

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Р. Заббаров, М.В. Хардин, Е.А. Носова

ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)» в качестве учебного пособия

САМАРА
Издательство СГАУ
2013

УДК 001+6
ББК 72.3я7+3
3121

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В. П. С а м о х в а л о в,
д-р техн. наук, проф. В. Р. К а р г и н

Заббаров Р.

3121 **История науки и техники:** учеб. пособие / Р. Заббаров, М.В. Хардин, Е.А. Носова. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. – 52 с.

ISBN 978-5-7883-0946-0

Приведены некоторые сведения из истории развития отраслей машиностроения.

Учебное пособие предназначено для студентов, изучающих курсы «История науки и техники», «Введение в металлургию», «Технология конструкционных материалов» и «Основы производства и обработки металлов» по специальностям 150106, 150201 и 151001.65.

УДК 001+6
ББК 72.3я7+3

ISBN 978-5-7883-0946-0

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2013

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

δ - относительное удлинение;
 δ_B - предел прочности при растяжении (временное сопротивление разрыву);
НВ - твердость по Бриннелю;
HV - твердость по Виккерсу;
HRC - твердость по Роквеллу (шкала С);
 $t_{зал}$ - температура заливки;
 $t_{затв}$ - температура затвердения;
 t_L - температура ликвидуса;
 $t_{пл}$ - температура плавления;
 t_c - температура солвдуса.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

абс. - абсолютный	ост. - остальное
алюм. - алюминиевый	отд. - отдельный
в., вв. - век, века	ПАВ - поверхностно-активные вещ-ва
в осн. - в основном	плотн. - плотность
в т.ч. - в том числе	пов-ть - поверхность
в-во - вещество	пост. - постоянный
возд. - воздушный	рез-т - результат
газообр. - газообразный	РЗМ - редкоземельные металлы
гл. обр. - главным образом	р-р - раствор
ГОСТ - государственный стандарт	св. - свыше
диам. - диаметр	св-ва - свойства, свойство
дл. - длина	содерж. - содержание
др. - другой	спец. - специальный
ед. - единица	стержн. - стержневой
жел. - железный	т.н. - так называемый
зав-ть - зависимость	т.о. - таким образом
инстр-т - инструмент	темп-ра - температура
кол-во - количество	физ. - физический
коэф. - коэффициент	форм. - формовочный
лит. - литейный	хим. - химический
литн. - литниковый	цв. - цветной
мат-л - материал	чуг. - чугунный
мод. - модельный	эл-т - элемент
напр. - например	пром. - промышленный
ниж. - нижний	
осн. - основа	

ПРЕДИСЛОВИЕ

Все отрасли экономики становились и развивались по времени (металлургия, литейное производство, ОМД, судостроение, авиастроение, машиностроение и др.). Поэтому отрасли имеют своё историческое прошлое. В данном учебном пособии рассмотрены некоторые вопросы, связанные с историей машиностроения. Основу машиностроения составляют металлы и сплавы, а также их обработка для производства из них заготовок и изделий, т.е. металлообработка.

Основными способами металлообработки являются плавка, литьё, ОМД, мехобработка, термическая обработка и специальные способы (лазерная, нанотехнология и др.).

1. История как наука

1.1 Основные определения

История – это рассказ о прошедшем (термин происходит от греч. *Historia*). В целом вся история человеческой цивилизации изучает:

- процесс развития природы и общества;
- комплекс общественных наук, изучающих прошлое человечества (истории первобытного общества, древнюю, средневековую, новую и новейшую);

К отраслям истории относят экономику, географию, культуру, военную науку [1].

Для чего нужно изучать историю? Чтобы учесть исторические ошибки, учиться у истории, применять всё прогрессивное, что накопила история. Без знаний истории нет будущего.

Историки обычно делят историю на эпохи:

- 1) от истории Древнего мира до падения Рима (длилась примерно 2500 лет);
- 2) Средние века (≈ 1000 лет);
- 3) новая история (≈ 300 лет);
- 4) новейшая история (> 120 лет).

Кроме того, весь период развития человеческого общества по применению различных материалов для изготовления орудий труда и войны делится на следующие века:

- древнекаменный (палеолит);
- новокаменный (неолит);
- медный;
- бронзовый;
- железный.

Железный век продолжается до настоящего времени. Наиболее характерными памятниками культуры железного века являются:

- 4000 лет до н.э. В одной из египетских гробниц обнаружены железные серьги – первое найденное железо на земле. Анализ показал, что серьги содержали 7,5% Ni. По-видимому, в данном случае древние люди имели дело с железом космического происхождения;
- 3000 лет до н.э. В Библии говорится о человеке Тубалкаине, который мог делать железные вещи. К этому периоду можно отнести индийский манускрипт и китайскую рукопись;

- 2900 лет до н.э. Между камнями пирамиды Хеопса обнаружен обломок стального кинжала;
- 946 лет до н.э. В «Одиссее» Гомера говорится о закалке стали;
- 320 лет до н.э. Аристотель посвятил книгу путешествию по Индии и впервые появляется слово «чугун»;
- 300 лет до н.э. Делийская колонна изготовлена из железа чистотой 99,72%. Диаметр колонны 35см, высота 7м 20см, вес немногим более 6т.
- 1371 г. Первая книга по металлургии епископа Генриха из Пуатье.

2. Металлы – основа машиностроения

Все металлы имеют как общие для них свойства, так и индивидуальные характеристики. Общими свойствами для всех металлических материалов являются: характерный блеск, металлическая связь между ионами и электронами, кристаллическое строение, высокие свойства типа проводимости, способность к упругим и пластическим деформациям. В России принята исторически сложившаяся классификация всех металлов и сплавов на чёрные и цветные. К черным относятся железо, железные сплавы (стали, чугуны и ферросплавы), а также хром и марганец. Все остальные металлы – это цветные или нежелезные. Т.к. цветных металлов много, то они классифицируются также по их физическим, химическим, механическим, технологическим и другим свойствам.

Металлы у человека появились не вдруг и не в результате какого-то резкого скачка, а входили постепенно в жизнь людей. Обычно принято считать семь "доисторических" металлов: золото (Au), серебро (Ag), медь (Cu), железо (Fe), олово (Sn), свинец (Pb) и ртуть (Hg). Нельзя точно сказать, когда человек начал добывать и обрабатывать металлы (сплавы). Можно предполагать, какой из металлов нашел первое применение. Очевидно, это были металлы «чистого» происхождения (самородные), которые встречаются в природе. В первую очередь это относится к золоту и меди. Но железо тоже может встречаться в "чистом" виде, например в метеоритах. Скорее всего первым металлом было золото. Однако оно не пригодно для приготовления орудий труда и войны, но полученный опыт в работе с ним пригодился в дальнейшем для обработки других металлов.

Потом пришел медный век, а далее бронзовый. Медный век длился около 1000 лет, бронзовый – вдвое больше. Бронзовый век сменился постепенно железным. В центральной Европе железный век приходится на 1000-450 гг. до нашей эры и продолжает существовать до наших дней.

3. Из истории металлов и их обработки

3.1 Элементы и вещества

Химический элемент – это вид атомов, обладающих одним зарядом ядра. В природе всё окружающее представлено веществами. Все они делятся на простые и сложные. Простые вещества состоят из однородных атомов, т.е. атомов одного и того же химического элемента. Однако все они делятся на простые и сложные. Даже самородные металлы содержат примеси. По степени чистоты металлы делят на следующие группы: чистые (Ч), повышенной чистоты (ПЧ), очень чистые (ОЧ) и химической чистоты (ХЧ).

3.2 Открытия, названия и применение химических элементов и веществ [1-3]

Очередность открытия элемента зависит от химической активности и распространенности. На ранних ступенях цивилизации определяющей являлась их активность, на поздних – их распространенность. Первыми в ряду открытий находятся твердые самородные неметаллы (углерод и сера), за ними самородные металлы (медь, золото), далее легкоплавкие металлы (свинец, олово, ртуть и др.). В научный период очередность открытия элементов определялась главным образом их распространенностью. Распространенность элементов определяют числом Кларка ("кларки"), от имени английского ученого. "Кларк" – это среднее содержание элементов в земной коре (процент по массе) на глубине до 16 км и в атмосфере на высоте до 15 км. В табл. 1 приведены сведения об очередности открытия, распространенности и некоторых свойствах элементов, применяющихся в различных отраслях науки и техники. Порядок рассмотрения элементов и веществ приведен в соответствии с очередностью открытия.

Таблица 1. Некоторые сведения о химических элементах

Элемент	Очередность открытия	Кларк (место)	Некоторые свойства		
			плотность кг/м ³	т-ра плавления, °С	т-ра кипения, °С
C	1	11	3510 (алмаз)	> 3500 °С при давл. > 105 атм	4830 в тех же усл.
S	2	14	2070	119,5	444,6
Au	3	75	19320	1063	2966
Cu	5	23	8960	1083	2595
Fe	6	4	7874	1535	3000
Pb	7	34	11340	327,4	1744
Sn	8	30	7290 (бел. Sn)	231,9	2270
Hg	9	69	13546	-38,87	356,9
Zn	10	28	7140	419,5	907
Sb	12	64	6684	630,5	1380
Bi	13	66	9800	271,3	1560
P	15	12	1820 (бел. фосфор)	44,2	280
H	16	10	0,0899	-259,2	-252,7
Ca	19	5	1550	850	1490
Si	20	2	2330	1410	2355
Co	21	27	8900	1493	2900
Ni	22	25	8900	1455	2730
Al	23	3	2702	660,2	2400
Mg	24	8	1738	650	1107
N	25	24	1,2506	-209,86	-195,8
O	26	1	1,429	-218,8	-182,97
Mn	27	12	7400	1245	2097
Mo	29	51	10220	2610	5560
w	31	43	19300	3400	5900
Ti	37	9	4500	1875	3260
Zr	38	21	6400	1852	4000
Cr	40	20	7190	1900	2500
Be	41	44	1848	1278	2970
V	42	22	6100	1890	3000
Nb	43	36	8570	2468	4930
Li	51	26	534	180,5	1326

Углерод (от лат. *Carboneum* - уголь), химический символ С, занимает первое место по очередности открытия и одиннадцатое место по распространенности в земной коре ("Кларку"). Встречается в природе в свободном состоянии (уголь, графит, алмаз) и в соединениях (карбиды, газы СО, СО₂ и др.), а также искусственно полученных карбонилах и многих органических материалах.

На основе углерода построено все живое на Земле. Трудно перечислить все области применения углерода. Назовем только несколько из них.

Металлургия. Углерод – главный легирующий элемент всех углеродистых сталей и чугунов, входит в состав легированных сталей и сплавов. Без углерода невозможно получить чугун (доменный «процесс»), чистое железо, алюминий и многие цветные металлы. Кокс, содержащий (97-98)% С, – главное топливо и восстановитель в доменных печах.

Теплоэнергетика. Уголь, нефть, горючие сланцы, торф, природный газ – основа теплоэнергетики.

Производство алмазов. Во всем мире широко применяют искусственные алмазы, получаемые из графита под давлением порядка 100 тыс. атм. и при температуре 2600°С. Эти алмазы идут как для производственных (металлообработка), так и для ювелирных целей.

Органическая химия — это химия углеводов и их производных. Сейчас известны миллионы органических соединений, т.е. соединений углерода (на долю остальных элементов приходится только около ста тысяч соединений).

Медь (от лат. *Cuprum*, происходит, вероятно, от слова "смида" - так называли древние племена, населявшие европейскую часть территории нашей страны; возможно, название происходит от латинского "купрум", от названия острова Кипр, где добывали медь), химический символ Си. Занимает пятое место по открытию и 23-е по "кларку".

У меди не очень высокие механические свойства. Но оружейников средневековья эти свойства меди устраивали. Отсюда медные щиты, бронзовые пушки и др. оружие. *Бронза и медь* сыграли выдающуюся роль в изобразительном искусстве – скульптуры, гравюры, барельефы и т.п.

Медь – один из самых важных древних и популярных металлов. Медь популярна не только в среде инженеров (конструкторов, электриков, машиностроителей), но и у гуманитарных профессий (историков, скульпторов). Как конструкционный материал медь широко ис-

пользуется и сейчас в виде медных сплавов – бронз и латуней. Первоначально под бронзой понимали сплавы с оловом. В настоящее время кроме оловянных бронз широко применяют алюминиевые, кремнистые, бериллиевые и др. Бронзы идут на изготовление в основном методами литья вкладышей, сальников, клапанов и т.п. деталей. Художественная бронза (около 5 % Sn, 10 % Zn и 3 % Pb) применяется для скульптурного литья.

Латунь – это сплав меди с цинком и различными добавками (Al, Fe, Pb и др.). Для латуни характерна высокая пластичность, поэтому она хорошо обрабатывается давлением (ОМД). Укажем только одну область применения латуней – это гильзы патронов и снарядов. Кроме того, во взрывоопасных цехах пользуются латунным инструментом (не "искрит").

Но главная ценность меди – высокая тепло- и электропроводность. По этому свойству медь уступает только серебру. Поэтому главным потребителем меди является электротехническая промышленность. Медь идет также на изготовление вакуумных устройств, котлов, холодильников, змеевиков.

Железо (от санскритских слов "джальджа" – металл, руда или "жель" – блистать, пылать), химический символ Fe (Ferrum), основа большинства чугунов, сталей, сплавов, ферросплавов и технического железа. На долю железа и его сплавов приходится более 90% всех выплавляемых металлов.

Кальций (от лат. *Calx*, т.е. *calcis* - известь), химический символ Ca; применяется в металлургии как раскислитель сталей и цветных сплавов, входит в состав антифрикционных материалов. В природе встречается в виде соединений: карбонат кальция CaCO_3 – известняк, мел, мрамор; сульфат кальция $\text{CaSO}_4 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ – гипс, алебастр; фосфорнокислый кальций; хлористый кальций; фтористый кальций CaF_2 – плавленый шпат. Ниже рассмотрены отрасли их применения.

