



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

Ю.Н. Безбородов, Р.Н. Галияхметов, И.А. Чалкин

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ

Учебное
пособие

УМО

ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
МАШИН И КОМПЛЕКСОВ**

**Илья Алексеевич Чалкин
Юрий Николаевич Безбородов
Равиль Нургаянович Галиахметов
Лабораторный практикум
по материаловедению**

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=40131240

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ:

ISBN 978-5-7638-3359-1

Аннотация

Представлены лабораторные работы по изучению структурных компонентов сплавов и металлов. Приведены примеры расчетов свойств сталей и чугунов. Предназначено для студентов технических специальностей, а также научных работников, ведущих исследования в области материаловедения.

Содержание

Условные обозначения и сокращения	4
Введение	10
Нормы и стандарты	12
Конец ознакомительного фрагмента.	36

**Ю.Н. Безбородов, Р.Н.
Галияхметов, И.А. Чалкин**
ЛАБОРАТОРНЫЙ
ПРАКТИКУМ ПО
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ

**Условные обозначения
и сокращения**

δ_B – временное сопротивление (предел прочности при разрыве)

δ_B° – предел прочности при сжатии

$\delta_{и}$ – предел прочности при изгибе

$\tau_{пч}$ – предел прочности при кручении

δ_x – предел текучести физический (нижний предел текучести)

$\delta 0,05$ – условный предел упругости с допуском на остаточную деформацию 0,05 %

$\delta 0,2$ – предел текучести условный с допуском на величину пластической деформации при нагружении 0,2 %

δ_p – относительное равномерное удлинение

δ – относительное удлинение после разрыва

ψ – относительное сужение после разрыва

KCU – ударная вязкость, определенная на образцах с концентратором вида U

KCV – ударная вязкость, определенная на образцах с концентратором вида V

T_k – критическая температура хрупкости

HB – твёрдость по Бринеллю

d10 – диаметр отпечатка по Бринеллю при диаметре шарика 10 мм и испытательной нагрузке 2943 Н

HRA – твёрдость по Роквеллу (шкала А, конусный наконечник с общей нагрузкой 588,4 Н)

HRB – твёрдость по Роквеллу (шкала В, сферический наконечник с общей нагрузкой 980,7 Н)

HRC – твёрдость по Роквеллу (шкала С, конусный наконечник с общей нагрузкой 1471 Н)

HV – твёрдость по Виккерсу при нагрузке 294,2 Н и времени выдержки от 10 до 15 с

HSD – твёрдость по Шору

T_a – заданный ресурс

$\delta'_{дп}, T_{\varepsilon}$ – условный предел длительной прочности (величина напряжений, вызывающая разрушение при температуре и заданном ресурсе)

$\delta-1$ – предел выносливости при симметричном цикле (растяжение – сжатие)

$\tau-1$ – предел выносливости при симметричном цикле (кручение)

δ_a – наибольшее положительное значение переменной составляющей цикла напряжений

$\Delta\varepsilon$ – размах упруго-пластической деформации цикла при испытании на термическую усталость

N – число циклов напряжений или деформаций, выдержанных нагруженным объектом до образования усталостной трещины определённой протяжённости или до усталостного разрушения

δ_0 – начальное нормальное напряжение при релаксации

δ_x – остаточное нормальное напряжение при релаксации

K_c – коэффициент интенсивности напряжений

A_{c1} – температура начала превращения при нагреве (нижняя критическая точка)

A_{c3} – температура конца превращения при нагреве (верхняя критическая точка)

A_n – температура конца превращения при охлаждении (нижняя критическая точка)

A_{r3} – температура начала превращения при охлаждении (верхняя критическая точка)

