

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО СТРОИТЕЛЬНОМУ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ

Методические указания № 6
для выполнения самостоятельной работы

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2015

УДК 691 (075.8)

ББК 38.3 я 73

Р47

*Методические указания подготовлены в рамках проекта
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки
высококвалифицированных кадров строительной отрасли»
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –
«Кадры для регионов»)*

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – доктор технических наук, профессор
В.И. Логанина (ПГУАС)

Решение задач по строительному материаловедению: методические указания №6 для выполнения самостоятельной работы / С.Н. Кислицына; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова.. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 30 с.

Рассматриваются задачи, связанные с оценкой свойств, технологией и применением строительных материалов. Для решения задач даются методические указания, а также приводится необходимый справочный материал в виде таблиц, графиков и иллюстраций.

Методические указания подготовлены на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Стройцентр» и предназначены для использования обучающимися по программе переподготовки «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2015

© Кислицына С.Н., 2015

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Металлы продолжают оставаться важнейшими конструкционными строительными материалами. В строительстве в основном используют сплавы на основе черных металлов – сталь и чугун, однако применяют также сплавы цветных металлов, особенно на основе алюминия. Сталь используют для изготовления строительных конструкций, армирования железобетонных изделий, устройства кровли, ограждений, форм железобетонных изделий и т.д.

Изучение основ производства металлов и их свойств необходимо для любой строительной специальности. Правильный выбор марки стали обеспечивает экономный расход стали и успешную работу конструкции.

Для успешного усвоения студентами знаний в этой области большое значение имеет решение примеров и задач.

ЗАДАЧА 1. Испытанию на растяжение подвергался стандартный цилиндрический образец из конструкционной углеродистой стали обыкновенного качества (строительной), поставленной заводом по группе «А». Размеры рабочей части образца составляли $d_o = 16\text{мм}$, начальная длина $l_o = 160\text{мм}$. Физические признаки текучести металла (явно выраженное удлинение образца при абсолютной нагрузке) зафиксированы при показании силоизмерителя разрывной машины $F_m = 5200\text{кгс}$. Разрыв образца произошёл после того, как силоизмеритель отметил максимум нагрузки, равный $F_g = 10000\text{кгс}$, после прохождения которого, нагрузка начала падать, и произошёл разрыв образца. Длина образца после разрыва $l_k = 197\text{мм}$. Рассчитать предел текучести, предел прочности и относительное удлинение стали при разрыве и определить какой марке удовлетворяет испытанная сталь?

ЗАДАЧА 2. При испытании на разрывной машине стандартного образца из углеродистой конструкционной качественной стали диаметром $d_o = 20\text{мм}$ и длиной рабочей части $l_o = 200\text{мм}$ отмечались следующие пластические (остаточные) деформации при таких показаниях силоизмерителя машины:

Показания силоизмерителя $F, \text{кгс}$	Остаточные деформации $\Delta l, \text{мм}$
1000.....	0,0
2000.....	0,0
4000.....	0,0
5000.....	0,01
6000.....	0,10

8000.....	0,20
10000.....	0,30
12000.....	0,40
14000.....	0,90
16000.....	1,52
18000.....	3,90
20000.....	7,80
19000.....	12,90
18000.....	19,65
17000.....	28,20

По результатам испытания стали определить расчетом:

- условный предел упругости стали;
- условный предел текучести;
- временное сопротивление разрыву;
- относительное удлинение стали при разрыве.

На основании полученных данных указать, какой марке удовлетворяет испытанная сталь.

ЗАДАЧА 3. На строительный объект поступила арматурная сталь марки Ст-5сп. Необходимо определить основные физико-механические показатели этой стали.

ЗАДАЧА 4. Два образца стали содержат соответственно 0,60% и 1,0% углерода. Описать основные физико-механические свойства этих сталей и объяснить причину их различия.

ЗАДАЧА 5. При определении твердости стали на прессе Бринелля нагрузка составляла $F = 3000 \text{ кгс}$. Применяли шарик диаметром $D = 10 \text{ мм}$. Получены три отпечатка диаметрами: $d_1 = 5,08 \text{ мм}$; $d_2 = 5,12 \text{ мм}$; $d_3 = 5,16 \text{ мм}$. Необходимо определить показатель твердости стали.

ЗАДАЧА 6. Сталь содержит 0,55% углерода и имеет твердость по Бринеллю $HV = 180 \text{ кгс} / \text{мм}^2$. Определить, чему равно временное сопротивление стали разрыву σ_{σ} .

ЗАДАЧА 7. Для создания предварительного напряжения в железобетонной балке арматурный стержень длиной 6.0 м. из стали марки Ст-5сп (класс арматуры Ат 500С) растягивается с помощью домкрата. Рассчитать, какое удлинение (абсолютное и по отношению к первоначальной длине) необходимо придать стержню для создания в нём напряжения, равного 85% предела текучести данной стали? Модуль упругости стали марки Ст-5сп принять равным $E = 21 \cdot 10^5 \text{ кгс} / \text{см}^2$.

ЗАДАЧА 8. Работающий на растяжение элемент строительной металлической конструкции (например, стальной фермы) в виде круглого стержня диаметром $d = 60 \text{ мм}$ изготовлен из стали марки Ст-3пс.

Определить, какая максимально допустимая растягивающая нагрузка может быть допущена в этом элементе, при которой конструкция в целом ещё будет сохранять свою несущую способность?

ЗАДАЧА 9. При динамическом испытании стали на ударную вязкость на маятниковом копре образец стали стандартных размеров длиной 55мм и поперечным сечением 10×10мм разрушился по месту надреза глубиной 2мм при следующих показателях эксперимента: масса маятника 15кг, высота начального подъёма маятника 1,2м, высота подъёма маятника после разрушения им образца 75см. Определить ударную вязкость испытанной стали.

ЗАДАЧА 10. При испытании стандартных образцов стали марки Ст-5сп на ударную вязкость при различных температурах получены следующие данные:

T °K	$KCV(a_H)$ кг · м/см ²
293.....	12,8
283.....	12,8
273.....	12,5
263.....	12,3
253.....	11,8
243.....	10,4
233.....	4,3
223.....	2,5

Определить порог хладноломкости стали этой марки, т.е. определить минимальную температуру, выше которой эта сталь может надежно работать в строительных конструкциях.

ЗАДАЧА 11. Стальной элемент строительной конструкции с поперечным сечением 40х50мм, выполненный из стали марки Ст-4сп, подвергается симметричной растягивающее-сжимающей нагрузке величиной 50тс. Определить, может ли произойти усталостное разрушение стали в этом элементе конструкции при бесконечно большом цикле повторно-переменных нагрузок?

ЗАДАЧА 12. При производстве сборных железобетонных предварительно-напряженных конструкций удлинение стержней арматуры достигается нагревом стержней до 350–400 °С с последующей установкой удлинившихся стержней в жесткие захваты на концах, препятствующие при остывании стержня его сокращению, что создает в стержнях растягивающие напряжения.

Необходимо рассчитать, какое удлинение при нагреве необходимо придать арматурному стержню из стали марки 30ХС2 длиной 5,5 м для последующего (при остывании) создания в нем напряжения, равного 90% предела текучести? Модуль упругости стали принять равным $E = 31 \cdot 10^5$ кгс/см².

ЗАДАЧА 13. При изучении под микроскопом шлифа низкоуглеродистой стали, установлено, что площадь, занимаемая перлитом, составляет 35% всей площади шлифа. Пользуясь этими данными, определить вид стали и ее ориентировочную марку.

ЗАДАЧА 14. На стройку поступила сталь марки Ст 4. Необходимо определить её фазовый состав.

ЗАДАЧА 15. Описать свойства и группу поставки строительных сталей следующих марок:

а) Ст 4 сп; б) Ст 6 пс; в) Ст 2 кп; г) Ст 3Гсп.

ЗАДАЧА 16. Описать свойства сталей, представленных следующими марками:

а) 08, 15, 35, 55 ; б) 20 кп ; в) 65Г; 70Г.

ЗАДАЧА 17. Расшифровать состав легированных сталей следующих марок:

а) 18Г2С; б) 25 Г2С; в) 35ГС; г) 20ХГ2Ц;
д) 15ГС е) 30ХП2С; ж) 18ХГ2САФ; з) 15Г2АФ

ЗАДАЧА 18. Для устройства стальных сварных ферм перекрытия строящегося цеха поступила уголкового равнобокая сталь марки Ст 4. Определить химический состав и основные физико-механические свойства этой стали.

