

Структура и свойства сталей

Общие представления



2021

Артамонцев Александр Иванович

доцент

■ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Гуляев А.П. Металловедение. - М.: Металлургия, 1986. - 542 с.
- Арзамасов Б.И. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1986.
- Лахтин Ю.М., Леонтьева Б.П. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1990. - 493 с.
- Основы материаловедения. Под ред. И.И.Сидорина. - М.: Машиностроение, 1976.
- Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. - М.: Металлургия, 1983.
- Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. - М.: Металлургия, 1984. 359 с.

Структура и свойства сталей

Модификации Fe от Температуры

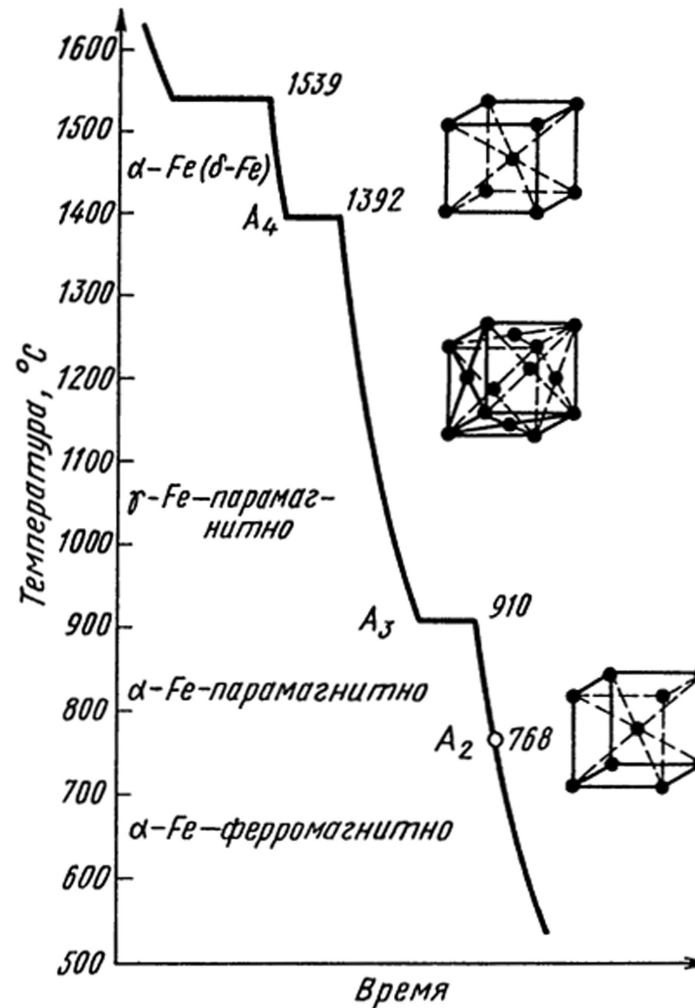


Рис. 1.

