



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ
«ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»**



ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Цель любого процесса **термической обработки** заключается в том, чтобы нагревом до определенной температуры, выдержкой и последующим охлаждением с определенной скоростью вызвать желаемое изменение структуры металла или сплава и, соответственно, изменение свойств. Следовательно, основными факторами воздействия при термической обработке являются температура, время выдержки и скорость последующего охлаждения.

В практике машиностроения различают первичную и вторичную термическую обработки. Назначение **первичной термической обработки** заключается в подготовке структуры к последующим операциям механической и окончательной термической обработки. К этому виду обработки относятся различные виды отжига и нормализации. Назначение **вторичной (окончательной) обработки** – получение необходимых эксплуатационных свойств деталей и изделий. К окончательной термической обработке относятся закалка и отпуск.

Цель закалки конструкционных и инструментальных сталей – достижение **максимально высокой твердости и прочности**. Сущность **закалки** заключается в получении пересыщенного твердого раствора. Пересыщение твердого раствора вызывает искажения кристаллической решетки, которые приводят к появлению дислокаций, компенсирующих эти искажения. Высокая плотность дислокаций затрудняет пластическую деформацию в металле и повышает его прочность и твердость.

Закалка применима к сплавам, в которых могут образовываться ограниченные твердые растворы. При нагреве таких сплавов увеличивается растворимость компонентов. Если охлаждать сплав с большой скоростью, не оставляя времени на диффузию, то в процессе охлаждения выделение избыточных атомов растворенного компонента не произойдет. Тогда при комнатных температурах зафиксирован пересыщенный твердый раствор. Еще большее пересыщение может быть получено в сплавах, которые испытывают полиморфные превращения при нагреве и охлаждении. Наибольший эффект при закалке



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

наблюдается в железоуглеродистых сплавах – сталях. Аустенит (твердый раствор углерода в γ -железе) может растворить углерода в сотню раз больше, чем феррит (твердый раствор углерода в α -железе). Поэтому, если нагревать сталь выше температур перестройки решетки и охлаждать, не давая углероду возможности выделяться из аустенита, то при обратной перестройке решетки возникает очень большое пересыщение α -железа атомами углерода, которое и вызывает значительное изменение свойств стали.

Скорость охлаждения, при которой углерод не успевает выделяться из твердого раствора, называется **критической скоростью охлаждения**. Для каждой стали, она может быть определена по диаграмме изотермического превращения переохлажденного аустенита. Геометрически это касательная к первой кривой, начала превращения аустенита в ферритокарбидную смесь.

На рис. 1 представлена диаграмма изотермического превращения (или С-образная диаграмма) для стали с 0,8 % углерода.

Для углеродистых сталей время до начала распада аустенита очень мало ($\tau_{\text{инк}} = 0,5 \div 1,0$ с), и критическая скорость достигается только при охлаждении в воде или в водных растворах солей.

При очень малой скорости охлаждения (V_1) аустенит будет превращаться в **перлит** (грубая смесь кристаллов феррита и цементита). С увеличением скорости охлаждения (V_2 и V_3) число центров зарождения феррита и цементита увеличивается и размеры кристаллов этих фаз уменьшаются. Более **дисперсные** (мелкозернистые) структуры – **сорбит**, **троостит** – имеют более высокую твердость, чем перлит. При скорости охлаждения больше $V_{\text{кр}}$ превращение аустенита в смесь феррита и цементита произойти не может, так как скорость диффузии углерода при температурах ниже 200 °С очень мала. Однако γ -решетка должна перестроиться в α -решетку, обладающую меньшим запасом энергии при низких температурах. Образуется пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе. Решетка железа сильно искажается, становится тетрагональной, а не кубиче-



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

ской. Возникает большое количество дислокаций и других дефектов. Поэтому сплав имеет высокую твердость и прочность, но очень низкую пластичность. Такая структура носит название мартенсит.

Мартенсит – это пересыщенный твердый раствор углерода в тетрагональной решетке α -железа.