M_H – температура начала мартенситного превращения

M_K – температура конца мартенситного превращения

G – модуль сдвига

ν – коэффициент Пуассона

γ – плотность

C – удельная теплоёмкость

λ – теплопроводность

α – коэффициент линейного расширения

H – напряженность магнитного поля

μ – магнитная проницаемость

B – магнитная индукция

B_s – индукция насыщения

ΔB – разброс магнитной индукции вдоль и поперек направления прокатки

R_B – удельные магнитные потери

H_c – коэрцитивная сила

ρ – удельное электросопротивление

K_p – красностойкость

$t_{лик}$ – температура полного расплавления металла

$t_{сол}$ – температура начала плавления металла

d_0 – начальный диаметр образца

l_0 – длина расчётной части образца

V – скорость деформирования образца

$\dot{\epsilon}$ – скорость деформации образца

d – толщина оправки при испытании листов на изгиб

S – толщина стенки

Cl' – хлор-ион

F' – фтор-ион

Σ – коэффициент износостойкости при абразивном изно-

се

Σ_{Γ} – коэффициент износостойкости при гидроабразивном износе

v – скорость резания

K_v – коэффициент относительной обрабатываемости

T – время

t – температура

$t_{\text{отп}}$ – температура отпуска

$t_{\text{исп}}$ – температура испытания

АЭУ – атомная энергетическая установка

АЭС – атомная энергетическая станция

ТЭС – тепловая электростанция

ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор

ВТГР – высокотемпературный гелиево- охлаждаемый реактор

ГТЭ – газотурбинные энергетические установки

ГТН – газотурбинный насос

ВДП – вакуумнодуговой переплав

ЭШП – электрошлаковый переплав

ЭТС – электротехнические стали

ТРС – транспортные стали

ТВЧ – ток высокой частоты

ТПЧ – ток промышленной частоты

КП – категория прочности

КР – коррозионное растрескивание

ПК – питтинговая коррозия

PI – питтинговый индекс

МКК – межкристаллитная коррозия

AM, АМУ, ВУ, ДУ – условные обозначения методов определения стойкости к межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6032–89

Гелий ВЧ – гелий высокочистый

НД – нормативная документация

ГСССД – государственная служба стандартных справочных данных

ГОСТ – государственный стандарт

ОСТ – отраслевой стандарт

ТУ – технические условия

РТМ – руководящие технические материалы

ДЦ – данные НИИТМАШ

АДБ – автоматизированный банк данных.

Введение

Материаловедением называют науку, изучающую взаимосвязь между составом, строением и свойствами материалов.

Развитие материаловедения необходимо для решения важнейших технических проблем, связанных с экономией материалов, уменьшением массы машин и приборов, повышением точности, надежности и работоспособности механизмов и приборов.

Теоретической основой материаловедения являются соответствующие разделы физики и химии, однако наука о материалах в основном развивается экспериментальным путем. Поэтому разработка новых методов исследования строения (структуры) и физико-механических свойств материалов способствует дальнейшему развитию материаловедения.

Курс «Материаловедение» включает две самостоятельные части:

- 1) металловедение и термическая обработка металлов;
- 2) неметаллические материалы (полимеры, керамика, стекло, резина, древесина и т. д).

В книге приведены лабораторные работы по курсу «Материаловедение» для студентов машиностроительных специальностей.

Цель практикума – научить будущих специалистов лучше ориентироваться в выборе материалов для деталей машин и

конструкций.

Нормы и стандарты

Стандартом называется документ, в котором устанавливаются характеристики продукции, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, выполнения работ. Работа по стандартизации проходит на различных уровнях. Это в основном международные организации по стандартизации, например ASTM (Американское общество по испытанию и материалам), AFNOR (Французская ассоциация по стандартизации), DIN-норма (Немецкий институт стандартизации). Следует различать стандарты качества, испытаний и понятий.

Стандарты качества. С помощью стандартов качества обеспечиваются одинаковые свойства материалов независимо от времени и места их изготовления. Большая часть работы по стандартизации осуществляется специально основанными международными и национальными организациями. Наряду с этим нормы качества устанавливают научно-технические объединения, экономические организации, а также учреждения (ведомства). Эти нормы называются предписаниями, директивами или бюллетенями. Заводские стандарты и согласования между изготовителем и потребителем имеют цель специфицировать определенные свойства.

Обозначение материалов цифрами и буквами. Обозначение стали (деформируемые сплавы железа), а также материалов из чугунного литья происходит в основном по

правилам бюллетеня стандартов DIN 17006. Подобное обозначение материала включает данные об изготовлении (вид плавки, особые свойства), химическом составе и обработке (гарантийный объем, состояние обработки и достигаемая прочность). Обозначение цветных металлов осуществляется по правилам бюллетеня стандартов DIN 1700.