Карбонат кальция CaCO_3 – самый важный из минералов на основе CaCO_3 – известняк. Больше всего известняка идет на нужды химической промышленности. Он незаменим при производстве цемента, карбида кальция, соды, всех видов извести (гашеной, негашеной, хлорной) и многих др. веществ. Большое количество известняка идет в металлургии в качестве флюсов. Без него невозможно любое строительство, в т.ч. дорог (щебенка).

Разновидность CaCO_3 – мел. Мел применяют в резиновой и бумажной промышленности, в строительстве. Мел – это зубной поро-

шок, школьные мелки и многое другое. Разновидностью CaCO_3 является также мрамор.

Сульфат кальция CaSO_4 . Самый известный минерал гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ – это алебастр.

Кальций фосфорно-кислый – кальциевая соль ортофосфорной кислоты. Это основной компонент фосфоритов и апатитов – сырья для производства фосфорных удобрений и др. химических продуктов. Такое соединение как $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ – основной материал наших костей.

Хлористый кальций CaCl_2 – очень гигроскопичен, поэтому он широко применяется для сушки жидкостей и газов. Кроме того, CaCl_2 применяют в медицине.

Фтористый кальций CaF_2 . Ca F_2 (плавиковый шпат) широко применяют в металлургии в качестве флюса.

Кремний (от лат. *Silicium*, от слова *silex* – кремень), химический символ Si, второй после кислорода элемент по распространенности на Земле. Элемент был открыт шведским химиком и минералогом И.Я. Берцелиусом в 1825 г.

Во всех природных соединениях кремний связан с кислородом. На долю кремнезема SiO_2 приходится около 12% массы земной коры. 75 % земной коры составляют силикаты и алюмосиликаты.

В состав почти всех стекол входит SiO_2 : в нормальном стекле – 75,3% SiO_2 , в бутылочном – 73%, оконном – 72%, электроламповом – 69,4%, в высокопрочном стекле ("пирекс") – 80,9%.

Самый распространенный клей – силикатный, растворимое стекло (Na_2SiO_3).

Кремний широко применяется в металлургии. Сплав кремния с железом – ферросилиций – используют для приготовления сталей и сплавов, а также кислотоупорных изделий. Искусственно получаемое соединение SiC – карборунд, по твердости он уступает только алмазу.

Без кремния невозможно изготовить современные солнечные батареи.

Никель (от названия минерала *Kupfernickel*, т.е. от нем. *Kupfer* – медь и *Nickel* – злой дух, мешавший получению меди), химический символ Ni. Элемент был открыт в 1751 г. шведским металлургом А.Ф. Кронстедтом.

Наиболее широкое применение получил никель для производства металлических сплавов. Сейчас промышленность использует несколько тысяч сплавов, в состав которых входит никель. Рассмотрим некоторые из них.

Впервые стали применять медно-никелевые сплавы (в природе распространены медно-никелевые руды и первое название элемента №28 "купферникель"). Ni обладает "отбеливающей" способностью, уже 20% Ni полностью гасят красный цвет меди. Так получили "новое серебро", т.е. *нейзильбер* (сплав меди с 5-35% Ni и 13-45% Zn). Родственник нейзильбера – *мельхиор* (сплав меди с 5-30% Ni, добавки 0,8% Fe и 1% Mn). Сначала нейзильбер завоевал популярность у ювелиров (напр., столовое серебро). Затем его стали широко применять для изготовления монет. А в природе встречается "натуральный" сплав никеля – *монель-металл* (60-70% Ni и 28-30% Cu). Его получают из медно-никелевых руд, не разделяя медь и никель. Монель-металл – один из главных сплавов химического машиностроения.

Почти половина Ni идет на изготовление конструкционных, нержавеющих, жаропрочных, жаростойких, магнитных и других сталей и сплавов со специальными свойствами. Так, *инконель* – это сплав на основе Ni – Cr с различными добавками Al, Ti и др. элементов. Инконель – один из главных материалов ракетной техники. *Нихром* (20% Cr, 80% Ni) – основа большинства электронагревательных приборов. *Элинвар* – (45% Ni, 55% Fe) сохраняет постоянную упругость при различных температурах. *Пермаллой* (Fe Ni₃) – сплав с феноменальной магнитной проницаемостью (для техники слабых токов – телефонные устройства, вычислительные машины и т.п.).

Алюминий (от лат. *Alumen* – квасцы), химический символ Al. Алюминий – второй металл после железа и третий элемент по распространенности после кислорода и кремния. Впервые металлический алюминий получил в 1825 г. датский физик Г.Х. Эрстед. Алюминий и алюминиевые сплавы применяются в машиностроении, строительстве, металлургии, электротехнической промышленности и других отраслях.

Алюминий по значимости – второй после железа металл. Для алюминия характерны малая плотность, высокая тепло- и электропроводность, хорошая пластичность. Из-за низкой прочности алюминий как конструкционный материал не применяется. Повышение прочности алюминиевых сплавов начал решать немец Альфред Вильм. Он установил, что если вводить в алюминий медь и магний, то его прочность можно повысить в 3-5 раз. Алюминий технической чистоты имеет предел прочности δ_B – 58 МПа, а сплав Al + 4% Си уже 200 МПа. Но и это недостаточно. А что если закалить сплав? Вильм нагревал сплав до 500°C, а затем охлаждал в воде. При этом у свежезака-

ленного сплава прочность повысилась до 250 МПа. Было установлено, что чем дольше "отлеживался" закаленный сплав, тем больше повышалась прочность и достигала 400 МПа. Таким образом, определилась технология упрочнения алюминия: легирование, закалка и выдержка после закалки (старение). Вильм продал свой патент одной немецкой фирме, которая стала выпускать этот сплав и назвала его "дуралюмин" (твердый алюминий). На русском языке это дюралюминий или просто дюраль. После этого алюминий стал главным летающим металлом. В настоящее время разработано огромное количество алюминиевых сплавов. Al – это самолеты, ракеты, двигатели, спутники.

Но алюминий применяется не только как летающий металл. Американские ученые составили список изделий из алюминия. В этом списке оказалось более 2000 названий: это детали автобусов, судов, вагонов, подводных лодок. Из алюминия производят перекрытия, облицовку и оконные рамы высотных зданий, аппаратуру для производства кислот и органики, резервуары, радиаторы, моторные и весельные лодки, электротехнические изделия, посуду и мебель. Из алюминия делают даже оконные занавески. Для этого ткань покрывают тонким слоем алюминия. Если их повернуть металлическим слоем наружу, то они будут пропускать свет, но задерживать тепло (для жаркой погоды), для холодной погоды надо занавески повернуть слоем вовнутрь.

Магний (от магнезия), химический символ Mg. Загрязненный примесями магний впервые получил в 1808 г. английский химик Хэмфри Деви, а чистый магний получен в 1829 г. А. Бюсси. Магний и его сплавы применяют в производстве сверхлегких сплавов, химической и металлургической технологиях.

Магний легче меди в 5 раз, железа в 4,5 раза, алюминия в 1,5 раза. Магний легко отнимает кислород и хлор у многих элементов, не боится щелочей, соды, керосина, бензина и минеральных масел. Он, однако, не выносит морской и минеральной воды и растворяется в них. Не реагируя на холодную воду, Mg энергично вытесняет водород из горячей воды. Если нагреть Mg до 55 °С, он вспыхивает и мгновенно сгорает.

Существенный недостаток магния – низкая прочность. Поэтому как конструкционный материал Mg не применяют, а используют магниевые сплавы (Mg + Al, Zn, Mn и др. элементы). Авиация и реактивная техника, ядерные реакторы, детали двигателей, баки для бензина и масла, приборы, корпуса вагонов, автобусов, автомобилей, колеса, масляные насосы, отбойные молотки, пневмобуры, фото- и киноаппа-

раты, бинокли - вот далеко не полный перечень области применения магниевых сплавов. Большое значение имеет магний в металлургии при производстве V, Cr, Ti, Zr. Если Mg ввести в чугун, то можно существенно повысить его прочность. Свойство Mg "гореть" используют для изготовления осветительных и сигнальных ракет, трассирующих пуль, снарядов и зажигательных бомб.

Титан (от греч. *Titanes* – титаны, в греческой мифологии – дети Урана (Неба) и Гие (Земли)). Химический символ Ti. До 1795 г. элемент № 22 называли "менакином". Так назвал его английский химик Уильям Грегор, который открыл этот элемент в минерале "менакините" (сейчас это минерал "ильменит"). Немецкий химик Мартин Клапрот открыл новый элемент в другом минерале – рутиле и назвал его "титаном". Т.о., Грегор и Клапрот открыли один и тот же элемент, но ни тот, ни другой элемент не получили чистый титан. В действительности чистый титан был получен в 1875 г. русским ученым Д.К. Корниловым. Титан и его сплавы широко применяют в авиации, химической промышленности, судостроении, ракетостроении и других отраслях.

Особенность титана состоит в том, что малейшие примеси резко ухудшают его свойства, придавая ему хрупкость. Поэтому он был не пригоден для дальнейшей обработки, и соединения титана получили применение раньше, чем сам Ti и его сплавы. Например, $TiCl_4$ использовался для создания дымовых завес.

Титан почти вдвое тяжелее Al, но зато в 6 раз прочнее его. Ti – тугоплавкий металл ($t_{пл} = 1680\text{ }^\circ\text{C}$), поэтому он может применяться при работе деталей в области более высоких температур, чем сталь. Например, при полетах со сверхзвуковыми скоростями от трения о воздух развиваются такие температуры, которые не выдерживают ни стали, ни тем более алюминиевые сплавы. Ti и его сплавы позволили достичь скорости летательных аппаратов (л.а.), в 2-3 раза превышающей скорость звука. Поэтому титановые сплавы нашли применение в авиации, ракетной технике и космонавтике.

Титан прочен, химически стоек. При этом в морской воде днища судов не обрастают ракушками. Поэтому Ti – лучший материал для судов и подводных лодок.

Благодаря уникальной стойкости, Ti широко применяется в химическом и нефтяном машиностроении, фармацевтической, микробиологической и пищевой промышленности, медицине и др. отраслях. Ti применяется также в металлургии.

Молибден (от лат. *Molybdaena*). Этим словом обозначали все минералы, которые оставляли след на бумаге (графит, свинец, PbS, молибден), т.е. писали. Это латинское слово происходит от древнегреческого "μόλυβδος", т.е. свинец. Химический символ Mo. Первооткрывателем молибдена является шведский химик Карл Вильгельм Шееле. Он открыл элемент №42 в 1790 г. Основное применение молибден нашел в металлургии при производстве сталей и сплавов.

Прежде всего Mo вторгся в металлургию для производства стали как легирующий элемент. Всего 0,3% Mo повышают твердость стали, как и 1% W. Т.о., Mo наряду с Cr, Ni, Co нашел широкое применение как легирующий элемент, причем сталь легируют не чистым молибденом, а более дешевым ферромolibденом.

Из хромомолибденовой стали изготавливают тонкостенные трубы для изготовления каркасов л.а. Хромо- и никель- молибденовые стали используются для изготовления орудийных стволов, бронебойных снарядов, судовых валов, винтовочных отвалов. 90% всего Mo использует металлургия. Молибден применяется в электротехнической и вакуумной технике. Но особое место занимает Mo в создании высокотемпературных материалов для л.а.

Вольфрам (от нем. *Wolf* - волк и *Ramm* – баран, т.е. в целом означает "волчьи повадки"). При этом под "вольфрамом" понимался не сам металл, а минерал "вольфрамит". Считалось, что эта руда содержит олово. Но при выплавке олова практически не было, словно кто-то его "пожирал" (волк барана). Впервые металлический вольфрам был получен в последней четверти XVIII века. Химический символ W. Вольфрам широко применяют для легирования сталей, в производстве износостойких и жаропрочных сплавов и других отраслях.

Уникальной твердостью обладают твердые сплавы. Эти сплавы состоят из карбидов и связки. Так, сплавы группы ВК содержат карбиды вольфрама WC от 98 до 92% и кобальтовую связку (остальное).

Около 95% W поглощает металлургия для изготовления сталей и сплавов. При этом для легирования обычно используют ферровольфрам. Из вольфрамовой стали изготавливают танковую броню, оболочки торпед и снарядов, детали самолетов и двигателей. Сплав W, Cu и Ni идет для изготовления контейнеров, в которых хранят радиоактивные отходы. Применение вольфрамовой нити в электрических лампочках общеизвестно.

3.3 Из истории алюминия и его сплавов

Впервые металлический Al получил датский физик Г.Х. Эрстед в 1825г. Были определены основные свойства Al:

- температура плавления 660°C ,
- плотность $2,7 \text{ г/см}^3$,
- предел прочности ($\delta_{\text{в}}$) до 58МПа.

Чистый Al возможно получать разными способами:

- 1) химическим, т.е. восстановлением хлористых и фтористых солей алюминия (AlCl_3 , AlF_3) активными металлами (K, Na, Mg);
- 2) электротермическим, т.е. прямым восстановлением глинозёма Al_2O_3 углеродом;
- 3) электролизом водных растворов или расплавленных солей.

Электролизом водных растворов чистый Al не удается получить, т.к. на катоде выделяется более электроположительный водород и образуется гидрат окиси алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$. Алюминий удается получить электролизом расплавленных сред, т.е. электролизом глинозёма Al_2O_3 , растворенного в расплавленном криолите $3\text{Na}\cdot\text{AlF}_3$. Этот способ является главным промышленным способом производства алюминия в настоящее время.