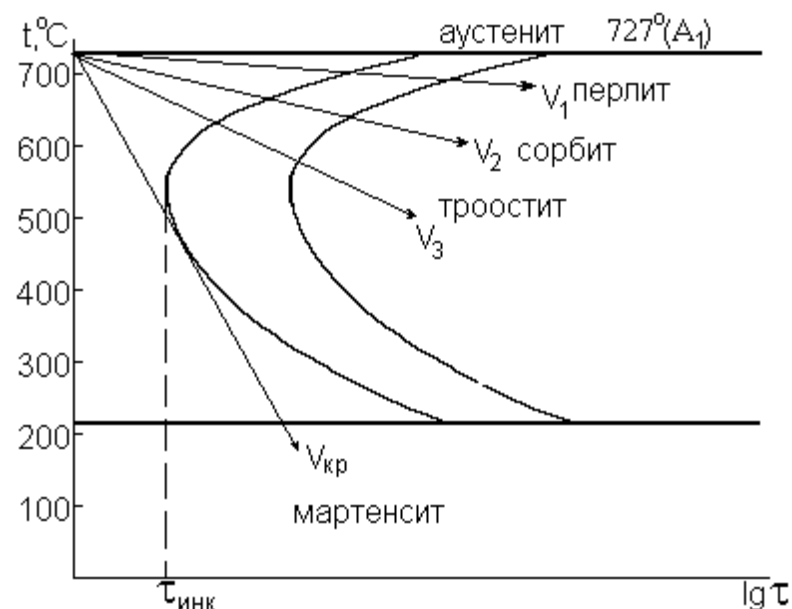


Рис. 1. Диаграмма изотермического распада
переохлажденного аустенита эвтектоидной стали

Основным фактором, определяющим твердость и прочность мартенсита, являются искажения кристаллической решетки α -железа, вызванные внедренными атомами углерода. Чем больше содержание углерода в мартенсите, тем больше *тетрагональность* решетки и выше твердость мартенсита (см. рис. 2).



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

**ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ**

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

Исходными условиями выбора температуры закали являются требуемые свойства, которые должна обеспечить закаленная сталь.

Конструкционная сталь ($< 0,8 \% \text{C}$) применяется для изготовления деталей машин, механизмов и различного рода конструкций. Стали должны после закали обладать высокими прочностными свойствами, особенно высокой усталостной прочностью, так как детали машин и механизмов испытывают сложные знакопеременные нагрузки.

На рис. 3 представлена левая (так называемая «стальная» часть диаграммы железо-цементит). С помощью диаграммы проследим за превращениями, происходящими при нагреве сталей.

