

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
ВОСТОЧНОУКРАИНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. ВЛАДИМИРА ДАЛЯ
КРАСНОДОНСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРИИ И
МЕНЕДЖМЕНТА
КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНЫХ ДИСЦИПЛИН

Коротков В.И., Колесников В.А.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
по дисциплине

МАШИНОВЕДЕНИЕ
ЧАСТЬ 1.

для студентов направления «Компьютерные науки»

УТВЕРЖДЕНО
На заседании
кафедры
«Инженерных
дисциплин»
Протокол № 12 от
12.03.11 г.

КРАСНОДОН 2011

УДК 62

Конспект лекций по дисциплине «Машиноведение». Часть 1. Для студентов, которые обучаются по направлению «Компьютерные науки». Конспект лекций на русском языке. Сост.: доц., к.т.н. Коротков В.Й., доц., к.т.н. Колесников В.А. Краснодар: изд-во ВНУ им. В.Даля, 2011. 44 с.

Электронный носій. Реєстраційний номер - 5323.

Изложены разделы, о строении твердых тел, представлены общие сведения о металлах и сплавах применяемых в машиностроении.

Сост.:

В.Й. Коротков доц., к.т.н,

В.А. Колесников, доц., к.т.н.

Отв. за выпуск

В.А. Колесников, доц., к.т.н.

Рецензент:

доц, каф. «Легкой и пищевой промышленности», к.т.н,
совместитель кафедры «Машиноведение»

Е. А. Мазнев

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КУРСА	8
2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МАШИНАМ. КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН И ИХ ДЕТАЛЕЙ	10
3. ПРИНЦИПЫ И СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН, ИХ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ	14
4. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	16
4. 1. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	16
4. 2. ЧУГУН ЛИТЕЙНЫЙ	17
4. 3. МАРКИРОВКА ЧУГУНА, ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК.....	17
4.3.1 ЧУГУН С ПЛАСТИНЧАТЫМ ГРАФИТОМ.....	17
4.3.2 ЧУГУН КОВКИЙ	18
4.3.3 ЧУГУН ВЫСОКОПРОЧНЫЙ.....	19
4.4 СТАЛИ.....	20
4.4.1 СТАЛИ КОНСТРУКЦИОННЫЕ УГЛЕРОДИСТЫЕ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ	20
4.4.2 СТАЛИ КОНСТРУКЦИОННЫЕ УГЛЕРОДИСТЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ.....	21
4.4.3 СТАЛИ КОНСТРУКЦИОННЫЕ ЛЕГИРОВАННЫЕ.....	22
4.4.4 СТАЛИ КОНСТРУКЦИОННЫЕ ПОДШИПНИКОВЫЕ	24
4.4.5 СТАЛИ ДЛЯ ОТЛИВОК.....	25
4.4.6 СТАЛИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ УГЛЕРОДИСТЫЕ	25
4.4.7 СТАЛИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ЛЕГИРОВАННЫЕ	26
4.5 ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ИХ СПЛАВЫ	27
4.5.1 СПЛАВЫ МЕДИ	28
4.5.2 СПЛАВЫ АЛЮМИНИЯ	32
5. ТЕРМООБРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЧУГУНА И СТАЛИ	33
5.1 ОТЖИГ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК	33
5.2 ЗАКАЛКА СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ	34
6. ПЛАСТМАССЫ КАК МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	37

ВВЕДЕНИЕ

Для того чтобы разрабатывать меры защиты экосистемы Земли, или какой-то ее части, необходимо знать существующие вредоносные факторы и основы создания технического обеспечения контроля над состоянием окружающей среды.

Человечество в настоящее время уже не мыслит своего существования без продукции индустрии и даже «так называемого информационное общество» своим появлением обязано индустриальному, т.к. ни один элемент компьютера не может быть создан без развитых металлургии, химии, машиностроения, энергетики и многих других отраслей индустрии.

