

**В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А.
Вяткин**

Марочник сталей и сплавов

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 030
ББК 92
В11

В. Г. Сорокин
В11 Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин –
М.: Книга по Требованию, 2012. – 640 с.

ISBN 978-5-458-28629-9

Содержит 320 марок сталей и сплавов черных металлов. Для каждой марки указаны назначения, виды поставки, химический состав, механические свойства в зависимости от состояния поставки, температуры испытаний, режимов термообработки, поперечного сечения заготовок, места направления вырезки образца, технологические и физические свойства. Для конструкторов, технологов, исследователей и других специалистов всех отраслей машиностроения, может быть полезен студентам вузов.

ISBN 978-5-458-28629-9

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2012

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2012

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Сталь X12M	390	Сталь 08X18T1	479
Сталь X12BM	391	Сталь 15X25T	480
Сталь 7XГ2BM	393	Сталь 15X28	482
Сталь 7X3	394	Сталь 25X13H2	484
Сталь 8X3	396	Сталь 20X23H13	485
Сталь 5XHM	397	Сталь 20X23H18	487
Сталь 5XГМ	399	Сталь 10X23H18	490
Сталь 4XМФС	401	Сталь 20X25H120C2	491
Сталь 4X5МФ1С	403	Сталь 15X12ВНМФ	492
Сталь 4X5МФС	405	Сталь 20X12ВНМФ	495
Сталь 3X3M3Ф	406	Сталь 37X12H8Г8МФБ	496
Сталь 3X2B8Ф	408	Сталь 13X11H2B2МФ	498
Сталь 3X2H2MBФ	410	Сталь 45X14H14B2M	500
Сталь 27X2H2M1Ф	411	Сталь 40X15H7Г7Ф2МС	502
Сталь 6XC	412	Сталь 08X17H13M2T	504
Сталь 4XB2C	414	Сталь 10X17H13M2T	505
Сталь 5XB2C	415	Сталь 31X19H9MBBT	506
Сталь 6XB2C	417	Сталь 10X14Г14H4T	508
Сталь 6XBГ	419	Сталь 14X17H2	511
Сталь 40X5МФ	420	Сталь 12X18H9	514
Сталь 4X2НМФ	421	Сталь 17X18H9	517
Сталь инструментальная вал-		Сталь 08X18H10	519
ковая	422	Сталь 12X18H9T	521
Сталь 9X2	422	Сталь 12X18H10T	524
Сталь 90XФ	424	Сталь 08X18H10T	527
Сталь 9X2МФ	427	Сталь 12X18H12T	528
Сталь 75XM	428	Сталь 08X18Г8H2T	530
Сталь 75XCMФ	430	Сталь 20X20H14C2	532
Сталь 60XCMФ	431	Сталь 08X22H6T	534
Сталь 60X2CMФ	432	Сталь 12X25H16Г7AP	536
Сталь 55X	433	Сплав 06XH28MDT	538
Сталь 60XH	435	Сплав ХН35BT	540
Сталь 45XHM	438	Сплав ХН35BTЮ	542
Сталь 7X2CMФ	439	Сплав ХН70Ю	545
Сталь 60XГ	440	Сплав ХН70ВМЮТ	546
Сталь 90XMФ	442	Сплав ХН70ВМТЮФ	549
Сталь 75XMФ	443	Сплав ХН77ТЮР	551
Сталь инструментальная бы-		Сплав ХН78Т	553
строрежущая	444	Сплав ХН80ТБЮ	555
Сталь Р6М5К5	444	Сплав Х15Н60-Н	557
Сталь Р9	446	Сплав Х20Н80	558
Сталь Р9М4К8	449	Сплав Х27Ю5Т	559
Сталь Р18	451		
Раздел 3. Стали и сплавы		Раздел 4. Сталь для от-	
коррозионно-стойкие, жаро-		ливок	560
стойкие, жаропрочные, из-		Сталь 15Л	560
носостойкие	454	Сталь 20Л	561
Сталь 40X9C2	454	Сталь 25Л	563
Сталь 40X10C2M	456	Сталь 30Л	565
Сталь 08X13	458	Сталь 35Л	566
Сталь 12X13	460	Сталь 40Л	568
Сталь 20X13	463	Сталь 45Л	569
Сталь 30X13	467	Сталь 50Л	571
Сталь 40X13	470	Сталь 55Л	573
Сталь 10X14AГ15	473	Сталь 35ГЛ	574
Сталь 12X17	474	Сталь 30ГCЛ	575
Сталь 08X17Г	476	Сталь 20ФЛ	576
Сталь 95X18	477	Сталь 45ФЛ	577
		Сталь 40ХЛ	577
		Сталь 20ХГCФЛ	579