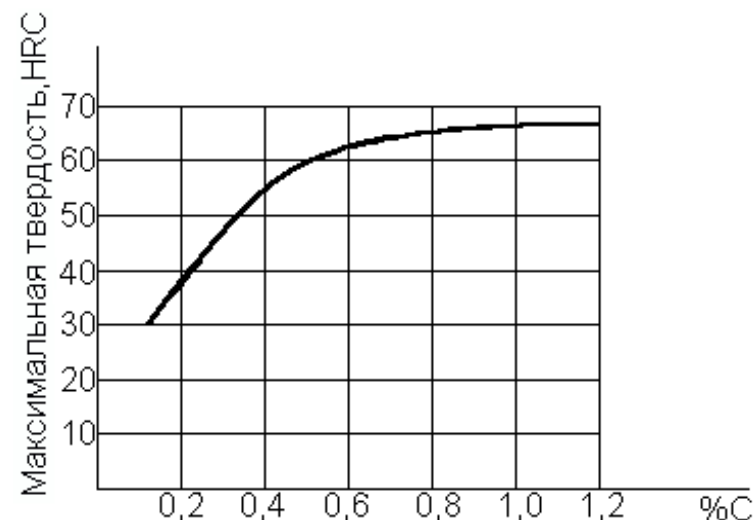


Рис. 2. Твердость мартенсита в зависимости от содержания углерода

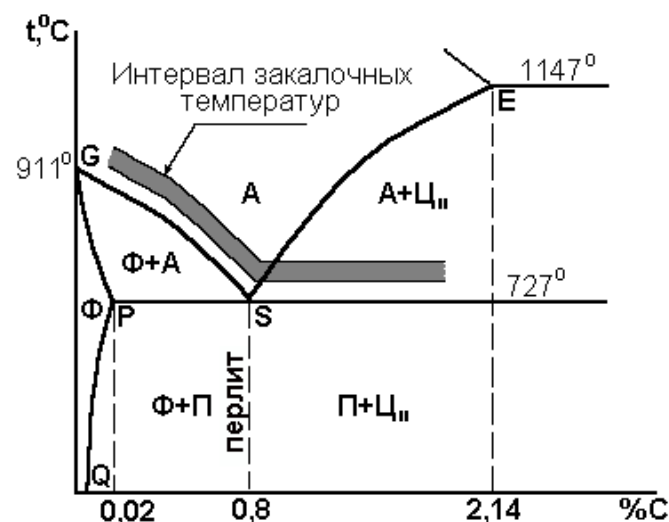


Рис. 3. «Стальная» часть диаграммы Fe–Fe₃C



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

При нагреве выше линии PSK (или критической температуры Ac_1), но ниже GS (критическая температура Ac_3), структура стали будет состоять из зерен аустенита и феррита.

При последующем охлаждении со скоростью, равной или больше критической, аустенит превратится в мартенсит, а феррит превращений не испытывает. После такой заковки структура будет состоять из очень твердых кристаллов мартенсита и мягких, пластичных кристаллов феррита. Отсюда низкая твердость и прочность, а главное – низкая усталостная (циклическая) прочность стали. Следовательно, такая заковка не обеспечит высокие эксплуатационные свойства конструкционных сталей.

Если при закалке нагреть доэвтектоидную сталь выше линии GS (Ac_3), то произойдет превращение феррита и перлита в аустенит. Последующее охлаждение с критической скоростью позволит получить однородный мартенсит, характеризующийся высокой прочностью и значительной усталостной прочностью.

Большое влияние на свойства стали после заковки оказывает температура нагрева и время выдержки при этой температуре. Чем выше температура нагрева и длительнее выдержка при этой температуре, тем интенсивнее происходит рост аустенитных зерен. Рост зерна при нагреве вызывается стремлением сплава к уменьшению поверхностной энергии зерен. Из крупнозернистого аустенита после охлаждения получатся крупные кристаллы мартенсита (крупноигльчатый мартенсит). Это приведет к высокой хрупкости стали.

Следовательно, для доэвтектоидных (конструкционных) сталей температура заковки должна быть выше точки Ac_3 (линии GS), однако это превышение не должно быть большим.

Для получения оптимальных свойств после заковки необходимо производить нагрев до температуры, определяемой эмпирической формулой:

$$t_{\text{зак. доэвт.}} = Ac_3 + (30 \div 50) ^\circ\text{C}.$$



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

Все заэвтектоидные стали – инструментальные. Материалы, идущие на изготовление инструментов (особенно режущих), должны обеспечивать высокие твердость и износостойкость, высокую прочность. Эти свойства получают в ущерб пластичности стали, в противном случае инструмент не будет обладать высокими режущими свойствами.

При нагреве выше линии SK (Ac_1) превращение претерпевает лишь перлит (рис. 3), а цементит не успевает раствориться в аустените. После нагрева до этих температур структура стали – аустенит и цементит. При охлаждении со скоростью больше критической получается структура, состоящая из твердых и износостойких кристаллов мартенсита и кристаллов цементита, имеющих еще большую твердость и износостойкость. Нагрев до более высоких температур (выше линии SE или точки Ac_{cm}) не приведет к повышению твердости; но резко увеличится размер зерен аустенита (так как кристаллы цементита растворятся и уже не будут сдерживать их рост), что отрицательно скажется на механических свойствах.

Следовательно, для заэвтектоидных (инструментальных) сталей температура закалки должна быть выше точки Ac_1 (линии SK).

Нагрев под закалку инструментальных сталей осуществляется до температур:

$$t_{\text{зак. заэвт.}} = Ac_1 + (30 \div 50) \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Область оптимальных температур нагрева сталей под закалку представлена на рис. 3.



