СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

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

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ

Условные обозначения и сокращения

$\delta_в$ – временное сопротивление (предел прочности при разрыве)

$\delta_в^\circ$ – предел прочности при сжатии

$\delta_и$ – предел прочности при изгибе

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

$\delta_х$ – предел текучести физический (нижний предел текучести)

δ 0,05 – условный предел упругости с допуском на остаточную деформацию 0,05 %

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

$\delta_р$ – 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

$T_к$ – 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

$T_а$– заданный ресурс

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

δ-1 – предел выносливости при симметричном цикле (растяжение – сжатие)

τ-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

Ac_1 – температура начала превращения при нагреве (нижняя критическая точка)

Ac_3 – температура конца превращения при нагреве (верхняя критическая точка)

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

Ar_3 – температура начала превращения при охлаждении (верхняя критическая точка)

$M_н$ – температура начала мартенситного превращения

$M_к$ – температура конца мартенситного превращения

G – модуль сдвига

v – 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

P_B – удельные магнитные потери

H_c – коэрцитивная сила

p – 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

$\acute{\varepsilon}$ – 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

$\Sigma_г$ – коэффициент износостойкости при гидроабразивном износе

v – скорость резания

K_v– коэффициент относительной обрабатываемости

Т – время

t – температура

$t_{отп}$ – температура отпуска

$t_{исп}$ – 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

АМ, 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 – автоматизированый 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.

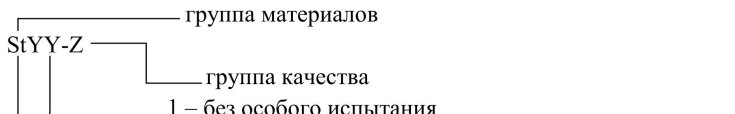
Обозначение сталей происходит по трем главным группам: нелегированная, легированная и высоколегированная сталь.

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

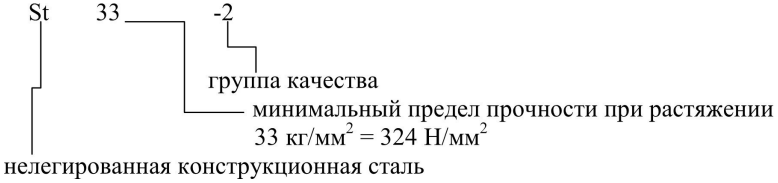
Нелегированная конструкционная сталь (конструкционная сталь профилей широкого применения). Конструкционные стали подразделяются по наименьшему пределу прочности при растяжении.

Обозначение



Указание: нелегированная конструкционная сталь.

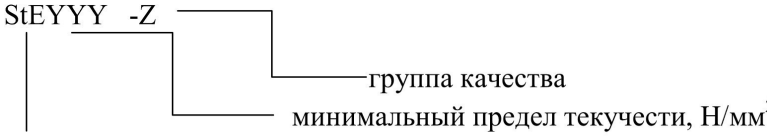
Пример



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

Обозначение

группа материала



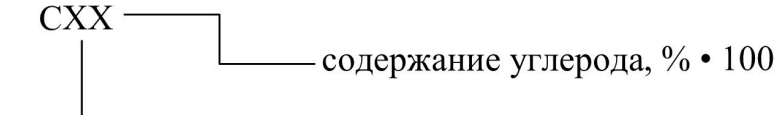
Указание: мелкозернистая конструкционная сталь.

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

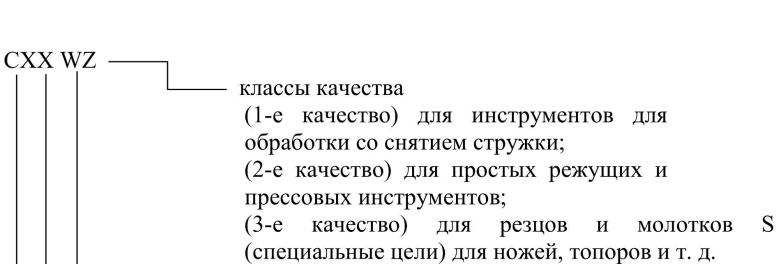
Нелегированная качественная сталь. Нелегированные качественные стали отличаются особыми свойствами, например способностью к глубокой вытяжке, пригодностью к обработке на автоматах или нечувствительностью к хрупкому излому.

