

А.А. Шапиро

**Пособие для сельского
кузнеца**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 636
ББК 45/46
А11

А11 **А.А. Шапиро**
Пособие для сельского кузнеца / А.А. Шапиро – М.: Книга по Требованию,
2013. – 176 с.

ISBN 978-5-458-24802-0

В книге кратко изложены сведения о стали, а также о других промышленных металлах и сплавах. Приведены основные способы термической обработки стали, методы нагревания кузнечной заготовки для последующей ковки и показано устройство нагревательных печей и горнов. Рассмотрены основные операции ковки, инструмент и машины, применяемые в колхозной или совхозной кузнице и в мастерских по ремонту сельскохозяйственных машин. В соответствующих главах дана классификация поковок деталей современных сельскохозяйственных машин и типовые технологические процессы их изготовления, разобраны примеры ремонта деталей в кузнечной мастерской и приемы ковки лошадей. Все разделы содержат краткие теоретические данные, необходимые кузнецу в практической работе. Книга является учебным пособием для учащихся профессионально-технических училищ.

ISBN 978-5-458-24802-0

© Издание на русском языке, оформление

«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,

«Книга по Требованию», 2013

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, кляксы, 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.

пропорциональна глубине проникновения стандартного конуса в металл.

Твердость, измеренную вдавливанием алмазного конуса, обозначают *HRC*.

В табл. 1 даны соотношения между диаметром отпечатка и твердостью *HB* и *HRC*.

Упругость — это свойство металла под действием внешних сил изменять форму, не разрушаясь, и восстанавливать ее после прекращения действия этих сил.

Технологические свойства. При выборе металлов и сплавов для деталей машин и конструкций большое значение имеют их технологические свойства, под которыми понимают способность металла подвергаться различным видам обработки.

К основным технологическим свойствам металлов относятся обрабатываемость, свариваемость, закаливаемость.

Обрабатываемость — способность металлов подвергаться обработке инструментом.

Свариваемость — свойство металлов давать прочные соединения при сварке кузнецким или другим способом.

Закаливаемость — способность металла изменять свойства в процессе закалки

§ 1. СТАЛЬ И ЕЕ СВОЙСТВА

Сталь — это сплав железа с углеродом, содержащий до 2% углерода. Кроме углерода, сталь может содержать марганец, кремний, хром, никель, вольфрам, молибден, ванадий, титан, фосфор и серу.

Группы сталей. По химическому составу сталь делится на углеродистую и легированную. Углеродистая сталь — это сплав железа с углеродом, в котором имеется небольшое количество марганца, кремния, серы и фосфора. Легированная сталь, кроме обычных примесей, содержит один или несколько химических элементов (хром, вольфрам, никель, ванадий, молибден), специально вводимых для получения определенных свойств.

Влияние углерода и примесей на свойства сталей. Свойства стали зависят от ее химического состава.

Углерод — основной элемент, определяющий свойства стали. С увеличением содержания углерода прочность, твердость, закаливаемость стали повышаются, но пластичность (ковкость) и сопротивление удару понижаются, а обрабатываемость ухудшается.

В зависимости от содержания углерода сталь делится на малоуглеродистую (до 0,3%), среднеуглеродистую (до 0,3—0,6%) и высокоуглеродистую (более 0,6%). Хорошо куются стали, содержащие до 1,3% углерода.

Таблица 1

Соотношение между диаметром отпечатка и твердостью, измеренной различными способами

Вдавливание стального шарика		Вдавливание алмазного конуса, <i>HRC</i>	Вдавливание стального шарика		Вдавливание алмазного конуса, <i>HRC</i>
Диаметр отпечатка, <i>мм</i>	Твердость, <i>HB</i>		Диаметр отпечатка, <i>мм</i>	Твердость, <i>HB</i>	
(2,20)	(780)	64	3,35	331	35
			3,40	321	33
(2,30)	(712)	61	3,45	311	32
			3,50	302	31
(2,40)	(653)	59	3,55	293	30
			3,60	285	29
(2,50)	(601)	56	3,65	277	28
			3,70	269	27
(2,60)	(555)	53	3,75	252	26
			3,80	255	25
2,70	514	51	3,85	248	24
2,75	495	50	3,90	241	23
2,80	477	49	3,95	235	22
2,85	461	48	4,00	229	21
2,90	444	47	4,05	223	(18)
2,95	429	45	4,10	217	(16)
3,00	415	43	4,15	212	(15)
3,05	401	42	4,20	207	—
3,10	388	41	4,25	201	—
3,15	375	40	4,30	197	—
3,20	363	39	4,35	192	—
3,25	352	38	4,40	187	—
3,30	341	36	4,45	183	—

Приложение Цифры в скобках — условный перевод чисел твердости

Марганец содержится в обыкновенной углеродистой стали в небольшом количестве (до 0,8%). Иногда его вводят в сталь до 13% для повышения прочности, упругости (до 4%) и улучшения ее износостойкости (до 13%), но с увеличением содержания марганца ухудшается свариваемость стали, она становится более хрупкой.