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

Вопросы для самоконтроля

1. В каком температурном интервале образуется сорбит при изотермическом превращении аустенита?
2. К чему приводит повышение температуры нагрева доэвтектоидной стали под закалку от $(Ac_1 + 50\text{ }^{\circ}\text{C})$ до $(Ac_3 + 50\text{ }^{\circ}\text{C})$?
3. Почему мартенсит имеет тетрагональную решетку?
4. С какой целью проводят закалку стали?
5. Чем отличается перлит от сорбита и троостита?
6. От чего зависит степень дисперсности (размер зерна) продуктов перлитного превращения?
7. От чего зависит температура нагрева стали под закалку?
8. Чем отличается мартенсит от аустенита, из которого он образовался?
9. Чем отличается структура стали У12 после закалки с температуры $(Ac_1 + 50\text{ }^{\circ}\text{C})$ от структуры после закалки с температуры $(Ac_{cm} + 50\text{ }^{\circ}\text{C})$?
10. Как влияет повышение содержания углерода в доэвтектоидной стали на температуру нагрева стали под закалку?
11. Что является обязательным результатом закалки?
12. Каков механизм перлитного превращения?
13. От чего зависит закаливаемость стали (твердость после закалки)?
14. Как называется пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе?
15. Как изменяются свойства закаленной стали при увеличении содержания углерода до 0,8 %?
16. Чем объясняется высокая твердость и прочность закаленной стали?



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

17. Объясните, почему для конструкционных сталей не применяют закалку от температур несколько выше A_{c1} .
18. Почему при закалке необходимо охлаждать сталь со скоростью выше критической?
19. Что такое критическая скорость охлаждения?
20. Чем объясняется устойчивость и неустойчивость аустенита в различных температурных интервалах?
21. Каков механизм мартенситного превращения?



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Как было установлено в предыдущем разделе «Закалка углеродистых сталей», закаленные стали имеют высокие твердость и прочность, но очень низкие пластические свойства. То есть, сталь в закаленном состоянии очень хрупка и ненадежна в эксплуатации. Причиной высокой твердости и хрупкости является пересыщение твердого раствора на основе α -Fe углеродом, искажение его кристаллической решетки и появление дислокаций, компенсирующих эти искажения. Для изменения таких свойств стали применяют следующую **обязательную** операцию термообработки – отпуск. **Отпуск** – это нагрев закаленной стали ниже критических температур, с целью придания стали **необходимых эксплуатационных свойств** и уменьшения внутренних напряжений после закалки.

Пересыщенный твердый раствор углерода в α -Fe (*мартенсит*) обладает большим запасом свободной энергии и поэтому не является стабильным. Следовательно, в закаленной стали должны протекать процессы, приводящие систему к более устойчивому состоянию, т. е. углерод должен выделяться из решетки мартенсита. Эти процессы идут и при комнатной температуре, но с бесконечно малой скоростью. При нагреве закаленной стали скорость диффузии увеличивается: чем выше температура, тем выше подвижность атомов углерода. Таким образом, происходит распад пересыщенного твердого раствора с образованием равновесных фаз: карбидов и феррита. Рассмотрим последовательно этапы распада мартенсита при нагреве.

При нагреве до 150 °С скорость распада мартенсита ввиду малой подвижности атомов настолько мала, что заметных изменений в строении закаленной стали не наблюдается даже с применением весьма точных методов исследования.

При более высоких температурах нагрева (180–250 °С) начинается выделение углерода из решетки мартенсита и образование очень мелких карбидов, связанных с мартенситом. Частичное уменьшение концентрации углерода в твердом растворе снижает тетрагональность решетки мартенсита, поэтому твердость и прочность стали должны



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

уменьшаться. Однако образующиеся очень мелкие карбиды оказывают сопротивление движению дислокаций под действием приложенных нагрузок, поэтому прочность почти не снижается.

Процесс распада мартенсита завершается при нагреве до температур 400–450 °С. Чем выше температура, тем более интенсивно происходит распад, так как скорость диффузии углерода из твердого раствора возрастает. Мартенсит превращается в мягкий феррит, карбиды немного укрупняются, однако все еще остаются мелкими и являются препятствием для движения дислокаций. Сталь с такой структурой имеет высокие прочностные и пластические характеристики, особенно высокий предел текучести.

При температурах выше 500–550 °С идет процесс укрупнения частиц карбидов, они приобретают округлую форму. Первый процесс называется *коагуляцией*, второй – *сфероидизацией*. Структура будет состоять из зерен феррита и крупных, сферической формы, карбидов. Сталь обладает высокой вязкостью и высокими пластическими свойствами при достаточной прочности.