Обозначение стали. Подразделение сталей может происходить по степени их чистоты, а также цели применения. По степени чистоты различаются сталь для профилей широкого применения, качественные и высококачественные (специальные) стали.

Качественные и высококачественные стали подвергаются, как правило, термообработке (закалка, дисперсионное твердение), направленной на получение определенных значений прочности. Высококачественная сталь отличается от качественной стали дополнительными признаками качества (меньшее содержание серы и фосфора).

По цели применения стали делятся на конструкционные и инструментальные. Конструкционная сталь, в свою очередь, подразделяется на общую конструкционную, для термообработки, а также автоматную, рессорно-пружинную, клапанную, подшипниковую, для болтов, коррозионно-стойкую, нестареющую, листовую (для глубокой вытяжки, окантовки, пробивки) и т. д. Инструментальная сталь подразделяется на нелегированную, легированную, высоколегированную инструментальную сталь, инструментальную сталь для обра-

ботки резанием и давлением, жаропрочную, быстротвердеющую и твердые сплавы.

Обозначение сталей происходит по трем главным группам: нелегированная, легированная и высоколегированная сталь.

Нелегированные стали. К нелегированным сталям относятся все виды сталей, у которых содержание примесей не превышает следующие установленные максимальные границы, %:

Al 0,10

Cr 0,25

Cu 0,25

Mn 0,80

Ni 0,25

P 0,09

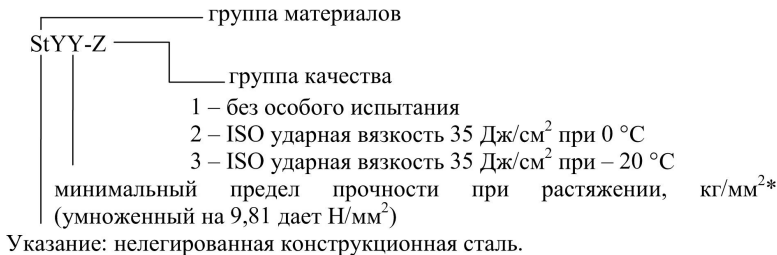
S 0,06

Si 0,50

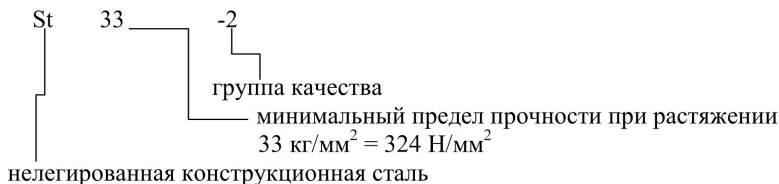
Ti 0,10

Нелегированная конструкционная сталь (конструкционная сталь профилей широкого применения). Конструкционные стали подразделяются по наименьшему пределу прочности при растяжении.

Обозначение



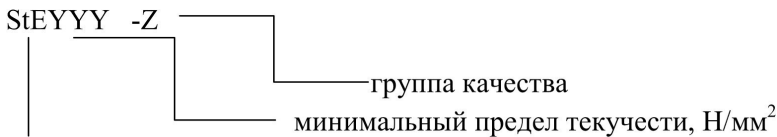
Пример



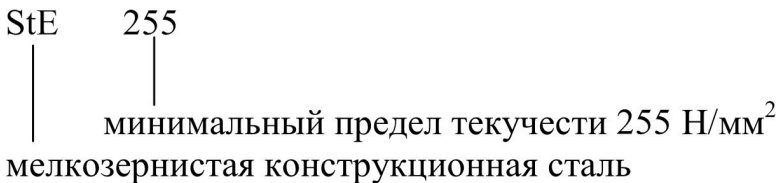
У мелкозернистых сталей подразделение происходит по минимальному пределу текучести. Характеристика мелкозернистых сталей происходит путем вставки буквы "Е" после сокращения St.

Обозначение

группа материала



Указание: мелкозернистая конструкционная сталь.



Сталь для специальных целей, например сталь для динамомашин и для трансформаторов, термобиметаллы (ТВ), сплавы для постоянных магнитов и материалы для реле (*R*) маркируются специально.