Основной недостаток алюминия как конструкционного материала – низкая прочность. Как повысить прочностные свойства алюминия? Этот вопрос разрешил впервые немецкий металлург Альфред Вильм. Вначале он легировал алюминий медью (до 4% по массе). Прочность $\delta_{\text{в}}$ поднялась с 58 до 200МПа. Затем производилась закалка с 500° в воде. Прочность возросла лишь до 250МПа. Потом легированный и закаленный алюминий «вылëживался» при комнатной температуре (современный термин «естественное старение»). Была достигнута максимальная прочность до 400МПа, удовлетворяющая конструкторов машин (самолëтостроение, судостроение и другие отрасли машиностроения). Таким образом, была разработана ныне действующая технология производства алюминиевых деформируемых и литейных сплавов, основу которой составляют легирование, закалка и старение.

А. Вильм продал свой патент фирме, которая стала производить сплавы под названием «дюралюминий». Происхождение этого термина исследователи объясняют двояко: первое от города Дюрен и второе от французского «дюр» - твердый.

В СССР дюраль начали выплавлять с 1924г. на Кольчугинском заводе (Владимирская обл.). Тогда этот сплав называли «кольчугалюми-

ний». Современный дюралюминий – это деформируемый термически обрабатываемый алюминиевый сплав на основе системы Al-Cu-Mg.

3.4 Как обрабатывались металлы (ОМД)

Развитие обработки металлов давлением началось сковки самородных металлов и, вероятно, раньше, чем человек научился выплавлять металлы.

Железо, судя по данным раскопок в Египте и в бассейне Тигра и Евфрата, стало известно не позднее 4500 лет до н. э. Первые изделия из метеоритного железа получали ковкой. Греки приписывали изобретенияковки Гепесту – богу огня и покровителю кузнецов.

Следующим по времени освоения процессом обработки металлов давлением было волочение. В III-IV тысячелетиях до н. э. в Вавилоне при изготовлении украшений из благородных металлов золота и серебра применяли волочение. Первые волокни были получены из камня. Протягивание проволоки производили вручную. В последующем основным волочильным инструментом была доска с просверленными в ней отверстиями различного диаметра. Последовательно протаскивая заготовку через несколько отверстий с уменьшающимся диаметром, получали проволоку нужного размера.

На территории нашей Родины в XIII в. до н. э. были известны орудия и оружие из железа. Железо получали прямым восстановлением в сыродутных печах в форме губчатых криц, из которых ковали всевозможные изделия. Основное оборудование кузнеца Древней Руси составляли: кузнечный горн, меха, наковальня, а инструментом служили кувалды, зубила, клещи.

Металлографическое и рентгенографическое изучение железных изделий археологических памятников показало, что в X-XIII вв. н. э. техника обработки железа на Руси достигла большого совершенства. В то время широко применяли наряду со свободной ковкой кузнечную сварку, пайку медью, полировку, цементацию, термическую обработку (закалка, отпуск).

Примерно до XV века основной продукциейковки были косы, серпы, топоры, лемеха, предметы хозяйственного инвентаря, оружие, доспехи. Кузнечной сваркой получали многослойные мечи из полос железа и стали, наваривали стальные лезвия на железные топоры. Для изготовления кольчуг применяли волочение проволоки из мягкой стали. На одну кольчугу требовалось до 600 метров проволоки, из которой изготавливали примерно 20 тысяч колец. Каждое кольцо продева-

лась через соседнее и заваривалось с помощью кузнечной сварки. Значительное усовершенствование ручного волочения было достигнуто при изобретении волочильного производства с качающимся сиденьем.

Примерно до X века главными потребителями и изготовителями проволоки из меди, серебра, золота и их сплавов были мастера-ювелиры. Из проволоки делали золотошвейную пряжу и канитель – тонкие спирали, которые использовали для вышивания одежд, парчи. В XI–III веках волочение становится самостоятельной отраслью металлообработки. Создаются цеховые объединения волочильщиков проволоки. Их продукция предназначалась для изготовления иглолок, булавок, гвоздей, щеток. Высокий уровень техники обработки железа в древней Руси и масштабы его производства позволили не только удовлетворить потребность страны, но и экспортировать железные изделия в западные страны.

Переход от сыродутного способа получения железа к доменному производству чугуна с последующим переделом его в железо в кричных горнах явился большим шагом вперед.

Создаются государственные металлургические заводы на Урале (1630 г.), начинается применение водяных двигателей для привода молотов и волочильных станов (1644 г.). Первый волочильный стан состоял из двух барабанов: рабочего и размоточного, между которыми размещалась волочильная доска. Рабочий барабан приводился в движение от энергии падающей воды.

К концу XVI века Новгород населяли около 5,5 тысячи людей разных профессий, 600 из них были связаны с обработкой металла: 112 кузнецов, 38 ножовщиков, 85 котельников, 21 гвоздочник, 18 оружейников, 17 замочников, 11 ведерников, по несколько человек лемешников, скобочников, игольников, булавочников и так далее. По всей Руси жили десятки тысяч мастеров по обработке металлов давлением.

Развитие металлургии в России особенно ускоряется при Петре I. На Урале строятся казенные и частные заводы для выплавки меди и чугуна. К тридцатым годам XVIII века Россия не только догнала западные страны по выплавке чугуна, но и опередила их и заняла первое место в мире.

Возникновение следующего по времени процесса обработки металлов давлением прокатки связывают с именем гениального художника и инженера Леонардо да Винчи, опубликовавшего в 1495 г. первые печатные материалы по прокатке. Со свойственными ему проницательностью и гениальностью он предложил прокатку стальных

полос переменной толщины. Его предложение по прокатке конических оружейных стволов было осуществлено лишь в середине 50-х годов XX века. Однако до конца XVIII в. прокатку применяли для отделки предварительно откованных железных полос. Для уменьшения толщины кованых полос применяли прокатные станы "дуо" с цилиндрическими валками, называвшиеся тогда "плющильными машинами".

В конце XVIII века были сделаны крупные изобретения, способствовавшие значительному прогрессу в металлургии и, в частности, в обработке металлов давлением. Было изобретено пудлингование, позволившее получать железо в больших количествах, лучшего качества и более дешевое. Изобретение паровых машин для привода (Ползунов в 1760г. и Уатт в 1784г.) позволило создать мощные воздуходувки, обеспечивающие получение чугуна на коксе взамен древесного угля. Паровые машины для привода прокатных станов позволили обрабатывать железо из пудлинговых криц, минуя ковку. Началом применения прокатки для обработки железа считается 1784г. (патент английского инженера Корта), хотя в 1782г. на Черновском заводе был установлен стан для прокатки кровельных листов с приводом от водяного колеса. В 1839г. был создан паровой молот (английский инженер Нейсмит). Указанные усовершенствования привели к значительному росту выплавки чугуна в начале XIX в. западных странах, особенно в Англии, и к сокращению импорта железа из России.

Еще один способ обработки металлов давлением – прессованием – как технологический способ стал возможным лишь в конце XVII в. Стимулом к воплощению идей, охватывающих процесс прессования, стала возрастающая в XVII-XVIII вв. потребность в трубах для подачи жидкостей.

Первый гидропресс для прессования запатентован в 1795-1797 гг. английским инженером Джозефом Брама, современником и конкурентом Д. Уатта. Пресс напоминал ручной насос и позволял прессовать свинцовые трубы. В 1820 г. англичанин Томас Барр сконструировал вертикальный гидропресс для прессования свинцовых труб. Пробразом современных горизонтальных гидропрессов для прессования стал пресс конструкции Г. Дика, созданный в Германии в 1894-1895 гг. Его появление положило начало промышленному применению прессования профилей и труб из меди, медных и алюминиевых сплавов. Этот процесс в известной степени стал вытеснять прокатку, обработку металлов резанием и литье.

Развитие железнодорожного транспорта в XIII в. потребовало большого количества стали для изготовления паровозов, вагонов, мостов, рельсов. Изобретение бессемеровского (1855 г.) и мартеновского (1864 г.) способов производства стали обеспечило ее получение в большом количестве в виде крупных слитков. Для их обработки потребовались мощные прокатные станы, молоты и прессы. Применение электродвигателей в конце XIX в. явилось дальнейшим шагом вперед в развитии металлургии, и особенно в обработке металлов давлением.

Несмотря на отставание в XIX в. металлургии России, во многих случаях русская техника опережала западную. Так, на русских военных заводах в 1800 г. применяли горячую объемную штамповку, а на западе этот процесс не был известен. Качество оружия, благодаря трудам Аносова и Обухова, было выше западно-европейского.

Для военных флотов сооружали первые броненосцы. Для этого нужны большие броневые плиты. Изготовление таких плит ковкой было процессом крайне трудоемким и дорогостоящим. В 1859г. русский механик В.С. Пятов сконструировал первый в мире мощный прокатный стан для производства броневых листов. Этот стан стал предшественником современных обжимных станков - блюмингов и слябингов.

Начиная с середины XIX века чрезвычайно широкое распространение получает штамповка.

В XX веке строительство тракторных, автомобильных, авиационных и других заводов сопровождалось созданием на них современных цехов горячей объемной и холодной листовой штамповки. Получили большое развитие и процессы волочения, прокатки и прессования.

Сегодня в металлургии существуют пять основных способов обработки металлов давлением: ковка, штамповка, прокатка, волочение и прессование, каждый из них имеет свою преимущественную область применения. Обычно при получении какой-либо детали на разных стадиях используют несколько видов обработки давлением. В результате все существующие способы дополняют друг друга, взаимно расширяют свои возможности.

Необычайно разнообразно оборудование для обработки металлов давлением: громадные обжимные прокатные станы и прессы, роботизированные ковочные комплексы, полностью автоматизированные штамповочные линии, деталепрокатные агрегаты, уникальные станы для получения тончайшей фольги и проволоки.

4. От железа к стали

С древнейших времен ковкое (кричное) железо получали путем прямого восстановления железной руды. Это так называемый *сыродутный* процесс. Он был широко распространен в XVIII веке. В Европе он сохранился вплоть до 1850 г., а в Северной Америке — до 1890 г. В наше время сыродутные (кричные) горны можно встретить в Центральной Африке. Кожух сыродутного горна изготавливался из глины попеременно с деревянными жердями. В рабочее пространство горна загружали слоями уголь и измельченную руду. Через отверстия поступала воздушная тяга. При этом окислы железа восстанавливались. В результате получали *губчатое* или *кричное* (в зависимости от состава руды и температуры процесса) железо.

Чаще всего это была *крица*, т.е. продукт, состоящий из сваренных между собой частиц восстановленного железа ("криц"), находящихся в тестообразном шлаке. Крицу извлекали через пролом в стенке горна и к делу приступал кузнец: проковывали крицу и "выдавливали" шлак. Затем крицу разделяли на части, проковывали и придавали нужную форму.

Со временем стенки сыродутного горна стали выкладывать из кирпича и применять принудительное воздушное дутье (мехи). Так постепенно *сыродутный горн* преобразовался в *домницу* - прообраз современных доменных печей. В этом процессе роль развития восстановителя (древесного угля) росла. Получаемый железистый сплав, насыщенный углеродом, снижал температуру плавления. Так, по ходу развития процесса стали получать два продукта: железо (губка, крица) и чугун. Чугун был побочным продуктом, свойства которого не были известны. Тогда надо было "решать" проблему чугуна. Поэтому со временем и были разработаны процессы "передела" чугуна в ковкое железо. Основная задача - "выжечь" углерод из чугуна. Этот процесс получил название "*кричный передел*" или "*фришевание*" (от нем. *frisch* - свежий, чистый).

В 1784 г. англичанин Генри Корт предложил способ "пудлингования" (от англ. *puddle* - месить, перемешивать). Это было начало металлургии стали. Процесс сводится к очистке чугуна от углерода в пламенной печи. Продукт процесса, железо, в горячем виде проковывали на "колбаски" (диаметром 7-10 см и длиной 50 см). Эти заготовки раскатывали на полосы, затем разделяли на куски длиной 50 см и еще раз прокатывали, накладывая по четыре полосы одна на другую. Получали

"сварочное железо". Но сварочное железо имело существенный недостаток - неравномерность свойств по сечению. Англичанин Бенджамин Хатсмен (1704-1777гг.) пришел к выводу, что состав можно выровнять путем переплава.

Однако основателем сталеплавильного производства следует считать англичанина Генри Бессемера (1813-1898гг.). В 1855 г. он впервые предложил получать сталь из жидкого чугуна, продувая его воздухом.

Для переработки фосфористых чугунов англичанин Сидней Джилкрист Томас (1850-1885гг.) предложил в 1877г. продувать жидкий чугун воздухом в конвекторе с основной футеровкой.

Бессемеровский и томасовский процессы позволяли получать сталь из жидкого чугуна. Но эти процессы не предусматривали использование отходов металлообработки (скрап). Немецкие металлурги Вильгельм и Фридрих Сименсы предложили регенеративную печь. В 1864г. французскому металлургу Пьеру Мартену (1824-1915гг.) удалось впервые выплавить сталь из отходов в регенеративной печи Сименсов. Этот процесс получил названия: "*мартеновский*" во Франции и России, "*сименс-мартеновский*" в Германии и "процесс на открытом поду" в Англии и США. Ниже приведена схема развития производства железа, чугуна и стали в историческом развитии (рис 1) [4-5].