Структура и свойства сталей

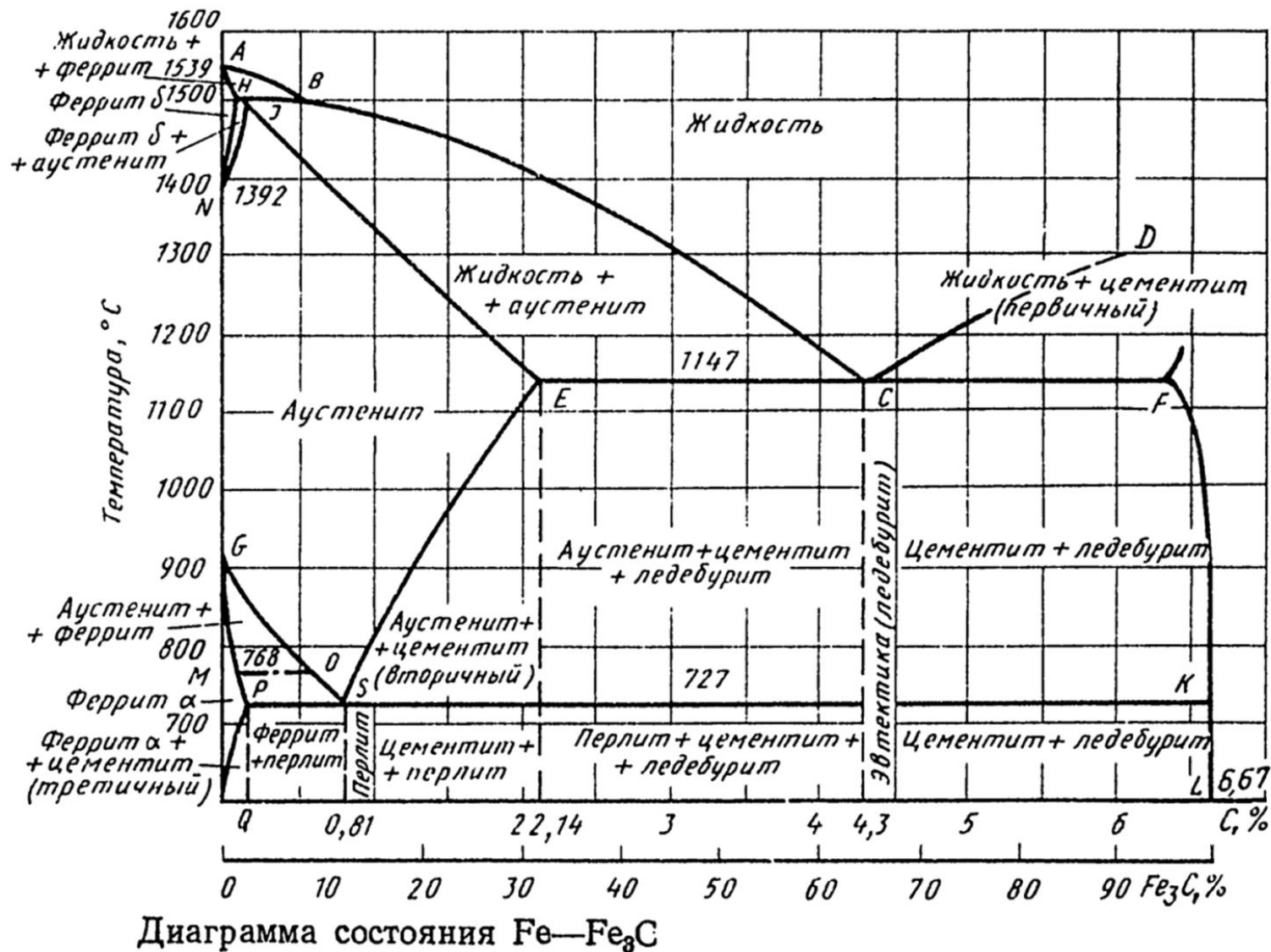


Рис. 2.

Структура и свойства сталей

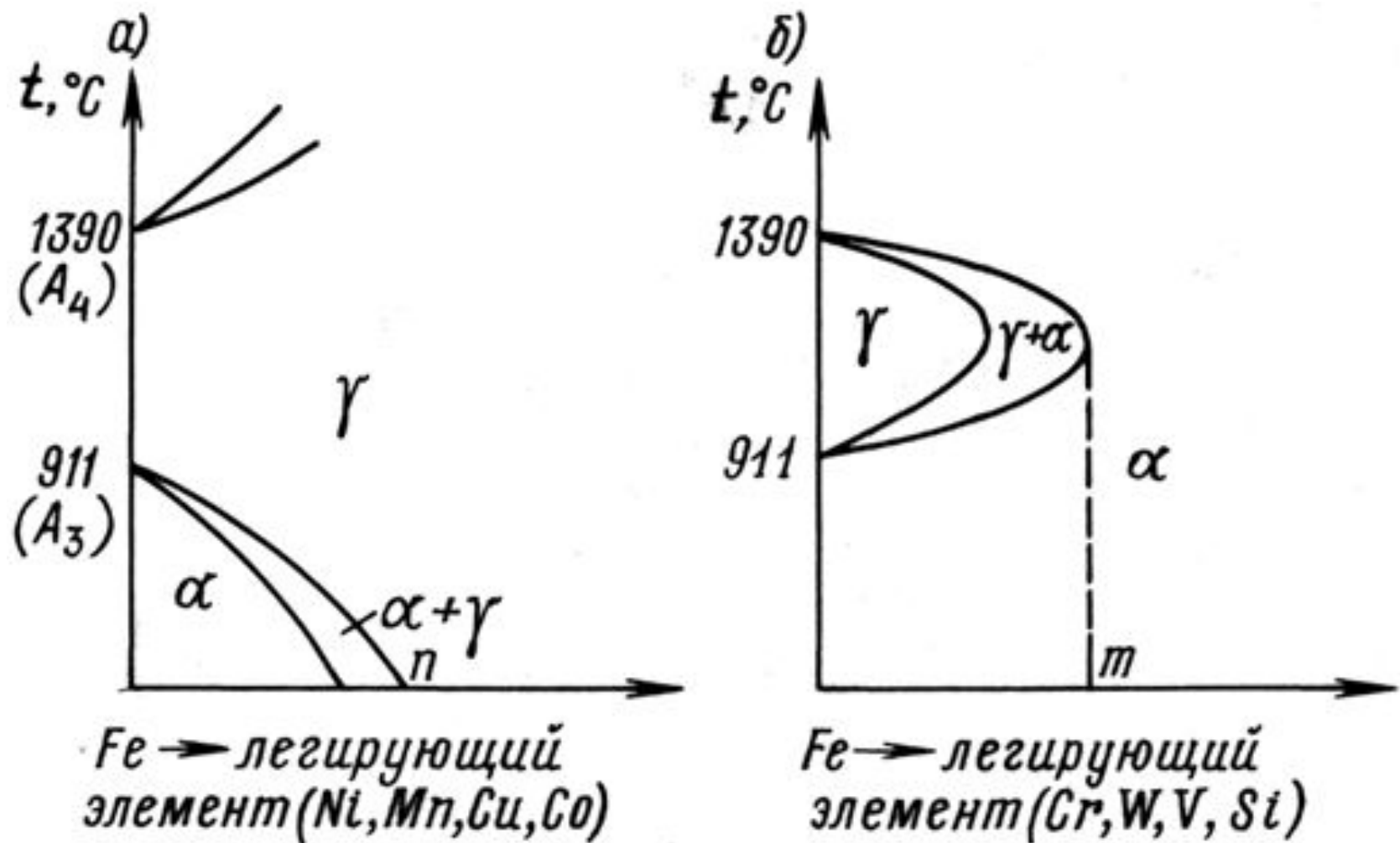


Рис. 3.

