

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

**КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.
ЧАСТЬ 1. СТАЛИ И СПЛАВЫ**

**КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.
ЧАСТЬ 1. СТАЛИ И СПЛАВЫ**

Методические указания

САМАРА 2001

САМАРА 2001

Составители: *Б.Н. Березков, А.В. Архипов*

УДК 621.38

Конструкционные материалы. Часть 1. Стали и сплавы: Метод. указания / Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. Б.Н. Березков, А.В. Архипов. Самара, 2001, 16 с.

Дано определение стали как конструкционного материала, приведены классификация и маркировка сталей. Описано влияние примесей и даны характеристики сталей различного назначения.

Рекомендуются студентам специальности 20.08.00. Подготовлены на кафедре МиТРЭА.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева.

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.В. Зеленский

Сталью называют сплав железа с углеродом и другими элементами с содержанием до 2%С (точнее, до 2,14%С). Если сплав имеет в своем составе железо и углерод и некоторое количество постоянных примесей - марганец (до 0,7%), кремний (до 0,4%), серу (до 0,06%), фосфор (до 0,07%) и газы, то такую сталь называют *углеродистой*.

Если в процессе выплавки углеродистой стали к ней добавляют легирующие элементы хром, никель, ванадий и др., а также марганец и кремний в повышенном количестве, то такую сталь называют *легированной*.

1. ВЛИЯНИЕ НА СТАЛЬ УГЛЕРОДА, ПОСТОЯННЫХ ПРИМЕСЕЙ И ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Углерод оказывает основное влияние на свойства стали. С увеличением содержания углерода в стали повышаются ее твердость и прочность, уменьшаются пластичность и вязкость.

Марганец и кремний - полезные примеси. Их добавляют в сталь при выплавке для ее раскисления.

Сера с железом образует сульфид железа FeS, который в стали находится в виде эвтектики Fe - FeS с температурой плавления 985°C. При нагреве стали до температуры 1000... 1200°C для горячей обработки давлением эвтектика плавится, сталь становится хрупкой и при деформации разрушается. Это явление называется *красноломкостью*. Красноломкость устраняет марганец. Образующийся пластичный сульфид марганца MnS плавится при температуре 1620°C.

Фосфор растворяется в *феррите* (см. приложение), повышает хрупкость стали, т.е. вызывает так называемую *хладноломкость*.

Газы (кислород, азот, водород) частично растворены в стали, присутствуют в виде неметаллических включений (окислы, нитриды). Кислород в стали находится главным образом в виде окислов Al₂O₃, SiO₂ и др. Окислы, в отличие от сульфидов, хрупки, при горячей обработке не деформируются и крошатся, разрыхляют металл. В присутствии большого количества водорода возникает опасный дефект - внутренние надрывы в металле, так называемые *флокены*.

Легирующие элементы (Mn, Ni, Cr, V, W, Mo, Ti и др.) оказывают различное влияние на аллотропические превращения в железе, на карбидную фазу, фазовые превращения в стали,

положительно влияют на изменение механических и других эксплуатационных свойств сталей.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ

Стали классифицируют по следующим признакам: химическому составу, качеству, структуре, применению.

По *химическому составу* различают стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные. При этом учитываются способ выплавки и содержание серы и фосфора.

По *структуре* различают стали в отожженном и нормализованном состоянии: в отожженном состоянии - доэвтектоидный, заэвтектоидный, *ледебуритный* (карбидный), *ферритный* и *аустенитный* классы; в нормализованном состоянии - *перлитный*, *мартенситный* и *аустенитный* (см. приложение) классы, получение которых обусловлено влиянием легирующих элементов на изотермический распад аустенита. К перлитному классу относят углеродистые и легированные стали с низким содержанием легирующих элементов, к мартенситным - с более высоким и к аустенитному - с высоким содержанием легирующих элементов.