Отрасли индустрии находятся во взаимных множественных связях. Рассмотрим это на малом фрагменте взаимных связей. Топливо-энергетический комплекс в общехозяйственном организме государства принято считать основополагающим, и не зря, т.к. для совершения любых действий необходима в первую очередь энергия, которую в настоящее время получают в основном за счет использования различных видов топлива: угля, мазута, газа, ядерного топлива. А для их добычи и подготовки к использованию в энергетике необходима отлаженная работа угольной, нефтегазовой промышленности, комплексов по добыче и обогащению руд, содержащих элементы ядерного топлива и задействование значительных энергетических ресурсов. Т.е. добывающие отрасли и энергетика в высшей степени обеспечивают друг друга и остальные отрасли хозяйства своей продукцией: углем, газом, нефтепродуктами, электроэнергией. Вторая значительная часть угля используется для производства кокса – продукта нагрева коксующегося угля до 950-1050° С без доступа воздуха.

А кокс служит в качестве топлива для разогрева железных руд в доменной печи и одновременно как вещество для преобразования окислов железа в свободное железо с его получением в виде чугуна, который в свою очередь с весьма значимыми затратами энергии перерабатывается в различные стали.

Во всех этих производствах используется огромный парк оборудования, изготовленного в основном из металлов и их сплавов, которое производится машиностроительными отраслями промышленности, потребляющими в свою очередь, огромное количество металлов, других материалов и энергии. Работа этих производств оказывает вредное воздействие на окружающую среду в виде отходов пустых пород, выбросов в атмосферу газов, паров, пыли, теплового и шумового загрязнений, стоков загрязненных вод. Зачастую руководители производств с целью уменьшения затрат экономят на природоохранных мерах, или создавая менее эффективные защитные системы, или используют их не всегда, а лишь предъявляют их органам экологического контроля при проверках. Например, гальванические покрытия металлов (оцинкование, хромирование, никелирование, кадмирование) обеспечивают защиту их от коррозии или повышают износостойкость поверхностей, однако при этом образуется значительное количество вредных жидких отходов в виде водных растворов кислот и солей, и, если их без очистки сбросить в водоем, природе будет нанесен ощутимый вред.

В настоящее время явными подтверждениями снижения вредного воздействия производств на окружающую среду в Украине является то, что в водоемах увеличивается количество раков, которые очень чувствительны к загрязнению воды и лучше стали плодоносить огурцы, которые в прежние годы сильно повреждались кислотными и

щелочными осадками (дождями). Эти положительные проявления обусловлены, в основном, снижением объемов производств, а, значит, и вредных выбросов, а не усилением природоохранных мер на производствах.

Для создания или использования природоохранных систем необходимо знать не только факторы вредного влияния на природу, но и элементы, из которых эти системы созданы или будут создаваться. Этими элементами в значительной степени являются машины, состоящие из множества механизмов и деталей, принципы устройства и работы которых одни и те же, независимо от великого разнообразия машин. Поэтому в настоящем курсе и будут изучаться детали машины, их основные характеристики, методы расчета, применяемые материалы, некоторые виды их обработки и характеристики обработки.

1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КУРСА

Машина – устройство, выполняющее движения с целью преобразования энергии, материалов или информации. Энергетические машины преобразуют любой вид энергии в механическую и наоборот. Например, ветроэнергетическая установка преобразует энергию воздушных потоков в механическую энергию, а затем в электрическую, а электродвигатель – электрическую энергию в механическую. Рабочие машины (технологические) – преобразуют форму, свойства, положение материалов. Например, гидравлический пресс преобразует форму и свойства материалов. Транспортные машины – машины преобразующие положение материала (предмета), например, конвейеры, лифты, элеваторы. Информационные – арифмометры и различные информационные механические машины ЭВМ, и компьютеры, в которых механические двигатели являются вспомогательными, уже машинами не являются, а так называются лишь по традиции.