Кремний в небольшом количестве (до 0,5%) особого влияния на свойства стали не оказывает. При повышении его содержания возрастает предел прочности, улучшаются упругие свойства, но ухудшается свариваемость и вязкость.

Хром повышает прочность, упругость и твердость стали, но понижает ее вязкость.

Никель увеличивает прочность и вязкость стали; на ковкость не влияет.

Молибден, вольфрам, ванадий, титан вводят в сталь для улучшения ее механических свойств и структуры.

Фосфор является вредной примесью, которая придает стали холдноломкость, т. е. хрупкость в холодном состоянии. Количество фосфора в стали должно быть не больше 0,04%, а в высококачественных сортах — не больше 0,03%.

Сера — неизбежная и вредная примесь, которая делает сталь хрупкой и приводит к образованию трещин при ковке в горячем состоянии. Это явление называется красноломкостью. В углеродистой стали обыкновенного качества допускается содержание не более 0,045% серы, а в высококачественной — не более 0,03%.

Классификация и стандарты сталей. В зависимости от назначения стали подразделяются на конструкционные и инструментальные.

Из конструкционных сталей изготавливают детали машин, судов, а из инструментальных делают инструмент (резцы, фрезы, сверла и т. д.).

Состав, свойства и качество стали в значительной степени зависят от способа ее производства. Основными из них являются конверторный, марганцовский и плавка в электропечах. Поэтому в зависимости от способа получения сталь делится на марганцовскую, бессемеровскую, томасовскую и электростали.

Наименование (марки), химический состав и свойства сталей определены ГОСТ.

Обозначение номера ГОСТ состоит из двух частей. Первая из них является порядковым номером ГОСТ. Вторая цифра обозначает год выхода данного стандарта. Например, ГОСТ 1050—60 — сталь углеродистая качественная конструкционная. Число 1050 соответствует наименованию ГОСТ, число 60 означает, что ГОСТ издан в 1960 г.

Таблица 2
Химический состав, механические свойства и назначение конструкционной стали обыкновенного качества

Марка	Химический состав, %			Механические свойства				Назначение
	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Хром	Молибден	Титан	
Ст. 0	Не более 0,23	—	—	0,070	32—47	18	91—128	Планки и накладки разные, шайбы простые
С1 1	0,07—0,12	—	0,35—0,50	0,050	32—40	28	91—110	Крепежные изделия, детали шатунов и колец, кронштейны
С1 2	0,09—0,15	—	0,35—0,50	0,050	34—42	26	94—114	Зубчатые колеса, звездочки, крестовины карданных передач
С1 3	0,14—0,22	0,12—0,30	0,40—0,65	0,045	38—47	21—25	105—128	Кронштейны распорок рам, косынки жесткости, оси, коленчатые валы
Ст. 4	0,18—0,27	0,12—0,30	0,40—0,70	0,045	42—52	21—19	114—141	Косынки жесткости, оси, крепежные детали
С1 5	0,28—0,37	0,15—0,35	0,50—0,80	0,045	50—62	15—17	135—173	Рамы комбайнов, валы, оси, зубья борон и т. п.
Ст. 6	0,38—0,49	0,15—0,35	0,50—0,80	0,045	60—72	11—13	166—196	Болты, гайки, шайбы, втулки, зубья молотилок, отвалы окучника
Ст. 7	0,50—0,62	0,15—0,35	0,50—0,80	0,045	70—75	7—9	228—230	Пружины, рессоры и т. п.

Причина. Серы должно содержаться не более 0,055%.