По *применению* стали подразделяют на следующие группы: конструкционные стали - для деталей машин и конструкций; инструментальные стали — для различного инструмента; стали и сплавы с особыми свойствами - например, жаропрочные, коррозионно-стойкие, магнитные и др.

3. МАРКИРОВКА СТАЛЕЙ

Обозначение сталей обыкновенного качества - буквенно-цифровое, например Ст0, Ст1...Ст6; БСт1...БСт6; ВСт2...ВСт5.

Буквы Ст обозначают сталь (в марках других сталей буквы Ст не указываются), цифры от 0 до 6 - условный номер марки в зависимости от химического состава и механических свойств; буквы Б и В - группы сталей (группа А в марке стали не указывается). Степень раскисления, определяемая характером застывания металла в изложнице, обозначают индексами: кп - кипящая, пс - полуспокойная, сп - спокойная, например Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, БСт3кп.

Углеродистые качественные конструкционные стали обозначают

двузначными числами, показывающими среднее содержание углерода в стали, выраженное в *сотых* долях процента. Например, сталь марки 15 содержит в среднем 0,15%С, сталь 40 - 0,40%С и т.д. Степень раскисления указывают в конце марки, например, сталь 0,8кп.

Углеродистые инструментальные стали маркируют следующим образом: впереди ставят букву У, за ней число - среднее содержание углерода, выраженное в *десятых* долях процента. Например, сталь марки У9 содержит в среднем 0,9%С, сталь У11 - 1,1%С.

В основу обозначения марок легированных сталей положена буквенно-цифровая система. Легирующие элементы указывают русскими буквами:

Марганец	Г	Кобальт	К
Кремний	С	Алюминий	Ю
Хром	Х	Медь	Д
Никель	Н	Бор	Р
Вольфрам	В	Ниобий	Б
Ванадий	Ф	Цирконий	Ц
Титан	Г	Фосфор	П
Молибден	М	Азот	А

В марках *легированных конструкционных* сталей, например 20Х, 18Г2С, 60С2, 18ХГТ, 38ХН3МФ и др., двузначные числа в начале марки - это среднее содержание углерода в *сотых* долях процента, а числа после букв - примерное содержание соответствующего легирующего элемента в целых процентах; отсутствие числа указывает на то, что содержание легирующего элемента не превышает 1,5%. Для высококачественных сталей в конце марки ставят букву А, например, сталь 12Х2Н4 - качественная сталь, а сталь 12Х2Н4А - высококачественная.

В марках *легированных инструментальных* сталей, например Х, 9ХС, ХВГ, 3Х2В8Ф, 5ХЗВ3МФС и др., одна цифра в начале марки указывает среднее содержание углерода в *десятых* долях процента, если его содержание меньше одного процента. При содержании в стали 1%С или более число не пишут. Расшифровка в марках инструментальных сталей содержания легирующих элементов такая же, как и в конструкционных сталях. Все стали инструментальные легированные и с особыми свойствами всегда высококачественные, а поэтому в обозначениях этих сталей буква А не ставится. В маркировке сталей в начале иногда ставят буквы, указывающие их

применение: А - автоматные стали, Р - быстрорежущие (Р - рапид - скорость), Ш - шарикоподшипниковые, Э - электротехнические.

4. КОНСТРУКЦИОННЫЕ СТАЛИ

Конструкционные стали должны обладать высокими механическими свойствами, технологичностью в обработке и быть дешевыми.

4.1. Конструкционные строительные стали

Для сварных и клепанных конструкций в строительстве, мосто-, судостроении применяют углеродистые стали обыкновенного качества (при незначительных напряжениях в конструкциях) и низколегированные стали с невысоким содержанием углерода (при более высоких напряжениях). К ним предъявляют повышенные требования по прочности и ударной вязкости как при обычной, так и при пониженной температурах, хорошей свариваемости.

Углеродистые стали обыкновенного качества в зависимости от назначения и гарантируемых характеристик качества делят на три группы: А - поставляемые по механическим свойствам; Б - поставляемые по химическому составу; В - поставляемые по механическим свойствам и химическому составу.

