.: Агропромиздат ,1991.-287с.
9. Самохоцкий А.И. , Кунявский М.Н. Лабораторные работы по материаловедению. - М.: Машиностроение .1971.-184 с.
10. Технология конструкционных материалов.- М.: Машиностроение ,2005.-592с.
11. Handbook of Comparative World Steel Standards/ John E. Bringas , editor.- ASTM , 2004.-663p.
12. <http://www.modificator.ru/terms/verm.html>

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Карты испытаний

#### КАРТА ИСПЫТАНИЙ № 6

Лаборатория технологии металлов		Тема : Европейская система обозначения сталей			
Студент		Группа		Дата	
Обозначение сталей по группе 1 части 1 ( DIN EN 10027-1)					
Марка	Вид и назначен ие	Механичес кая характерис тика	Мар ка	Вид и назначен ие	Механичес кая характерис тика
S355J0			B500 N		
P265B			Y177 0C		
L 360 Q B			R088 0 Mn		
E295			H420 M		
Обозначение сталей по группе 2 части 1 ( DIN EN 10027-1)					
Марка	Вид	Химически й состав	Марка	Вид	Химически й состав
C35E4			X5CrNi 18-10		
28Mn6			HS 2-9- 1-8		
Обозначение сталей с помощью порядковых номеров по части 2 (DIN EN 10027-2)					
Вид	Назначение			Порядковые номера	
Нелегированные	Обыкновенного качества				

	Качественные	
	Высококачественные	
	Инструментальные нелегированные	
Легированные	Инструментальные легированные	
	Быстрорежущие	
	Износостойкие	
	Подшипниковые	
	Материалы со специальными свойствами	
	Коррозионно-стойкие	
	Жаропрочные и жаростойкие	
	Высококачественные легированные конструкционные	
	Свариваемые                      высокого качества	

КАРТА ИСПЫТАНИЙ №7

Лаборатория технологии металлов и сварки	ТЕМА : Обозначение сталей в американских стандартах	
Студент	Группа	Дата
Обозначение углеродистых и легированных сталей по AISI		
Марка	Вид стали	Химический состав
1045		

4032					
8625					
51B60					
Обозначение коррозионно-стойких сталей по AISI					
Марка	Класс стали	Химический состав	Марка	Класс стали	Химический состав
304			410		
304L			410S		
304H			410F		
Обозначение сталей по ASTM					
Марка		Описание марки			
A516/A516M-03Grade70					
A351 Grade CF8M					
A269 GradeTP304					
A216 Type304L					
Обозначение сталей по UNS					
Марка	Вид стали			Количество углерода	
G10450					
G40320					
G51601					
G15484					
S30400					
S30401					
S30409					

## КАРТА ИСПЫТАНИЙ №8

Марка	Структура металлич. основы	Форма графита	Механические характеристики				Область применения
			бВ	б0,2	δ	НВ	
			МПа		%		
СЧ 15							
СЧ 35							
ВЧ 45							
ВЧ 80							
ЧВГ30							
ЧВГ45							
КЧ50-5							

## КАРТА ИСПЫТАНИЙ № 9

Лаборатория технологии металлов и сварки	Тема : КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	
Студент	Группа	Дата
Слоистые КМ	Дисперсионно- упрочненные КМ	
Композиционные материалы на основе металлической матрицы	Композиционные материалы на основе полимерной матрицы	
Слоистые КМ	ПОЛИМЕРНАЯ МАТРИЦА	
	Реактопласты	
Дисперсионно- упрочненные КМ	Термопласты	



1. САП -	
	АРМИРУЮЩЕЕ ВОЛОКНО
2.ВДУ - 1	
3.ВДУ - 2	
	СТЕКЛОВЛОКНИТЫ
Волокнистые КМ	
КАС-	
	БОРОВОЛОКНИТЫ
КАС - 1	
	УГЛЕПЛАСТИКИ
ВКТ -	
	ОРГАНОПЛАСТИКИ