Структура и свойства сталей

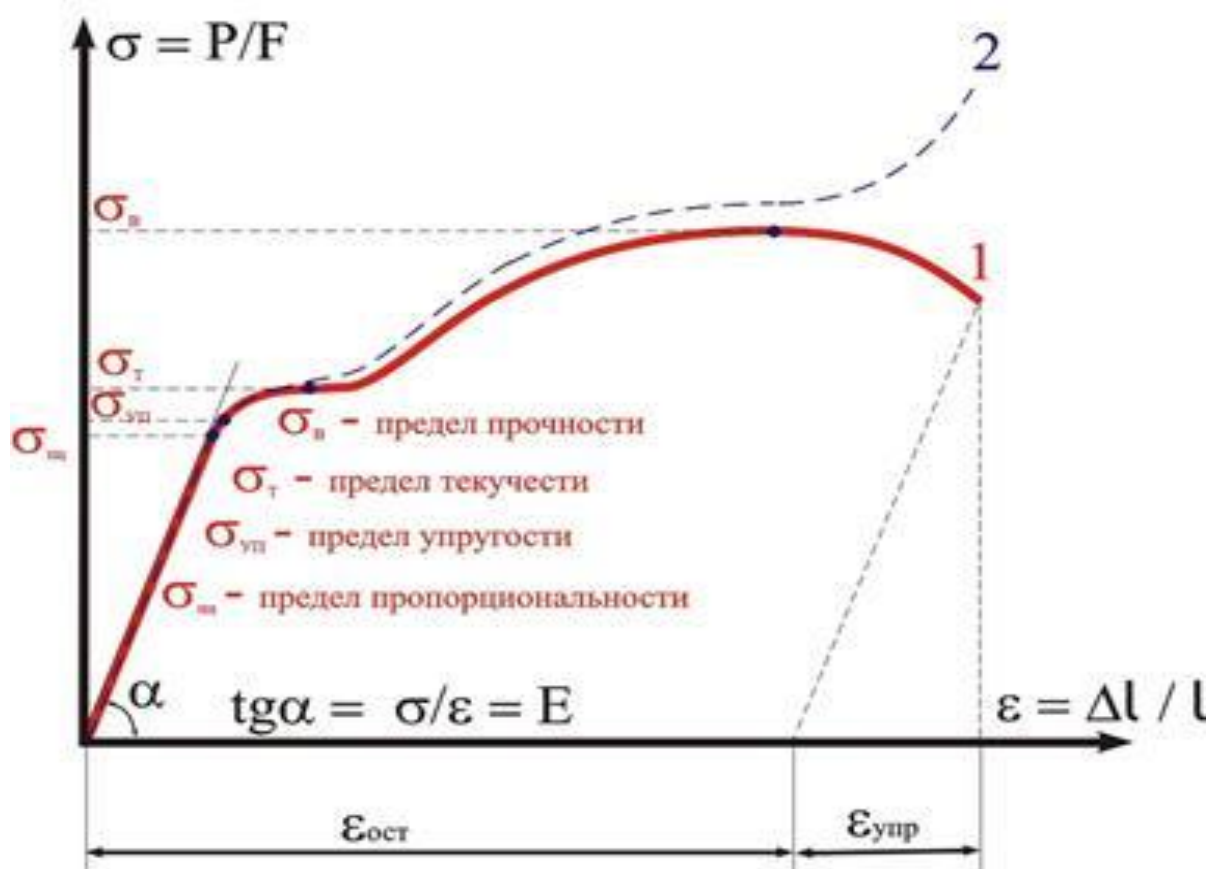


Рис. 4.

Структура и свойства сталей

1. Классификация стали

Стали различают по структурному признаку, химическому составу, свойствам. Кроме того, они отличаются по назначению, способам производства и приданию формы.

Примечание. Согласно ГОСТ 4543-71 легированные конструкционные стали классифицируются:

- на группы: качественную, высококачественную – А и особовысококачественную – Ш (сталь электрошлакового переплава) в зависимости от химического состава и свойств материала;
- на группы: хромистая, хромомолибденовая и хромомолибденованадиевая, хромоникелевая и другие в зависимости от основных легирующих элементов;
- на горячекатаную и кованую сталь по видам обработки;
- на подгруппы: а) для горячей обработки давлением и холодного волочения; б) для холодной механической обработки по всей поверхности в зависимости от назначения стали.

Структура и свойства сталей

1.1 Структура стали

По структурному признаку стали различаются на следующие классы:

Сталь перлитного класса (перлитная сталь) – легированная сталь при охлаждении на воздухе имеет структуру перлита (сорбита, тростита).

Сталь мартенситного класса (мартенситная сталь) – легированная сталь при охлаждении на воздухе имеет структуру мартенсита.

Сталь карбидного класса – легированная сталь, структура которой, полученная после охлаждения на воздухе, содержит значительное количество карбидов; в зависимости от химического состава может быть сорбитной, мартенситной или аустенитной.

Сталь аустенитного класса (аустенитная сталь) – легированная сталь, сохраняющая при обычной температуре после охлаждения на воздухе структуру аустенита.

Сталь ферритного класса (ферритная сталь) – легированная сталь, в отожженном состоянии со структурой феррита с небольшим количеством цементита.

Сталь аустенитно-ферритная – легированная сталь, имеет после охлаждения на воздухе и сохраняет при обычных температурах структуру аустенита с небольшим количеством феррита.