Для сталей группы А химический состав не регламентируется. Это связано с тем, что детали, изготовленные из этих сталей, термической обработке не подвергаются. Поэтому важно знать не химический состав, а механические свойства стали. Чем больше номер марки, тем выше прочность, но ниже пластичность стали.

Для сталей группы Б гарантируемой характеристикой качества является химический состав. Т.к. химический состав известен, деталь из стали группы Б можно подвергать термической обработке.

Для сталей группы В механические свойства должны соответствовать нормам для сталей аналогичных марок группы А, а химический состав - нормам для сталей аналогичных марок группы Б.

Низколегированные конструкционные стали применяют для создания металлических конструкций (14Г2, 10ХСНД и др.) и для армирования железобетонных конструкций (18Г2С, 35ГС и др.). Эти стали хорошо свариваются. Их иногда поставляют в термически обработанном состоянии (после нормализации, улучшения или

термомеханической обработки). Эти стали имеют низкий порог хладоломкости (температура, при которой происходит переход металла от вязкого разрушения к хрупкому).

4.2. Листовая сталь для холодной штамповки

В зависимости от степени деформации листа сталь делят на следующие группы: весьма глубокой вытяжки (ВГ), глубокой вытяжки (Г), нормальной вытяжки (Н). Для холодной штамповки применяют, например, сталь марки 08кп. В этой стали мало углерода (0,08%) и кремния ($\leq 0,03\%$), что является положительным, т.к. углерод и кремний снижают способность стали к вытяжке. Штампуемость листовой стали ухудшается при наличии в ней крупного и неоднородного по размерам зерна цементита и др.

4.3. Цементуемые (низкоуглеродистые) стали

Для изготовления деталей небольших размеров, работающих на износ при малых нагрузках, когда прочность не влияет на эксплуатационные свойства (втулки, валики, шпильки и др.), применяют углеродистые стали марок 15, 20. После цементации, закалки в воде и низкого отпуска поверхность стали имеет высокую твердость (HRC 58-62), структуру мартенсита, а сердцевина не упрочняется, т.к. в ней сохраняется структура феррит + перлит.

Для тяжело нагруженных деталей, в которых необходимо иметь высокую твердость поверхностного слоя и достаточно прочную сердцевину, применяют легированные стали 20Х, 12Х2Н4А, 18ХГТ (-0,1% Ti), 20ХГНВ (-0,005% В) и др. В деталях из легированных сталей сердцевина после термической обработки прочная в связи с образованием в ней структур *бейнита* (см. приложение) или низкоуглеродистого мартенсита (HRC 30...45). Поэтому из этих сталей изготовляют ответственные детали - зубчатые колеса, оси, поршневые пальцы и др.

4.4. Улучшаемые (среднеуглеродистые) стали

Эти стали называют улучшаемыми потому, что их обычно подвергают улучшению - закалке в масле и высокому отпуску (550...650°C) с получением структуры *сорбита* (см. приложение). Улучшаемые стали должны иметь высокую прочность, пластичность, высокий

предел выносливости, малую чувствительность к отпускной хрупкости, хорошую прокаливаемость.

Углеродистые стали, например марок 40, 45, обладают небольшой прокаливаемостью (до 10... 12 мм), поэтому их применяют для мелких деталей или для более крупных, но работающих при невысоких нагрузках и не требующих сквозной прокаливаемости, детали, от которых требуется высокая поверхностная твердость (зубчатые колеса и др.), подвергают закалке с нагревом ТВЧ.

Для деталей крупных сечений применяют легированные стали, обладающие по сравнению с углеродистыми сталями большей прокаливаемостью, и прокаливаемость тем больше, чем больше в стали легирующих элементов. Это, например, стали 40X (критический диаметр $D_k = 15$ мм), 40XM ($D_k = 25$ мм), 40XHM ($D_k = 40$ мм), 38XНЗМФ ($D_k = 100$ мм). Поэтому чем больше сечение детали, тем более легированную сталь следует выбирать.