ЗАДАЧА 19. Для производства предварительно-напряженных железобетонных конструкций поступила стержневая арматурная сталь периодического профиля марки 35ГС диаметром 28мм.

Определить химический состав и физико-механические показатели этой стали.

ЗАДАЧА 20. Углеродистая конструкционная (строительная) сталь обыкновенного качества содержит 0,28 % углерода. Определить показатели основных физико-механических свойств этой стали и установить ориентировочную марку этой стали по ГОСТ 380-2005.

ЗАДАЧА 21. Сталь содержит 0,42 % углерода. Пользуясь диаграммой состояния железоуглеродистых сплавов, дать ответ на следующие вопросы:

- а) К какому виду сталей по содержанию углерода она относится?
- б) Какие структуры представлены в ней при обычной температуре?
- в) Сколько перлита (в %) содержится в этой стали?

ЗАДАЧА 22. Какие структуры железоуглеродистых сплавов представлены при обычной температуре в стали, содержащей 1,65 % углерода?

ЗАДАЧА 23. Содержание углерода в стали 0,57 %. С помощью диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов проследить, какие фазовые изменения будут происходить в этой стали при нагревании ее от комнатной температуры до температуры 1700 °С?

ЗАДАЧА 24. С помощью диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов описать фазовые превращения, происходящие при нагреве эвтектоидной стали от обычной температуры до 1600 °С.

ЗАДАЧА 25. С помощью диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов описать фазовые превращения, происходящие в стали, содержащей 1,6% углерода, при нагревании ее от обычной температуры до 1600 °С.

ЗАДАЧА 26. С помощью диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов разработать технологический режим закалки арматурных стержней из стали Ст 5.

ЗАДАЧА 27. Разработать режим закалки стали, содержащей 1,4% углерода.

ЗАДАЧА 28. На стройку поступила сталь марки Ст 4. Необходимо определить ее фазовый состав, т.е. количество в ней перлита (П), цементита (Ц) и феррита (Ф).

ЗАДАЧА 29. Путем микроскопического анализа шлифа стали установлено, что площадь, занимаемая ферритом, составляет около 65% общей площади поля зрения, а площадь, занимаемая перлитом – около 35% общей площади. Определить приблизительное содержание углерода и ориентировочную марку этой стали.

ЗАДАЧА 30. Сталь содержит углерода 1,2%. Определить содержание в ней перлита (П), цементита (Ц) и феррита (Ф).

ЗАДАЧА 31. Определить количество феррита и цементита в железоуглеродистых сплавах, содержащих углерода 0,15%, 0,83%, 1,5%, 2,5%, 4,3%, 6,0%. Построить совмещенную диаграмму изменения содержания цементита и феррита в сплавах.

ЗАДАЧА 32. Растянутый элемент металлической балки в форме швеллера №30 изготовлен из стали марки Ст 3. При какой нагрузке в данном элементе конструкции появятся остаточные деформации?

ЗАДАЧА 33. Пользуясь диаграммой состояния железоуглеродистых сплавов обосновать границу между сталью и чугуном по содержанию углерода.

ЗАДАЧА 34. Углеродистая сталь с содержанием углерода 0,37% подвергается закалке и среднему отпуску. Установить температуру нагрева стали для закалки и температуру отпуска.

ЗАДАЧА 35. Образец стали содержит углерода 0,28%. Назначить режим нормализации и установить микроструктуру стали до и после термической обработки.

ЗАДАЧА 36. Назначить режим термообработки для производства отжига стальной арматуры диаметром 10 мм, изготовленной из стали Ст 3.

ЗАДАЧА 37. Определить диаметр электрода для ручной сварки металла толщиной 4,8, 12 и 24 мм.

ЗАДАЧА 38. Для разрушения на маятниковом копре стандартного образца стали сечением 1×1 см и длиной 5,5 см была затрачена работа 14 Дж. Удар произведен по надрезу в образце, глубина которого 0,2 см. Определить удельную ударную вязкость стали.

ЗАДАЧА 39. Установить название приведенных на рис.1 сортов проката металла.

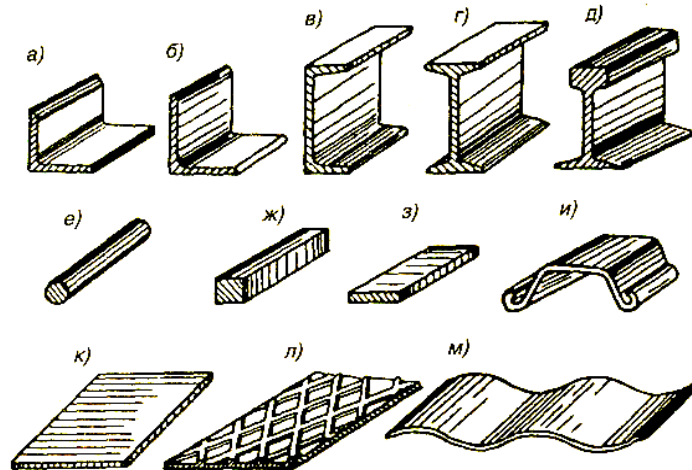


Рис.1. Сортамент прокатных сталей.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1.

Предел текучести в данном случае является физическим, так как при испытании стали была чётко зафиксирована площадка текучести. Рассчитывается по формуле:

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A_o} = \frac{F_m \cdot 4}{\pi \cdot d_o^2} = \frac{5200 \cdot 4}{3,14 \cdot 16^2} = 26 \text{ кгс} / \text{мм}^2$$

Предел прочности (временное сопротивление стали разрыву) рассчитывается по максимальной растягивающей нагрузке, выдержанной сталью при испытании, отнесённой к единице площади исходного сечения

образца, т.е. $\sigma_v = \frac{F_v}{A_o} = \frac{F_v \cdot 4}{\pi \cdot d_o^2} = \frac{10000 \cdot 4}{3,14 \cdot 16^2} = 50 \text{ кгс} / \text{мм}^2$

Относительное удлинение при разрыве:

$$\delta = \frac{l_k - l_o}{l_o} \cdot 100\% = \frac{197 - 160}{160} \cdot 100\% = 23\%$$

Этим показателям удовлетворяет сталь марки Ст-4, полуспокойная и спокойная (см. приложение 18).

ЗАДАЧА 2.

а) Условным пределом упругости стали называется напряжение растяжения, при котором величина остаточных деформаций не превышает в стали (Δl) 0,005% исходной длины образца, т.е. тот предел напряжений, при котором сталь деформируется пропорционально напряжению, следуя закону Гука. При исходной длине образца $l_0 = 200\text{мм}$ 0,005% составят:

$$\Delta l = \frac{200 \cdot 0,005}{100} = 0,01\text{мм}.$$

Из таблицы результатов испытаний находим, что такая остаточная деформация возникла в стали при нагрузке $F_y = 6000\text{кгс}$, следовательно, условный предел упругости:

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0} = \frac{F_y \cdot 4}{\pi \cdot d_0^2} = \frac{6000 \cdot 4}{3,14 \cdot 20^2} = 19,1\text{кгс/мм}^2.$$

б) При описанном в задании испытании стали не был отмечен чётко выраженный момент текучести стали, т.е. данная сталь не обладает физическим пределом текучести.

Такое явление наблюдается у многих видов стали, и в этом случае рассчитывают так называемый условный предел текучести. Условным пределом текучести стали называется напряжение растяжения, при котором величина пластической (остаточной) деформации достигает 0,2% исходной длины образца.

В данном случае это составит: $\Delta l = \frac{200 \cdot 0,2}{100} = 0,4\text{мм}.$

Такая пластическая деформация появилась в образце при нагрузке $F_m = 12000\text{кгс}$ (см. данные задачи).