Сталь феррито-перлитная – после охлаждения на воздухе имеет структуру феррита и перлита в различных сочетаниях.

Структура и свойства сталей

1.2 Химический состав стали

По химическому составу сталь разделяется на углеродистый и легированный материал.

Углеродистая сталь по содержанию углерода делится на низкоуглеродистый (до 0,25% С), среднеуглеродистый (0,25–0,6% С) и высокоуглеродистый (0,6–2% С) материал. Другие постоянные элементы в сталях: марганец (не более 1%) и кремний (менее 0,5%); постоянные примеси – сера и фосфор (до 0,05% каждого).

Легированная сталь разделяется на низколегированный (суммарное содержание легирующих элементов до 3,5%); среднелегированный (3,5–10%) и высоколегированный (более 10%) материал. Легирующие элементы: марганец (более 1%), кремний (более 0,5%), хром, никель, молибден, ванадий и другие (условные обозначения элементов указаны в таблице 1).

1.3 Назначение стали

По назначению сталь делится на строительную, конструкционную (машиностроительную), инструментальную и сталь с особыми свойствами (коррозионно-стойкую, жаропрочную, жаростойкую, радиационно-стойкую и др.).

1.4 Способ производства стали

По способу производства она разделяется на мартеновскую, конверторную и электропечную сталь, выплавляемую в дуговых или индукционных печах (высокочастотных вакуумно-дугового переплава) и других.

1.5 Способ придания формы стали

По способу придания формы различается литая, ковкая, прокатная, штампованная сталь.

Структура и свойства сталей

2. Маркировка сталей

Маркировка сталей выполняется с соблюдением следующих особенностей.

Углеродистая сталь обыкновенного качества имеет буквенно-цифровое обозначение: Ст – сталь; цифры от 0 до 6 – условный порядковый номер; степень раскисления стали: кп – кипящая, пс – полуспокойная, сп – спокойная (Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп).

Углеродистая качественная конструкционная сталь обозначается двумя цифрами, указывающими на среднее содержание углерода в сотых долях процента (10, 20); для котельных сталей в обозначение вводится буква «К» (15К, 22К).

Легированная сталь имеет буквенно-цифровое обозначение. Первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента; цифра за буквой – среднее содержание легирующего элемента более 1%.

Например, сталь 12Х1МФ содержит в среднем 0,12% углерода, 1% хрома; менее 1% как молибдена, так и ванадия. Сталь 12Х18Н12Т содержит в среднем 0,12% углерода, 18% хрома, 12% никеля и менее 1% титана.

Структура и свойства сталей

№	Элемент	Химический символ	Обозначение в марках стали
1	Железо	Fe	–
2	Углерод (графит)	C	У
3	Марганец	Mn	Г
4	Титан	Ti	Т
5	Медь	Cu	Д
6	Кобальт	Co	К
7	Бор	B	Р
8	Кремний	Si	С
9	Хром	Cr	Х
10	Никель	Ni	Н
11	Молибден	Mo	М
12	Вольфрам	W	В

№	Элемент	Химический символ	Обозначение в марках стали
13	Ванадий	V	Ф
14	Алюминий	Al	Ю
15	Селен	Se	Е
16	Ниобий	Nb	Б
17	Цирконий	Zr	Ц
18	Сера	S	–
19	Фосфор	P	П
20	Азот	N	А
21	Лантан	La	–
22	Неодим	Nd	–
23	Церий	Ce	–

Таблица 1 - Условные обозначения химических элементов в марках стали

Структура и свойства сталей

2. Маркировка сталей

Буква «А» в конце марки означает, что сталь улучшена по содержанию вредных примесей (16ГНМА); две буквы «АА» в конце марки – значительное очищение стали от вредных примесей (06ГФАА).

Буква «А» в середине марки означает наличие азота как легирующего элемента в сталях (07Х21ГАН5, 16Г2АФ).

Буква «Л» в конце марки означает литую сталь (15Х1М1ФЛ). Буквы «ЦЛ» свидетельствует центробежно-литую сталь (15Х1М1Ф-ЦЛ); без дополнительных букв – сталь, деформированную путем проката,ковки,штамповки (15Х1М1Ф).

Буквы (индексы) «Ш», «ВД», «ВИ» указывают на сталь, улучшенную соответственно электрошлаковым, вакуумно-дуговым и вакуумно-индукционным методами переплава и выплавки (12Х18Н10Т-Ш, 10Х9МФБ-Ш).

Буквы «ПВ» в конце марки указывают на прямое восстановление сталей при выплавке в электрических и мартеновских печах согласно ТУ 14-ЗР-55-2001 (20-ПВ, 12Х1МФ-ПВ).

В литературных источниках и на практике можно встретить устаревшую маркировку легированных сталей с буквами «ЭИ» – электросталь исследовательская, «ЭП» – электросталь пробная, «ЭФ» – электросталь жаропрочная и следующим за ними порядковым номером (ЭИ257, ЭП 184).

Структура и свойства сталей

3. Химические элементы, влияющие на свойства стали

Химические элементы оказывают заметное влияние на структуру и свойства сталей.

Углерод С повышает прочностные свойства и снижает пластичность и ударную вязкость стали. С повышением содержания углерода более 0,25% образуются при сварке структуры закалки, и ухудшается свариваемость сталей.