4.5. Пружинно-рессорные стали

Эти стали должны иметь высокий предел упругости и выносливости. Этим требованиям удовлетворяют углеродистые стали, например марки 70, и стали, легированные такими элементами, которые повышают предел упругости - Si, Mn, Cr, V, W, например, стали 60С2, 55Г, 50ХД, 50ХФА, 60С2ВА.

Для термической обработки рессорных листов и пружин характерно применение после закалки отпуска при 400...500°C. Это необходимо для получения структуры *троспита отпуска* (см. приложение) имеющего высокое значение предела упругости.

4.6. Шарикоподшипниковые стали

Основной сталью является сталь ШХ15 (0,95... 1,05%С; 1,3... 1,65%Cr). Структура стали до термической обработки - мелкозернистый перлит, после закалки и отпуска - очень мелкоигольчатый мартенсит с карбидами (HRC 62...65).

Для изготовления деталей крупногабаритных подшипников, работающих при больших ударных нагрузках, применяют сталь 20ХН4А. Детали (кольца, ролики) подвергаются цементации (толщина слоя 5 .. 10мм).

4.7. Автоматные стали

Эти стали содержат повышенное количество серы и фосфора, хорошо обрабатываются на металлорежущих станках, образуя короткую ломкую стружку. Лучше всего обрабатывается сталь марки А12 (0,08..0,2% S и 0,08..0,15% P). Недостаток автоматных сталей - пониженная пластичность, поэтому их применяют для изготовления малоответственных деталей, от которых не требуется высоких механических свойств (крепежные детали, втулки и др.).

5. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ

Инструментальные стали по назначению делят на следующие группы: стали для режущих инструментов, измерительных инструментов, штамповые стали. В особую группу инструментальных материалов входят спеченные твердые сплавы.

5.1. Стали для режущих инструментов

Режущий инструмент изготавливают из углеродистых, легированных и быстрорежущих сталей.

Углеродистые стали - это стали марок У9, У10, У11, У12. Твердость сталей HRC 60...64. Высокая твердость сохраняется при нагреве до 200°C.

Легированные стали по сравнению с углеродистыми имеют меньшую зернистость, большую прокаливаемость, более высокие режущие свойства. Основной легирующий элемент в этих сталях - хром (например, стали марок Х, 9ХС, ХВГ, ХВСГ).

Быстрорежущие стали широко применяют для изготовления разнообразного режущего инструмента, работающего при высоких скоростях резания, в тяжелых условиях. Наиболее распространены быстрорежущие стали марок Р18, Р6М5, Р9Ф5, Р14Ф4, Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф5, Р18К5Ф2 (красностойкость этих сталей, т.е. способность рабочей кромки сохранять в эксплуатации (при нагреве) структуру и свойства, необходимые для резания, - 620... 640°C; у легированных инструментальных сталей - до 250°C).

5.2. Стали для измерительных инструментов

Обычно применяют стали У8...У12, Х, ХГВ, Х12Ф. Для измерительного инструмента большое значение имеет стабильность размеров закаленного инструмента в течение длительного времени.

5.3. Штамповые стали

Эти стали делят на стали для инструментов холодного и горячего деформирования.

Стали для инструментов холодного деформирования - У10, У11, У12 (штампы небольших размеров - диаметром до 30 мм, простой формы, работающие в легких условиях). Штампы диаметром 75...100 мм более сложной формы и для более тяжелых условий работы изготавливают из сталей повышенной прокаливаемости Х, ХВГ.

Стали для инструментов горячего деформирования - 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХНВ. Для пресс-форм литья под давлением применяют стали 3Х2В8Ф, 5Х3В3МФС и др. К этим сталям предъявляют повышенные требования по устойчивости против образования поверхностных трещин при многократном нагреве и охлаждении.