Обозначение

группа материала



Обозначение



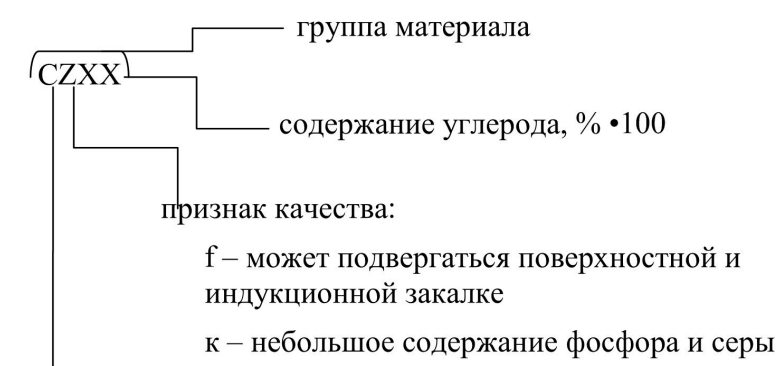
Пример

C80W1

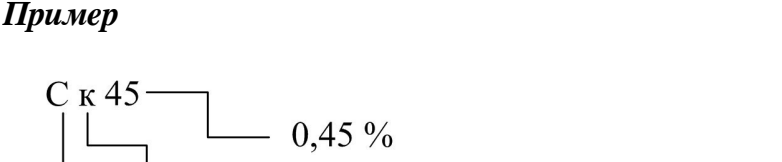
Для областей специального использования существуют характеристики, отличающиеся от систематики. Для проволоки заменяется, например, C на D, листы для котлов будут обозначаться от HI до HIV.

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

Обозначение

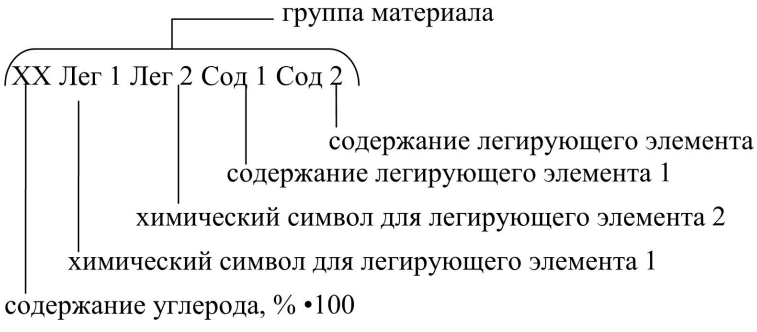


Пример



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:

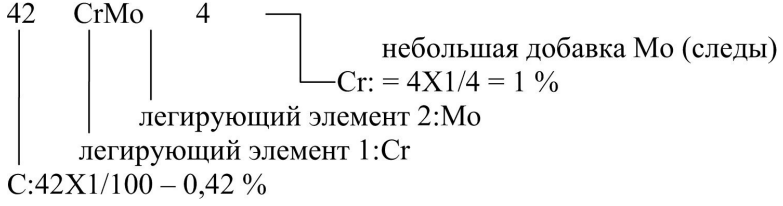
Co, Cr, Mo, Ni, Si, W 1/4

Al, Be, Cu, Mo, Nb, Ta, Ti, V, Zr,

Pb..... 1/10

P, S, N, C, Ce..... 1/100

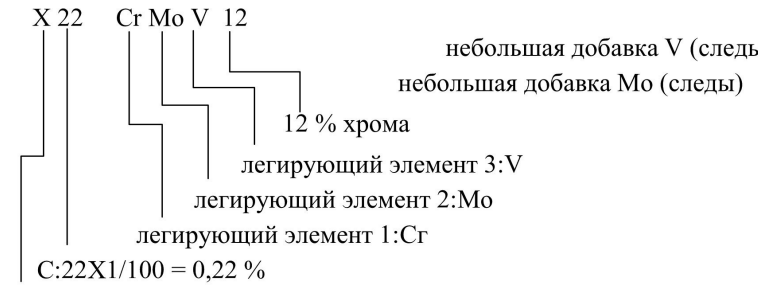
Пример



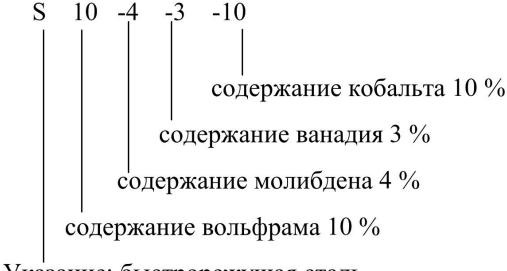
Высоколегированная сталь. Высоколегированной сталью называется сталь, у которой общее содержание легирующих элементов составляет > 5%.