Кремний Si является активным раскислителем сталей. В кипящих сталях его содержание не превышает 0,07%. Характерным является наличие в таком материале – стали, ликвационных зон в виде сульфидных прослоек с повышенным содержанием серы и фосфора, и, кроме того, скопление газовых пор, что ухудшает ее свариваемость. В спокойной (хорошо раскисленной) стали содержится 0,17–0,37% кремния, что способствует заметному повышению ее прочности и улучшению свариваемости.

Марганец Mn является активным раскислителем и десульфуратором (очистителем от серы) стали и свариваемого металла. Считается, что оптимальным является содержание марганца 0,3–0,8%. Это способствует обеспечению необходимых прочностных и технологических свойств стали и минимальному разбрызгиванию расплавленного металла при сварке. При содержании марганца 1,8–2,5% заметно повышается прокаливаемость конструкционных сталей, и возникает опасность появления трещин при сварке. В аустенитных сталях марганец может вводиться как аустенизатор в количестве до 10–14% в виде заменителя никеля.

Структура и свойства сталей

3. Химические элементы, влияющие на свойства стали

Хром Cr вводится в низколегированную сталь для повышения устойчивости карбидной фазы, улучшения окалиностойкости и повышения прокаливаемости. Положительное влияние он оказывает на жаростойкость сталей и косвенное влияние на повышение жаропрочности, находясь с молибденом в твердом растворе кристаллической решетки. В конструкционных низколегированных сталях содержится 0,5–3,5% хрома, в хромистых сталях – примерно 9–18% в хромоникелевых сталях – от 9,0 до 35%.

При сварке происходят структурные изменения в зонах высокотемпературного нагрева, в которых хром образует карбиды. Это ухудшает коррозионную стойкость и резко повышает твердость металла в ЗТВ соединений.

Никель Ni увеличивает пластические и прочностные свойства сталей, не ухудшая ее свариваемость. В конструкционной стали содержится 1–5% никеля, в легированной – около 8–35%.

Молибден Mo является элементом, который благоприятно влияет на жаропрочность сталей своим присутствием в твердом растворе. Молибден уменьшает диффузионную подвижность атомов, снижая переползание дислокаций и их скорость перемещения, одновременно усиливая связи узлов кристаллической решетки. В низколегированных сталях его содержание ограничивается в пределах 0,15–1,2%. Молибден увеличивает ударную вязкость и статическую прочность сталей при высокой температуре, однако при сварке активно окисляется и снижает трещиностойкость ЗТВ соединений.

Структура и свойства сталей

3. Химические элементы, влияющие на свойства стали

Ванадий V измельчает размер зерна и образует устойчивые высокодисперсные карбиды. Последнее обеспечивает повышенную прочность сталей в условиях длительной эксплуатации при высоких температурах, в том числе длительную прочность и сопротивление ползучести. Одновременно ванадий повышает закаливаемость сталей, что создает известные трудности при выполнении работоспособных сварных соединений.

Вольфрам W вводится в легированную сталь в количестве до 1–2% для повышения ее жаропрочности. При сварке вольфрам вызывает определенные трудности ввиду сильной окисляемости.

Титан Ti и *ниобий Nb* присутствуют в коррозионностойких и жаропрочных сталях в количестве 0,5–1% для повышения коррозионных свойств, в том числе стойкости против межкристаллитной коррозии (МКК). Микролегирование этими элементами в небольших количествах проводится для снижения склонности низколегированных сталей к охрупчиванию.

Бор В вводится в сталь в малом количестве (0,002–0,005%) для повышения прочности при высоких температурах, но при этом ухудшается свариваемость сталей.

Алюминий Al повышает окалиностойкость сталей, но ухудшает их свариваемость вследствие образования тугоплавких окислов и повышения хладноломкости сварных соединений углеродистой и низколегированной стали. Алюминий как раскислитель используется при выплавке таких сталей.

Медь Cu вводится в сталь для повышения коррозионной стойкости. Одновременно медь ухудшает свариваемость сталей.

Структура и свойства сталей

3. Химические элементы, влияющие на свойства стали

Редкоземельные металлы (РЗМ), к которым относят цирконий, церий, селен, лантан, неодим и другие.

Их вводят в сталь в качестве микродобавок для улучшения технологических и специальных свойств, включая жаропрочность, хладостойкость, деформируемость в горячем состоянии, трещиностойкость. Положительное действие РЗМ проявляется в раскисляющем и рафинирующем эффекте, благодаря большому сродству к кислороду, азоту и водороду. РЗМ действуют как десульфураторы, очищая металл от серы; оказывают модифицирующее влияние на измельчение микроструктуры сталей. Кроме того, РЗМ проявляют способность образовывать с вредными примесями (свинцом, висмутом, оловом и другими) тугоплавкие химические соединения, положительно влияя на легирование сталей и их свариваемость.

Сера S и фосфор P относятся к вредным примесям, способствующим повышению чувствительности стали к отпускной хрупкости и хладноломкости (влияние фосфора) и к образованию при сварке горячих (кристаллизационных) трещин. Их содержание в сталях ограничивается до 0,02–0,05% каждого. К вредным примесям также относятся: кислород (O_2), азот (N_2), водород (H_2). Они влияют на снижение трещиностойкости и пластичности сталей. Снижение содержания вредных примесей достигается применением специальных способов производства сталей.

Структура и свойства сталей

3. Химические элементы, влияющие на свойства стали

Редкоземельные металлы (РЗМ), к которым относят цирконий, церий, селен, лантан, неодим и другие.