Следовательно, условный предел текучести:

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A_0} = \frac{F_m \cdot 4}{\pi \cdot d_0^2} = \frac{12000 \cdot 4}{3,14 \cdot 20^2} = 38,2\text{кгс/мм}^2.$$

в) Временное сопротивление разрыву определяется по величине наибольшей нагрузки, выдержанной образцом, т.е. $F_b = 20000\text{кгс}$:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} = \frac{F_b \cdot 4}{\pi \cdot d_0^2} = \frac{20000 \cdot 4}{3,14 \cdot 20^2} = 63,7\text{кгс/мм}^2.$$

г) Относительное удлинение образца при разрыве:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\% = \frac{28,2}{200} \cdot 100\% = 14,1\%.$$

Испытанная сталь углеродистая качественная относится к марке «50» (см. приложение 19).

ЗАДАЧА 3.

Марка стали Ст-5сп говорит о том, что эта углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества.

Химический состав сталей обыкновенного качества (строительных) нормируется ГОСТ 380-2005 (см. приложение 20).

Согласно ГОСТ 380-2005 сталь марки «5» содержит углерода 0,28-0,37%, т.е. среднее его содержание составляет 0,33%. По графику зависимости механических свойств от содержания углерода (см. приложение 21) находим, что для стали с содержанием углерода 0,33% С :

предел текучести $\sigma_m = 280 \text{ МПа}$;

предел прочности $\sigma_\sigma = 580 \text{ МПа}$;

твёрдость по Бринеллю $HV = 175 \text{ кгс} / \text{мм}^2$;

относительное удлинение $\delta = 23\%$;

относительное сужение сечения при разрыве $\Psi = 48\%$;

ударную вязкость $KCV(a_n) = 7 \text{ МПа} \cdot \text{м}$.

ЗАДАЧА 4.

Находим по графику (см. приложение 21) показатели механических свойств сталей.

а) Сталь с содержанием углерода 0,6% :

$\sigma_m = 450 \text{ МПа}$;

$\sigma_\sigma = 800 \text{ МПа}$;

$\delta = 15\%$;

$HV = 240 \text{ МПа}$;

$\Psi = 36\%$.

б) Сталь с содержанием углерода 1,0% :

$\sigma_\sigma = 980 \text{ МПа}$;

$\delta = 3\%$;

$HV = 330 \text{ МПа}$;

$\Psi = 26\%$.

Различия в свойствах этих сталей связаны с различиями в их фазовых компонентах.

Сталь с содержанием углерода 0,6% является доэвтектоидной и содержит в своём составе феррит (Ф) и перлит (П). Так как в перлите также содержится феррит, то значительное содержание его в стали увеличивает ее пластичность, но понижает твердость. В то же время, умеренное содержание в ней цементита (в составе перлита) обуславливает

высокую прочность при разрыве и высокое значение предела текучести стали.

Сталь, содержащая 1,0% углерода, является заэвтектоидной и состоит из перлита (П) и цементита (Ц), т.е. содержит повышенное количество карбида железа Fe_3C (цементита) за счёт присутствия его в виде самостоятельной фазы (Ц), а также в составе перлита (П), представляющего собой тонкую механическую смесь кристаллов феррита (Ф) и цементита (Ц).

Повышенное содержание в такой стали цементита повышает её твёрдость HV , но одновременно увеличивает хрупкость стали, что в свою очередь уменьшает пластические свойства стали δ и Ψ .

ЗАДАЧА 5.

Находим средний диаметр отпечатка

$$d_{cp} = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3} = \frac{5,08 + 5,12 + 5,16}{3} = 5,12 \text{ мм.}$$

Твёрдость стали по Бринеллю HV рассчитываем по формуле:

$$HV = \frac{2F}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d_{cp}^2} \right)} = \frac{2 \cdot 3000}{3,14 \cdot 10 \left(10 - \sqrt{10^2 - 5,12^2} \right)} = 135 \text{ кгс/мм}^2.$$

ЗАДАЧА 6.

Можно воспользоваться двумя способами решения:

1. Если точно известно содержание в стали углерода, то величину σ_{σ} можно найти по графику (приложение 21).

2. Если содержание углерода точно неизвестно, то можно воспользоваться зависимостью $\sigma_{\sigma} = K \cdot HV$,

где K - коэффициент, зависящий от величины HV :

для стали с $HV = 120 - 175 \text{ МПа}$ $K = 0,34$;

$HV = 120 - 175 \text{ МПа}$ $K = 0,36$.

Отсюда $\sigma_{\sigma} = 0,36 \cdot 180 = 65 \text{ кгс/мм}^2$.

Необходимо помнить, что приведённая выше зависимость между σ_{σ} и HV имеет место только для сталей, содержащих углерода менее 0,8-0,85%. При более высоком содержании углерода твёрдость стали продолжает возрастать а предел прочности при разрыве – понижаться, т.е. зависимость между ними нарушается.

ЗАДАЧА 7.

Для стали марки Ст-5сп (см. приложение 18) находим

$$\sigma_m = 260 - 290 \text{ МПа (среднее } 275 \text{ МПа)}.$$

Напряжение, равное 85% σ_m , составит:

$$\sigma_o = \sigma_m \cdot 0,85 = 275 \cdot 0,85 = 233,75 \text{ МПа} = 2337,5 \text{ кгс/см}^2$$

По закону Гука относительное удлинение стержня (в пределах упругих деформаций) прямо пропорционально напряжению и обратно пропорционально модулю упругости, т.е.

$$\varepsilon = \frac{\sigma_o}{E} \quad \text{и} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} .$$

Следовательно, относительное удлинение стержня должно составить

$$\varepsilon = \frac{2337,5}{21 \cdot 10^5} = 0,0011 \quad \text{или} \quad 0,11\% \quad \text{исходной длины.}$$

Абсолютное удлинение стержня составит:

$$\Delta l = 6000 \cdot 0,0011 = 6,6 \text{ мм.}$$

ЗАДАЧА 8.

Условно принимаем, что при напряжении в стержне, равном 85% предела текучести стали, остаточные деформации в элементе ещё не появятся, и поэтому конструкция будет при соответствующей этой нагрузке (в данном элементе) работать устойчиво.

По таблице (см. приложение 18) находим предел текучести для стали марки Ст-3пс - $\sigma_m = 230 - 250 \text{ МПа}$ (в среднем 240 МПа) .

Допустимое растягивающее напряжение в стали составит

$$\sigma_o = 0,85 \cdot \sigma_m = 240 \cdot 0,85 = 204 \text{ МПа} = 20,4 \text{ кгс} / \text{мм}^2 .$$

Площадь сечения стержня:

$$S_o = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 60^2}{4} = 2826 \text{ мм}^2 .$$

Максимально допустимая (предельная) растягивающая нагрузка в элементе фермы составит:

$$F = \sigma_o \cdot S_o = 20,4 \cdot 2826 = 57650,4 \text{ кгс} = 57,65 \text{ тс} .$$

ЗАДАЧА 9.

Находим количество работы, выполненной маятником на разрушение (излом) образца стали:

$$A = G \cdot (H - h) = 15 \cdot (1,20 - 0,75) = 6,75 \text{ кг} \cdot \text{м} = 67,5 \text{ Дж} .$$

Площадь излома (сечение образца в месте надреза)

$$S_o = 1,0 \cdot 0,8 = 0,8 \text{ см}^2 .$$

Удельная работа разрушения, т.е. ударная вязкость стали:

$$KCV(a_n) = \frac{A}{S_o} = \frac{67,5}{0,8} = 84,4 \text{ Дж} / \text{см}^2 .$$

ЗАДАЧА 10.

Для определения порога хладноломкости стали, т.е. того температурного интервала, в котором наблюдается резкий переход от вязкого разрушения стали к хрупкому разрушению строим график зависимости ударной вязкости от температуры (рис.2).