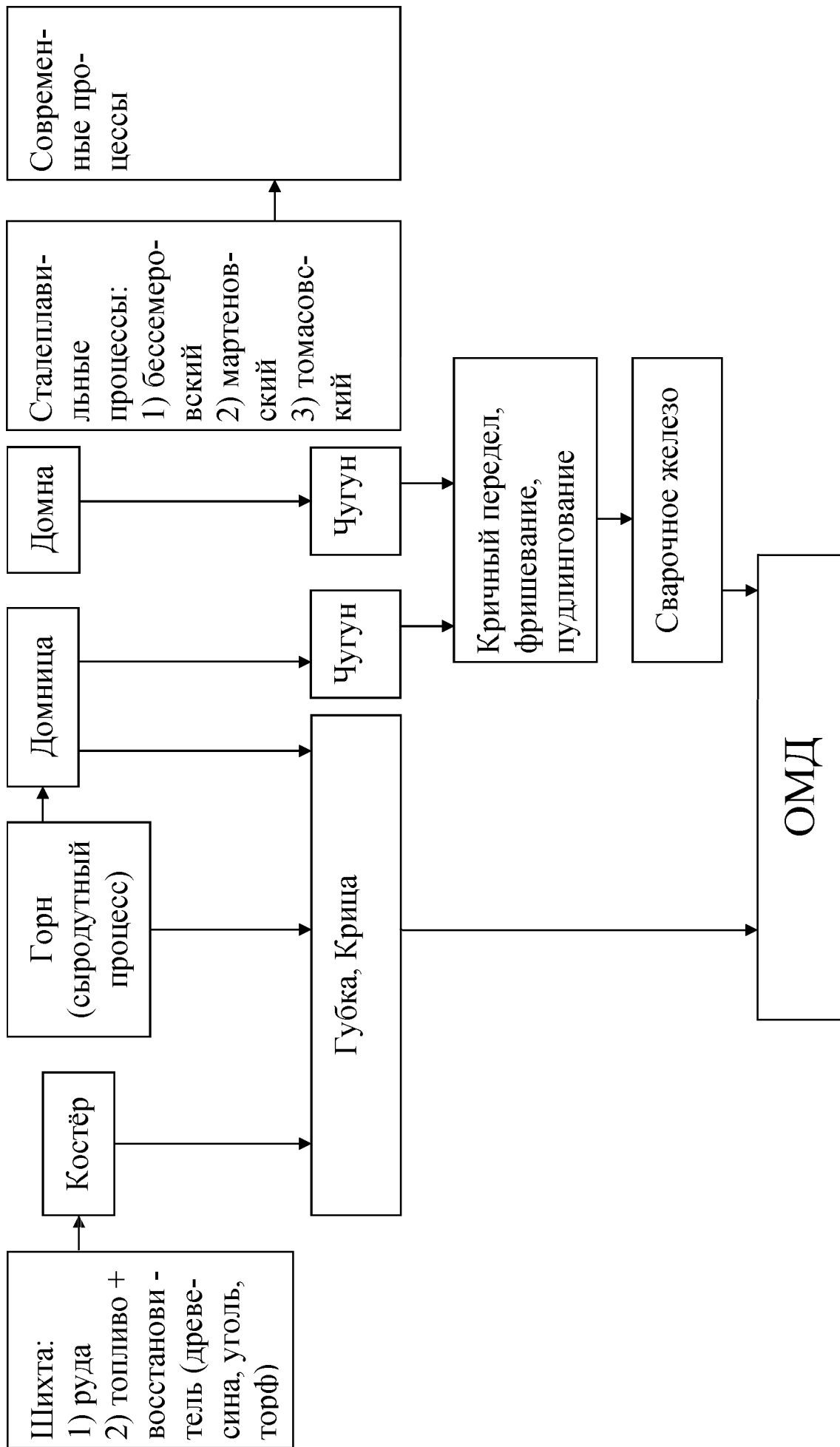


Рис.1. Основные этапы развития производства железа, чугуна и стали

5. Основные определения и термины металлообработки в машиностроении

5.1 Общие определения [1-3,6]

Машина (от фр. *Machine*) – устройство, выполняющее механические движения с целью преобразования энергии, материалов и информации. Различают машины:

- энергетические, преобразующие любой вид энергии в механическую;
- рабочие, г.о. технологические (ОМД, литьё, резание и др.);
- транспортные;
- информационные и др.

Машиностроение – комплекс отраслей металлообработки. Включает отрасли:

- общую;
- транспортную;
- радиоэлектронную;
- приборостроения;
- энергетическую и др.

Наука – сфера человеческой деятельности, направленная на накопление и систематизацию объективных знаний о действительности. Зародилась в Древнем мире (начало XVI века).

Технология – совокупность приёмов и способов обработки материалов (от греч. *Techne* – искусство, мастерство, умение).

Культура – возделывание, воспитание, образование, развитие, почитание (от лат. *Cultura*).

Нанотехнология – совокупность процессов, позволяющих создавать материалы, устройства и системы, функционирование которых определяется наноструктурой, т.е. фрагментами размером от 1 до 100нм (нанометр):

$$1\text{нм} = 10^{-9}\text{ м},$$

$$1\text{м} = 10^6\text{ микрон},$$

$$1\text{микрон} = 1000\text{нм}.$$

5.2 Металлы и сплавы

Алюминиевые сплавы – сплавы на основе алюминия с добавками Си, Mg, Zn, Si, Mn, Li, Cd, Zr, Cr и др. элементов.

Аморфный металл – металлический стеклопереохлажденный металл.

Армко-железо (ARMCO – сокращенное название фирмы American Rolling Mull Corporation) – технически чистое железо, содержащее 99,8 % Fe.

Баббит – (от имени американского изобретателя И.Баббита (I.Babbitt (1799-1862)) – общее название антифрикционных сплавов на основе Sn и Pb с добавками Sb, Cu и др. элементов.

Безоловянные бронзы – бронзы, не содержащие Sn и применяемые для литых полуфабрикатов и изделий.

Белый чугун (назван по виду излома, имеющего матово-белый цвет) - чугун, в котором весь углерод находится в форме цементита. Белый чугун при нормальной температуре состоит из цементита и перлита. Белый чугун обладает высокой твердостью и хрупкостью, практически не поддается обработке режущим инструментом; из него изготавливают детали, работающие в условиях сильного абразивного износа. Для увеличения износостойкости в состав белого чугуна вводят легирующие элементы, в основном Cr, V, Mn.

Бинарный сплав – сплав, состоящий из двух компонентов: двух металлов или металла и неметалла, в зависимости от состава и температуры бинарный сплав находится в различном агрегатном и фазовом состояниях.

Бронза (от итал. *bronzo*) – сплав на основе меди с различными химическими элементами, главным образом Sn, Al, Be, Pb, Cd, Cr и др. Соответственно бронзу называют оловянной бронзой, алюминиевой и т.п.

Губчатое железо, железная губка – пористый кусковой или пылевидный продукт, полученный из железной руды или ее концентратов восстановлением оксидов углеродом или CO.

Дуралюмин (от нем. *Duren* – город, где было начато промышленное производство сплава, и от алюминий), дюралюминий, дюраль – сплав Al с Cu (2,2-5,2 %), Mg (0,2-2,7 %) и Mn (0,2-1,0 %).

Железоуглеродистые сплавы – сплавы Fe с C на основе Fe. Варьируя состав и структуру, получают железоуглеродистые сплавы с разнообразными свойствами. Различают чистые железоуглеродистые сплавы для исследовательских целей (со следами примесей) и технические железоуглеродистые сплавы – стали и чугуны. Технические железоуглеродистые стали содержат примеси, которые разделяют на обыч-

ные (P, S, Mn, Si, H, N, O), легирующие (Cr, Ni, Mo, W, V, Ti, Co, Cu и др.) и модифицирующие (Mg, Ca и др.).

Кипящая сталь – низкоуглеродистая сталь, выпускаемая из печи слабоокисленной. При ее застывании в изложницах продолжается окисление содержащегося в ней углерода кислородом, растворенным в стали, что внешне выражается выделением пузырьков газа (кипение).

Композиционные материалы (от лат. *compositio* – сочетание) – материалы, образованные объемными сочетаниями химически различных компонентов с четкой границей раздела между ними. Характеризуются свойствами, которыми не обладает ни один из компонентов, взятый в отдельности. Композиционные материалы обычно разделяют на три основные группы: волокнистые, состоящие из волокон одного компонента, распределенных в другом компоненте – матрице; дисперсные, состоящие из частиц одного или более компонентов, распределенных в матрице и образующих механическую смесь; слоистые, состоящие из двух или более слоев различных компонентов (биметаллические).

Латунь (от нем. *latun*) – сплав меди с цинком.

Лигатуры (от лат. *ligo* – связываю, соединяю) – элементы, вводимые в сплав для изменения строения сплавов, придания им определенных физических, химических или механических свойств.

Легкие сплавы – конструкционные сплавы, обладающие малой плотностью (сплавы на основе Al, Mg, Ti, Ва) и более высокой удельной прочностью (отношение показателя прочности к плотности материала), чем, например, конструкционные материалы на основе Fe, Ni или Co.

Легкоплавкие сплавы – двойные или многокомпонентные сплавы, температура плавления которых не превышает температуру плавления олова (232 °С). В состав легких сплавов входят Sn, In, Pb, Cd, Zn, Sb, Nd и др. элементы.

Лигатура (от лат. *ligo* – связываю, соединяю) – вспомогательные сплавы, вводимые в жидкий металл для получения конструкционных сплавов и применяемые в том случае, когда введение в металл некоторых легирующих элементов в чистом виде затруднено.

Металлические порошки – совокупность частиц металла, сплава и металлического соединения размерами до 1 мм, находящихся во взаимном контакте и не связанных между собой.

Металлический сплав – сложное вещество, в состав которого входят несколько элементов металлов. В широком толковании металлические сплавы могут быть названы металлами.

Модификатор (от лат. *modifico* – имеющий форму) – вещество, малые дозы которого существенно изменяют структуру и свойства обработанного им металла или сплава. Эффект такой обработки называется модифицированием.

Пеноалюминий – алюминий или алюминиевый сплав, насыщенный водородом; плотность 230-750 % кг/м³. Используют пеноалюминий как конструкционный материал.

Передельный чугун – чушковый чугун, выплавляемый в доменных печах и предназначенный для дальнейшего передела в сталь или переплавки в чугунолитейных цехах при производстве отливок.

Серый чугун (название по виду излома, имеющего серый цвет) – чугун, в структуре которого имеются включения пластинчатого графита. По строению металлической основы серые чугуны делятся на перлитные, феррито-перлитные, ферритные.

Силумин (от лат. *silicium* – кремний и *aluminium* – алюминий) – общее название группы литейных сплавов на основе Al, содержащих 10-13 % Si, а также некоторых примесей (Fe, Mn, Ca, Ti, Cu, Zn).

Спеченные сплавы – сплавы, полученные из металлических порошков методами порошковой металлургии. Известны спеченные сплавы на основе Fe, Ni, Al (САП – спеченная алюминиевая пудра, САС – спеченный алюминиевый сплав), Cu и других элементов, характеризующихся повышенной жаропрочностью и жаростойкостью.

Сплавы – материалы, образующиеся в результате затвердевания расплавов, состоящих из двух или нескольких компонентов.

Сталь (от нем. *stahl*) – деформируемый ковкий сплав железа с углеродом (до 2 %) и другими элементами. Сталь получают главным образом из чугуна, выплавляемого в доменных печах со стальным ломом.

Твердые сплавы – металлические материалы с высокими твердостью, режущей способностью и другими свойствами, сохраняющимися при нагревании до высоких температур. Применяют при изготовлении режущего и измерительного инструмента. Различают литые и металлокерамические твердые сплавы; последние получают методами порошковой металлургии из карбидов металлов, связанных пластичным металлом – связкой (например, сплавы ВК(WC + Co) и TiK(WC + TiC + Co)).

Ферросплавы – сплавы железа с другими элементами, применяемые для раскисления и легирования железоуглеродистых сплавов.

Чугун (тюрк.) – сплав железа с углеродом (С обычно более 2 % массовой доли), содержащий также постоянные примеси (Si, PbS), а иногда и легирующие элементы. Чугун – важнейший первичный продукт черной металлургии, используемый для передела при производстве стали и как компонент шихты (чушковый чугун) при вторичной переплавке в чугунолитейном производстве.

5.3 Установки, печи, агрегаты

Вагранка (по В.И.Далю также вагранка; варганить – шуметь, работать, кипеть) – шахтная печь для плавки чугуна в литейных цехах.

Вакуумная плавка – плавка металлов и сплавов под пониженным остаточным давлением, чаще всего 100-0,1 МПа.

Ванная печь – 1) печь (электрическая или пламенная) для нагрева металлических изделий в жидкой среде (например, в расплавленной соли); 2) плавильная печь (главным образом пламенная), рабочее пространство которой вытянуто в горизонтальном направлении и имеет вид ванны (например, двухванная печь, мартеновская печь, отражательная печь).

Двухванная печь – сталеплавильный агрегат, в котором поочередно теплота отходящих газов, образующихся в одной из ванн при продувке расплавленного металла кислородом, используется для нагрева холодной шихты в другой ванне.

Доменная печь, домна – шахтная печь для выплавки чугуна из железной руды.

Дуговая печь – промышленная печь, в которой теплота электрической дуги используется для плавки чугуна из железной руды.