Их вводят в сталь в качестве микродобавок для улучшения технологических и специальных свойств, включая жаропрочность, хладостойкость, деформируемость в горячем состоянии, трещиностойкость. Положительное действие РЗМ проявляется в раскисляющем и рафинирующем эффекте, благодаря большому сродству к кислороду, азоту и водороду. РЗМ действуют как десульфураторы, очищая металл от серы; оказывают модифицирующее влияние на измельчение микроструктуры сталей. Кроме того, РЗМ проявляют способность образовывать с вредными примесями (свинцом, висмутом, оловом и другими) тугоплавкие химические соединения, положительно влияя на легирование сталей и их свариваемость.

Сера S и фосфор P относятся к вредным примесям, способствующим повышению чувствительности стали к отпускной хрупкости и хладноломкости (влияние фосфора) и к образованию при сварке горячих (кристаллизационных) трещин. Их содержание в сталях ограничивается до 0,02–0,05% каждого. К вредным примесям также относятся: кислород (O_2), азот (N_2), водород (H_2). Они влияют на снижение трещиностойкости и пластичности сталей. Снижение содержания вредных примесей достигается применением специальных способов производства сталей.

Характеристика стали	Химический элемент										
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	V	Mo	Ti
Временное сопротивление разрыву	++	+		+	–	+	+	+	+	+	+
Предел текучести	+	+	+	+	–	+	+	+	+	+	+
Относительное удлинение	=	–	–	=	0	0	0	0	–	–	0
Твердость	++	+	+	+	–	+	+	0	+	+	+
Ударная вязкость		=		=		+	+	0	0	0	–
Предел выносливости	+	0	0	0	0	0	0	0	++	++	0
Свариваемость	–	–	0	–	0	0	0	–	+	+	+
Стойкость против коррозии	0	–	+	+	0	+	+	++	+	+	0
Хладноломкость	0	0	0	+	0	–	–	–	0	0	0
Красноломкость	+	+	0	0	+	0	0	0	0	–	0
Примечание. Обозначения оказываемого влияния: «+» – повышает; «++» – повышает значительно; «–» – снижает; «=» – снижает значительно; «0» – не сказывается.											

Деление марок сталей, применяющихся в теплоэнергетике, на типы и классы

Группы сталей свариваемых деталей по <u>ПБ 03-164-97</u>	Тип и/или класс основного материала	Марки сталей
1	Углеродистые и низколегированные конструкционные стали перлитного класса с гарантированным минимальным пределом текучести не более 355 МПа	Ст2сп2, Ст3пс2, Ст3сп2, Ст3сп3, Ст3пс4, Ст3сп4, Ст3сп5, 08, 10, 20, 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 10Г2, 15ГС, 16ГС, 17ГС, 17Г1С, 17Г1С-У, 09Г2С, 20ГСЛ
4	Низколегированные теплоустойчивые хромомолибденовые и хромомолибденованадиевые стали перлитного класса	12МХ, 15МХ, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 15Х1М1Ф-ЦЛ, 20ХМЛ, 20ХМФЛ, 15Х1М1ФЛ, 12Х2МФСР, 12Х2МФБ, 20Х1МФ, 20Х1М1Ф1ТР, 20Х1М1Ф1БР
5	Легированные стали мартенситного класса с содержанием хрома от 4 до 10%	10Х9МФБ (ДИ 82-Ш)
6	Высоколегированные (высокохромистые) стали мартенситного и мартенситно-ферритного классов с содержанием хрома от 10 до 18%	20Х13, 12Х11В2МФ, 13Х11Н2В2МФ, 20Х12ВНМФ, 18Х12ВМБФР
9	Высоколегированные стали аустенитного класса	12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 12Х18Н9ТЛ, 12Х18Н12МЗТЛ, 31Х19Н9МВБТ, 10Х13Г12БС2Н2Д2 (ДИ 59)
10	Сплавы на железо-никелевой основе	ХН35ВТ

Структура и свойства сталей

4. Свойства сталей

Свойства сталей представляют собой комплексную характеристику сталей, которая включает механические, технологические, специальные и физические свойства.

4.1 Механические свойства – способность сталей сопротивляться деформированию (изменению формы) и разрушению под действием механических сил. К механическим свойствам относятся: прочность, пластичность, вязкость, упругость; также сопротивление усталости и ползучести, чувствительность к надрезу (концентратору напряжений) и др.

Прочность – свойство сталей сопротивляться разрушению под действием механических нагрузок. К показателям прочности относятся: временное сопротивление разрыву σ_B ; предел текучести $\sigma_{0,2}$; твердость HRC (шкала C), HB, HV; предел длительной прочности $\sigma_{\tau/t}$; циклическая прочность σ_a , N и др.

Пластичность – свойство сталей необратимо изменять, не разрушаясь, свою форму и размеры. К показателям пластичности относятся относительное удлинение δ и сужение ψ .

Вязкость (в твердом состоянии) – свойство сталей, не разрушаясь, поглощать при пластическом деформировании механическую энергию в заметных количествах. В зависимости от характера нагрузки различают вязкость: статическую – при медленном приложении нагрузки; ударную – при быстром (ударном, динамичном) приложении нагрузки (KCV и KCU – на образцах с концентратором соответственно вида V и U); циклическую – при многократно повторяющемся приложении нагрузки. В технике вязкость сталей обычно отождествляют с ударной вязкостью и противопоставляют хрупкости.