Механизм – система искусственно созданных элементарных тел (звеньев) для передачи заданных движений. Чаще всего звено одновременно является и деталью. Механизмами являются: кривошипно-ползунный, кулачковый, фрикционный, поплавковый и др. виды.

Узел – законченная сборочная единица из нескольких деталей, имеющих общее функциональное назначение, например, вал с насаженным на него зубчатым колесом и двумя подшипниками.

Деталь – часть машины, изготовленная без сборочных операций, например корпус редуктора, коленчатый вал двигателя внутреннего сгорания, лопатка осевого вентилятора.

Комплекс – два и более специальных изделия не соединенные сборочными операциями, но предназначенные для выполнения

взаимосвязанных эксплуатационных функций, например комплекс для очистки сточных вод в составе отстойников, фильтров, хлораторов и др.

Изготовление машин из отдельных деталей обеспечивает следующие преимущества:

1. Возможность применения разных наиболее эффективных материалов. Например, вкладыши подшипников скольжения выполняют биметаллическими – внутренний слой (работающий на трение) – из алюминиевых и медных сплавов, а наружный – из стали, как в ДВС. Или внутренний из пластмассы, например из тефлона, а наружный или корпус подшипника из чугуна или стали, как в малонагруженных или тихоходных механизмах, например в ручной бытовой технике;

2. Возможность сборки машины в целом и удобной замены быстроизнашивающихся деталей, что обеспечивает значительное удлинение срока надежной работы машины или механизма и удешевляет его. Причем, специально подбирают свойства взаимно контактирующих и взаимно изнашивающихся деталей таким образом, чтобы быстрее изнашивалась менее сложная и менее дорогая деталь, например поршневые кольца ДВС заменить проще, чем элемент цилиндра – гильзу, или весь блок. То же и по отношению к колесам железнодорожных вагонов и тормозным колодкам – проще и дешевле заменить небольшую и менее дорогую колодку, чем колесо вагона или тепловоза;

3. Возможность реставрации износившихся деталей, например наварка с последующей шлифовкой распредвалов ДВС, замена бронзовых венцов червячных редукторов, например подъема задвижек очистительных систем, лопаток шламовых насосов этих систем. Несколько лет назад вышли из строя насосы канализационных

коллекторов в г. Харькове, что привело к загрязнению сточными водами самого города и речек бассейна С. Донца. Это было обусловлено тем, что при проектировании системы была не предусмотрена возможность быстрой замены насосов;

4. Стандартизацию, централизацию изготовления деталей, их взаимную заменяемость.

2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МАШИНАМ. КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН И ИХ ДЕТАЛЕЙ

Надежность машин (деталей) – способность сохранять свои эксплуатационные показатели в течение заданного срока службы при заданной экономичности, например для системы обеспыливания – сохранять заданную степень очистки воздуха от пыли при заданном расходе воздуха и начальном содержании пыли в нем. Экономичность достигается за счет уменьшения материалоемкости деталей и машин в целом, за счет снижения содержания в них дорогостоящих материалов и за счет улучшения технологичности изготовления. В развитых странах при проектировании техники не закладывается неоправданно-длительные сроки ее надежной эксплуатации, благодаря чему она получается дешевле и закладывается объективная необходимость в ее замене на более совершенную.

Надежность как комплексный показатель обеспечивается такими составляющими: прочностью, жесткостью, износостойкостью, теплостойкостью, виброустойчивостью. А эти составляющие для одних и тех же деталей из одних и тех же материалов не постоянны, а зависят от внешних условий, например температуры эксплуатации (нормальной или пониженной) и характера нагрузок. Например, чугуны и стали с понижением температуры становятся более хрупкими – снижается их

ударная вязкость – показатель КСУ – [Дж/см²], а при определенной температуре происходит резкое снижение ударной вязкости, – эта температура называется порогом хладноломкости. Например, корпуса редукторов обычно выполняемые из серого чугуна, для эксплуатации при температурах – 30...50° С изготавливают из стали, хотя это технологически сложнее и дороже.