В зависимости от процессов, происходящих при отпуске, и от изменений структуры и свойств (см. рис. 4) различают три вида отпуска:

- 1) низкотемпературный отпуск – от 160 до 250 °С;
- 2) среднетемпературный отпуск – от 300 до 450 °С;
- 3) высокотемпературный отпуск – от 500 до 650 °С.

Низкий (низкотемпературный) отпуск применяется для деталей, от которых требуются **высокие твердость и износостойкость**. Низкий отпуск назначается для повышения вязкости и пластичности стали без заметного снижения твердости. Этот отпуск применяется, в основном, для режущих и мерительных инструментов. При таком отпуске получается структура, состоящая из менее напряженного, чем после закалки, мартенсита и очень мелких карбидов. Такая структура называется **мартенсит отпуска**.



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

Средний (среднетемпературный) отпуск применяется для изделий, от которых требуются **высокие упругие свойства**. Мелкие кристаллы цементита игольчатой формы, образующиеся при таком отпуске, являются большим препятствием для дислокаций, что обеспечивает высокую упругость и прочность стали. В результате отпуска сильно повышается предел текучести стали и незначительно снижается предел прочности. Структура, получаемая при среднем отпуске, называется **троостит отпуска**. Она состоит из мелких зёрен феррита и игольчатых кристаллов цементита. Такому отпуску подвергают пружины, рессоры, торсионы и другие детали, которые работают при знакопеременных нагрузках и должны быстро восстанавливать свою форму после деформации. Обычно для изготовления упругих элементов используют стали с содержанием углерода от 0,5 до 0,7 %, как углеродистые, так и легированные. Эти конструкционные стали выделены в особую группу *рессорно-пружинных сталей*.

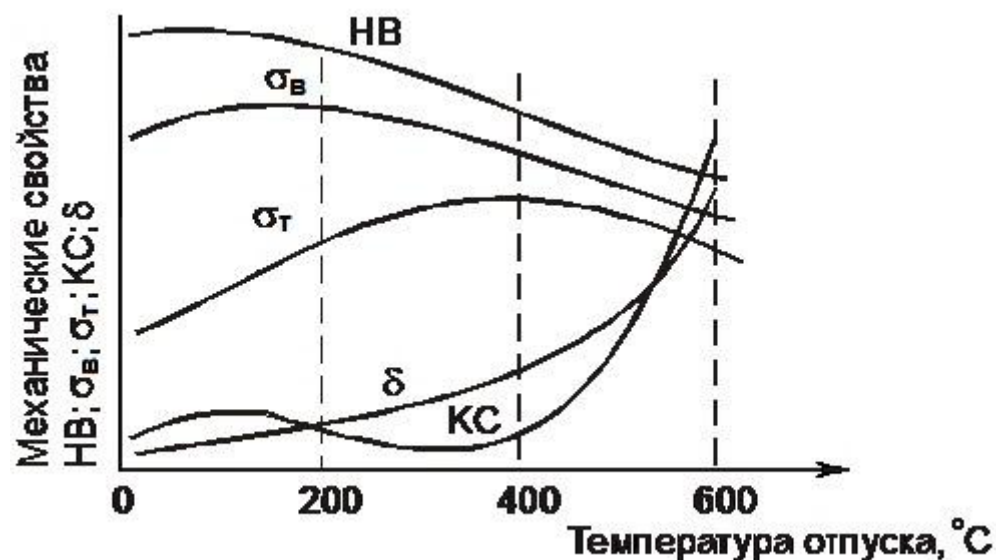


Рис. 4. Влияние температуры отпуска на механические свойства закаленной углеродистой стали



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

Высокий (высокотемпературный) отпуск применяют для **ответственных деталей машин с высокой надёжностью**, испытывающих при эксплуатации сложные виды нагружения: статические, ударные и знакопеременные нагрузки. Структура после высокого отпуска состоит из более крупных зерен феррита и довольно крупных кристаллов цементита округлой формы и называется **сорбит отпуска**. Высокий отпуск обеспечивает максимальную пластичность и ударную вязкость в сочетании с достаточной прочностью.