Показатели статической вязкости (деформационной способности): угол изгиба (градус); просвет между стенками труб при сплющивании; работа или удельная энергия. Показатели ударной вязкости – работа или удельная энергия при ударном изгибе.

Структура и свойства сталей

4.1 Механические свойства

Хрупкость – способность сталей разрушаться без заметной пластической деформации. Переход из пластического состояния в хрупкое состояние зависит от температуры, скорости нагружения и концентрации напряжений. Хрупкое разрушение характеризуется блестящим кристаллическим изломом металла.

Хладноломкость – свойство сталей значительно снижать вязкость при пониженных температурах. Температура перехода в хрупкое состояние называется порогом хладноломкости, а критерием оценки служит критическая температура хрупкости $t_{\text{ко}}$, которая определяется по 50%-ной хрупкой (или вязкой) составляющей в изломе ударных образцов или по допускаемому значению ударной вязкости.

Жаропрочность – способность сталей противостоять механическим нагрузкам при высокой температуре под действием растягивающих напряжений. Основным показателем жаропрочности – предел длительной прочности (статическое напряжение растяжения, вызывающее разрушение через определенное время).

Жаростойкость (окалиностойкость) – сопротивляемость сталей окислению при высоких температурах; оценивается удельной потерей массы металла за определенное время.

Предельное состояние – напряженное состояние, начиная с которого обнаруживается резкое качественное изменение свойств металла (стали). Примером предельного состояния может служить наступление состояния текучести материала при механических испытаниях.

Трещиностойкость – способность сталей сопротивляться развитию трещин при механических нагрузках и других условиях, например, при сварке, термической обработке.

Усталость – процесс постепенного накопления повреждений металла под действием переменных напряжений и деформаций, приводящих к изменению свойств, образованию трещин и разрушению.

Структура и свойства сталей

4.2 Технологические свойства

Технологические свойства – способность сталей без разрушения и образования трещин подвергаться различным технологическим операциям:

- ▣ литейным процедурам с получением качественных литых деталей и полуфабрикатов (трубных элементов) требуемой формы и размеров;
- ▣ пластическим операциям (ковке, штамповке, прокатке, волочению и др.) для получения нужной формы и размеров деталей;
- ▣ сварке для получения неразъемного соединения деталей требуемого качества (структуры, свойств);
- ▣ термической обработке (отпуску, нормализации, аустенизации, закалке, отжигу) для получения необходимой структуры и свойств;
- ▣ холодной механической обработке (фрезерованию, точению, сверлению, шлифованию и др.) для придания нужной формы, точности и чистоты деталей.

Свариваемость относится к одному из видов технологических свойств, что необходимо учитывать при выполнении сварных стальных конструкций.

4.3 Специальные свойства – способность сталей сопротивляться разрушению под действием рабочих сред, когда к металлу предъявляются требования жаропрочности, жаростойкости, коррозионной стойкости, усталости и др.

4.4 Физические свойства – способность сталей проводить электричество, передавать теплоту, расширяться при нагревании, намагничиваться. К физическим свойствам относятся: электропроводность, теплопроводность, термическое (линейное) расширение и др. (табл. 1.8).
Материалы (стали) разного структурного класса заметно отличаются по физическим свойствам, что создает известные трудности при выполнении сварных конструкций из разных материалов.

Структура и свойства сталей

5 Обработка стали

На свойства сталей оказывает влияние химический состав и термическая обработка; дополнительно на свойства влияют методы выплавки сталей и технология изготовления полуфабрикатов (рис. 4).