5.4. Спеченные твердые сплавы

Эти сплавы состоят в основном из карбида вольфрама WC. Спеченные твердые сплавы делят на три группы: вольфрамокобальтовые группы ВК, например ВК3 (97%WC, 3%Co), для обработки чугуна, цветных металлов и их сплавов, неметаллических материалов; вольфрамотитанокобальтовые группы ТК, например Т15К6 (79%WC, 15%TiC, 6% Co) и вольфрамотитанталокобальтовые группы ТТК, например ТТ7К12 (81%WC, 4%TiC, 3%TaC, 12%Co) для обработки стали.

Во всех твердых сплавах порошки карбидов металлов спекают с порошком кобальта при температуре 1400°C; при этом кобальт служит пластической связкой.

6. СТАЛИ И СПЛАВЫ С ОСОБЫМИ СВОЙСТВАМИ

6.1. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы

К жаростойким (окалиностойким) относят стали и сплавы, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности

в газовых средах при температурах выше 550°C и работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии. Для получения плотной (защитной) окисной пленки сталь легируют хромом, а также кремнием и алюминием. Степень жаростойкости зависит от количества легирующего элемента. Так, например, сталь 15Х5 жаростойка до 700°C, сталь 15Х28 - до 1100°C, сплав ХН70Ю (27%Cr, 70% Ni, 3%A1) - до 1200°C.

К жаропрочным относятся стали и сплавы, способные работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени, и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

Жаропрочные сплавы и стали классифицируют по основному признаку - температуре эксплуатации.

Для работы при температурах до 400°C применяют обычные конструкционные стали (углеродистые и низколегированные).

Для работы при 400 .. 550°C применяют стали перлитного класса, например 15ХМ, 12Х1МФ.

Для работы при 500...600°C применяют стали мартенситного класса: высокохромистые, например 15Х11МФ, для лопаток паровых турбин; хромокремнистые (называемые силъхромами), например 40Х9С2, для клапанов моторов; сложнелегированные, например 20Х12ВНМФ, для дисков, роторов, валов.

Для работы при 600...700°C применяют стали аустенитного класса, например 09Х14Н16Б.

Для работы при 800...1000°C применяют жаропрочные сплавы на никелевой основе, например ХН77ТЮР.

6.2. Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали

Это стали, обладающие стойкостью против электрохимической коррозии.

Хромистые коррозионные стали обладают антикоррозионными свойствами в том случае, если они содержат большое количество хрома (не менее 12%). К ним относят стали:

- 12Х13 для деталей с повышенной пластичностью (клапаны гидравлических прессов, предметы домашнего обихода и др.), работающих в слабо агрессивных средах (воздух, вода, пар);
- 40Х13 для изготовления хирургического инструмента, пружин и т.п.,
- 12Х17 для оборудования азотно-кислотных заводов и заводов пищевой промышленности (стойкость в кислотных средах);

- 08X17T для изготовления сварных конструкций (титан предотвращает появление межкристаллитной коррозии при сварке).

Хромоникелевые коррозионно-стойкие стали содержат большое количество хрома и никеля, мало углерода, имеют большую коррозионную стойкость, чем хромистые, и широко применяются в химической, нефтяной и пищевой промышленности, автостроении, строительстве. К ним относят стали 12X18H9, 12X18H9T (пригодна для сварки из-за наличия титана), 04X18H10 (пригодна для сварки из-за малого содержания углерода), 10X14Г14НЗ (для экономии дорогостоящего никеля его частично заменяют марганцем; эта сталь рекомендуется как заменитель стали 12X18H9).

6.3. Магнитные стали и сплавы

Эти стали и сплавы в зависимости от коэрцитивной силы и магнитной проницаемости делят на магнитно-твердые и магнитно-мягкие.

Магнитно-твердые стали и сплавы применяют для изготовления постоянных магнитов, они имеют большую коэрцитивную силу (коэрцитивная сила H_c - напряженность магнитного поля, которая должна быть приложена к магниту для того, чтобы размагнитить).