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



Указание: высоколегированная сталь.



Указание: быстрорежущая сталь.

Дополнительные характеристики стали.

Данным о химическом составе и прочности может предшествовать производственная часть и затем следовать часть по обработке.

Обозначение

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 (*OBM*-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 достигнутую 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*.

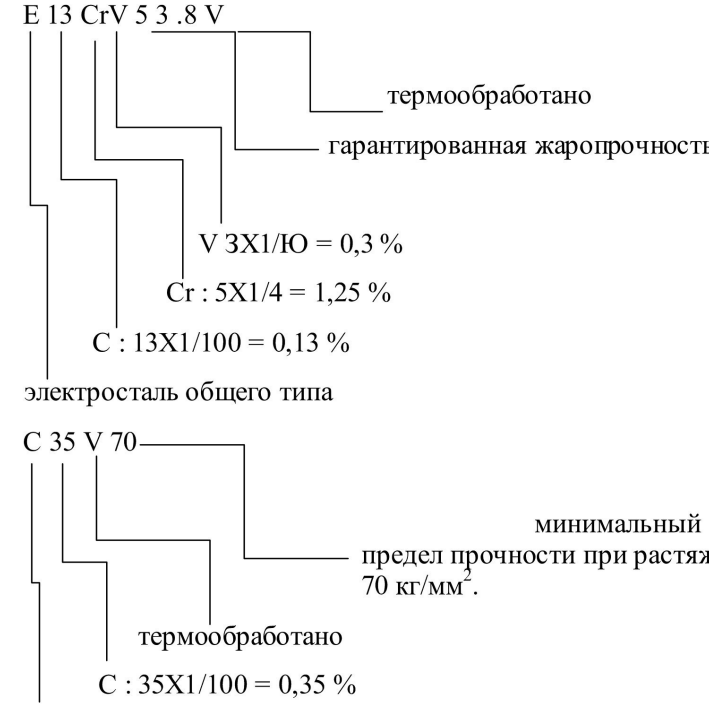
Таблица 2

Группы материалов

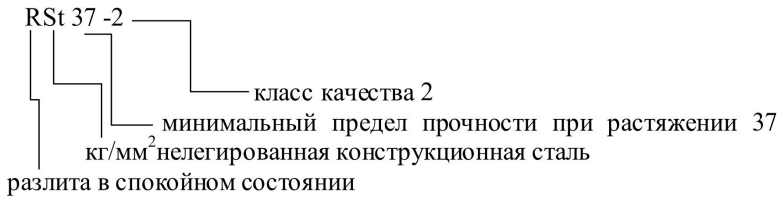
Свойство материала	Условное обозначение	Операция
Предел текучести	A	Подвергнут отпуску
Испытание на изгиб или на обжатие	As	Подвергнут закалке
Ударная вязкость	B	Подвергнут обработке для улучшения обрабатки резанием
1 + 2	E	Подвергнут начальной закалке
2 + 3		
1 + 3	F	Отшлифован
1 + 2 + 3	G	Подвергнут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

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

Примеры


E 13 CrV 5 3 .8 V
термообработано
гарантированная жаропрочность
V ЗХ1/Ю = 0,3 %
Cr : 5Х1/4 = 1,25 %
C : 13Х1/100 = 0,13 %
электросталь общего типа

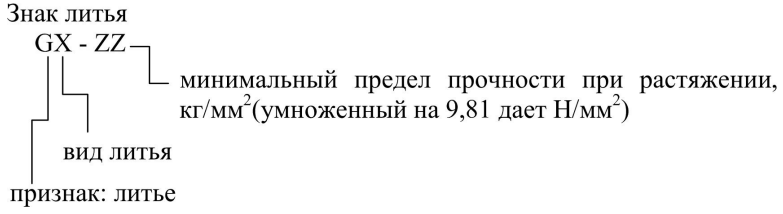
C 35 V 70
минимальный
предел прочности при растяжении
70 кг/мм2.
термообработано
C : 35Х1/100 = 0,35 %
нелегированная, качественная сталь



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 черточки.