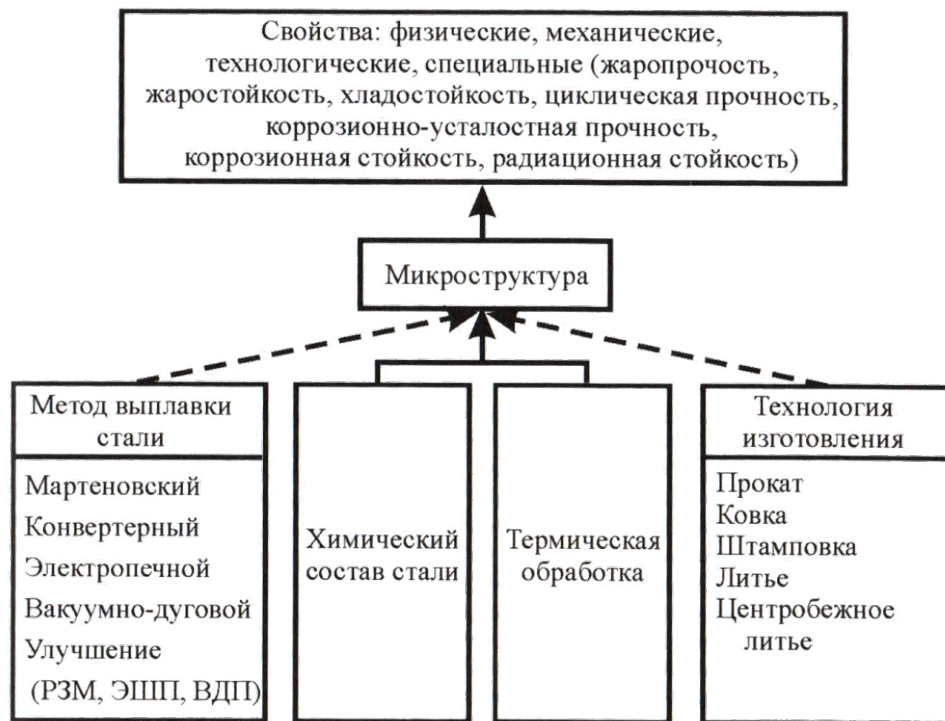


Рис. 4 – Факторы, влияющие на структуру и свойства сталей. ЭШП – электрошлаковый переплав (выплавка); ВДП – вакуумно-дуговой переплав (выплавка). РЗМ – редкоземельные металлы-элементы (церий, лантан, неодим, тулий, скандий, иттрий), оказывающие на сталь рафинирующее и модифицирующее действие

Структура и свойства сталей

5 Обработка стали

5.1 Термическая обработка

Термическая обработка элементов проводится с целью получения необходимой структуры и свойств металла. Виды и режимы термической обработки для отдельных марок теплоустойчивых углеродистых и низколегированных сталей приведены в [таблице 1](#).

Марка стали	Термообработка	$\sigma_{\text{в}},$ МПа	$\sigma_{\text{т}},$ МПа	$\delta, \%$	$\psi, \%$	КСУ, кгс·м/см ²	НВ
20, 20-ПВ	Норм. 925–950 °С	420–560	216	24	45	5	–
15ГС	Норм. 900–930 °С + допускается Отп. 630–670 °С	≥490	294	18	45	6	–
15ХМ	Норм. 930–960 °С + Отп. 680–730 °С, ≥0,5 ч	450–650	235	21	50	6	–
12Х1МФ 12Х1МФ-ПВ	Норм. 950–980 °С + Отп. 720–750 °С, 1–3 ч	450–650	274	21	55	6	
15Х1М1Ф	Норм. 970–1000 °С + Отп. 730–760 °С, ≥ 10 ч	500–700	314	18	50	5	–
25Л	Норм. 880–930 °С + Отп. 620–650 °С	≥450	240	19	30	4	–
20ГСЛ	Норм. 880–930 °С + Отп. 630–660 °С	≥500	280	18	30	3	–
20ХМЛ	Норм. 880–900 °С + Отп. 600–650 °С	≥470	250	18	30	3	135–180
20ХМФЛ	Гом., Норм. 970–1000 °С + Норм. 960–980 °С + Отп. 710–740 °С	≥500	320–500	15	30	3	159–223
15Х1М1ФЛ	Гом., Норм. 1000–1030 °С + Норм. 970–1000 °С + Отп. 720–750 °С	≥500	320–500	15	30	3	159–223
15Х1М1ФЛ-ЦЛ	Прогнвофлокенный отжиг 600–650 °С, 7 ч + Гом. 1000–1030 °С, 10 ч + Норм. 970–1000 °С, 3,5 ч + Отп. 730–760 °С, 6	490–686	314	16	45	4	–

Структура и свойства сталей

5 Обработка стали

5.1 Термическая обработка

Термическая обработка трубных элементов из низколегированных сталей включает нормализацию с нагревом до температуры выше A_{C3} на 30–50 °С с выдержкой и последующим охлаждением с нужной скоростью и далее с проведением высокого отпуска при температуре на 30–50 °С ниже A_{C1} с выдержкой в зависимости от толщины термически обрабатываемых деталей.

Нормализация проводится для получения закаленной структуры с необходимым количеством легирующих элементов в твердом растворе кристаллической решетки. Высокий отпуск необходим для получения требуемой пластичности и вязкости металла с нормативными прочностными свойствами (кратковременными, длительными) в результате протекания при отпуске процессов структурных превращений.

Термическая обработка труб из углеродистых сталей ограничивается проведением нормализации без отпуска.

Трубные элементы из высокохромистых сталей подвергаются термической обработке по режиму нормализации с высоким отпуском.

Трубы из высоколегированных хромоникелевых сталей подвергаются аустенизации (закалке на аустенит) с нагревом до температуры 1050–1100 °С, выдержке при этой температуре и последующему быстрому охлаждению с получением гомогенной (однородной) аустенитной структуры.

Структура и свойства сталей

6 Метод выплавки стали

Метод выплавки существенно влияет на чистоту материала и ее свойства []. Применяемые методы рафинирования металла (например, к электрошлаковый переплав) существенно очищают материал (стали) от вредных примесей. Свойства таких сталей (пластичность, ударная вязкость, хладостойкость) заметно улучшаются.

Структура и свойства сталей

7 Свариваемость сталей

Свариваемость сталей – сложная металлургическая и технологическая характеристика металла. Оценка свариваемости сталей является достаточно сложной и трудоемкой задачей.

В производственной практике свариваемость углеродистых и легированных сталей оценивается по качественным показателям:

I – хорошая свариваемость – когда в заданных технологических и конструктивных условиях удовлетворяются требуемые эксплуатационные свойства сварных соединений;

II – удовлетворительная свариваемость – когда она обеспечивается выбором рационального режима сварки и соблюдением в процессе изготовления изделия;

III – ограниченная свариваемость – когда необходимо применять специальные технологические меры или изменять, корректировать способ сварки);

IV – плохая свариваемость – когда даже при всех принятых специальных технологических мерах не достигаются требуемые эксплуатационные свойства сварных соединений.