Нелегированная качественная сталь. Нелегированные качественные стали отличаются особыми свойствами, например способностью к глубокой вытяжке, пригодностью к обработке на автоматах или нечувствительностью к хрупкому излому.

Обозначение

группа материала

CXX — содержание углерода, % • 100

Указание: нелегированная качественная сталь.

Обозначение

CXX WZ — классы качества
(1-е качество) для инструментов для обработки со снятием стружки;
(2-е качество) для простых режущих и прессовых инструментов;
(3-е качество) для резцов и молотков S (специальные цели) для ножей, топоров и т. д.

условный знак — инструментальная сталь
содержание углерода, %•100
нелегированная качественная сталь

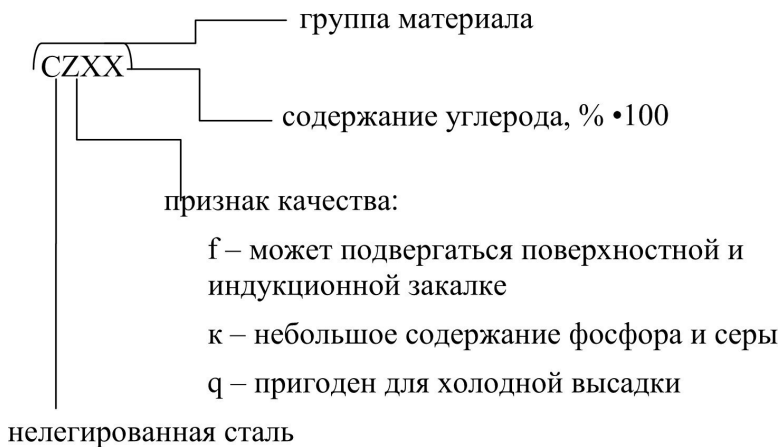
Пример

C80W1

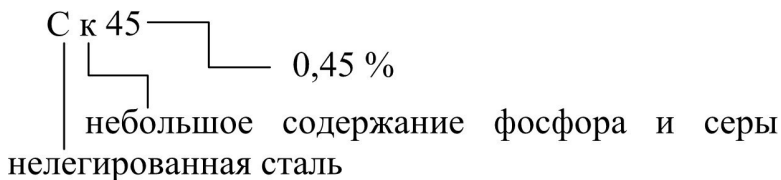
Для областей специального использования существуют характеристики, отличающиеся от систематики. Для проволоки заменяется, например, С на D, листы для котлов будут обозначаться от НI до НIV.

Нелегированная высококачественная сталь. Эти виды стали отличаются по сравнению с качественной сталью более высокой чистотой. Особые признаки качества выражаются маленькими буквами после знака С.

Обозначение

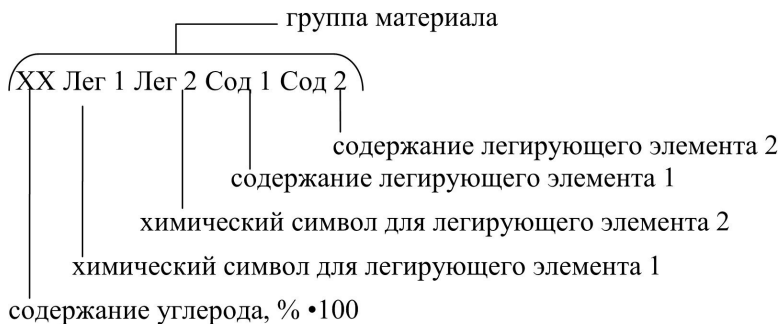


Пример



Легированная сталь. Легированной сталью называется сталь, у которой общее содержание легирующих элементов составляет $< 5 \%$.