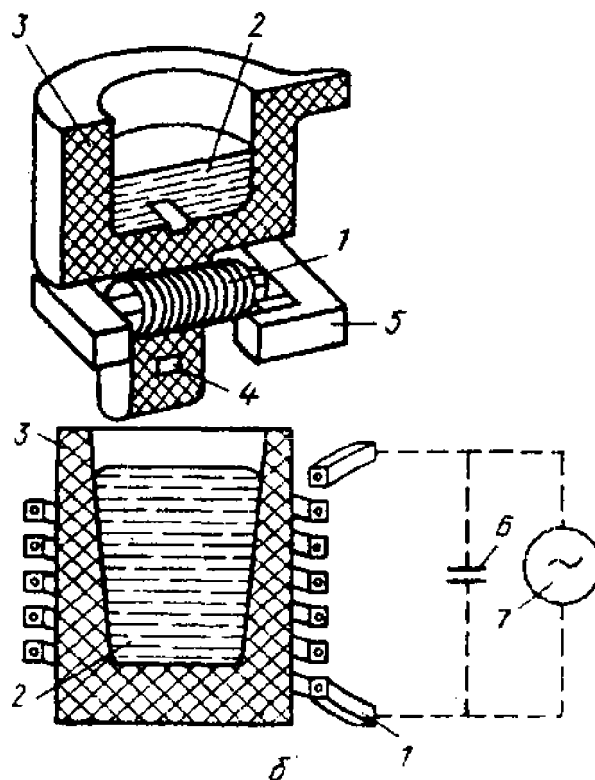


Рис. 2. Канальная (а) и тигельная (б) индукционные печи:

- 1 – индуктор; 2 – расплавленный металл; 3 – тигель; 4 – подовый камень с каналом; 5 – магнитный сердечник; 6 – конденсатор; 7 – генератор

Индукционная плавильная электропечь – печь, в которой металл находится в переменном электромагнитном поле, в результате чего в металле индуцируется нагревающий его электрический ток (рис. 2).

Канальная индукционная электропечь – и н д у к ц и о н н а я плавильная электропечь, в которой плавка металла осуществляется в плавильном канале. Расплавленный металл в канале является вторичным витком трансформатора – индуктора (рис. 2).

Конвейерная печь – печь, снабженная внутренним конвейером (ленточным, люлечным, цепным и др.), перемещающим изделия в процессе их нагрева от загрузочного отверстия печи к разгрузочному.

Мартеновская печь (от имени французского металлурга П.Мартена (P.Marten; 1824-1915)) – пламенная регенеративная печь для производства стали из чугуна и стального лома.

Муфель (нем. *muffel*) – камера или колпак из огнеупорного материала или жаростойкой стали.

Отражательная печь – пламенная плавильная печь, в которой тепло передается нагреваемому материалу непосредственно от раскаленных продуктов сгорания топлива, а также излучением от нагретой огнеупорной кладки (например, мартеновская печь).

Очаговая печь – металлургическая печь периодического действия для проведения плавки металлов и сплавов методом металлотермии.

Плавка – процесс переработки исходных шихтовых материалов (нагревание, проведение химических реакций, введение добавок и т.д.) в плавильных печах с получением конечного продукта в жидком виде.

Плазменно-дуговая печь – электрическая печь, в которой нагрев и плавление осуществляются с помощью плазменной дуги.

Пламенная печь – промышленная печь, в которой нагрев или плавление материала происходят при непосредственном сжигании топлива. Термопередача от газообразных продуктов сгорания осуществляется излучением и конвекцией, а также излучением от раскаленной внутренней поверхности огнеупорной кладки.

Раздаточная печь – промышленная печь для подогрева расплавленного металла (обычно цветного) и поддержания его температуры в требуемых пределах.

Тигельная печь – промышленная печь для плавления или нагрева материалов в тигелях.

Футеровка (от нем. *futter* – подкладка) – защитная внутренняя облицовка (из кирпичей, плит, блоков, а также набивная футеровка и др.) тепловых агрегатов, печей, топков, труб, емкостей и т.д. Различают

футеровки огнеупорные (шамотные, динасовые, магнезитовые, доломитовые и др.), химически стойкие и теплоизоляционные.

Шахтная печь – печь с шахтой, в которую сверху загружают обрабатываемый продукт, выдвигается – снизу.

Электрическая печь – плавильная или нагревательная печь, в которой используется тепловой эффект электрических явлений. Электрические печи разделяются на дуговые печи, электрические печи сопротивления, электронно-лучевые печи, печи электрошлакового переплава и др.

Электрическая печь сопротивления – печь, в которой используется теплота, выделяющаяся при прохождении электрического тока через проводники с активным электрическим сопротивлением.

5.4 Способы получения металлов и сплавов

Алюминотермия (от алюминий и греч. *therme* – тепло, жар) – процессы, основанные на восстановлении порошкообразным алюминием кислородных соединений металлов.

Аффинаж (от франц. *affiner* – очищать) – металлургический процесс получения благородных металлов высокой чистоты путем отделения от них примесей.

Бессемеровский процесс (от имени англ. изобретателя Г. Бессемера (H. Bessemer)), бессемерование чугуна – сталеплавильный процесс, разновидность конвертерного процесса.

Восстановительный процесс – физико-химический процесс получения металлов из их оксидов отщеплением и связыванием кислорода восстановителем — веществом, способным соединиться с кислородом. Типичным восстановительным процессом является доменный процесс, в котором железо восстанавливается из руд главным образом углеродом или его оксидом.

Десульфурация (от де...и лат. *sulphur* – сера), обессеривание – физико-химические процессы, способствующие удалению серы (S) из расплавленного металла (например, чугуна, стали).

Дефосфорация (обесфосфоривание) – физико-химические процессы, способствующие удалению фосфора из чугуна и стали по ходу плавки. Дефосфорация обычно достигается окислением P до P_2O_5 , который связывается в шлаки в тетракальциевый фосфат $4CaO \cdot P_2O_5$.

Кислородно-конвертерный процесс – конвертерный процесс, заключающийся в продувке жидкого чугуна технически чистым (более 95,5%) кислородом (рис.3).

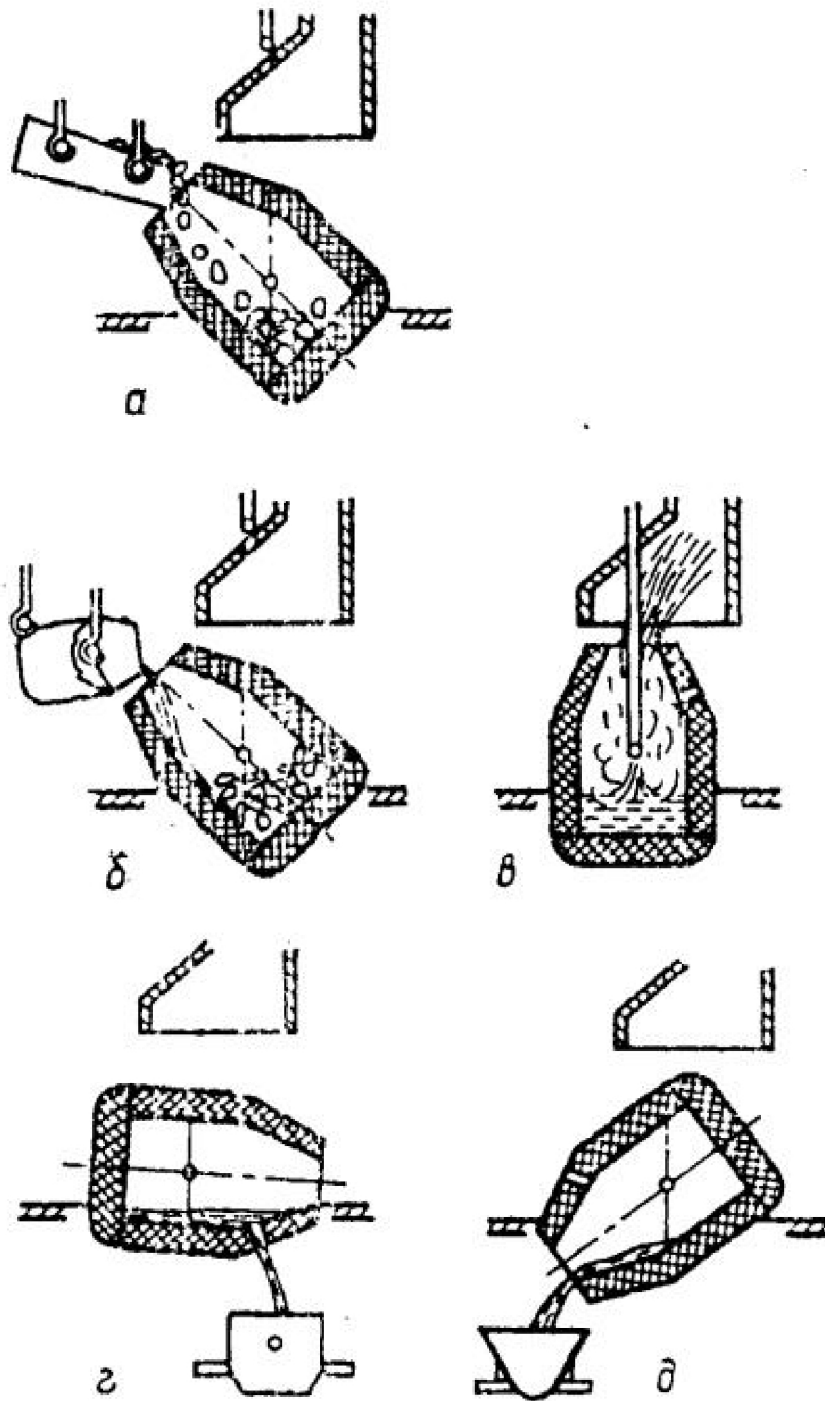


Рис. 3. Схема кислородно-конвертерного процесса:
 а – загрузка металлолома; б – заливка чугуна;
 в – продувка чугуна; г – выпуск стали; д – слив шлака

Конвертерный процесс — передел жидкого чугуна в сталь продувочной его в конвертере газами, содержащими кислород, либо технически чистым O_2 . В результате окисления примесей чугуна (C, Si, Mn, P) выделяется теплота в количестве, достаточном для поддержания металла в жидком состоянии в течение всего процесса без поступления теплоты из других источников. К конвертерному процессу относятся кислородно-конвертерный процесс, бессемеровский процесс, томасовский процесс.

Кристаллизация – образование кристаллов из паров, растворов, расплавов, веществ, находящихся в твердом состоянии (аморфном или других кристаллических), кристаллизация лежит в основе металлургических и литейных процессов.

Легирование (от лат. *ligo* – связываю, соединяю) – введение в состав металлических сплавов т.н. легирующих элементов для изменения строения сплавов, придания определенных физических, химических или механических свойств.

Металлизация – 1) покрытие изделий из различных материалов тонким слоем металла, распылением его в расплавленном виде специальными аппаратами (с помощью сжатого воздуха). Проводят в декоративных целях для исправления пороков поверхности отливок, повышения их износостойкости или коррозионной стойкости; 2) дефект (пригар).

Металлотермия (от металл и греч. *therme* – тепло, жар) – отрасль металлургии, использующая процессы восстановления металлов из оксидов и других соединений более активными металлами с выделением большого количества теплоты.

Металлургия (от греч. *metallurgeo* – обрабатываю металлы, добываю руду) – область науки и техники, а также отрасль промышленности, охватывающие процессы получения металлов из руд или других металлов, а также процессы, при которых металлическим сплавам путем изменения их химического состава и строения (структуры) сообщаются свойства, соответствующие назначению.

Монокристалл (от греч. *monos* – один и кристалл) – единичный кристалл. Монокристалл выращивают искусственно из расплавов, растворов и парообразной фазы. Направленной кристаллизацией получают монокристаллические отливки, например лопатки турбин.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез, (СВС) – разновидность самопроизвольного бескислородного горения подоб-

ранних компонентов смеси с образованием продуктов горения, содержащих, как правило, металлические фазы (твердые растворы элементов в металлах, карбиды, нитриды, бориды и др.)

Томасовский процесс (от имени англ. металлурга С.Дж. Томаса (S.G. Thomos; 1850-85)) – сталеплавильный процесс, разновидность конвертерного процесса. В отличие от бессемеровского процесса осуществляется путем донной продувки жидкого чугуна воздухом в конвертере с основной футеровкой (большей частью доломитовой), допускающей плавку под основными известковистыми шлаками.

Триплекс-процесс (от лат. *Triplex* – тройной) – металлургический процесс расплавления и подготовки металла, проводимый последовательно в трех агрегатах, между которыми отдельные операции распределяются с учетом наиболее эффективного использования технико-экономических преимуществ каждого из этих агрегатов. Пример триплекс-процесса: "варганка-дуговая печь – индукционная вакуумная печь".

Напыление – нанесение покрытий с особыми свойствами (декоративных, защитных, износостойких и др.) распылением жидкого или измельченного твердого вещества струей сжатого воздуха.

Плавка – процесс переработки исходных шихтовых материалов (нагрев до температуры плавления, проведение химических реакций, введение добавок и т.п.).

Пирометаллургия (от греч. *pyr* – огонь и металлургия) – совокупность процессов получения и очистки металлов и сплавов, протекающих при высокой температуре. П. – это основная область металлургии. Примеры пирометаллургии: доменная, мартеновская, ваграночная плавки, плавка в конвертерах, дуговых и индукционных печах.

Порошковая металлургия – область науки и техники, охватывающая производство металлических порошков, а также изделий из них или их смесей с неметаллическими порошками.

Электролиз (от электро и греч. *lysis* – разложение) – химические процессы, протекающие в электролите при прохождении через него постоянного электрического тока.

Электрометаллургия – область металлургической науки и техники, охватывающая такие процессы, как извлечение металлов из руд и концентратов, плавка и рафинирование металлов, а также их нагрев и придание им соответствующей структуры при помощи электрического тока.

5.5 Литейное производство

Изложница – 1) металлическая форма, заполняемая жидким металлом, в которой он затвердевает в слиток, для последующейковки или прокатки; 2) металлическая литейная форма (в центробежном литье), в которой залитый жидкий металл затвердевает в изделие под воздействием центробежных сил.

Кокиль (франц. *coquille*; букв. – раковина, скорлупа) – металлическая многократно используемая форма с естественным или принудительным охлаждением, заполняемая расплавленным металлом под действием гравитационных сил.

Литниковая система (рис. 4) – система каналов и элементов литейной формы для подвода расплавленного металла в полость формы, обеспечения ее заполнения и питания отливки при затвердевании.