Сталь 30ХГФРЛ	580	Сталь 20ХМЛ	599
Сталь 30ХГСФЛ	581	Сталь 20ГНМФЛ	600
Сталь 35ХГСЛ	582	Сталь 15ГНЛ	601
Сталь 35ХМЛ	583	Сталь 20Х13Л	602
Сталь 35ХМФЛ	585	Сталь 10Х18Н9Л	603
Сталь 32Х06Л	586	Сталь 12Х18Н9ТЛ	604
Сталь 08ГДНФЛ	588	Сталь 20Х20Н14С2Л	605
Сталь 12Д112ФЛ	590	Сталь 20Х25Н19С2Л	606
Сталь 20ХГСНДМЛ	591	Сталь 40Х24Н12СЛ	607
Сталь 45ГЛ	593	Сталь 25Х2НМЛ	608
Сталь 25ГСЛ	594	Сталь 110Г13Л	609
Сталь 35ХНЛ	595		
Сталь 35ХН2МЛ	596	Р а з д е л 5. Физические свойства	611
Сталь 14Х2ГМРЛ	597		
Сталь 80ГСЛ	598	Список литературы	632

Марочник сталей и сплавов разработан Центральным научно-исследовательским институтом металлургии и материалов (ЦНИИМ) и Научно-исследовательским конструкторско-технологическим институтом тяжелого машиностроения (НИИтяжмаш) ПО «Уралмаш».

Марочник не заменяет собой действующую нормативно-техническую документацию (ГОСТы, ОСТы, ТУ, РТМ и т. п.). Его основная цель — облегчить конструкторам, технологам, исследователям получение справочных данных об основных свойствах и характеристиках сталей, необходимых для обоснованного выбора марки материала при проектировании изделий и разработке технологии их изготовления. В соответствии с этой целью марочник содержит номенклатуру марок сталей, наиболее широко применяемых на машиностроительных предприятиях, и сведения справочного характера о химическом составе сталей, механических свойствах и твердости заготовок или готовых деталей в зависимости от размеров их поперечного сечения и режима термической обработки, примерном назначении, основных технологических свойствах и т. д.

Марочник разработан на основе созданного в ЦНИИМе фонда данных о свойствах сталей и сплавов, предварительно оцененных на достоверность по трем категориям, установленным ГОСТ 8.310—78:

стандартные справочные данные (ССД) — достоверные данные, обладающие наивысшей точностью и утвержденные Госстандартом СССР;

рекомендуемые справочные данные (РСД) — аттестованные органами ГСССД (Государственной службой стандартных справочных данных) достоверные данные о свойствах веществ и материалов, точность которых удовлетворяет требованиям народного хозяйства;

справочные (информационные) данные (СД) — данные о свойствах веществ и материалов, представленные в числовом виде, достоверность которых не оценена органами ГСССД.

Марочник состоит из пяти разделов: 1 — сталь конструкционная; 2 — сталь инструментальная; 3 — стали и сплавы корро-

зионно-стойкие, жаростойкие, жаропрочные, износостойкие; 4 — стали для отливок; 5 — физические свойства.

Материал по каждой марке стали и сплава включает следующие данные: заменитель марки стали и сплава, вид поставки, назначение, содержание химических элементов в процентах по массовой доле, температуры критических точек, механические свойства, жаростойкость, коррозионная стойкость, технологические свойства, свариваемость, литейные свойства, температурный интервалковки и условия охлаждения послековки, обрабатываемость резанием, прокаливаемость, флокеночувствительность, склонность к отпускной хрупкости.

Химический состав стали или сплава собственного производства определяется по плавочной Э (ковшевой) пробе, отбираемой при разливке стали в соответствии с ГОСТ 7565—81, а химический состав и марка стали проката — по сертификату металлургического завода. Химический анализ выполняют в соответствии с ГОСТ 12344—78 — ГОСТ 12365—84.

Стандартные справочные данные по механическим свойствам при 20 °С проката, поковок и отливок, приведенные в марочнике, являются минимальными и должны гарантироваться при выполнении установленной технологии. За сечение поковки или отливки принимают ее расчетную толщину (диаметр) под термообработку.