Закалка в сочетании с высоким отпуском носит название **улучшение**. Такому виду обработки подвергается особая группа конструкционных сталей, носящая название **улучшаемые стали**. Они могут быть углеродистыми и легированными, содержание углерода от 0,3 до 0,5 %. Улучшение конструкционных сталей позволяет повысить конструктивную прочность деталей (понижить чувствительность к надрезам и перекосам, к переходам от одного сечения детали к другому, к изменению размеров детали и т. д.).

Влияние температуры отпуска на механические свойства закаленной углеродистой стали представлено на рис. 4.

В табл. 1 приведены данные о влиянии термической обработки на механические свойства конструкционной углеродистой стали с 0,45 % углерода в отожженном состоянии, а также после закалки и отпуска при 300 °С (средний отпуск) и при 600 °С (высокий отпуск).

Данные табл. 1 говорят о том, что сталь в улучшенном состоянии имеет более высокие характеристики прочности (σ_B и σ_T), пластичности (δ , Ψ) и вязкости (KCU) по сравнению со сталью в отожженном состоянии. Отсюда и возникло название «улучшение» – механические характеристики стали улучшаются.



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

Таблица 1

Механические свойства стали с 0,45 % С после термической обработки

Термическая обработка	Механические свойства				
	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	Ψ , %	KCU , Дж/см ²
Отжиг при 850 °С	650	450	20	6	60
Закалка с 850 °С в воде и отпуск при 300 °С	1080	890	10	52	75
Закалка с 850 °С в воде и отпуск при 600 °С	750	520	17	68	160

Кроме того, из табл. 1 видно, что после среднетемпературного отпуска закаленная конструкционная сталь приобретает весьма высокие предел прочности (σ_B) и условный предел текучести (σ_T) при хороших характеристиках пластичности (δ , Ψ) и ударной вязкости (KCU).



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое отпуск?
2. После какого вида термической обработки производится отпуск?
3. С какой целью проводится отпуск?
4. К каким видам изделий применяется низкотемпературный отпуск?
5. К каким видам изделий применяется среднетемпературный отпуск?
6. К каким видам изделий применяется высокотемпературный отпуск?
7. Какие процессы протекают в структуре стали при отпуске?
8. Что представляет собой структура мартенсит отпуска?
9. Что такое троостит отпуска?
10. Что такое сорбит отпуска?
11. С каким процессом при отпуске связано уменьшение напряжений в стали?
12. В каком температурном интервале отпуска наиболее интенсивно протекают процессы сфероидизации и коагуляции цементита?
13. Как изменяются свойства закаленной стали с ростом температуры отпуска?
14. Какая структура образуется при отпуске до 200 °С?
15. Какая структура образуется при отпуске до 400 °С?
16. Какая структура образуется при отпуске до 600 °С?
17. Чем отличается сорбит отпуска от троостита отпуска?
18. Как изменяется прочность стали σ_B при отпуске до 600 °С?
19. Как изменяется предел текучести σ_T при отпуске до 400 °С?
20. Как изменяются характеристики пластичности δ и Ψ при отпуске до 600 °С?
21. Какую операцию необходимо выполнить, если при отпуске получены более низкие твердость HRC и прочность σ_B , чем требовалось?
22. Какую операцию необходимо выполнить, если при отпуске получили более высокие твердость HRC и прочность σ_B , чем требовалось?



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

23. Какую температуру отпуска выбрать для изделий, от которых требуются высокие упругие свойства?
24. Какую температуру отпуска надо выбрать для изделий, от которых требуются высокие твердость и износостойкость?
25. Что произойдет в структуре стали, если после отпуска при 600 °С произвести дополнительный отпуск при 200 °С?



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

ГЛОССАРИЙ

Альфа-железо ($\text{Fe}-\alpha$) – модификация железа, имеющая объемно-центрированную кубическую (ОЦК) кристаллическую решетку.

Аустенит – Твердый раствор внедрения углерода в гамма-железе ($\text{Fe}-\gamma$), имеющий гранецентрированную кубическую кристаллическую решетку.

Аустенит остаточный – аустенит, оставшийся в структуре после закалки высокоуглеродистых сталей.

Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита – график, показывающий процесс превращения переохлажденного аустенита в зависимости от температуры и скорости охлаждения.

Диаграмма состояния – график, показывающий фазовое состояние и структуру сплава в зависимости от химического состава и температуры.