Литниковая чаша – элемент литниковой системы для приемки расплавленного металла и подачи его в форму.

Стояк – элемент литниковой системы в виде вертикального или наклонного канала для подачи расплавленного металла из литниковой чаши к другим элементам системы или непосредственно в рабочую полость формы.

Шлакоуловитель – элемент литниковой системы для задержания шлака и засора и подачи расплавленного металла из стояка к питателям.

Питатель – элемент литниковой системы для подвода расплавленного металла в полость литейной формы.

Выпор – элемент литниковой системы для вывода газов из формы, контроля заполнения формы расплавленным металлом и питания отливки при ее затвердевании.

Прибыль – элемент литниковой системы для питания отливок в период затвердевания с целью предупреждения образования усадочных раковин.

Горизонтальная литниковая система – литниковая система с питателями, расположенными в горизонтальной плоскости разъема формы.

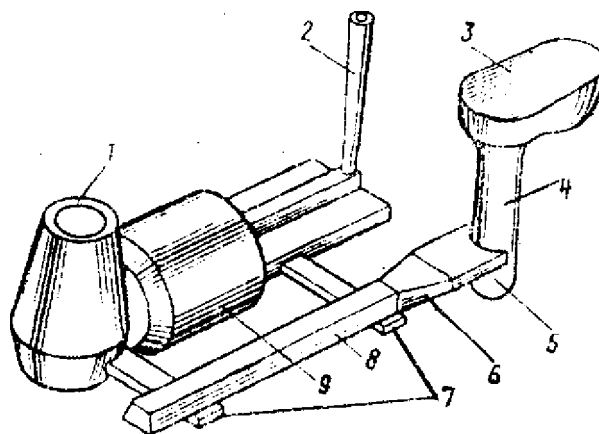


Рис. 4. Литниковая система:
1 – прибыль; 2 – выпор;
3 – литниковая чаша; 4 – стояк;
5 – зумпф; 6 – литниковый дроссель;
7 – питатели; 8 – шлакоуловитель;
9 – отливка

Вертикальная литниковая система — обеспечивает подачу расплавленного металла в полость литейной формы сверху.

Дождевая литниковая система — вертикальная верхняя литниковая система, в которой подвод расплавленного металла осуществляется несколькими питателями.

Сифонная литниковая система — горизонтальная или вертикальная литниковая система, обеспечивающая подачу расплавленного металла в полость литейной формы снизу.

Литниковая система по разъему — литниковая система с подводом металла по плоскости разъема.

Ярусная литниковая система — вертикальная литниковая система, обеспечивающая подачу расплавленного металла в полость литейной формы на нескольких уровнях.

Литье — процесс получения изделий (отливок) из различных материалов (металлов, горных пород и др.).

Литье в песчаные формы — процесс получения отливок путем свободной заливки расплавленного металла в песчаные формы.

Литье в оболочковые формы — процесс получения отливок путем свободной заливки расплавленного металла в оболочковые формы из термореактивных смесей.

Литье по выплавленным моделям — процесс получения отливок путем свободной заливки расплавленного металла в формы, изготовленные по выплавленным моделям.

Литье в кокиль — процесс получения отливок путем свободной заливки расплавленного металла в металлические формы — кокили.

Литье под давлением — процесс получения отливок в металлических формах, при котором заливка в форму и формирование отливки осуществляются под давлением.

Центробежное литье — процесс получения отливок путем свободной заливки во вращающиеся формы, при котором формирование отливки осуществляется под действием центробежных сил.

Модельный комплект — комплект форм, приспособлений, необходимый для образования при формовке рабочей полости литейной формы; в комплекте содержатся: модель, стержневые ящики, модели литниковой системы, форм, контрольные и сборочные шаблоны для конкретной отливки.

Непрерывная разливка металла — разливка металла непосредственно из печи или ковша (через промежуточное устройство) в водоохлаж-

даемый кристаллизатор, из которого затвердевшая заготовка непрерывно вытягивается через отверстие в противоположном торце.

Оболочковая форма – разовая тонкостенная форма из химически твердеющих литейных смесей, которая перед заливкой может дополнительно упрочняться засыпчными материалами или другими способами.

Опока литейная – приспособление для удержания формовочной смеси при изготовлении литейной формы, транспортировании ее и при заливке жидким металлом.

Отливка – заготовка или деталь, получаемая заливкой расплавленного металла, минерала, шлака, стекла, пластмассы и т.д. в литейную форму.

Слиток – металл, затвердевший при остывании в изложнице; чаще всего имеет форму усеченной пирамиды, призмы (квадратной, прямоугольной или многогранной), цилиндра или конуса. Слиток – полуфабрикат для дальнейшей переработки.

Стержень литейный – элемент литейной формы для образования отверстия, полости или иного сложного контура в отливке.

Стержневой ящик – формообразующее изделие, имеющее рабочую полость для получения в ней стержня нужных размеров и очертаний из стержневой смеси.

Стояк – элемент литниковой системы в виде вертикального или наклонного канала для подачи расплавленного металла из литниковой чаши к другим элементам системы или непосредственно в рабочую полость формы.

Литейная форма – система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом формируется отливка.

Разовая форма – литейная форма, применяемая для заливки расплавленным металлом один раз и разрушаемая при извлечении отливки.

Множественная форма – литейная форма, применяемая для заливки расплавленным металлом более одного раза.

Сырая форма – разовая литейная форма, не подвергаемая перед сборкой и заливкой дополнительному упрочнению сушкой.

Сухая форма – разовая литейная форма, подвергаемая с целью дополнительного упрочнения сушке, при которой происходит удаление влаги.

Подсушенная форма – разовая литейная форма, рабочая поверхность которой дополнительно упрочняется на определенную глубину различными способами сушки.

Песчаная форма – разовая литейная форма, изготовленная из песчано-глинистой формовочной смеси с различными связующими добавками путем уплотнения.

Оболочковая форма из термореактивных смесей – оболочковая форма, изготовленная из специальной смеси с термореактивными связующими материалами формовкой по горячей модельной оснастке.

Форма по выплавленным моделям – оболочковая форма, изготавливаемая из специальной огнеупорной смеси по разовым моделям, которые после изготовления формы выплавляются, выжигаются или растворяются.

Керамическая форма – разовая химическая твердеющая литейная форма, изготовленная из специальной жидкоподвижной огнеупорной смеси способом наливки формовки с последующим прокаливанием.

Формовка – процесс изготовления литейных форм и стержней из формовочной и стержневой смеси. Формовочные процессы классифицируют: по способу изготовления – на формовку уплотнением смеси, формовку по CO_2 – процессу, вакуумно-пленочную формовку; по используемой модельной оснастке – на формовку по модели, формовку по шаблону, по наличию опок – на опочную формовку, безопочную формовку, формовку в съемных опоках, формовку в почве, формовку в стержнях; по подготовке форм к заливке – на стопорную формовку и этажную формовку.

Формовка уплотнением смеси – формовка, при которой формовочная смесь уплотняется при приложении определенной работы.

Формовка по горячей модельной оснастке – формовка, при которой смесь наносится на горячую модельную оснастку и отверждается.

Формовка по выплаваемым моделям – формовка, при которой форма образуется многократным погружением разовой модели в огнеупорную смесь с последующей обсыпкой и отверждением.

Наливная формовка – формовка, при которой используются жидкоподвижные самотвердеющие формовочные и стержневые смеси.

Формовка по модели – формовка, при которой рабочая полость формы образуется по литейной модели.

Формовка по шаблону – формовка, при которой рабочая полость формы образуется снятием избыточной формовочной смеси по поверхности определенной рабочей частью шаблона.

Опочная формовка – формовка в двух и более опоках.

Формовка в съемных опоках – формовка в специальных съемных опоках, удаленных после изготовления формы.

Формовка в почве – формовка в формовочных ямах и в литейных кессонах.

Формовка в стержнях – формовка, при которой форма собирается целиком из стержней, образующих как внешние, так и внутренние очертания отливки.

Формовка по сырому – формовка, при которой сушке могут подвергаться только стержни.

Формовка по сухому – формовка, при которой все части формы или значительная часть их подвергается сушке.

Чушка – небольшой слиток металла (чугуна, цветных металлов, ферросплавов) в виде бруска, отливаемого в горизонтальном положении в открытую сверху форму (изложницы).

Электрошлаковое литье (ЭШЛ) – способ литья, при котором жидкий металл получают методом электрошлакового переплава, транспортируется (без доступа воздуха) в металлический кристаллизатор, являющийся литейной формой.

5.6 Металлография, термическая обработка

Азотирование, азотизация, нитрирование – диффузионное насыщение азотом поверхностного слоя стальных изделий (при 500 - 650°C; на глубину 0,2-0,8 мм).

Алитирование (от нем. *alutieren*, от Al – алюминий) – диффузионное насыщение алюминием поверхности металлических изделий (из стали, чугуна и жаропрочных сплавов на Ni или Co основе).

Аллотропия (от греч. *alios* – другой и *tropos* – поворот, образ) ~ существование одного и того же хим. элемента в виде двух или нескольких простых веществ, форм или модификаций.

Аустенит (от им. англ. металлурга У. Робертса - Остена (*W/ Roberts – Austen*)) – фаза железоуглеродистых сплавов (тв. р-р углерода (до 2%) и легирующих элементов в γ -железе j (рис. 5).

Бейнит (от им. американского металлурга Э. Бейна, У. Вайт) игольчатый троостит – структура железоуглеродистых сплавов, образующаяся при термической обработке в результате промежуточного превращения аустенита (рис. 6).

Вторичный цементит – цементит, выделяющийся из аустенита при охлаждении заэвтектонидных сталей и доэвтектических чугунов

(0,8 - 4,3 ° С) ниже температур, соответствующих линии SEC диаграммы состояния "Железо – углерод".

Гомогенизация – придание однородности р-рам, эмульсиям, смесям. В металлургии Г. – создание однородной гомогенной структуры в сплавах путем термической обработки, т.н. диффузионным или гомогенизирующим отжигом.

Графитизирующий отжиг, томление – одна из основных технологических операций процесса получения ковкого чугуна из белого специальной термической обработкой.

Дендрит (от греч. *dendron* – дерево) – кристалл древовидной, ветвистой формы, характерной для металлов и сплавов (рис.7).

Диаграмма состояния, диаграмма равновесия, фазовая диаграмма – графическое изображение соотношений между параметрами состояния физ.-хим. системы (температурой, давлением и др.) и ее составом.

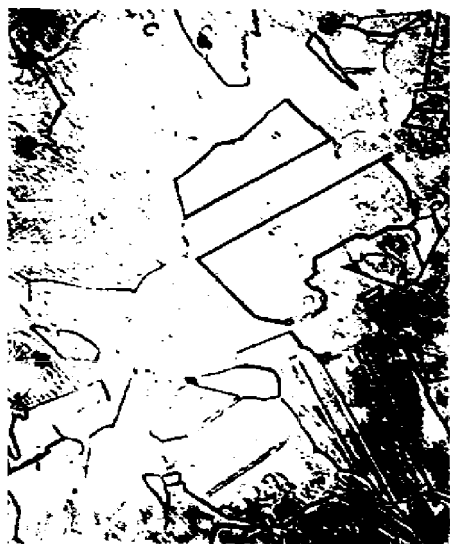


Рис. 5. Аустенит, х 500 – твердый раствор углерода в γ – железе: кристаллическая решетка г. ц. к; способен растворять до 2,14 % С; при 727°С распадается на ферритоцементитную смесь

Дисперсионное твердение – процесс выделения упрочняющих фаз в дисперсионной форме из пересыщенного закаленного, твердого раствора металла, происходящий при старении металлов.

Доэвтектические сплавы – сплавы, кристаллизация которых начинается с выделением кристаллов А, а затем эвтектики (А + В).

Закалка – вид термической обработки металлов (нагрев и быстрое охлаждение), после которой металл находится в т.н. неравновесном структурном состоянии.

Заэвтектические сплавы – сплавы, кристаллизация которых начинается с выделением кристаллов В, а затем эвтектики (А + В).

Зернистый перлит – эвтектоидная смесь феррита и цементита (в легированных сталях – карбидов), в которой цементит и карбиды имеют форму округлых зерен (или глобулей) и расположены на фоне зерен феррита.

Изотермический отжиг – вид отжига металлов (стали и чугуна), заключающийся в нагреве металла до аустенитного состояния (см. аустенит), выдержке при этой температуре, охлаждении примерно до 600-700 °С, новой выдержке до окончания распада аустенита, а затем охлаждении до нормальной температуры.

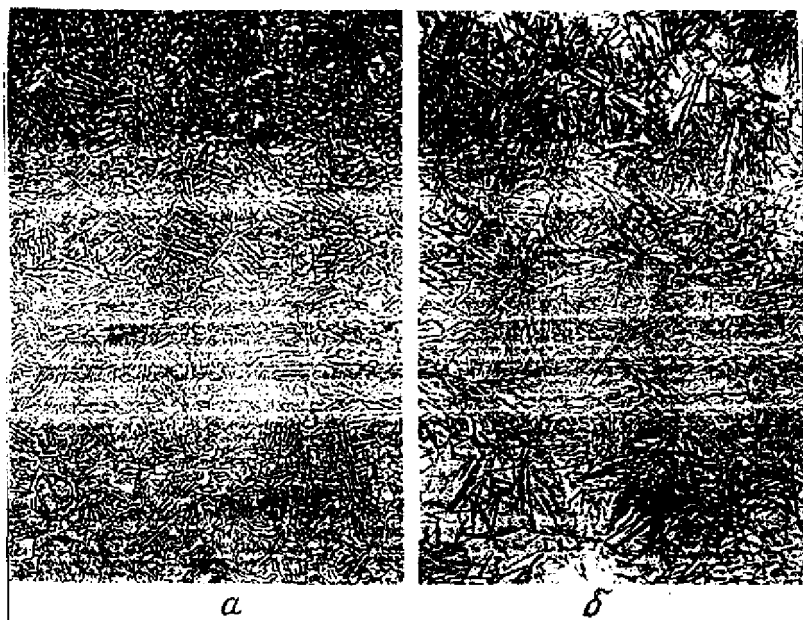


Рис. 6. Бейнит, х 1000: а — верхний (перистый); б - нижний (игольчатый)

Интерметаллид, интерметаллическое соединение – химическое соединение металла с металлом, напр. CuAl_2 , VgZn_2 , Al_2CuMg .