Характеристики механических свойств поковок, приведенные в марочнике при отсутствии соответствующих указаний, получены при испытании продольных образцов. При испытании тангенциальных, поперечных и радиальных образцов допускается снижение норм механических свойств в соответствии с ГОСТ 8479—70.

Уровень механических свойств поковок из конструкционных марок сталей (приложение № 1 ГОСТ 8479—70) приведен в соответствии с требованиями ГОСТ 8479—70 для соответствующей категории прочности. Механические свойства поковок из марок сталей, не вошедших в приложение № 1 ГОСТ 8479—70, даны на основании обобщения опыта заводов в соответствии с отраслевыми техническими условиями.

Объем, нормы и порядок контроля механических свойств и приемки поковок устанавливаются в соответствии с ГОСТ 8479—70.

Показатели механических свойств отливок относятся к образцам, вырезанным из отдельно отливаемых пробных брусков или приливных проб после их соответствующей термообработки, и характеризуют свойства термообработанных по тому же режиму отливок со стенками толщиной до 100 мм. Нормы механических свойств отливки со стенками толщиной более 100 мм в необходимых случаях должны устанавливаться техническими условиями. Объем, нормы и порядок контроля и приемки отливок устанавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ 977—75 и ГОСТ 2176—77.

Приведенные в марочнике режимы термической обработки,ковки и других технологических процессов являются рекомендуе-

мыми и могут корректироваться заводскими технологами в зависимости от химического состава плавки, требований, предъявляемых к обрабатываемым поковкам или отливкам, производственного оборудования и др.

Испытания на растяжение проводят в соответствии с ГОСТ 1497—84, на ударный изгиб — по ГОСТ 9454—78, усталостные испытания — по ГОСТ 25.502—79. Значения пределов выносливости даны с указанием базы испытания (числа циклов), а также в зависимости от предела текучести, временного сопротивления разрыву и твердости.

Механические свойства в зависимости от температуры испытания приведены по результатам испытаний на ударный изгиб при отрицательных температурах (ГОСТ 9454*—78) и на растяжение при повышенных температурах (ГОСТ 9651—84).

Результаты испытаний на длительную прочность и ползучесть указаны по ГОСТ 3248—60 и ГОСТ 10145—62.

Жаростойкость по ГОСТ 6130—71 определяется глубиной проникновения коррозии, выраженной в миллиметрах в год, при соответствующих условиях (среды, температуры и длительности испытания).

В марочнике все данные по **коррозионной стойкости** указаны в соответствии с ГОСТ 9.908—85 по глубине проникновения коррозии на допустимую (заданную) глубину с учетом влияния среды, температуры, длительности испытания. Коррозионная стойкость металла оценивается по скорости проникновения коррозии металла, т. е. уменьшению толщины металла вследствие коррозии, выраженному в линейных единицах, к единице времени (мм/год).

При подборе конструкционных материалов следует учитывать, что скорость точечной коррозии на сталях, которые подвержены этому виду разрушения, как правило, в несколько раз превышает скорость общей коррозии.

Свариваемость стали и сплавов является комплексной характеристикой стали, определяющейся технологическими трудностями, возникающими при сварке, и эксплуатационной надежностью сварных соединений.

В марочнике даны характеристики так называемой технологической свариваемости. В зависимости от сложности технологических приемов, устраняющих возможность образования трещин при сварке и обеспечивающих получение сварного соединения требуемого качества, стали условно разделяют на четыре группы по свариваемости: 1) стали, свариваемые без ограничения (сварка производится без подогрева и без последующей термообработки); 2) ограниченно свариваемые стали (сварка возможна при подогреве до 100—120 °С и последующей термообработке); 3) трудно-свариваемые стали (для получения качественных сварных соединений требуются дополнительные операции: подогрев до 200—300 °С при сварке, термообработка после сварки — отжиг); 4) стали, не применяемые для сварных конструкций.

В марочнике принята оценка характеристик литейных свойств в виде относительных величин коэффициентов, равных отношению показателей для исследуемого и эталонного сплавов, определенных по единым методикам. В качестве эталонной принята сталь марки 30Л. Технологичность оценена следующими показателями:

жидкотекучести $K_{ж.т}$ (отношение значений жидкотекучести данной стали и эталонной);

трещиностойчивости $K_{т.у}$ (отношение значений трещиностойчивости данной стали и эталонной);

склонности стали к образованию усадочных раковин $K_{у.р}$ (отношение объема усадочной раковины в отливках из данной стали и эталонной);

склонности стали к образованию усадочной пористости $K_{у.п}$ (отношение пористой зоны в отливках из данной стали и эталонной).