Обозначение



Химический символ для углерода отпадает. Химические символы приведенных легирующих элементов расположены в последовательности их содержания (при одинаковом содержании в алфавитном порядке). Для обозначения стали приведены только элементы и нумерация, которые необходимы для определенной характеристики и отличия от других видов стали. Соответствующая последующая цифра о содержании легирующих элементов относится к соответствующему легирующему элементу. Если отсутствует данное число (цифра), то содержание легирующего элемента незначительно. Для определения содержания легирующих элементов в процентах (по массе) цифра умножается на определенный коэффициент:

Co,	Cr,	Mo,	Ni,	Si,					
W								1/4
Al,	Be,	Cu,	Mo,	Nb,	Ta,	Ti,	V,	Zr,	

Pb..... 1/10
P, S, N, C,
Se.....
1/100

Пример

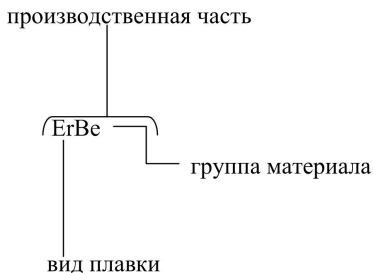
42 CrMo 4

небольшая добавка Mo (следы)
 $Cr: = 4 \times 1/4 = 1 \%$
легирующий элемент 2:Mo
легирующий элемент 1:Cr
 $C: 42 \times 1/100 = 0,42 \%$

Высоколегированная сталь. Высоколегированной сталью называется сталь, у которой общее содержание легирующих элементов составляет $> 5\%$.

Характеристика происходит аналогично характеристике легированной стали за исключением того, что, кроме углерода, указываются все легирующие элементы с их фактическим содержанием. Чтобы избежать ошибки, перед характеристикой стоит знак X.

Примеры



Производственная часть может содержать данные о видах плавки, а также возникающих при этом свойствах. При современном производстве стали практически учитывается только еще способ продувки кислородом и производство в электропечи (преимущественно в электродуговой печи). Сталь, изготовленная продувкой кислородом сверху (*LD*-способ) и сквозной продувкой кислородом (*ОВМ*-способ), соответствует *SM*-качеству с обозначением *M*. Особые обозначения стали применяются еще только для электростали (*E*) и стали, выплавленной в вакуумной печи (*V*) (табл. 1). Ради полноты упомянем дополнительные обозначения, содержащиеся еще в стандарте, хотя они частично очень устарели, например пудлинговая и сварочная стали, которые практически не применяются с прошлого века.

Таблица 1
Группы материалов

Условное обозначение	Расшифровка	Условное обозначение	Расшифровка
B	Бессемеровская сталь	A	Нестареющая
E	Электросталь	f	Может подвергаться поверхностной индукционной закалке
F	Отражательная печь	G	Повышенное содержание фосфора и серы
I :E	Сталь (индукционная)	HR	Полуспокойная
LE:E	Сталь (электродуговая)	Kk	Небольшое содержание фосфора и серы
M	Мартеновская сталь	L	Стойкая к действию щелочей

Условное обозначение	Расшифровка	Условное обозначение	Расшифровка
PP	Пудлинговая сталь	m	Гарантированное содержание серы
Ss	Сварочная сталь		
T	Томасовская сталь	P	Может свариваться давлением
Ti	Тигельная сталь	Qq	Особенно пригодна для холодной штамповки
V	Вакуумная сталь	R	Спокойная
W	Конвертерная сталь	Ro	Пригодна для изготовления труб
Свойственные знаки		RR	Особо спокойная
B – основной	Y – кислый	S	Пригодна для сварки плавлением
		U	Кипящая
		W	Жаропрочная
		TT	Вязкая в холодном состоянии
		WT	Стойкая к атмосферным влияниям
		Z	Способная к вытяжке

Часть по обработке включает гарантийный объем, обеспечиваемый изготовителем, состояние обработки, а также достигнутое при этом прочность (табл. 2). Если при этом

должна быть указана минимальная величина прочности без указания определенного состояния обработки, то перед прочностью ставится буква *F*.