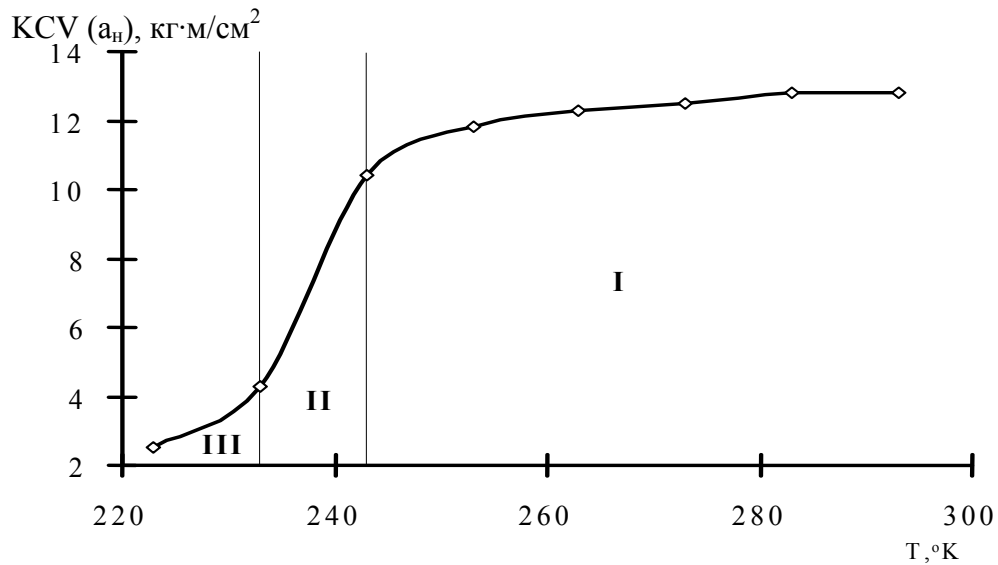


Рис. 2. Зависимость ударной вязкости от температуры

На графике видно, что с понижением температуры испытания ударная вязкость стали понижается, но вначале это понижение происходит плавно, не резко, и в интервале температур I сохраняется вязкое разрушение стали при ударах. Это длится до температуры 243°K . Ниже этой температуры происходит резкое снижение величины $KCV(a_n)$, что свидетельствует о переходе вязкого разрушения стали в хрупкое.

Этот переход совершается в интервале температур от 243 до 233°K (интервал II), который и представляет собой порог хладноломкости стали, после достижения которого разрушение стали происходит при низких значениях $KCV(a_n)$, т.е. сталь становится хрупкой (интервал III). Таким образом, испытанная сталь марки СТ-5сп может применяться в строительных конструкциях, которые будут эксплуатироваться в температурных условиях выше порога хладноломкости этой стали, т.е. выше температуры 243°K (-30°C).

ЗАДАЧА 11.

Разрушение стали произойдет в том случае, если будет превзойден предел усталости (предел выносливости) данной стали.

Предел выносливости (усталости) стали ориентировочно определяется из уравнения $\sigma_{уст} = 0,6 \sigma_{\sigma}$.

Из таблицы (см.приложение 18) для стали марки Ст-4сп средний предел прочности при растяжении σ_{σ} принимаем равным 480 МПа .

Тогда предел выносливости этой стали составит:

$$\sigma_{уст} = 0,6 \cdot 480 = 288 \text{ МПа}.$$

Повторно-переменная нагрузка в 50тс вызывает в строительном элементе напряжение:

$$\sigma_o = \frac{F}{S} = \frac{50000}{40 \cdot 50} = 25 \text{ кгс/мм}^2 = 2500 \text{ кгс/см}^2 = 250 \text{ МПа}, \quad \text{что ниже}$$

найденного предела выносливости для этой стали.

Поэтому следует полагать, что в этих условиях усталостное разрушение стали не произойдет при любом, самом большом цикле попеременно-повторных растягивающее-сжимающих нагрузжений этого элемента конструкции.

ЗАДАЧА 12.

Марка стали 30ХС2 рекомендуется ГОСТ 10884-94 для изготовления арматурной стали класса Ат 1200 (см.приложение 22).

Предел текучести арматурной стали класса прочности Ат 1200 должен соответствовать требованиям ГОСТ 10884-94 и быть не менее

$$\sigma_m = 1200 \text{ н/мм}^2 = 12000 \text{ кгс/см}^2 \text{ (см.приложение 24).}$$

Напряжение в стержне должно составить 90% σ_m т.е.

$$\sigma_o = 0,90 \cdot \sigma_m = 0,90 \cdot 12000 = 10800 \text{ кгс/см}^2.$$

По закону Гука относительное удлинение стержня (в пределах упругих деформаций) прямо пропорционально напряжению и обратно пропорционально модулю упругости, следовательно, относительное удлинение стержня должно составить:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_o}{E} = \frac{10800}{21 \cdot 10^5} = 0,0051 \text{ или } 0,51\% \text{ исходной длины.}$$

Абсолютное удлинение стержня составит

$$\Delta l = 5500 \cdot 0,0051 = 28,05 \text{ мм.}$$

ЗАДАЧА 13.

Принимаем, что количество перлита в стали прямо пропорционально занимаемой им на шлифе площади, т.е. по массе также 35%.

С другой стороны известно, что сталь целиком, т.е. на 100%, состоит из перлита в том случае, когда содержание углерода в ней составляет 0,83% (эвтектоидная сталь) (см.приложение 25).

Это позволяет определить содержание углерода в исследуемой стали с помощью следующей пропорции:

При 100% перлита сталь содержит 0,83% углерода

35 % перлита - - - - - x % углерода

$$x = \frac{35 \cdot 0,83}{100} = 0,29\%.$$

Сталь с таким содержанием углерода относится к доэвтектоидным сталям.

По графику зависимости физико-механических свойств стали от содержания углерода (см. приложение 21) находим следующие показатели для данной стали:

предел прочности при растяжении, $\sigma_{\sigma} = 580 \text{ МПа}$;

предел текучести, $\sigma_m = 290 \text{ МПа}$;

относительное удлинение, $\delta = 20\%$.

Этим показателем удовлетворяет сталь марки Ст-5сп и пс. (см. приложение 18 и 20).

ЗАДАЧА 14.

По таблице ГОСТ 380-2005 (приложение 20) для стали углеродистой обыкновенного качества для марки Ст-4 (кп, пс, сп), содержание углерода находится в пределах 0,18%-0,27%, т.е. в среднем 0,22% углерода.

По содержанию углерода сталь относится к доэвтектоидным, следовательно, состоит из перлита (П) и феррита (Ф).

Содержание перлита в этой стали определяем с помощью пропорции:

$$\begin{array}{l} \text{При содержании углерода } 0,83\% \text{ сталь содержит перлита } 100\% \\ 0,22\% \text{ -----} \quad \times \% \text{ П} \\ \% \text{ П} = \frac{0,22 \cdot 100}{0,83} = 26,5\% \end{array}$$

Количество феррита в стали :

$$\% \Phi = 100 - \% \text{ П} = 100 - 26,5 = 73,5\% .$$

ЗАДАЧА 15.

а) сталь углеродистая конструкционная обыкновенного качества (строительная), Должна использоваться в строительных конструкциях без предварительной термической обработки и не подвергаться сварке, так как неизвестен ее химический состав. Относится к спокойным, т.е. полностью раскисленным сталям.

б) то же, но с более высокими показателями физико-механических свойств (марка «б»). Относится к полуспокойным, т.е. не полностью раскисленным сталям.

в) то же, но с пониженным значением физико-механических показателей (марка «2»). Относится к кипящим, т.е. к нераскисленным сталям пониженного качества.

г) то же, но с пониженным значением физико-механических показателей (марка «3») и с повышенным содержанием марганца (0,80% и более) Относится к спокойным, т.е. полностью раскисленным сталям.

ЗАДАЧА 16.

а) сталь марок 08, 15, 35 и 55 относится к углеродистой качественной (т.е. более высокого качества, чем обыкновенного) стали с нормальным (менее 0,7%) содержанием марганца.

Другое название этих сталей – машиностроительные. Цифры в обозначении марки выражают среднее содержание в стали углерода в сотых долях процента.

Таким образом, в стали марки 0,8 среднее содержание углерода составляет около 0,08%, в марке 15 – 0,15%, в марке 35 – 0,35% и в марке 55 -0,55%.

С повышением номера марки растет содержание в стали углерода, в связи с чем возрастают показатели прочности и снижаются пластические свойства стали (см. приложение 19).

б) та же сталь марки «20», но кипящая, т.е. нераскисленная.

в) конструкционные качественные углеродистые стали с повышением (0,7 – 1,2%) содержанием марганца, который в марке обозначается буквой «Г». Все остальное – как в группе «а», т.е. в стали марки 65Г содержание углерода в среднем составляет 0,65%, в марке 70Г – 0,70%..

ЗАДАЧА 17.