Жидкотекучесть определена по спиралевидной пробе по ГОСТ 16438—70. Длина заливной спирали в сантиметрах выражает жидкотекучесть сплава.

Склонность стали к образованию усадочных раковин и пор определена на цилиндрическом образце, переходящем в верхней части в усеченный конус; усадочная пористость — по ширине пористой зоны; трещиностойчивость — на приборе конструкции ЦНИИТМаша. Прибор показывает стойкость стали против образования горячих трещин, которые образуются вследствие заторможенной усадки образцов. Литейные свойства определены при температуре начала затвердевания слитка 50—70 °С.

Механические свойства отливок, поставляемых по ГОСТ 977—75, приведены в марочнике для отливок II и III групп.

Ковочные свойства в марочнике оцениваются механическими свойствами в зависимости от температуры испытания в интервале ковочных температур, температурными параметрамиковки и условиями охлаждения преимущественно крупных поковок, получаемых из слитков или заготовок.

Приведенные температурные интервалыковки являются наиболее широкими, а режимы охлаждения — ускоренными, которые достигнуты на отдельных заводах. Использование на других заводах рекомендуемых в марочнике параметров, а также назначение рациональной температуры нагрева металла и условий охлаждения поковок возможно только после предварительного опробования и соответствующей корректировки с учетом местных условий, металлургической технологии, объема ковочных работ, размера поковок, величины садки, состояния печного оборудования и др. Рекомендуемые условия охлаждения металла послековки в ряде случаев не заменяют режимов предварительной термообработки поковок.

Указанные рекомендации составлены на основании действующих заводских технологических инструкций и нормалей, а механические свойства при ковочных температурах — по данным

литературных источников и результатов исследований, проведенных в ЦНИИТМаше, УЗТМ, УПИ и других организациях.

Обрабатываемость стали и сплавов резанием определена для условий получистого точения без охлаждения по чистому металлу резцами, оснащенными твердыми сплавами Т5К10, ВК8 (для аустенитных сталей и сплавов на нежелезной основе), и резцами из быстрорежущей стали Р18, Р12 (для углеродистых и легированных сталей) при постоянных значениях глубины резания 1,5 мм, подачи 0,2 мм/об и главного угла в плане резцов $\varphi = 60^\circ$.

Обрабатываемость стали и сплавов резанием оценена по скорости резания, соответствующей 60-минутной стойкости резцов v_{60} , и выражена коэффициентами $K_{v \text{ тв. спл}}$ и $K_{v \text{ б. ст}}$ по отношению к эталонной стали. В качестве эталонной стали принята углеродистая сталь 45 ($\sigma_b = 637$ МПа, НВ 179), скорость резания v_{60} которой взята за единицу. Коэффициенты обрабатываемости данной стали для условий точения твердосплавными резцами $K_{v \text{ тв. спл}} = v_{60}/145$, где v_{60} — скорость резания, соответствующая 60-минутной стойкости резцов, при точении данной стали, м/мин; 145 — значения скорости резания при 60-минутной стойкости твердосплавных резцов при точении эталонной стали 45.

Коэффициенты обрабатываемости стали K_c для условий точения резцами из быстрорежущей стали $K_{v \text{ б. ст}} = v_{60}/70$, где 70 — значение скорости резания при 60-минутной стойкости быстрорежущих резцов при точении эталонной стали 45.

Для принятых условий резания абсолютное значение скорости резания v_{60} данной стали определяется умножением ее коэффициента $K_{v \text{ тв. спл}}$ или $K_{v \text{ б. ст}}$ на соответствующие значения эталонной стали 45.

Прокаливаемость по ГОСТ 5657—69 приведена в виде таблиц полос прокаливаемости (минимальное и максимальное значения твердости в зависимости от расстояния от охлаждаемого участка). Кроме того, приведены критические диаметры при закалке в масле и в воде при определенном количестве мартенсита в структуре.

По склонности к образованию флокенов (**флокеночувствительность**) деформируемые стали условно разбиты на четыре группы: нефлокеночувствительные, малوفлокеночувствительные, флокеночувствительные, повышенной флокеночувствительности.