Таблица 2

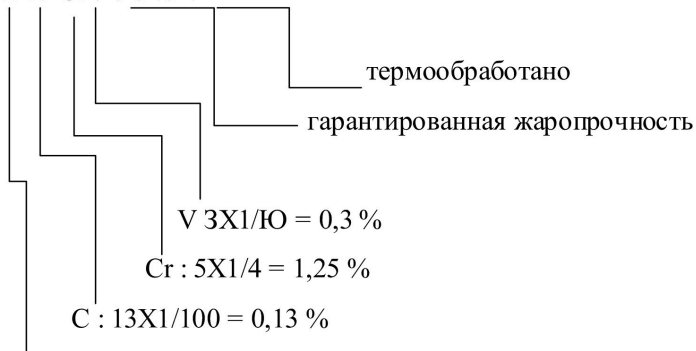
Группы материалов

Свойство материала	Условное обозначение	Операция
Предел текучести	A	Подвергнут отпуску
Испытание на изгиб или на обжатие	As	Подвергнут закалке
Ударная вязкость	B	Подвергнут обработке для улучшения обработки резанием
1 + 2	E	Подвергнут начальной закалке
2 + 3		
1 + 3	F	Отшлифован
1 + 2 + 3	G	Подвергнут неполному отжигу
Жаропрочность или предел усталости	H	Подвергнут твердению закалке

Электрические или магнитные свойства	<p>NF – поверхностная закалка газовым нагревом</p> <p>NI – поверхностная индукционная закалка</p> <p>K – деформирован в холодном состоянии</p> <p>KBK – гладкотянутый</p> <p>N – нормализованный</p> <p>NT – азотированный</p> <p>P – полирован раскаткой</p> <p>S – подвергнут отжигу с малой концентрацией напряжений</p> <p>SH – обточенный (катаный и круглый кованный профиль)</p> <p>U – необработанный</p> <p>V – подвергнут термообработке</p> <p>Z – подвергнут вязкому отжигу</p>
--------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

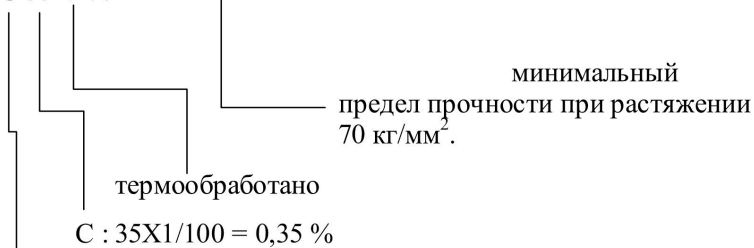
Примеры

E 13 CrV 5 3 .8 V

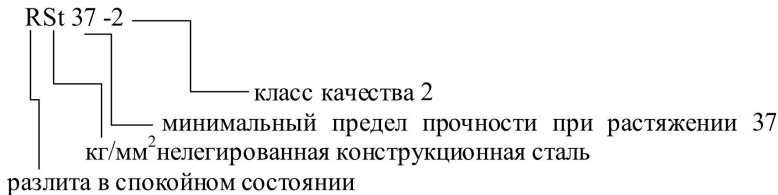


электросталь общего типа

C 35 V 70



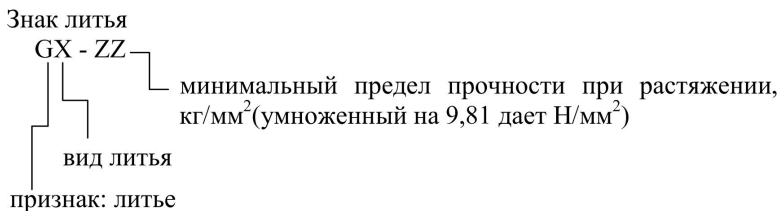
нелегированная, качественная сталь



Обозначение материалов из чугунного литья. У материалов из чугунного литья характеристика осуществляется знаком литья *G*, который, как правило, связан с данными о виде литья. Простой знак *G* применяется только в особых случаях (например, при магнитных сплавах, высоколегированных материалах и т. д.). Все остальные данные нанесены на литейный знак с помощью черточка.

Чугун, ковкий чугун и стальное литье характеризуются минимальным пределом прочности при растяжении.

Обозначение



Знаки литья:

G : отливка

GG : серый чугун с шаровидным графитом

GGL : чугун с пластинчатым графитом

GH : отбеленный чугун

GS : стальное литье

GT : ковкий чугун (общий тип)

GTS : черный ковкий чугун

GTW: белый ковкий чугун

Дополнительные данные: К – кокильное литье (GGK), Z

– центробежное литье (GGZ).

У отбеленного литья цифры от 0 до 50 за знаком литья GH обозначают толщину твердого внешнего слоя в миллиметрах, а цифры от 51 до 90 склероскопическую твердость по Шору. У жаропрочного стального литья за знаком литья следует указание состава как у стали.