Углеродистые стали (У10...У12) после закалки имеют достаточную коэрцитивную силу ($H_c = 5200$ А/м), но так как они прокаливаются на небольшую глубину, их применяют для изготовления небольших магнитов.

Хромистые стали (например, марки ЭХЗ) прокаливаются значительно глубже, поэтому из них изготавливают более крупные магниты.

Хромокобальтовые стали (например, марки ЭХ5К5) имеют более высокую коэрцитивную силу ($H_c = 7200$ А/м).

Магнитные сплавы, например ЮНДК24 (9%А1, 13,5%Ni, 3%Cu, 24%Со, остальное - Fe), имеют очень высокую коэрцитивную силу ($H_c = 40\ 000$ А/м), поэтому из них изготавливают магниты небольшого размера, но большой мощности.

Магнитно-мягкие стали и сплавы имеют малую коэрцитивную силу и большую магнитную проницаемость. Это электротехническое железо и стали, железоникелевые сплавы (пермаллои).

Электротехническое железо (марки Э, ЭА, ЭАА) содержит менее

0,04%С, имеет высокую магнитную проницаемость ($\mu \approx 4 \cdot 10^3$) и применяется для сердечников, полюсных наконечников электромагнитов и др.

Электротехническая сталь содержит менее 0,05%С и кремний, сильно увеличивающий магнитную проницаемость ($\mu \sim 15 \cdot 10^3$).

Электротехническую сталь по содержанию кремния делят на 4 группы: 1%Si - марки Э11, Э12, Э13; 2% Si - Э21, Э22; 3%Si - Э31, Э32; 4%Si - Э41...Э48. Вторая цифра (1...8) характеризует уровень электротехнических свойств. Стали групп Э1 и Э2 называют динамной сталью, а стали групп Э3 и Э4 - трансформаторным железом.

Железоникелевые стали (пермаллои) содержат 45...80%Ni и дополнительно их легируют Cr, Si, Mo. Магнитная проницаемость этих сплавов очень высокая; например, у пермаллоя марки 79НМ (79%Ni, 4%Mo), $\mu \approx 2 \cdot 10^5$.

Кроме широко распространенных сталей и сплавов в промышленности применяют также (в небольших количествах) и другие стали и сплавы, например стали высокопрочные мартенситно-старяющие, немагнитные, графитизированные, высокомарганцовистые износостойкие, стали и сплавы для работы при низких температурах (ниже -80°C), сплавы с особыми тепловыми и упругими свойствами, сплавы атомной энергетики и др.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Аустенит [от имени англ. металлурга У. Роберта-Остена (W. Roberts-Austen; 1843-1902)] - фаза железоуглеродистых сплавов, твердый раствор углерода (до 2%) и легирующих элементов в γ -железе. Кристаллическая решетка — куб с центрированными гранями. Аустенит немагнитен, плотность его больше, чем других структурных составляющих стали. В углеродистых сталях и чугунах аустенит устойчив выше температуры 727°C.

Бейнит [от имени амер. металлурга Э.Бейна (E.Bain, 1891-1974)] - структура стали, образующаяся в результате так называемого промежуточного превращения аустенита. Бейнит состоит из смеси частиц пересыщенного углеродом феррита и карбида железа.

Ледебурит [от имени нем. металлурга А.Ледебура (A.Ledebur, 1837-1906)] - одна из основных структурных составляющих железоуглеродистых сплавов, главным образом чугунов; представляет собой эвтектическую смесь *аустенита* и *цементита*, образующуюся ниже 1145°C (для чистых железоуглеродистых сплавов).

При температурах ниже 727°C аустенит превращается в феррито-цементитную смесь. В сталях ледебурит, состоящий из аустенита и цементита (карбидов), образуется лишь при высоком содержании легирующих элементов и углерода (0,7...1%С).