Карбиды – соединение углерода с металлом и некоторыми неметаллами.

Ковкий чугун (ковкий – назв., характеризующее большую пластичность ковкого чугуна по сравнению с серым чугуном) – чугун с хлопьевидным графитом, получившимся в результате специального графитизирующего или обезуглероживающего отжига.

Кристаллит – монокристалл неправильной формы, не имеющий характерной кристаллической огранки.

Кристаллическая решетка – присущее твердым кристаллическим телам расположение атомов, ионов, молекул, характеризующееся период. повторяемостью в пространстве.

Кристаллы (от греч. *kristallos*; букв. назв. – горный хрусталь) – тв. тела, имеющие упорядоченное взаимное расположение образующих их частиц, атомов, ионов, молекул, образующих т.н. кристаллическую решетку.



а

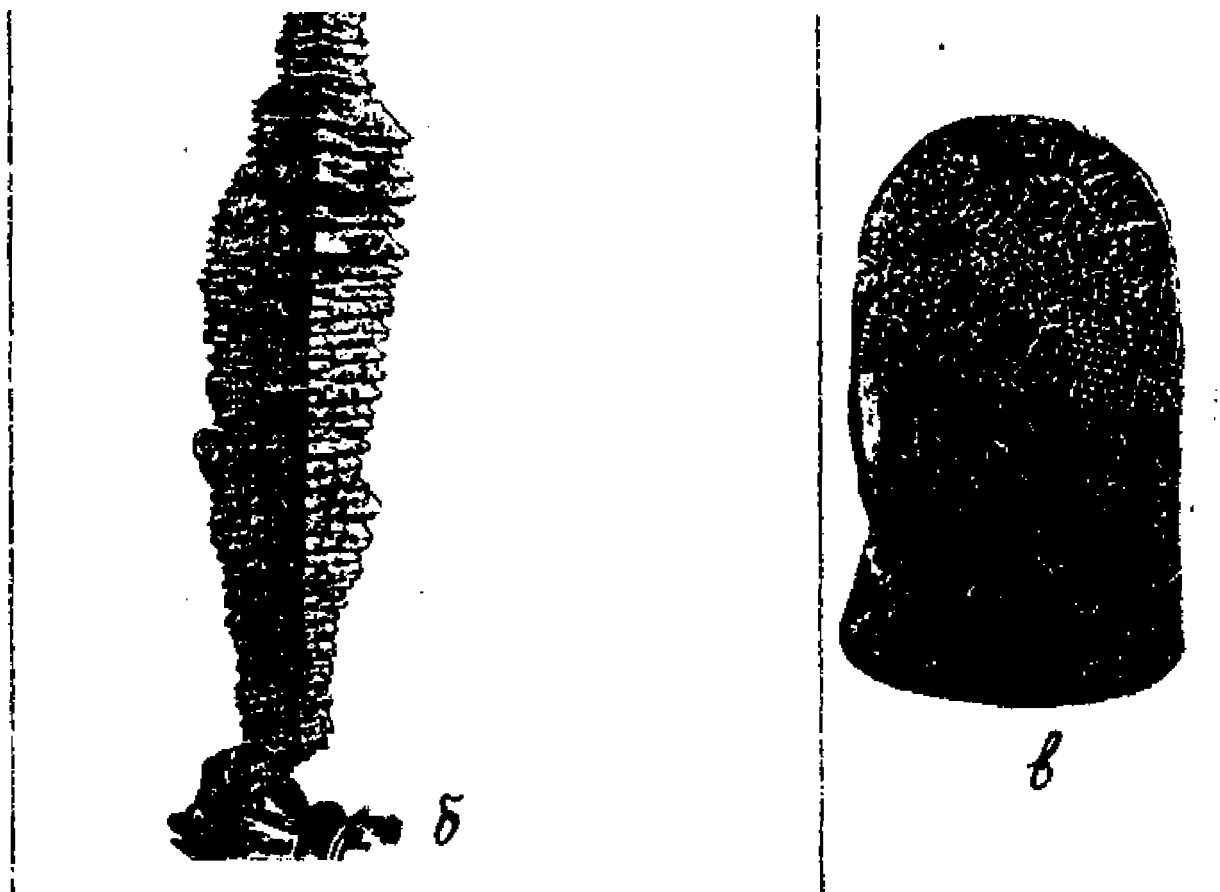


Рис. 7. Дендриты: а – схема роста по Д.К. Чернову; б – дендрит Д.К. Чернова; в – дендриты в стали

Критическая точка – точка на диаграмме состояния, соответствующая состоянию, в котором две сосуществующие фазы качественно подобны и находятся в равновесии.

Ледебурит (от им. 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 при температуре ниже 1145°C (для чистых сплавов Fe - C ниже 727°C аустенит превращается в феррито-цементитную смесь) (рис.8).

Ликвация (от лат – *liquato* – разжижение, плавление), сегрегация (от лат. *segregatio* – отделение)

1) неоднородность хим. состава сплавов, возникающих при их кристаллизации. Л. обусловлена тем, что сплавы, в отличие от чистых металлов, кристаллизуются не при одной температуре, а в интервале температур. При этом состав кристаллов, образующихся в начале затвердения, может существенно отличаться от состава последних капель кристаллизующегося маточного раствора. Чем шире температурный интервал кристаллизации сплава, тем сильнее развивается Л., причем наибольшую склонность к ней проявляют те компоненты сплава, которые наиболее сильно влияют на ширину интервала кристаллизации (для стали S, O₂, P, C). Различают дендритную Л., которая проявляется в микрообъемах сплава, близких к размеру зерен, и зональную Л., наблюдаемую во всем объеме отливки;

2) металлургический процесс разделения металлов, основан на расслоении расплава вследствие разницы плотности его компонентов;



Рис. 8. Ледебурит, х 500-эвтектическая смесь, состоящая из округлых темных включений перлита на светлой основе цементита; содержит 4,3 % С; образуется при $t147^{\circ}\text{C}$ из жидкости

3) дефект в виде местных скоплений хим. элементов или соединений в теле отливки, возникающих в результате избирательной кристаллизации при затвердении.

Ликвидус (от лат. *liquidus* – жидкий, расплавл.) – температура начала равновесной кристаллизации растворов или сплавов.

Мартенсит (от им. немец. металловеда А. Мартенса (*A. Martens*, 1850–1914)) – микроструктура игольчатого вида, наблюдаемая в некоторых закаленных металлических сплавах и чистых металлах, которым свойственны полиморфные превращения (рис.9).

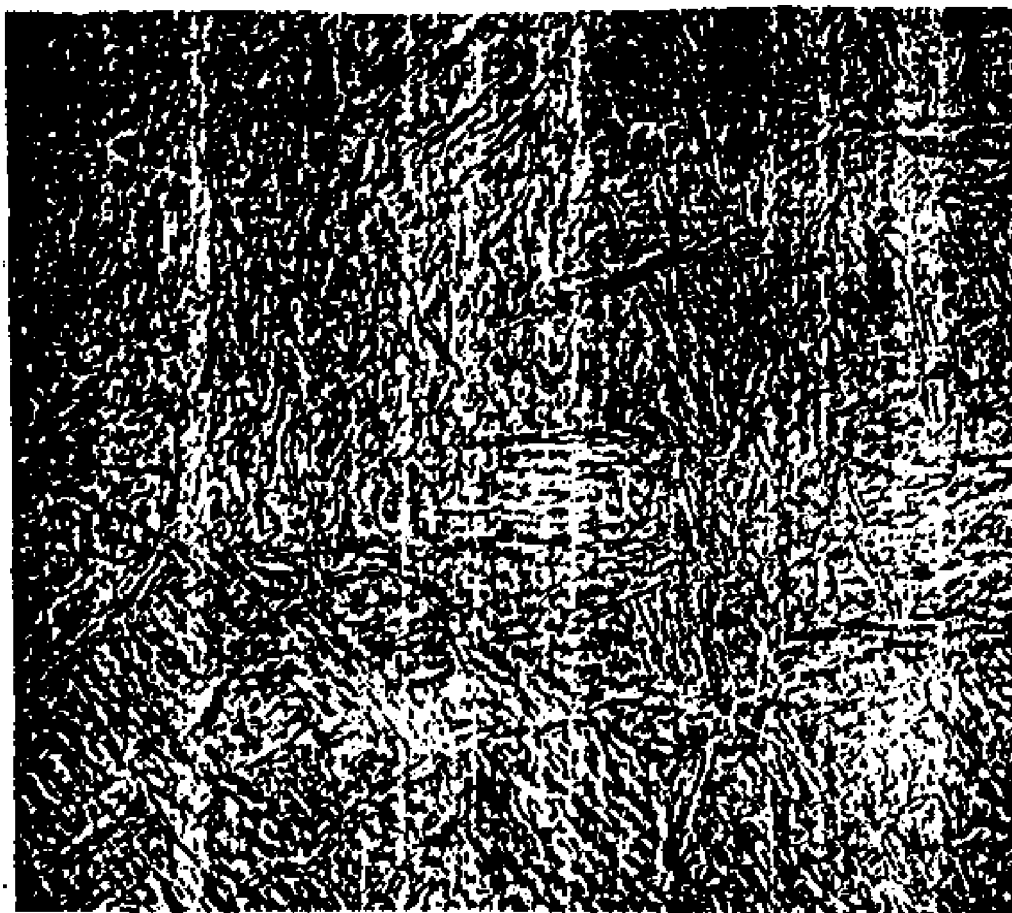


Рис. 9. Мартенсит, х 1000; светлая игольчатая структура

Металлография (от металл и греч. *grapho* – пишу) – раздел металлостроения, в котором изучают изменения структуры в связи с изменением химического состава и условий обработки металлов и сплавов.

Механическая смесь (в металлостроении) – строение сплавов из двух компонентов, которые не способны к взаимному растворению в твердом состоянии и не вступают в химическую реакцию с образованием соединений (рис.10, а).

Нитроцементация – химико-термическая обработка стали или чугуна, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхности металла азотом и углеродом из газовой среды при температуре 500 – 700°С (низкотемпературная Н.), 840 – 930°С (высокотемпературная Н.). Диффузионный слой (0,25 – 1,5 мм) сходен с цианированием стали.

Нормализация – термин, обработка стали, заключающаяся в ее нагреве (примерно до 750 – 950 ° С), выдержке и последующем охлаждении на воздухе. Н. проводят для повышения механических свойств стали.

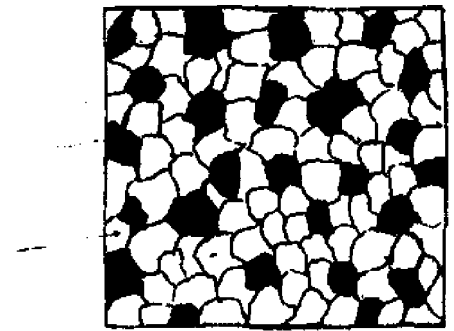
Обжиг – нагрев и выдержка при высокой температуре различных, главным образом неметаллических материалов, с целью придания им необходимых свойств (например, твердости или прочности), а также удаления примесей.

Отбел, отбеливание чугуна – образование структуры белого чугуна (цементита) в отливках из серого чугуна, обычно в их тонких сечениях или на поверхности отливки, соприкасающейся со стенкой формы.

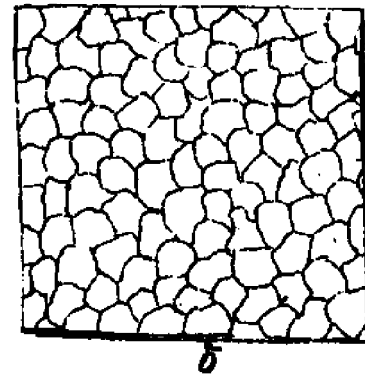
Отжиг – вид термической обработки, заключается в нагреве металла или сплава, структура которого находится в неустойчивом состоянии в результате предшествующих обработок, выдержке при температуре нагрева и последующем медленном охлаждении для получения структур, близких к равновесному состоянию. Отжиг металла проводят для улучшения обрабатываемости, повышения пластичности, уменьшения остаточных напряжений.

Отпуск – термическая обработка сплавов, осуществляемая после закалки и представляющая собой нагрев до некоторой температуры с последующим охлаждением. Термин "О" применим главным образом к термообработке стали; О. цветных сплавов называется *старением*.

Первичный цементит – цементит, выделяющийся из жидкого железоуглеродистого сплава (кристаллизация заэвтектических чугунов при температурах, соответствующих линии CD диаграммы состояния "железо – углерод").



a



б

Рис. 10. Схемы микроструктуры сплавов типа механической смеси (а) и типа твердого раствора (б)

Пережог – неисправимый дефект металлических изделий, образующийся при высоком нагреве (близком к температуре плавления) в окислительной среде. Характеризуется появлением на границах зерен оксидных включений или оболочек, сильно снижающих прочность и пластичность металла.