Закаливаемость – способность стали повышать твердость при закалке.

Закалка – вид термической обработки металлов и сплавов, заключающийся в их нагреве выше *критической температуры* (температуры изменения типа кристаллической решетки, т.е. полиморфного превращения), с последующим быстрым охлаждением, как правило, в жидкости (воде или масле).

Карбиды – химические соединения металла с углеродом, например, карбид железа Fe_3C .

Коробление – искажение геометрической формы изделия вследствие действия внутренних напряжений.

Критические точки – температуры фазовых превращений на диаграмме состояния сплава.



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

Легированная сталь – сталь, в которую специально введены дополнительные компоненты для придания требуемых свойств.

Мартенсит – структура закаленной стали, представляющая собой пересыщенный твердый раствор углерода в альфа-железе (Fe- α).

Механические свойства – комплекс характеристик, определяющих поведение материала под действием внешних воздействий.

Микроструктура – строение материала, выявляемое с помощью микроскопа.

Обезуглероживание – уменьшение содержания углерода в поверхностных слоях металла при нагревании до высоких температур.

Окалина – продукт окисления, образующийся на поверхности стали и некоторых других сплавов при нагреве на воздухе или других средах, содержащих кислород.

Окисление – процесс образования окислов металлов в виде пленки на поверхности металлического изделия.

Оксиды (окислы) – химическое соединение металлов с кислородом.

Отжиг – вид термической обработки, включающий нагрев, выдержку и медленное охлаждение с печью, с целью снижения твердости, внутренних напряжений и уменьшения химической и структурной неоднородности.

Отпуск – вид термической обработки закаленной стали, включающий нагрев ниже критических температур, с целью приобретения требуемых эксплуатационных свойств.

Отпуск на зернистый перлит – вид термической обработки эвтектоидной и заэвтектоидных сталей с целью превращения пластинчатого перлита в зернистый, снижения твердости и улучшения обрабатываемости резанием.

Перегрев – укрупнение зерен аустенита при завышенной температуре нагрева или времени выдержки в процессе термообработки, приводящий к снижению механических свойств стали. Исправимый брак термической обработки.



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

Пережог – окисление границ зерен перегретой стали, приводящее к резкому снижению механической прочности. Брак неисправимый.

Перлит – однородная механическая смесь феррита и цементита, содержащая 0,8 % углерода.

Полиморфизм – способность некоторых веществ изменять тип кристаллической структуры при изменении температуры или давления (см. также **Аллотропия**).

Прокаливаемость – способность стали закаливаться на определенную глубину.

Решетка кристаллическая – упорядоченное расположение атомов, характеризующееся периодической повторяемостью в пространстве.

Сетка цементитная – структура в заэвтектоидных сталях, образованная цементитом, располагающимся по границам зерен перлита.

Среда закалочная – среда, в которой производится охлаждение сплава при закалке и обеспечивающая требуемую скорость охлаждения (вода, масло, воздух).

Сталь – название группы сплавов железа с углеродом в количестве не более 2,14 %.

Термическая обработка – комплекс операций, включающий нагрев до нужной температуры, выдержку и охлаждение металлических сплавов с целью получения требуемых свойств за счет изменения структуры.

Термообработка – комплекс операций нагрева до определенной температуры, выдержки и охлаждения с определенной скоростью металлических сплавов с целью получения требуемых свойств за счет изменения структуры сплавов.

Трещина – нарушение сплошности материала с образованием поверхности раздела.

Углеродистая сталь – сталь, которая не содержит легирующих элементов.

Улучшение – условное название термообработки, состоящей из закалки и высокого отпуска.



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

Феррит – твердый раствор внедрения углерода (до 0,02 %) в альфа-железе (Fe– α).

Химико-термическая обработка – насыщение поверхности детали каким-либо химическим элементом в атомарном состоянии (с последующей термической обработкой или без нее) с целью получения требуемых свойств поверхности.

Цементит – химическое соединение (карбид железа – Fe_3C) в сплавах железа с углеродом.