Жесткость – способность деталей сопротивляться изменению формы под действием нагрузок. Легко представить нарушения в работе подшипниковых узлов и машин в целом, если бы шарики в них под действием сжимающих нагрузок теряли форму шара, превращаясь в эллипсоиды, а потеря жесткости валом, на который насажены зубчатые колеса, приводила бы к нарушениям в зубчатых зацеплениях, подшипниках и вибрациям.

При недостаточной жесткости станин станков невозможно обеспечить высокую точность размеров, чистоту поверхности и производительность.

Длинные тонкие детали, работающие на сжатие вдоль длинной оси, проверяются на устойчивость, это относится к штокам, толкателям, винтам домкратов, а также к полым тонкостенным валам и к оболочкам, на которые действуют внешние усилия. Для таких деталей даже при незначительном несовпадении направления силы с продольной осью детали критическая нагрузка (при которой теряется устойчивость) резко падает.

Износостойкость, т.е. сопротивление износу – разрушению и отделению материала с поверхности деталей, проявляющемуся в виде изменений размеров и формы тела. Вследствие износа:

- теряется точность работы приборов, станков, мерительного инструмента, штамповой оснастки. Например, главной причиной перехода с одной модели автомобилей ВАЗ на другую (с 2101 до 2107) был именно износ штампов кузовных деталей. И изношенные штампы не просто заменялись на новые, а на новый вид – для штамповки деталей новой модели;

- снижение КПД, ухудшаются экологические характеристики, – например, повышается задымленность выхлопных газов дизельных двигателей, увеличивается содержание СО, СН в выхлопах бензиновых двигателей, увеличиваются утечки различных масел с их попаданием в водоемы.

- снижается прочность вследствие уменьшения сечения, – например, снижается не только прочность, но и жесткость пружин автомобильной подвески вследствие коррозионного износа.

- увеличиваются динамические нагрузки (удары), например, в зубчатых, кулачковых и цепных механизмах, и, как следствие, не только поломки, но и возрастание шума. Шум считается одним из самых вредных факторов для здоровья человека и даже животных. Биологами установлено, что даже голуби, живущие рядом с шумными трасами, имеют патологические отклонения в организме. А для работы на таких видах оборудования как перфораторы, рубильные молотки в литейных цехах и на прессах листовой штамповки, где шум подавить практически невозможно, используют зачастую рабочих, потерявших слух;

- происходит полное истирание детали, – например зубьев ковша экскаватора, пальцев и траков гусениц тракторов, тормозных колодок и накладок фрикционных муфт.

С износом борются самыми разнообразными способами – от применения химико-термической обработки, до ввода в смазки

восстанавливающих (реставрирующих) присадок, – например RIMET.

Считается, что если грузовик класса ЗИЛ потеряет в своих механизмах массу около 1 кг, то он уже не пригоден к эксплуатации. В 70-е годы прошлого века японцы не могли понять почему холодильные агрегаты их бытовых холодильников служат значительно меньше, чем советские, хотя исполнены с большей точностью, а после тщательного изучения было установлено, что истирающиеся поверхности компрессоров советских холодильников реставрировались отложениями на них меди, благодаря тому, что трубки, по которым проходил фреон, были медными, а в японских – алюминиевые и реставрации не происходило, т.к. окисел алюминия Al_2O_3 - абразив.

Вот почему при выборе бытовой техники одним из комплексных показателей качественного изготовления является характерный низкий уровень шума при работе экземпляра.

Теплостойкость – способность детали и машины сохранять свою работоспособность с повышением температуры до оговоренного значения. Опасность потери работоспособности машин с повышением температуры обусловлена тем, что большинство сталей при температуре выше $300...400^\circ C$ резко теряют прочность, это же происходит с пластичными массами при температуре выше $100...150^\circ C$.