Перлит (от франц. *perle* – жемчуг) – одна из структурных составляющих железоуглеродистых сплавов сталей и чугунов, представляет собой эвтектоидную смесь двух фаз – феррита и цементита (в легированных сталях – карбидов). Перлит – продукт эвтектоидного распада аустенита при медленном охлаждении Fe – C – сплавов ниже 723°C , у железа переходит в α - железо, в котором около 0,02%С, избыточный С выделяется в форме цементита или карбидов. В зависимости от формы различают пластинчатый и зернистый перлит.



Рис. 11. Перлит, $\times 500$ – эвтектоидная смесь, состоящая из пластинок феррита и цементита; содержит постоянное количество углерода 0,8%; образуется из аустенита при 727°C

Пластинчатый графит – структурная составляющая серого чугуна, его отличительная особенность состоит из углерода.

Пластинчатый перлит – эвтектоидная смесь феррита и цементита (в легированных сталях – феррита и карбидов); обе фазы имеют форму пластинок.

Рекристаллизация металла (от ре...и кристаллизация) – образование и рост одних кристаллических зерен за счет соседних зерен той же фазы. Образование и рост зерен с более совершенной структурой за счет исходных деформирований зерен с менее совершенной структурой называется первичной рекристаллизацией металла, протекающей при отжиге после холодной деформации, и прокатке, прессовании и т.д. при горячей деформации. В результате рекристаллизации металла снижаются прочность и твердость

металла и увеличивается его пластичность.

Сингулярная точка – точка, соответствующая на диаграмме состоянию химического соединения с максимальными или минимальными значениями "концентрация – свойства" (в данном случае – перелом кривой).

С-кривая – краткое название диаграммы изотермического (проходящего во времени при постоянной температуре) фазового превращения, построенного в координатах температура – время.

Структура металла – собирательное название характеристик макроструктуры, микроструктуры, субструктуры и строение кристаллической решетки. Основные методы изучения структуры металлов – световая и электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, а также изучение изломов и макрошлифов невооруженным глазом и с помощью лупы.

Твердые растворы – однородные кристаллические вещества (фазы), состоящие из двух или большего числа компонентов и сохраняющие однородность при изменении соотношений между компонентами в определенном интервале концентраций. В твердых растворах замещения, образованных двумя металлами (напр. Cu и Ni), атомы одного металла (Ni) размещаются в узлах кристаллической решетки другого (Cu). В твердых растворах внедрения атомы неметалла (обычно) располагаются в промежутках между атомами металла. При образовании твердого раствора твердость и прочность металлов повышаются. Твердые растворы составляют основу всех важнейших технических сплавов – сталей, бронз, латуней, алюминиевых и магниевых сплавов.

Термическая обработка – процесс тепловой обработки сплавов с целью изменения структуры, а следовательно и свойств, заключающийся в нагреве до определенной температуры, выдержке и последующем охлаждении с заданной скоростью. Основные виды термической обработки: отжиг, нормализация, закалка, отпуск, старение, термомеханическая обработка, обработка стали холодом, электротермическая обработка, патентирование.

Троостит (по имени французского химика Л.-Ж. Труста, 1825 – 1911) – структурная составляющая железоуглеродистых сплавов, представляющая собой дисперсную смесь феррита и цементита; отличается от перлита и сорбита более тонким строением. Образуется при распаде аустенита в температурном интервале 400-500°C (троостит отпуска – зернистый цементит).

Улучшение (термообработка) – двойная термическая обработка железоуглеродистых сплавов, заключающаяся в закалке на мартенсит с последующим высоким отпуском (550-650°C).

Условное обозначение компонентов стали – в РФ установлены единые обозначения из букв и цифр марок стали. Первые две цифры в марке означают среднее содержание углерода (в сотых долях процента для конструкционных сталей и десятых - для инструмента и коррозионно-стойких сталей); буквами обозначают легирующие элементы: А – азот, Ю – алюминий, Р - бор, Ф – ванадий, В – вольфрам, К – кобальт, С – кремний, Г – марганец, Д – медь, М – молибден, Н – никель, Б – ниобий, Т – титан, Х – хром, Ц – цирконий, У – углерод в углеродистой инструментальной стали. Цифры справа от буквы указывают среднее содержание элементов. Если за буквой не стоят цифры, это значит, что содержание элемента не превышает 1,5%. Буква А в конце обозначения марки указывает на сталь высокого качества, в начале - на повышенное содержание серы и фосфора.

Феррит (от лат. *ferrum* – железо) – фаза железоуглеродистых сплавов, твердый раствор углерода (до 0,02%) в α – железе. Феррит имеет кубическую объемно - центрированную решетку. В феррите могут быть растворены Si, Mn, P и другие элементы. При 911–769°C феррит парамагнитен; от 769°C до абсолютного нуля – ферромагнитен. Феррит мягок и пластичен (рис. 12).

Хладноломкость – склонность материалов к появлению или возрастанию хрупкости с понижением температуры.

Цвета калиения – цвета свечения металла, зависящие от температуры нагрева.

Цементация (хим. термин.) – обработка металлических изделий (преимущественно стальных) диффузионным насыщением поверхностных слоев углеродом при 900-950°C (науглероживание).

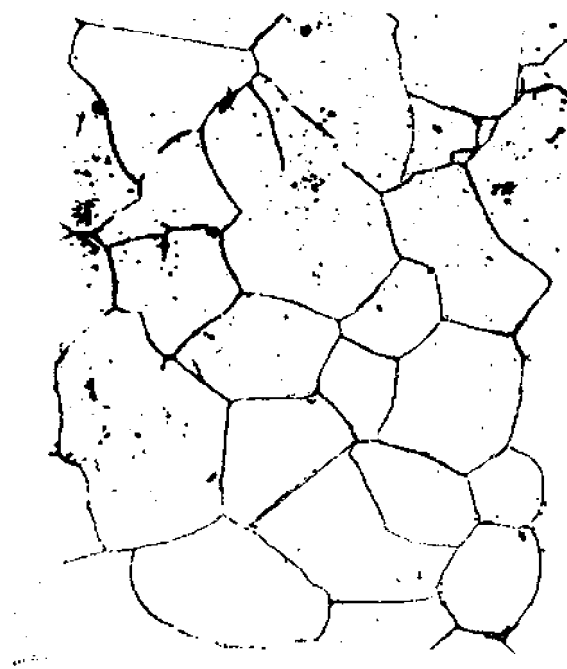


Рис. 12. Феррит, x 500
твердый раствор углерода в железе;
кристаллическая решетка ОЦК;
способен растворять до 0,025% С;
образуется из аустенита

Цвета каления, характерные для стали:

Температура, °С	Цвет каления
550	Темно-коричневый
630	Коричнево-красный
680	Темно-красный
740	Темно-вишневый
770	Вишневый
800	Ярко- или светло-вишневый
850	Ярко- или светло-красный
900	Ярко-красный
950	Желто-красный

Цементит – карбид железа, Fe_3C – одна из структурных составляющих железоуглеродистых сплавов, содержащих 6,67% С. Ц. хрупок, имеет высокую твердость; $t_{пл}=1250^{\circ}C$; относится к неустойчивым соединениям и при определенных условиях распадается с образованием свободного углерода в виде графита. Цементит способен образовывать твердые растворы замещения. Атомы С могут замещаться атомами неметаллов N, O; атомы Fe – металлами Mn, Cr, W и др. Такой твердый раствор на базе решетки цементита называется *легированным цементитом*. Различают первичный, вторичный и третичный цементит (рис. 13).

Чернение – создание на поверхности металла черной оксидной пленки для повышения коррозионной стойкости или в декоративных целях. Чернение проводят погружением деталей в расплавленные соли или обработкой в водных растворах щелочей, кислот и солей. Чернение – разновидность воронения.

Эвтектика (от греч. *eutektos* – легко плавящийся) – тонкая смесь твердых веществ, одновременно начинающих кристаллизоваться из расплавов при температуре t отдельных компонентов или любых других их смесей. Примером эвтектики может служить, например, ледебурит.

Эвтектоид (от эвтектика и греч. *eidōs* – вид) – аналогичная эвтектике структурная составляющая металлических сплавов, но в отличие от нее образующаяся не из жидкой, а из твердой фазы и поэтому имеющая более тонкое внутреннее строение из двух или более фаз. Пример эвтектоида – перлит.

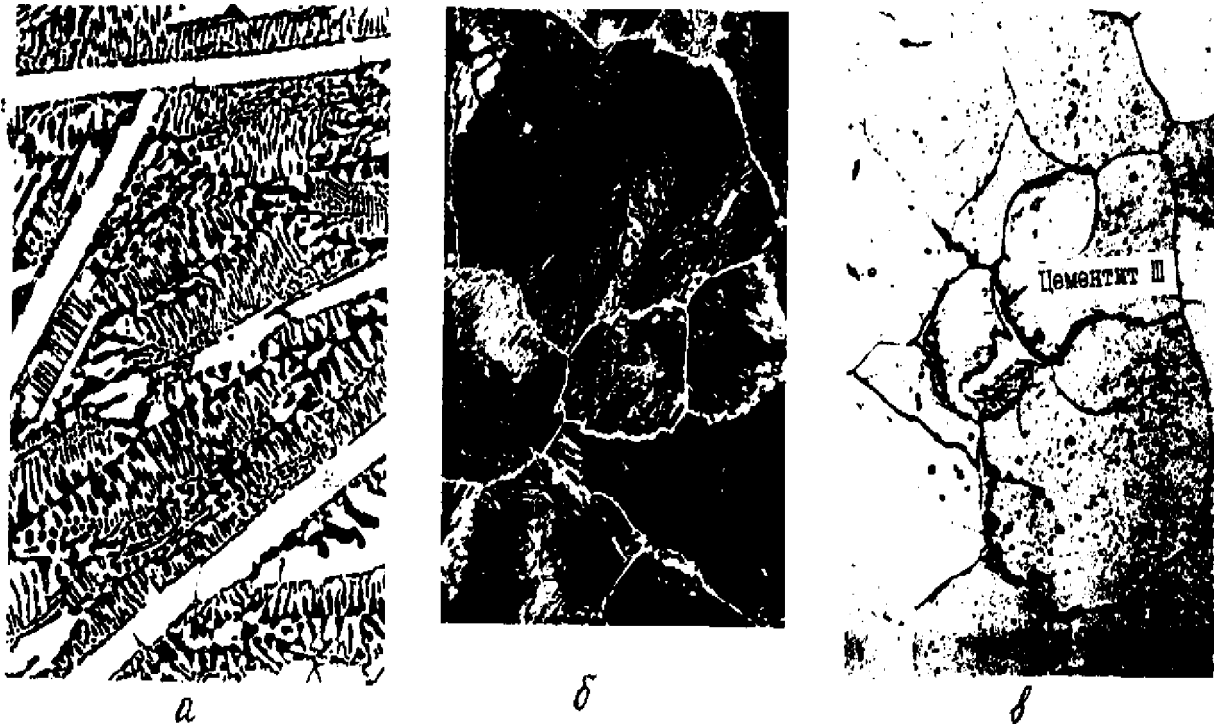


Рис. 13. Цементит, х 50: а – первичный (Ц_1) – пластинчатые светлые кристаллы. Образуется при кристаллизации заэвтектических чугунов (4,3...7,0 % С на линии СД), х500; б – вторичный (Ц_2) – светлая сетка по границам зерен. Образуется у сплавов с содержанием 0,9...2,0 % С. Образуется при охлаждении аустенита в результате изменения растворимости углерода в аустените, линия ESX500; в – третичный: (Ц_3)-мелкие светлые включения на границе феррита. Образуется у сплавов с содержанием 0,01.. 0,025 % С, при охлаждении феррита в результате изменения растворимости углерода в феррите, линия PQx500

Библиографический список

1. Большой Российский энциклопедический словарь [Текст]: – М.: Изд-во «Большая Российская энциклопедия», 2008.
2. Популярная библиотека химических элементов [Текст]: кн. 1,2. – М.: Наука, 1983.
3. Беккерт, М. Мир металлов [Текст]/ М. Беккерт. – М.: Мир, 1980.
4. Заббаров, Р. Материалы и технологические процессы изготовления заготовок и отливок аэрокосмического назначения [Текст]: учеб. пособие / Р. Заббаров. – Самара: Изд-во СГАУ, 2008.
5. Заббаров, Р. Основы плавки и литья [Текст]: учеб. пособие / Р. Заббаров. – Самара: Изд-во СГАУ, 2006.
6. Основные определения и термины металлургического производства [Текст]: учеб. пособие / Р. Заббаров, В.Р. Каргин, В.С Уварова [и др.]. – Самара: СГАУ, 2001.

СОДЕРЖАНИЕ

Условные обозначения.....	3
Список сокращений.....	3
Предисловие.....	4
1. ИСТОРИЯ КАК НАУКА.....	5
2. МЕТАЛЛЫ – ОСНОВА МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	6
3. ИЗ ИСТОРИИ МЕТАЛЛОВ И ИХ ОБРАБОТКИ.....	7
3.1 Элементы и вещества.....	7
3.2 Открытия, названия и применение химических элементов и веществ [1-3].....	7
3.3 Из истории алюминия и его сплавов.....	16
3.4 Как обрабатывались металлы (ОМД).....	17
4. ОТ ЖЕЛЕЗА К СТАЛИ.....	21
5. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ	24
5.1 Общие определения [1-3, 6].....	24
5.2 Металлы и сплавы.....	24
5.3 Установки, печи, агрегаты.....	28
5.4 Способы получения металлов и сплавов.....	30
5.5 Литейное производство.....	34
5.6 Металлография, термическая обработка.....	38
Библиографический список.....	50

Учебное издание

Заббаров Рахим
Хардин Михаил Викторович
Носова Екатерина Александровна

ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Учебное пособие

Редактор Т.К. Кретинина
Компьютерная доверстка А.В. Ярославцева

Подписано в печать 05.06.2013 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 3,25.
Тираж 100 экз. Заказ . Арт. – 17/2013.

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.