Склонность к отпускной хрупкости стали проявляется в снижении ударной вязкости при медленном охлаждении после высокого отпуска или при длительных выдержках в интервале температур 450—600 °С. Стали условно разбиты на три группы:

не склонные к отпускной хрупкости, малосклонные, склонные.

В марочнике приведен перечень использованной литературы, насчитывающий, без учета использованных Государственных стандартов, 190 источников (марочники смежных отраслей, справочники, монографии, статьи, обзоры и др.).

Механические и физические свойства

- σ_D — временное сопротивление разрыву (предел прочности при растяжении), МПа;
- $\sigma_{0,05}$ — предел упругости, МПа;
- $\sigma_{0,2}$ — предел текучести условный, МПа;
- $\delta_5, \delta_4, \delta_{10}$ — относительное удлинение после разрыва, %;
- ψ — относительное сужение, %;
- КСU и КСV — ударная вязкость, определенная на образце с концентраторами соответственно вида U и V, Дж/см²;
- $\sigma_{сж,0,2}$ — предел текучести при сжатии, МПа;
- $\sigma_{сж}$ — предел прочности при сжатии, МПа;
- ε — относительная осадка при появлении первой трещины, %;
- τ_K — предел прочности при кручении, максимальное касательное напряжение, МПа;
- ν — относительный сдвиг, %;
- $\sigma_{изг}$ — предел прочности при изгибе, МПа;
- σ_{-1} — предел выносливости при испытании на изгиб с симметричным циклом нагружения, МПа;
- τ_{-1} — предел выносливости при испытании на кручение с симметричным циклом нагружения, МПа;
- n — количество циклов нагружения;
- $\sigma_{\%/\tau}^t$ — предел ползучести для данного процента (%) остаточной деформации за определенное время испытаний (τ) при температуре (t), МПа;
- σ_r^t — предел длительной прочности, МПа;

$HRC_{\circ}$ — твердость по Роквеллу, шкала С;
 HRB — твердость по Роквеллу, шкала В;
 HB — твердость по Бринеллю;
 HV — твердость по Виккерсу;
 HSD — твердость по Шору;
 $K_{\text{в тв. спл}}$ и $K_{\text{в. б. ст}}$ — коэффициенты обрабатываемости для условий точения резцами соответственно твердосплавными и из быстрорежущей стали;
 E — модуль упругости нормальный, ГПа;
 G — модуль упругости при сдвиге кручением, ГПа;
 $\rho_{\text{п}}$ — плотность, кг/м³;
 λ — коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С);
 ρ — удельное электросопротивление, Ом·м;
 α — коэффициент линейного расширения, 10⁻⁶1/°С;
 c — удельная теплоемкость, Дж/(кг·°С);

Химические элементы

С — углерод;	Ni — никель;	Ti — титан;
Si — кремний;	Mo — молибден;	Al — алюминий;
Мп — марганец;	W — вольфрам;	Cu — медь;
S — сера;	V — ванадий;	As — мышьяк;
P — фосфор;	Co — кобальт;	Zr — цирконий;
Cr — хром;	N — азот;	B — бор;
Fe — железо;	Nb — ниобий;	Ba — барий
Ce — церий		

Обозначения марок сталей и сплавов

В обозначении марки первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Буквы за цифрами обозначают: С — кремний, Г — марганец, Н — никель, М — молибден, П — фосфор, Х — хром, К — кобальт, Т — титан, Ю — алюминий, Д — медь, В — вольфрам, Ф — ванадий, Р — бор, А — азот, Ё — ниобий, Ц — цирконий.

Цифры, стоящие после букв, указывают примерное содержание легирующего элемента в целых единицах. Отсутствие цифры означает, что содержание этого элемента до 1,5 % (по верхнему пределу).

П р и н я т ы е с о к р а щ е н и я

- ХТО — химико-термическая обработка;
- ТВЧ — нагрев токами высокой частоты;
- МКК — межкристаллитная коррозия;
- ВТМО — высокотемпературная механическая обработка;
- НТМО — низкотемпературная механическая обработка;
- РДС — ручная дуговая сварка;
- АДС — автоматическая дуговая сварка;
- ЭШС — электрошлаковая сварка;
- КТС — контактная сварка;
- АрДС — аргонодуговая сварка;
- КП — категория прочности;
- Пр — продольное направление вырезки образцов;
- П — поперечное направление вырезки образцов;
- Т — тангенциальное направление вырезки образцов;
- Ц — образцы вырезаны из центральной зоны;
- К — образцы вырезаны из приповерхностной зоны.