Стали содержат:

- а) 0,18 % углерода, 2 % марганца, 1 % кремния;
- б) 0,25 % углерода, 2 % марганца, 1 % кремния;
- в) 0,35 % углерода, 1 % марганца, 1 % кремния;
- г) 0,20 % углерода, 1 % хрома, 2 % марганца, 1% циркона;
- д) 0,15 % углерода, 1 % марганца, 1 % кремния
- е) 0,30 % углерода, 1 % хрома, 2 % фосфора, 1% кремния;
- ж) 0,18 % углерода, 1 % хрома, 2 % марганца; 1 % кремния, 1 % алюминия, 1 % ванадия;
- з) 0,15 % углерода, 2 % марганца, 1 % алюминия, 1 % ванадия.

ЗАДАЧА 18.

Из таблицы ГОСТ 380-2005 (см. приложение 20) находим химический состав стали марки Ст 4:

углерода0,18 - 0,27 % (в среднем 0,23);
кремния0,05 - 0,30 %;
марганца0,40 - 0,70 %;
серы 0,055 %;
фосфора0,045 %.

Показатели механических свойств стали находим из таблицы (см. приложение 18) или по графику зависимости физико-механических свойств стали от содержания углерода (см. приложение 21)

предел прочности при растяжении $\sigma_s = 420 - 540 \text{ МПа}$;
предел текучести $\sigma_m = 240 - 270 \text{ МПа}$;
относительное удлинение $\delta = 21 - 25\%$ %.

ЗАДАЧА 19.

Марка стали 35ГС рекомендуется ГОСТ 10884-94 для изготовления арматурной стали класса Ат 600 и Ат 800 (см.приложение 22).

Механические свойства арматурной стали должны соответствовать требованиям ГОСТ 10884-94 (см.приложение 24).

Для арматурной стали класса прочности Ат 600:

предел прочности - не менее 800 н/мм^2 ;

предел текучести - не менее 600 н/мм^2 ;

относительное удлинение - не менее 4 %.

Для арматурной стали класса прочности Ат 800:

предел прочности - не менее 1000 н/мм^2 ;

предел текучести - не менее 800 н/мм^2 ;

относительное удлинение - не менее 2 %.

Химический состав арматурной стали классов прочности Ат 600 и Ат 800 должен соответствовать требованиям ГОСТ 10884-94:

углерода - 0,32 %;

марганца - 0,6-2,3 %;

кремния - 0,6-2,4%;

серы - 0,045%;

фосфора - 0,045%.

ЗАДАЧА 20.

Показатели основных физико-механических свойств стали можно получить путём прямых механических испытаний стали на разрыв или, если известно содержание в стали углерода, то можно воспользоваться графической зависимостью этих показателей от количества в стали углерода.

По этому графику для стали с 0,28 % углерода находим:

предел прочности $\sigma_s = 520 \text{ МПа}$;

предел текучести $\sigma_m = 280 \text{ МПа}$;

относительное удлинение $\delta = 23\%$;

твёрдость по Бринеллю $HB = 170 \text{ МПа}$;

ударная вязкость $KCV(a_n) = 7 \text{ МПа} \cdot \text{м}$;

По таблице ГОСТ 380-2005 (см. приложение 20) находим, что сталь с содержанием углерода 0,28% соответствует марке Ст 5 (пс,сп).

ЗАДАЧА 21.

а) Так как содержание углерода в стали меньше, чем 0,83 %, то данная сталь по содержанию углерода относится к доэвтектоидным.

б) Доэвтектоидная сталь при обычной температуре содержит следующие структуры железоуглеродистых сталей (см. приложение 25):

Феррит (Ф) - представляет собой твердый раствор углерода в α – железе.

Перлит (П) – эвтектоидная механическая смесь кристаллов феррита (Ф) и цементита (Ц). Цементит представляет собой карбид железа, т.е. химическое соединение железа с углеродом (Fe_3C).

в) Количество перлита (П) в стали рассчитывается с помощью следующей пропорции:

при содержании углерода 0,83 % перлита содержится 100%
0,42 % - X %

$$X = \frac{0,42 \cdot 100}{0,83} = 50,6\%.$$

ЗАДАЧА 22.

Сталь с таким содержанием углерода является заэвтектоидной (см. приложение 25).

Основными компонентами этой стали являются перлит (П) и цементит (Ц).

Перлит (П) – эвтектоидная механическая смесь кристаллов феррита и цементита.

Цементит (Ц) представляет собой карбид железа - химическое соединение железа с углеродом (Fe_3C), содержащее 6,67% углерода.

Повышенное содержание в этой стали цементита придает стали повышенную прочность и твердость, но снижает пластичность стали.

ЗАДАЧА 23.

На оси абсцисс диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов (см. приложение 25) находим точку, соответствующую содержанию в стали 0,57 % углерода, и к ней восстанавливаем перпендикуляр до достижения (по оси ординат) заданной температуры 1700 °С.

Определяем точки пересечения этого перпендикуляра с кривыми на диаграмме.

При обычной температуре рассматриваемая сталь состоит из феррита (Ф) и перлита (П). При нагреве до температуры 723 °С в стали начинается превращение перлита в аустенит (при пересечении линии перлитного превращения SP). В интервале от этой точки (по вертикали) до пересечения с кривой ферритного превращения GS (температура около 750°С) сталь будет состоять из феррита (Ф) и аустенита (А).

В точке пересечения перпендикуляра с кривой GS феррит также превращается в аустенит, и, таким образом, выше кривой GS сталь будет состоять из одного аустенита. Дальнейшее повышение температуры не будет сопровождаться фазовыми изменениями в стали до тех пор, пока не будет достигнуто на диаграмме пересечение перпендикуляра с кривой солидуса АЕ.

В этой точке, т.е. при температуре около 1430°С начнется плавление стали, т.е. появится некоторое количество жидкого расплава, находящегося вместе с кристаллами стали. В точке пересечения перпендикуляра с линией ликвидуса АС, когда температура достигнет приблизительно 1520 °С, вся сталь расплавится и превратится в жидкий расплав железа с углеродом.

Дальнейшее повышение температуры выше этой точки до заданной температуры 1700°C не вызовет фазовых превращений и будет сопровождаться только понижением вязкости расплава.

ЗАДАЧА 24.

Эвтектоидная сталь при обычной температуре на 100% состоит из перлита (П) и содержит 0,83% углерода (см. приложение 25).

На оси абсцисс диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов в точке (0,83% С) восстанавливаем перпендикуляр и находим, что при 723°C в точке S он пересекает линию перлитного превращения, т.е. при этой температуре весь перлит превращается в аустенит.

Таким образом, выше 723°C сталь состоит из одного аустенита (А).

При пересечении линии солидуса АЕ (около 1400°C) сталь начнет плавиться, а при 1480°C (пересечение с линией ликвидуса АС) полностью превратится в расплав, и дальнейший нагрев до 1600°C будет только снижать вязкость расплава, не вызывая фазовых превращений в нем.

ЗАДАЧА 25.

Так как сталь содержит углерода более 0,83%, то на диаграмме состояния железоуглеродистых сплавов (см. приложение 25) будет располагаться в заэвтектоидной области и состоять из перлита и цементита. Восстановив в точке (1,6%С) на оси абсцисс перпендикуляр, находим, что при нагревании стали от исходной температуры до 723°C (линия SK) произойдет твердофазовая перекристаллизация перлита в аустенит, и сталь будет состоять из аустенита и цементита. При дальнейшем подъеме температуры начнется превращение цементита в аустенит, которое закончится в точке пересечения вертикали с линией SE, чему соответствует температура около 1000°C . Выше этой температуры сталь будет целиком состоять из аустенита. При температуре, соответствующей пересечению вертикали с линией АЕ, сталь начнет плавиться, что произойдет при температуре около $1200 - 1220^{\circ}\text{C}$. Выше этой температуры после пересечения линии АС (1450°C) сталь полностью перейдет в состояние жидкого расплава и будет таковым при 1600°C .

ЗАДАЧА 26.

Согласно ГОСТ 380-2005 в стали этой марки содержится 0,28 – 0,37% углерода, или в среднем 0,32% (см. приложение 20).