Мартенсит [от имени нем. металлурга А.Мартенса (A.Martens, 1850-1914)] - микроструктура игольчатого вида, наблюдаемая в некоторых закаленных металлических сплавах и чистых металлах, которым свойственны полиморфные превращения. Мартенсит - основная структурная составляющая закаленной стали; представляет собой пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе такой же концентрации, как и у исходного *аустенита*. Мартенситной структуре соответствует наиболее высокая твердость стали.

Перлит [фр. perlite, от perlé - жемчуг] - структурная составляющая стали смесь *феррита* и *цементита*. Обычно перлит встречается в стали, подвергнутой отжигу, нормализации или высокому отпуску. Перлит встречается в стали в процессе распада *аустенита* (при охлаждении) либо *мартенсита* (при нагреве). Перлитные конструкционные стали обладают достаточно высокой прочностью и пластичностью.

Сорбит [от имени англ. ученого Г. К. Сорби (Y. C. Sorby, 1826-1908)] - структурная составляющая стали, представляющая собой

смесь *феррита* и *цементита*, образующуюся из *аустенита* в результате диффузного превращения при охлаждении. Отличается от *перлита* более тонкой структурой (является дисперсной разновидностью перлита), что обеспечивает более высокую прочность стали.

Тростит, то же, что и *троостит* [от имени франц. химика Л.—Ж. Труста (L.-J. Troost, 1825-1911)] - структурная составляющая стали, представляющая собой смесь *феррита* и *цементита*; отличается от *перлита* и *сорбита* более тонким строением. Образуется при распаде *аустенита* в температурном интервале 500...400°C (тростит закалки) или при отпуске закаленной стали при температурах 350...400°C (тростит отпуска). Тростит отпуска, имеющий зернистый цементит, отличается от тростита закалки, имеющего пластинчатый цементит, большей пластичностью. Стали со структурой тростита обладают повышенной твердостью и прочностью, умеренными пластичностью и вязкостью.

Феррит - фаза железоуглеродистых сплавов, твердый раствор углерода (до 0,02%) в α -железе. Феррит имеет кубическую объемно-центрированную решетку. В феррите могут быть растворены кремний, марганец, фосфор и другие элементы. При температуре 911...769°C феррит парамагнитен, ниже 769°C - ферромагнитен. Феррит мягок и пластичен.

Цементит (карбид железа) - фазовая и структурная составляющая железоуглеродистых сплавов, химическое соединение железа и углерода Fe_3C , хрупок, имеет высокую твердость, составная часть *перлита*, *сорбита*, *тростита* и *ледебурита* и продуктов отпуска стали.

СПИСОК

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология металлов и конструкционные материалы: Учебник для машиностроительных техникумов/Под ред. Б. А. Кузьмина. - М.: Машиностроение, 1981.- 351 с.
2. Лейкин А.Е., Родин Б.Н. Материаловедение. Учебник для машиностроит. специальностей вузов. - М.: Высшая школа. 1971. -416 с.
3. Технология деталей радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие для вузов/ Под ред. С.Е. Ушаковой. -М.: Радио и связь, 1986. - 256 с.

Учебное издание

**КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.
ЧАСТЬ 1. СТАЛИ И СПЛАВЫ**

Методические указания

Составители: *Березков Борис Николаевич,
Архипов Алексей Владимирович*

Редактор Т. К. К р е т и н и н а
Корректор Т. И. Щ е л о к о в а
Компьютерная верстка О. А. А н а н ь е в

Лицензия ЛР №020301 от 30.12.96 г.

Подписано в печать 20.04.2001. Формат 60S84 1/16.
Бумага газетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 0,93. Усл. кр.-отт. 0,99. Уч.-изд. л. 1,00.
Тираж 100 экз. Заказ . Арт. С-38/2001.

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С.П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

ИПО Самарского государственного аэрокосмического
университета. 443001 Самара, ул. Молодогвардейская, 151.