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

1. Егоров Ю.П., Лозинский Ю.М., Роот Р.В., Хворова И.А. Материаловедение: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008.
2. Чинков Е.П., Багинский А.Г. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебное пособие, 2-е издание, исправленное и дополненное. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009.
3. Арзамасов Б.И., Сидорин И.И. и др. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений. – М.: Машиностроение, 2005. – 648 с.
4. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение. Учебник для вузов. СПб.: Химиздат, 2004. – 736 с.
5. Егоров Ю.П., Хворова И.А. Материаловедение: электронное учебное пособие в среде «ToolBook». – Томск: ТПУ, объем 250 Мб.

Интернет-ресурсы

6. Сайт кафедры материаловедения и технологии металлов на портале ТПУ. Информация для студентов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://portal.tpu.ru/departments/kafedra/mtm/For_students, вход свободный.
7. Научно-техническая и учебная литература по дисциплине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>, вход свободный.
8. Научно-техническая и учебная литература по дисциплине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://techlibrary.ru/>, вход свободный.
9. Научно-техническая и учебная литература по дисциплине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.materialscience.ru/subjects/materialovedenie/knigi/>, вход свободный.



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРЕЛКОВА И.Л., БАГИНСКИЙ А.Г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ»

ЗАКАЛКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы для самоконтроля

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ

Вопросы для самоконтроля

ГЛОССАРИЙ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Литература

Интернет-ресурсы

10. Научно-техническая и учебная литература по дисциплине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tm.msun.ru/div/kaf/tm/books/index.html>, вход свободный.
11. Научно-техническая и учебная литература по дисциплине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mdl.lcg.tpu.ru:82/course/view.php?id=836>, вход для пользователей корпоративной сети ТПУ.



Возврат
из справки

УПРАВЛЕНИЕ ПРОСМОТРОМ ДОКУМЕНТА

КЛАВИАТУРА

Home

Нажатие клавиши «**Home**» на клавиатуре вызывает переход к **титульной странице** документа.
С титульной страницы можно осуществить переход к оглавлению (в локальной версии курса).

PgUp



Нажатие клавиши «**PgUp**» («**PageUp**») или показанных клавиш со стрелками на клавиатуре вызывает переход к просмотру **предыдущей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

PgDn



Нажатие клавиши «**PgDn**» («**PageDown**») или показанных клавиш со стрелками на клавиатуре вызывает переход к просмотру **следующей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

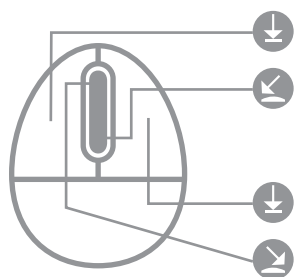
Alt

+

F4

Нажатие комбинации клавиш «**Alt**»+«**F4**» на клавиатуре вызывает **завершение работы программы просмотра** документа (в локальной версии курса).

МАНИПУЛЯТОР «МЫШЬ»



Нажатие **левой клавиши** «мыши» или вращение **колёсика** в направлении «**от себя**» вызывает переход к просмотру **следующей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

Нажатие **правой клавиши** «мыши» или вращение **колёсика** в направлении «**к себе**» вызывает переход к просмотру **предыдущей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

1. ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПО

- 1.1. Основные понятия
- 1.2. Особенности промышленного ПО и кризис его разработки
- 1.3. Сложность разработки ПО
- 1.4. Характеристики программного продукта
- 1.5. Жизненный цикл программного продукта
- 1.6. Процессы разработки
- 1.7. Модели разработки
- 1.8. Методологии разработки
 - 1.8.1. Единая система программной документации
 - 1.8.2. Microsoft Solutions Framework
 - 1.8.3. Экстремальное программирование
 - 1.8.4. Rational Unified Process
- 1.9. Выбор и адаптация методологии разработки
- Глоссарий

Панель управления – содержит перечень разделов, а также кнопки навигации, управления программой просмотра и вызова функции поиска по тексту.

Просматриваемый в данный момент раздел.

Доступные разделы.

В зависимости от текущего активного раздела в перечне могут присутствовать подразделы этого раздела.



Кнопка переключения между полноэкранным и оконным **режимом просмотра**.

Кнопки **последовательного перехода** к предыдущей и следующей страницам.

Кнопка **возврата к предыдущему виду**. Используйте её для обратного перехода из глоссария.

Кнопка вызова функции **поиска по тексту**.

Кнопка перехода к **справочной (этой) странице**.

Кнопка **завершения работы**.