Для закалки стали ее необходимо предварительно нагреть до перехода в аустенитное состояние (на $50-70^{\circ}\text{C}$ выше этой температуры). Для данной стали по диаграмме состояния железоуглеродистых сплавов (см. приложение 25) температура нагрева должна быть выше линии GS, т.е. около $850 - 860^{\circ}\text{C}$. Затем сталь должна быть резко охлаждена для появления в ее составе фазы мартенсита.

ЗАДАЧА 27.

Сталь заэвтектоидная, состоит из перлита и цементита. Для закалки такой стали необходимо превратить перлит в аустенит. Что касается цементита, то он уже обладает высокой твердостью и для перевода его в аустенит нет надобности.

Поэтому сталь для закалки должна быть нагрета до температуры, превышающей на 10 - 15°C линию перлитных превращений (723°C), т.е. до температуры 733 - 740 °С, а затем резко охлаждена.

ЗАДАЧА 28.

Для стали углеродистой обыкновенного качества марки Ст 4 содержание углерода находится в пределах 0,18 – 0,27%, т.е. в среднем 0,22 %.

Сталь доэвтектоидная, следовательно состоит из перлита и феррита. Перлит это эвтектоидная смесь феррита и цементита.

Содержание перлита (П) в этой стали определяем с помощью пропорции:

при содержании в стали 0,83% углерода сталь на 100% состоит из перлита

$$\begin{aligned} 0,22\% \text{ углерода} & \quad - \quad x \quad \% \text{ П} \\ \% \text{ П} & = \frac{0,22 \cdot 100}{0,83} = 26,5\%. \end{aligned}$$

Содержание цементита (Ц) находим из пропорции:

$$\begin{aligned} 6,67\% \text{ углерода} & \quad - \quad 100\% \text{ Ц} \\ 0,22\% \text{ углерода} & \quad - \quad x \quad \% \text{ Ц} \\ \% \text{ Ц} & = \frac{0,22 \cdot 100}{6,67} = 3,3\%. \end{aligned}$$

Тогда количество свободного феррита будет:

$$\% \Phi^{cs} = 100\% - \% \text{ П} = 100 - 26,5 = 73,5\%.$$

Количество феррита, содержащегося в перлите:

$$\% \Phi^n = \% \text{ П} - \% \text{ Ц} = 26,5 - 3,3 = 23,2\%$$

Общее количество феррита:

$$\% \Phi = \% \Phi^{cs} + \% \Phi^n = 73,5 + 23,2 = 96,7\%.$$

ЗАДАЧА 29.

Т.к. сталь содержит феррит (Φ) и перлит (П), то она относится к доэвтектоидным.

Содержание углерода находим из пропорции:

$$\begin{aligned} 0,83\% \text{ углерода} & \quad - \quad 100\% \text{ П} \\ x \quad \% \text{ углерода} & \quad - \quad 35 \quad \% \text{ П} \\ x & = \frac{0,83 \cdot 35}{100} = 0,29\%. \end{aligned}$$

Такому содержанию углерода соответствует сталь марки Ст 5

ЗАДАЧА 30.

Сталь относится к заэвтектоидным, т.е. содержит цементит (Ц) и перлит (П). Перлит, в свою очередь, содержит феррит (Ф) и цементит (Ц).

Содержание цементита определяют из пропорции:

$$6,67 \% \text{ углерода} - 100\% \text{ Ц}$$

$$1,2\% \text{ углерода} - x \% \text{ Ц}$$

$$\% \text{Ц} = \frac{1,2 \cdot 100}{6,67} = 18\%.$$

Содержание феррита:

$$\% \Phi = 100\% - \% \text{Ц} = 100 - 18 = 82\%.$$

Известно, что перлит содержит феррит (88%) и цементит (12%), следовательно, содержание перлита находим из пропорции:

$$100\% \text{ П} - 88\% \text{ Ф}$$

$$x \% \text{ П} - 82\% \text{ Ф}$$

$$\% \text{П} = \frac{82 \cdot 100}{88} = 93\%.$$

Содержание цементита в перлите составит:

$$100\% \text{ П} - 12\% \text{ Ц}$$

$$93\% \text{ П} - x \% \text{ Ц}$$

$$\% \text{Ц}'' = \frac{93 \cdot 12}{100} = 11\%.$$

ЗАДАЧА 31.

При решении задачи следует исходить из того, что в железоуглеродистых сплавах имеется только феррит и цементит (Ф+Ц), а все другие структуры являются комбинациями из феррита и цементита.

При содержании углерода 0,15% содержание цементита определяют из пропорции:

$$6,67 \% \text{ углерода} - 100\% \text{ Ц}$$

$$0,15 \% \text{ углерода} - x \% \text{ Ц}$$

$$x = \frac{0,15 \cdot 100}{6,67} = 2,25\%.$$

Содержание феррита принимают по разности:

$$\% \Phi = 100\% - \% \text{Ц} = 100 - 2,25 = 97,75\%.$$

Аналогично определяют содержание феррита и цементита при содержании углерода 0,83%, 1,5%, 2,5% и 4,3% и 6,0%. Полученные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание, %	Содержание углерода в %					
	0,15	0,83	1,5	2,5	4,3	6,0
Цементит	2,25	12,4	22,5	37,45	64,5	90,0
Феррит	97,75	87,6	77,5	62,65	35,5	10,0

По полученным данным строится диаграмма изменения содержания цементита и феррита (рис. 3).

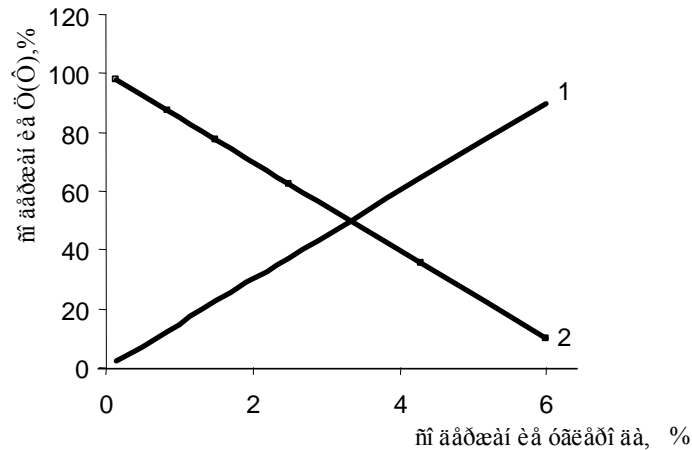


Рис. 3. Диаграмма изменения содержания цементита (1) и феррита (2).

ЗАДАЧА 32.

Площадь элемента определяем по приложению 26: $S = 40,50 \text{ см}^2$.

Предел текучести стали марки Ст 3 (см. приложение 18) для толщин до 20 мм – 250 МПа (2500 кгс/см²).

Нагрузка при которой появляются остаточные деформации:

$$F_m = \sigma_m \cdot S = 2500 \cdot 40,50 = 101250 \text{ кгс}.$$

ЗАДАЧА 33.

Содержание углерода 2,14 % соответствует максимальной растворимости углерода в γ -железе при 1130°C. Содержание цементита в чугунах больше, чем в сталях, и, кроме того, для белых чугунов характерно наличие ледебурита (см. приложение 25).

ЗАДАЧА 34.

Сталь с содержанием 0,37% относится к доэвтектоидным.

Закалка доэвтектоидной стали заключается в ее нагреве на 30-50°C выше верхних критических точек, т.е. до температуры образования аустенита (см. приложение 25, линия GS).

Температура нагрева $810 + 40 = 850^\circ\text{C}$.

Температура отпуска 450°C .

Структура стали после отпуска: : троостит и сорбит отпуска.

ЗАДАЧА 35.

Сталь с содержанием 0,32% относится к доэвтектоидным.

Нормализация заключается в нагреве стали на 30-50°C выше верхних критических точек, для доэвтектоидных сталей - выше линии CS.

Температура нагрева 800+40°C=840°C.

Охлаждение на воздухе.

Микроструктура до термообработки: феррит и перлит.

Микроструктура после термообработки: сорбит отпуска.

ЗАДАЧА 36.

Полный отжиг стали производят путем нагрева ее до температуры выше верхних критических точек на 20-50°C, т.е. выше линии GS, выдержки при такой температуре до полного прогрева с последующим очень медленным охлаждением.