Таблица 3
Химический состав, механические свойства и назначение качественной конструкционной стали

Марка	Химический состав, %			Механические свойства				Назначение
	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Марганец-железо, %	Марганец-никель, %	Марганец-никель-хром, %	
05	Не более 0,06	Не более 0,03	Не более 0,04	0,035	—	—	—	Для деталей, получаемых глубокой вытяжкой
08	0,05—0,12	0,17—0,37	0,35—0,65	0,035	32	33	131	Для деталей, изготовленных холодной штамповкой с глубокой вытяжкой
10	0,07—0,14	0,17—0,37	0,35—0,65	0,035	34	31	137	Для цементируемых деталей, втулок и роликов цепей, звездочек цепных передач
20	0,17—0,24	0,17—0,37	0,35—0,65	0,040	42	25	156	Для деталей, не испытывающих больших напряжений и требующих большой вязкости (рычагов, втулок)
30	0,27—0,35	0,17—0,37	0,50—0,80	0,040	50	21	179	Для тяг, осей, звездочек, болтов, гаек, шайб
40	0,37—0,45	0,17—0,37	0,50—0,80	0,040	58	19	217/197	Для деталей умеренно нагруженных (валов, осей, звездочек, сухарей)
45	0,42—0,50	0,17—0,37	0,50—0,80	0,040	61	16	241/207	Валы комбайнов, зубья молотильных барабанов
50	0,47—0,55	0,17—0,37	0,50—0,80	0,040	64	14	241/217	Для термически обрабатываемых деталей, требующих высокой износостойкости (лемехов и отвалов плугов)
65	0,62—0,70	0,17—0,37	0,50—0,80	0,040	71	10	255/229	Для лемехов тракторных плугов, лемехов грунокорчевателя и других деталей, работающих на износ
70	0,67—0,75	0,17—0,37	0,50—0,80	0,040	73	9	269/229	То же

* В числителе указана твердость в горячекатаном состоянии, в знаменателе — в отожженном.
Во всех марках содержание серы не выше 0,04%.

Таблица 4

Химический состав, твердость и назначение инструментальных углеродистых сталей

Марка	Химический состав, %		Твер- дость, НВ	Назначение
	Углерод	Марганец		
У7	0,65—0,75	0,20—0,40	187	Обжимки, отвертки, зубила, слесарные молотки, кузнецкие штампы и др.
У8	0,75—0,84	0,20—0,40	187	Матрицы, пилы по мягкому металлу, пuhanсоны, пневматический инструмент
У9	0,85—0,94	0,15—0,35	192	Дырокробивные штампы, деревообрабатывающий инструмент
У10	0,95—1,04	0,15—0,35	197	Развертки, плашки, зубила для насечки напильников, сверла, метчики
У11	1,05—1,14	0,15—0,35	207	Калибры, напильники, развертки, сверла, метчики
У12	1,15—1,24	0,15—0,35	207	То же
У13	1,25—1,35	0,15—0,35	217	Шаберы, напильники, сверла, волочильный инструмент

Приложение Содержание серы во всех марках стали не выше 0,03%, фосфора — не выше 0,035%, кремния должно содержаться от 0,15 до 0,35%.

Детали сельскохозяйственных машин изготавливают из углеродистых сталей обыкновенного качества ГОСТ 380—60 и из конструкционных качественных сталей ГОСТ 1050—60.

Свойства углеродистых инструментальных сталей определены ГОСТ 1435—54, а легированных инструментальных — ГОСТ 5950—63.

Углеродистую сталь обыкновенного качества маркируют буквами и цифрами. Например: Ст.0, Ст.1, Ст.2, Ст.3, Ст.4, Ст.5, Ст.6 и Ст.7. Чем больше порядковый номер, тем выше содержание углерода в стали, тем прочнее и тверже она. Если впереди стоит большая буква, то она условно обозначает способ изготовления стали (М — мартеновский; Б — бессемеровский, Т — томасовский).

В табл. 2 указаны химический состав, механические свойства наиболее распространенных марок стали обыкновенного качества и их применение в сельскохозяйственных машинах.

Качественную конструкционную углеродистую сталь обозначают двузначным числом, указывающим среднее содержание

углерода в сотых долях процента. Например, в стали марки 30 среднее количество углерода 0,30%. Стали этого класса изготавливают следующих марок: 05, 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 и 85

В табл. 3 приведены химический состав качественной конструкционной стали, ее свойства и применение в сельскохозяйственных машинах.

Углеродистые инструментальные стали обозначаются большой буквой У и цифрой, соответствующей количеству углерода в десятых долях процента. Например, сталь У8; буква У обозначает «углеродистая», цифры — содержание углерода (0,8%).