Примеры

GS — 60

| минимальный предел прочности при растяжении 60
кг/мм² стальное литье

GS 22

4

Mo : $4 \times 1 / 100 = 0,4 \%$

C : $22 \times 1 / 100 = 0,22 \%$

стальное литье

GH-40

толщина внешнего слоя 40 мм

отбеленный чугун

GS-E 55 Cr 6G

с неполным отжигом

Cr : $6 \times 1 / 4 = 1,5 \%$

C : $55 \times 1 / 100 = 0,55 \%$

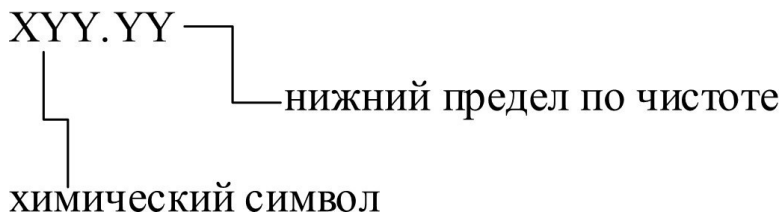
отливка из электростали

Обозначение цветных металлов. Цветными металлами называются все чистые металлы за исключением железа, а также все сплавы, в которых имеется железо не в качестве элемента с наибольшим отдельным содержанием. Цветные металлы с плотностью $> 4,5 \text{ г/см}^3$ причисляются к тяжелым металлам, цветные металлы с плотностью $< 4,5 \text{ г/см}^3$ – к легким металлам.

Чистые металлы обозначаются своими краткими симво-

лами и по нижнему пределу, и по чистоте.

Обозначение



Соответственно степени чистоты у цветных металлов маркировка может происходить в первичном металле (буква Н), чистом металле (нет маркировки) и в самом чистом металле (буква R). Маркировочные буквы иногда ставятся впереди (Mg, Ni), иногда позади (A1).

Для металлов Си и Ti правила следующие: у титана цифры от 1 до 6 присоединяются к химическому символу без штриха (дефиса) (например, Ti 1), причем цифра 1 «чище», чем цифра 6. У меди степень чистоты обозначается буквой от А до F, расположенной через дефис перед химическим символом (например, F–Си), причем F «чище», чем А. У электролитной меди (E–Си) имеет решающее значение лишь электропроводность [E–Си– 58; электропроводность в мягком состоянии, по крайней мере, 58,0 м/(Ом • мм²)]. Бескислородная медь обозначается с помощью предшествующего О (без раскислителя) или S [раскисленная фосфором (SW–

Си: низкое остаточное содержание фосфора; SF–Си: высокое остаточное содержание фосфора)]. Катодная медь обозначается KE–Cu.

Примеры:

Zn99

цинк

99

нижний предел по чистоте 99,99 %

SF – Cu

медь

без кислорода с высоким содержанием фосфора (P)
(степень чистоты 99,90 %)

H – Mg 99,95

металлургический магний
степень чистоты 99,95 %

Сплавы цветных металлов. У сплавов цветных металлов обозначение происходит по металлу с наивысшей долей сплавов (основной металл) с добавлением литейного сплава

или деформируемого сплава (легко поддающегося холодной обработке давлением).

Исключение составляет медь, здесь обозначение происходит по основному материалу и одному или двум легирующим металлам.