Сталь марки Ст 3 содержит углерода 0,14-0,22% (в среднем 0,18%).

Температура нагрева 820+40=860°C.

Время нагрева - 10 мин (1 мин на 1 мм).

Время выдержки - 2,5 мин (25% от времени нагрева).

Время охлаждения – медленное охлаждение под слоем песка или вместе с печью.

ЗАДАЧА 37.

Диаметр электрода рассчитывается по формуле:

$$d = \frac{S}{2} + 1,$$

где S - толщина металла, мм.

Данные расчета представлены в табл.4

Т а б л и ц а 2

Толщина металла, мм	4	8	12	24
Диаметр электрода, мм	3	5	7	12

ЗАДАЧА 38.

Площадь образца в месте надреза $S = 1 \cdot 0,8 = 0,8 \text{ см}^2$.

Удельная ударная вязкость стали:

$$KCV(a_n) = \frac{A}{S} = \frac{14}{0,8} = 17,5 \text{ Дж} / \text{см}^2.$$

ЗАДАЧА 39.

- равнобокий уголок;
- неравнобокий уголок;
- швеллер;
- двутавр;
- подкрановый рельс;
- круглая;

- ж) квадратная;
- з) полосовая;
- и) шпунтовая свая;
- к) листовая;
- л) рифленая;
- м) волнистая.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Т а б л и ц а П 1

Механические свойства углеродистой стали обыкновенного качества при растяжении

Марка стали	Временное сопротивление, σ_{σ} , МПа (кгс/см ²)	Предел текучести σ_T , МПа (кгс/см ²), для толщин, мм			Относительное удлинение, δ , %, для толщин, мм		
		до 20	20-100	Более 100	до 20	20-40	Более 40
Ст0	Не менее 310 (31)	-	-	-	23	22	20
Ст1кп	310-400 (31-40)	-	-	-	35	34	32
Ст1пс, Ст1сп	320-420 (32-34)	-	220-200 (22-20)	190 (19)	34	33	31
Ст2кп	330-420 (33-42)	220 (22)	220-200 (22-20)	190 (19)	33	32	20
Ст2пс, Ст2сп	340-440 (33-34)	230 (23)	230-210 (23-21)	200 (20)	32	31	29
Ст3кп	370-470 (37-47)	240 (24)	240-220 (24-22)	200 (20)	27	26	24
Ст3пс, Ст3сп	380-490 (38-49)	250 (25)	250-230 (25-23)	210 (21)	26	25	23
Ст3Гпо	380-500 (38-50)	250 (25)	250-230 (25-23)	210 (21)	26	25	23
Ст4кп	410-520 (41-52)	260 (26)	260-240 (26-24)	230 (23)	25	24	22
Ст4пс, Ст4сп	420-540 (42-54)	270 (27)	270-250 (27-25)	240 (24)	24	23	21
Ст5пс, Ст5сп	500-640 (50-64)	290 (29)	290-270 (29-27)	260 (26)	20	19	17
Ст6пс, Ст6сп	Не менее 600 (не менее 60)	320 (32)	320-300 (32-30)	300 (30)	15	14	12

Т а б л и ц а П 2

Механические свойства углеродистой качественной
конструкционной стали

Марка стали	Термическая обработка заготовок	Предел текучести σ_m , МПа (кгс/мм ²)	Временное сопротивление разрыву, σ_B МПа (кгс/мм ²)	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²
		Не менее				
08	Нормализация	196	324	33	60	-
10	Нормализация	206	333	31	55	-
15	Нормализация	225	373	27	55	-
20	Нормализация	245	412	25	55	-
25	Нормализация	274	451	23	50	88
30	Нормализация	294	490	21	50	78
35	Нормализация	314	529	20	45	69
40	Нормализация	333	568	19	45	59
45	Нормализация	353	598	16	40	49
50	Нормализация	373	627	14	40	38
55	Нормализация	382	647	13	35	-
60	Нормализация	314	598	12	35	-
65	Нормализация	402	676	10	30	-
70	Нормализация	430	730	9	30	-
75	Закалка+отпуск	900	1100	7	30	-
80	Закалка+отпуск	950	1100	6	30	-
85	Закалка+отпуск	1000	1150	6	30	-
60Г	Нормализация	420	710	11	35	-
65Г	Нормализация	440	750	9	-	-
70Г	Нормализация	440	800	8	-	-

Т а б л и ц а П 3

Требования к химическому составу стали углеродистой
обыкновенного качества

Марка стали	Массовая доля химических элементов		
	углерода	марганца	кремния
1	2	3	4
Ст0	Не более 0,23	-	-
Ст1кп	0,06-0,12	0,25-0,50	Не более 0,05
Ст1пс	0,06-0,12	0,25-0,50	0,05-0,15
Ст1сп	0,06-0,12	0,25-0,50	0,15-0,30
Ст2кп	0,09-0,15	0,25-0,50	Не более 0,05
Ст2пс	0,09-0,15	0,25-0,50	0,05-0,15
Ст2сп	0,09-0,15	0,25-0,50	0,15-0,30
Ст3кп	0,14-0,22	0,30-0,60	Не более 0,05
Ст3пс	0,14-0,22	0,40-0,65	0,05-0,15
Ст3сп	0,14-0,22	0,40-0,65	0,15-0,30

Окончание табл. ПЗ

1	2	3	4
Ст3Гпс	0,14-0,22	0,80-1,10	Не более 0,15
Ст3Гсп	0,14-0,20	0,80-1,10	0,15-0,30
Ст4кп	0,18-0,27	0,40-0,70	Не более 0,05
Ст4пс	0,18-0,27	0,40-0,70	0,05-0,15
Ст4сп	0,18-0,27	0,40-0,70	0,15-0,30
Ст5пс	0,28-0,37	0,50-0,80	0,05-0,15
Ст5сп	0,28-0,37	0,50-0,80	0,15-0,30
Ст5Гпс	0,22-0,30	0,80-1,20	Не более 0,15
Ст6пс	0,38-0,49	0,50-0,80	0,05-0,15
Ст6сп	0,38-0,49	0,50-0,80	0,15-0,30

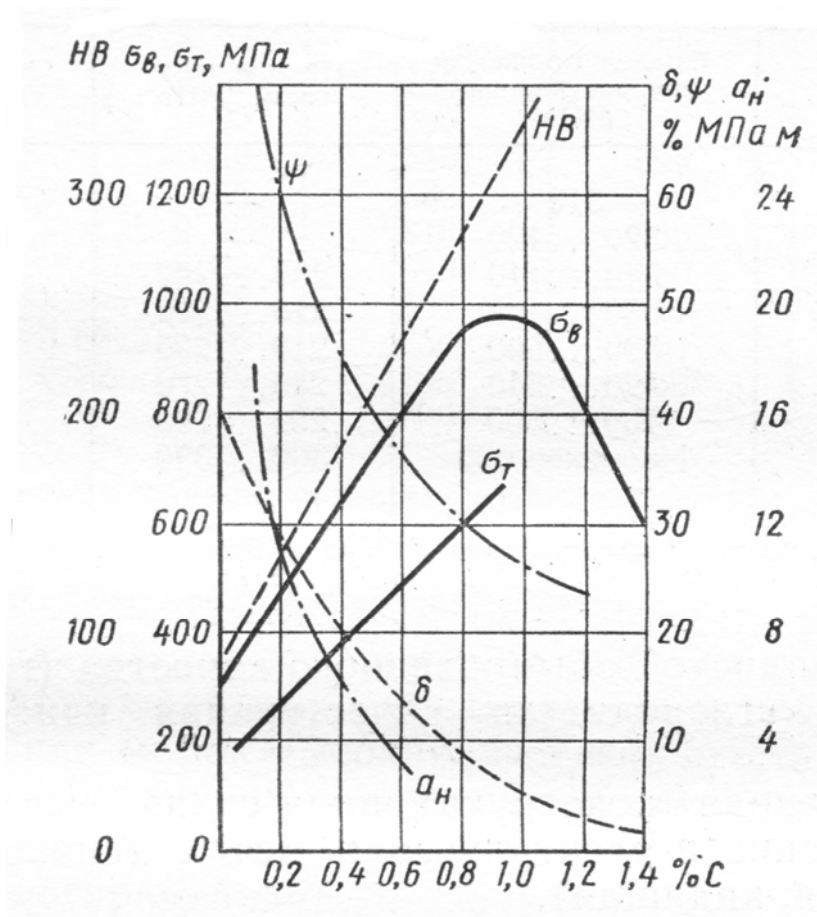


Рис.П1 Влияние углерода на механические свойства отожженных сталей

Т а б л и ц а П 4

Рекомендуемые марки углеродистой и низколегированной стали
для изготовления арматурной стали соответствующих классов