Стандартом предусмотрены следующие марки этих сталей: У7, У8, У9, У10, У11, У12 и У13. Кроме того, в наименовании марки стали может в конце стоять буква А. Это условное обозначение высококачественной стали, которая содержит меньше серы и фосфора, чем обычная. В табл. 4 приведены химический состав, некоторые свойства сталей этого класса и указана область их применения.

Легированные стали обозначают цифрами и буквами. Первые цифры означают среднее содержание углерода обычно в сотых долях процента (у инструментальных сталей в десятых долях), буквы обозначают легирующие элементы. Если количество элемента более 1%, за его буквой ставят цифру, показывающую, сколько этого элемента в стали.

Буквенные обозначения химических элементов, входящих в состав стали, приведены ниже.

Химический элемент	Обозначение	Химический элемент	Обозначение
Никель	Н	Алюминий	Ю
Хром	Х	Молибден	М
Марганец	Г	Кобальт	К
Кремний	С	Медь	Д
Вольфрам	В	Титан	Т
Ванадий	Ф		

Например, сталь 40ХН — хромоникелевая со средним содержанием углерода 0,40%, хрома 1%, никеля 1%. Если цифра в начале марки отсутствует, то количество углерода в стали около 1%. Например, в стали Х углерода около 1% и хрома также около 1%.

Необходимо иметь в виду, что марка во многих случаях указывает только приблизительный состав стали.

Таблица 5
Возможные замены марок стали

Конструкционные стали обычновенного качества	Могут быть использованы при замене	Назначение
Ст 1	08	Детали с высокой пластичностью (трубки, прокладки, колпачки, шайбы), цементируемые детали (втулки, валики, фрикционные диски, зубчатые колеса)
Ст 2	10	
	15	
Ст 3	15	Различные малоответственные детали машин, не подвергающиеся термической обработке (втулки, вкладыши, малонагруженные болты и гайки, шайбы, серьги, хомуты), цементируемые детали (валики, поршневые пальцы малоочищенных двигателей)
Ст 4	20	
	25	
Ст 5	30—35 30Г, 35Г, 30Х	Детали машин, подвергаемые воздействию небольших и средних напряжений (валики, оси, звездочки, поршневые пальцы, стандартные болты, рычаги тормозные, шайбы, гайки, болты, серьги рессор)
Ст 6	40—45—50 40Х, 40Г	Различные детали, требующие повышенной прочности (вали, клинья, оси, валики, пальцы поршней, шпинделы, зубья барабанов молотилок, оси шестерен)
Ст 7	50, 55, 60 45Х, 45Г 40ХН	Термически обрабатываемые нагруженные детали, подверженные интенсивному износу

Иногда бывает необходимо заменить рекомендуемую в чертежах марку стали на другую. В табл. 5 даны наиболее часто встречающиеся варианты замены марок стали.

Строение сталей. Металл состоит из большого количества мелких зерен, которые хорошо видны в микроскоп (рис. 1). Кристаллическое строение металла называют его структурой. Структура может быть крупной, мелкой, смешанной, а сами зерна — круглыми, древовидными (после отливки) или волокнистыми (после прокатки). Величина и форма зерен изменяются в зависимости от тепловой механической обработки.

В 1868 г. русский инженер-металлург Д. К. Чернов обратил внимание на зависимость между кристаллическим строением и тепловой обработкой. Он установил, что в процессе нагревания кристаллическое строение стали изменяется при определенных температурах. Эти температуры он назвал критическими точками *а* и *б*. Точка *а* (около 700° С) — это температура, ниже которой любая сталь не принимает закалки. Точка *б* (800—850° С) характеризует переход стали в ковкое (воскообразное) состояние.

В дальнейшем было установлено, что зерна стали различны не только по форме, но и по свойствам (рис. 2).

При температуре ниже 723°C в состав стали в разных количествах (в зависимости от химического состава) входят зерна почти чистого железа — феррита, зерна химического соединения железа с углеродом — цементита и комбинированные зерна, представляющие собой мелкую механическую смесь зерен цементита и феррита — перлит.

Зерна феррита имеют низкую твердость и высокую пластичность. Чем меньше в стали углерода, тем больше в ее структуре феррита. Зерна цементита очень твердые и хрупкие. Перлит имеет промежуточные свойства между ферритом и цементитом.