Обозначение

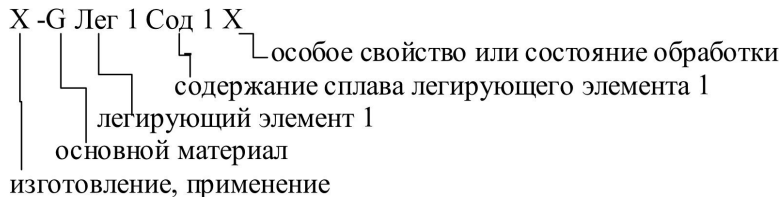


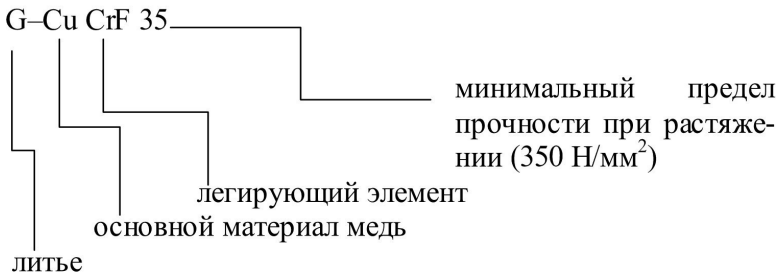
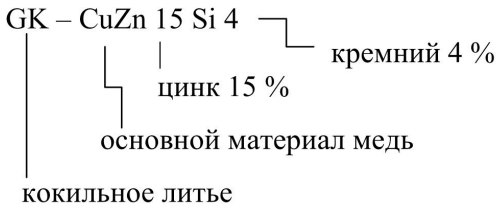
Таблица 3

Группы материалов

Условное обозначение	Расшифровка	Условное обозначение	Расшифровка
E	Гарантированная проводимость	a	Подвергнут дисперсионному твердению
G	Отливка	F	Минимальный предел прочности при растяжении
GB	Литая заготовка для цельнокатаных колес	q	
GBD	Заготовка для литья под давлением	ka	Подвергнут холодному дисперсионному твердению
GC	Непрерывная разливка	kf	Мелкозернистый м/(Ом • мм ²)
GD	Литье под давлением	L	Электропроводность
GK	Кокильное литье		
G1	Металл для подшипников скольжения		
GZ	Центробежное литье	Sr	Легирован стронцием
L	1) Лот (показатель чистоты серебра) 2) Припой	ta	Частично подвергнут дисперсионному твердению
		w	Мягкий
LG	Подшипниковый металл-сплав	wh	Прокатанный
V	Лигатура, промежуточный сплав	zh	Волооченый, тянутый
VR	Лигатура высокой чистоты		

У большинства металлических сплавов химический символ основного металла чаще всего не имеет указания на процентное содержание, за ним следуют химические символы легирующих добавок. Составные части сплава указываются с полным процентным содержанием. У деформируемых сплавов отпадают буквенные обозначения для изготовления и применения.

Примеры

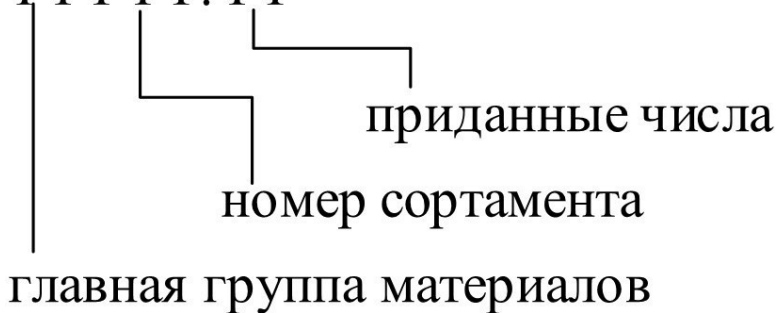


Стандартизация материалов с помощью номеров.

Металлические материалы обозначаются семизначными числами и благодаря этому четко определяются. Охватываются все группы (а также неметаллические) материалов.

Обозначение

УУУУУУ.УУ



Главная группа материалов. Главная группа материалов разделяется на отдельные группы материалов от 0 до 9.

Железо и сталь

0: тяжелые металлы (кроме железа)
1: легкие металлы

Цветные металлы

2: тяжелые металлы кроме железа
3: легкие металлы

Неметаллические материалы

4
5
6
7
8

Внутреннее использование { 9 : например, опытные сплавы.

Номер сортамента. У сортаментного номера речь идет о четырехзначном числе, у которого первые две цифры при главной группе материалов от 0 до 1 поясняют материал определенных сортовых классов. Последние две цифры являются чистыми числовыми номерами. У цветных сплавов деление происходит по основным металлам.

0,0000 – 0,2999 чугуны

0,3000 – 0,4999 лигатуры (промежуточные сплавы)

0,5000 – 0,5999 запас, резерв

0,6000 – 0,6999 GGL (чугун с пластинчатым графитом)

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.