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: K – 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/мм^2 стальное литье

GS 22 4

Mo : 4X1/Ю = 0,4 %

C:22X1/100 = 0,22 %

стальное литье

GH-40

толщина внешнего слоя 40 мм

отбеленный чугун

GS-E 55 Cr 6G

с неполным отжигом

Cr : 6X1/4 = 1,5 %

C : 55X1/100 = 0,55 %

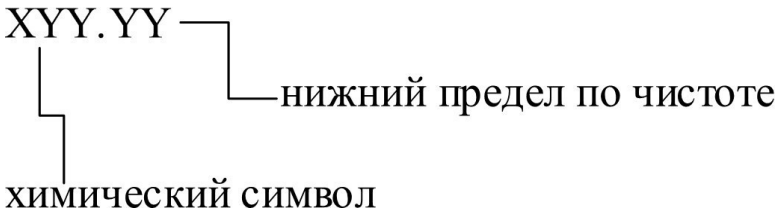
отливка из электростали

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 г/см^3 причисляются к тяжелым металлам, цветные металлы с плотностью < 4,5г/см^3 – к легким металлам.

Чистые металлы обозначаются своими краткими симво-

лами и по нижнему пределу, и по чистоте.

Обозначение

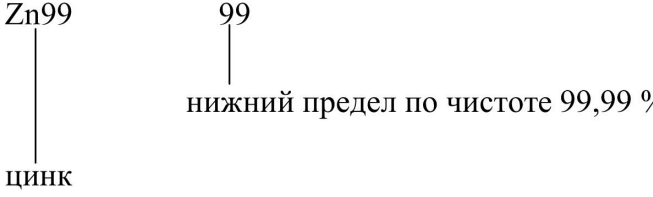


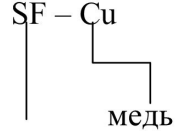
Соответственно степени чистоты у цветных металлов маркировка может происходить в первичном металле (буква Н), чистом металле (нет маркировки) и в самом чистом металле (буква R). Маркировочные буквы иногда ставятся впереди (Mg, Ni), иногда позади (A1).

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 (Е–Си) имеет решающее значение лишь электропроводность [Е–Си– 58; электропроводность в мягком состоянии, по крайней мере, 58,0 м/(Ом • мм^2)]. Бескислородная медь обозначается с помощью предшествующего О (без раскислителя) или S [раскисленная фосфором (SW–

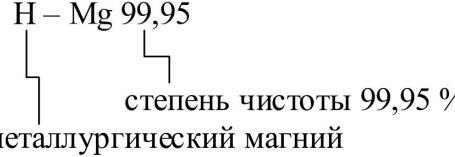
Cu: низкое остаточное содержание фосфора; SF–Cu: высокое остаточное содержание фосфора)]. Катодная медь обозначается KE–Cu.

Примеры:





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



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

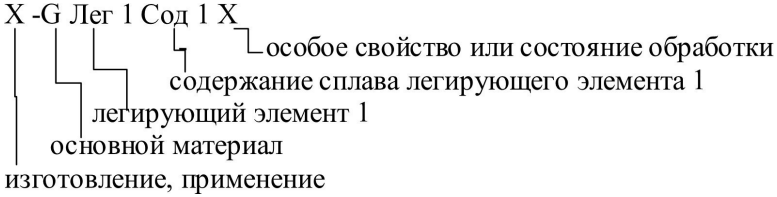


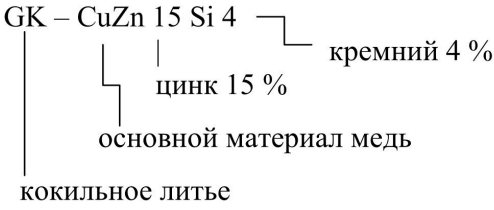
Таблица 3

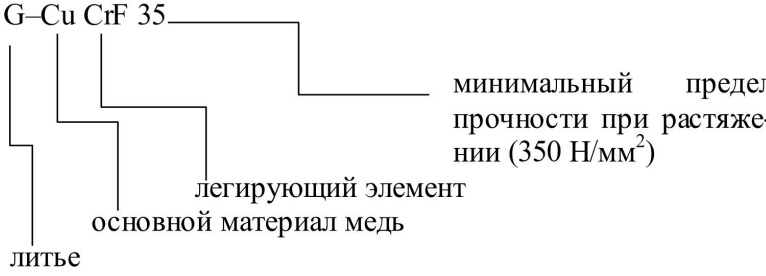
Группы материалов

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	Подвергнут отжигу
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	Na	Обработан натрием
		P	Обработан фосфором
GZ	Центробежное литье	Sr	Легирован стронцием
L	1) Лот (показатель чистоты серебра) 2) Припой	ta	Частично под ввергнут дисперсионному твердению
		w	Мягкий
LG	Подшипниковый металл, сплав	wh	Прокатанный
V	Лигатура, промежуточный сплав	zh	Волоченый, 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

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 чугун

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.