Класс арматурной стали	Обозначение по ранее действующей НТД	Номинальный диаметр	Марка стали
Ат 400С Ат 500С	-	6-40	Ст 3сп, Ст 3пс Ст 5сп, Ст 5пс
Ат 600 Ат 600С Ат 600К	Ат-IV Ат-IVС Ат-IVК	10-40	20ГС 25Г2С, 35ГС, 28С, 27ГС 10ГС2, 08Г2С, 25С2Р
Ат 800	Ат-V	10-32	20 ГС, 20ГС2, 08Г2С, 10ГС2, 28С, 25Г2С, 22С
		18-32	35ГС, 25С2Р, 20ГС2
Ат 800К	Ат-VК	18-32	35ГС, 25С2Р
Ат 1000	Ат-VI	10-32	20ГС, 20ГС2, 25С2Р
Ат 1000К	Ат-VIК	10-32	20ХГС2
Ат 1200	Ат-VII	1--32	30ХС2

Т а б л и ц а П 5

Химический состав арматурных сталей

Класс арматурной стали	Массовая доля химических элементов, %				
	С	Mn	Si	S	P
	не более				
Ат 400С Ат 500С	0,24	0,5-1,5	0,065	-	-
Ат 600С Ат 600К Ат 600 Ат 1000 Ат 1000К	0,32	0,6-2,3	0,6-2,4	0,045	0,045
Ат 1200		0,6-1,0	1,5-2,3		

Т а б л и ц а П 6

Показатели механических свойств арматурных сталей

Класс прочности арматурной стали	Номинальный диаметр, мм	Температура электронагрева, °С	Механические свойства				
			Временное сопротивление разрыву, σ_b , н/мм ²	Предел текучести, σ_m , н/мм ²	Относительное удлинение, %		Испытание на изгиб в холодном состоянии, градус
					δ_5	δ_p	
Ат 400	6-40	-	500	440	16	-	90
Ат 500	6-40	-	600	500	14	-	90
Ат 600	1-40	400	800	600	12	4	45
Ат 800	10-32	400	1000	800	8	2	45
Ат 1000	1--32	450	1250	1000	7	2	45
Ат 1200	1--32	450	1450	1200	6	2	45

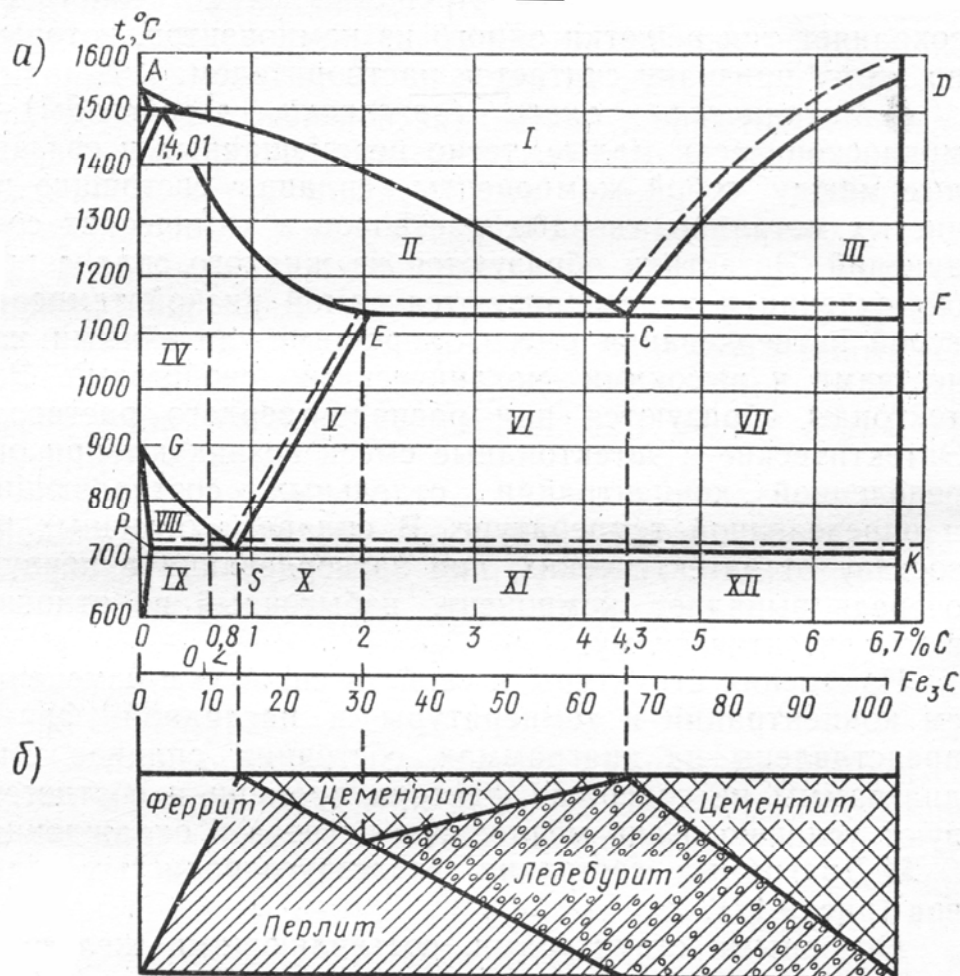


Рис. П2 Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов:
а-диаграмма: *I* – жидкий сплав; *II* – жидкий сплав и кристаллы аустенита; *III* – жидкий сплав и цементит; *IV* – аустенит; *V* – цементит и аустенит; *VI* – аустенит, цементит, ледебурит, *VII* – цементит и ледебурит; *VIII* – феррит и аустенит; *IX* – феррит и перлит; *X* – цементит и перлит; *XI* – перлит, цементит, ледебурит; *XII* – цементит, ледебурит, *б* – ориентировочное отношение структурных составляющих в различных диаграммы

Таблица П7

Швеллеры с уклоном внутренних граней полок

№ швеллера	h	b	s	t	R	r	Площадь поперечного сечения см ²	Масса 1 м, кг
					не более			
мм								
5	50	32	4,4	7,0	6,0	2,5	6,16	4,84
6.5	65	36	4,4	7,2	6,0	2,5	7,51	5,90
8	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	7,05
10	100	46	4,5	7,6	7,0	3,0	10,90	8,59
12	120	52	4,8	7,8	7,5	3,0	13,30	10,40
14	140	58	4,9		8,0	3,0	15,60	12,30
16	160	64	5,0	8,1 8,4	8,5	3,5	18,10	14,20
16a	160	68	5,0	9,0	8,5	3,5	19,50	15,30
18	180	70	5,1	8,7	9,0	3,5	20,70	16,30
18a	180	74	5,1	9,3	9,0	3,5	22,20	17,40
20	200	76	5,2	9,0	9,5	4,0	23,40	18,40
22	220	82	5,4	9,5	10,0	4,0	26,70	21,00
24	240	90	5,6	10,0	10,5	4,0	30,60	24,00
27	270	95	6,0	10,5	11,0	4,5	35,20	27,70
30	300	100	6,5	11,0	12,0	5,0	40,50	31,80
33	330	105	7,0	11,7	13,0	5,0	46,50	36,50
36	360	110	7,5	12,6	14,0	6,0	53,40	41,90
40	400	115	8,0	13,5	15,0	6,0	61,50	48,30

ОГЛАВЛЕНИЕ

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	3
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ	8
ПРИЛОЖЕНИЕ	24

Учебное издание

Кислицына Светлана Николаевна

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО СТРОИТЕЛЬНОМУ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ

Методические указания №6
по выполнению самостоятельной работы

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

В авторской редакции
Верстка Т.Ю. Симутина

Подписано в печать 23.06.15. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 1,74. Уч.-изд.л. 1,87. Тираж 80 экз.
Заказ № 244.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28