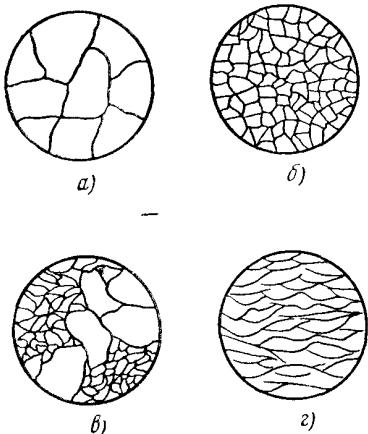


Рис. 1. Зерна стали (увеличено в 100 раз):
а — крупные, б — мелкие, в — неоднородные, г — вытянутые в одном направлении

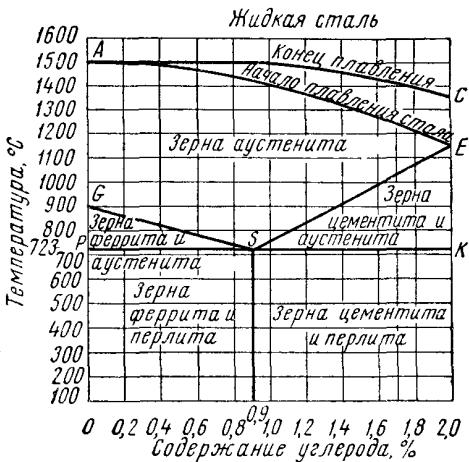


Рис. 2. Диаграмма состояния сплавов железа с углеродом

В перлите всегда содержится примерно 0,9% углерода. Если в стали более 0,9% углерода, то в ней будет цементит в виде отдельных зерен. Если сталь нагревать выше 723°C , то вначале перлит, а затем и феррит изменят свое строение и образуют новые зерна с другими свойствами — аустенит. Аустенит обладает очень высокой вязкостью и хорошо куется.

На основе работ Д. К. Чернова была построена диаграмма состояний сплавов железа с углеродом (см. рис. 2), которая характеризует зависимость между структурой стали, ее химическим составом и тепловой обработкой. Линии диаграммы соот-

ветствуют изменению кристаллического состояния стали при тепловой обработке.

Линия *PSK* соответствует температуре перехода перлита в аустенит. Для всех сталей эта температура равна 723 °С.

Кривая *GSE* показывает температуры, выше которых структура любой марки стали состоит только из зерен аустенита.

Линия *AE* соответствует началу плавления стали. Выше линии *AC* сталь находится в жидким состоянии.

Диаграмма состояния дает возможность проследить все изменения структуры любой углеродистой стали при медленном нагревании и охлаждении.

В зависимости от скорости охлаждения аустенит может переходить в разные структуры с различными свойствами. Например, быстрое охлаждение приводит к образованию структур. мартенсит, троостит и сорбит. Самое медленное охлаждение дает исходную (до нагрева) структуру — перлит или перлит+феррит, или перлит+цементит.

Термическая обработка стали — это такой тепловой процесс, при котором сталь нагревают до необходимой температуры, выдерживают некоторое время при этой температуре, а затем с определенной скоростью охлаждают. Цель термической обработки — получить нужные свойства металла.

Основными видами термической обработки являются отжиг, нормализация, закалка, отпуск и цементация.

Отжиг — это термическая обработка (нагрев) стали до аустенитного состояния с последующим медленным охлаждением. Его проводят для снижения твердости, улучшения обрабатываемости, снятия внутренних напряжений, устранения перегрева.

Нагревают стали с 0,1—0,5% углерода до 850—900°С, а стали, в которых более 0,5% углерода, — до 800—850°С в любом нагревательном агрегате (печи, горне). Охлаждают сталь вместе с печью или в сухом песке. Чем медленнее будет охлаждение, тем полнее будет влияние отжига на свойства стали.

Нормализация — это термическая обработка стали до аустенитного состояния с последующим охлаждением ее на спокойном воздухе. Эта операция так же, как и отжиг, улучшает обрабатываемость, снижает твердость и устраняет перегрев. Нормализация конструкционных углеродистых сталей более выгодна, чем отжиг, и поэтому получила большое распространение.

Закалкой называется операция термической обработки, при которой нагретую до аустенитного состояния сталь быстро охлаждают в воде, масле или другом охладителе. Температуры нагрева для закалки те же, что и для отжига стали.

Цель закалки — повысить твердость и прочность стали. В результате быстрого охлаждения образуются мартенсит, троостит или сорбит.