К концу второй мировой войны у Японии уже были самолеты с реактивными двигателями, однако, ресурс их двигателей из-за низкой стойкости сталей при высоких температурах был настолько мал, что его хватало только для вылета и нападения на корабль, а на возврат – нет, это одна из причин использования летчиков-камикадзе.

При повышении температуры: снижается вязкость масел, а, значит, и не удерживается масляная пленка между трущимися деталями,

или масло даже начинает угорать с образованием твердых веществ; могут исчезнуть зазоры между ними из-за расширения сопрягаемых взаимно-подвижных деталей, т.е. происходит схватывание деталей; из-за температурных деформаций может теряться точность оснастки, например, штамповой.

Надежность – свойство машины выполнять в течение заданного времени свои функции, сохраняя заданные эксплуатационные показатели.

Факторами, обеспечивающими надежность, являются:

Безотказность – свойство сохранять работоспособность в течение заданной наработки без вынужденных перерывов (очень важно для летательных и подводных аппаратов, химического, ядерного и экологического оборудования).

Долговечность – свойство машины сохранять работоспособность с необходимыми ремонтами и обслуживанием.

Ремонтопригодность – приспособленность машины к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов с минимальными затратами времени, оборудования и персонала.

3. ПРИНЦИПЫ И СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН, ИХ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ.

Вышестоящими органами или инициативно проектантом ставится задание на проектирование машины, которым предусматривается: назначение, рабочие характеристики машины, масса, габариты, возможно стоимость. Эти данные определяются на основании анализа и оценки существующих аналогичных машин в мире, с учетом запросов потенциальных потребителей, уровня научно-технического

потенциала проектировщиков и будущих производителей, и их финансовых и материальных возможностей. Задание на проектирование утверждается тем, кто финансирует проектные работы.

1. Проектировщики выдвигают концепцию (идею) будущей машины, в соответствии, с которой или осуществляется улучшение известных машин, или выдвигается концепция принципиально новой машины.

2. Теоретически обосновывается и экспериментально проверяется работоспособность и эффективность выдвинутых идей.

3. Разрабатываются, изготавливаются и испытываются модели и макеты отдельных узлов, механизмов и машины в целом.

4. На основании полученных, на моделях и макетах данных, проектируется и создается вся машина как опытный образец с применением минимального оснащения на универсальном оборудовании. Опытный образец (или опытную партию) испытывают, и, в соответствии с результатами и анализом испытаний, в конструкцию машины вносятся изменения, и, если это целесообразно, приступают к более широкому производству машины.

Укомплектование машины механизмами, узлами, и деталями чаще всего осуществляется сочетанием известных (унифицированных и стандартных) элементов и созданием новых (оригинальных).

Конструктор, проектирующий детали и узлы машины, должен ясно представлять технологические способы и оборудование для их изготовления, и учитывать это при проектировании. Для деталей выбирают материалы, которые наиболее удачно сочетают в себе свойства, чтобы деталь надежно выполняла заданные функции, и была технологичной при изготовлении. Корпусные детали чаще всего выполняют литыми из серого чугуна, за исключением корпусов

(например редукторов), которые работают при низких температурах – из стали, приборов и агрегатов для летательных аппаратов – из алюминиевых сплавов. Детали, подверженные значительным динамическим нагрузкам изготавливают кованными или штампованными из сталей, особенно при крупносерийном и массовом производствах. Например, шатуны ДВС (изготавливаются на заводе им. 20-летия октября в Луганске), примерно до 1960-1965 гг. и коленчатые валы производились из стальных штампованных заготовок. А в настоящее время коленчатые валы изготавливают из литых чугунных заготовок марок ВЧ 80, ВЧ 100, при этом литая заготовка имеет гораздо меньше припуски, чем штампованная, т.е. меньше расход материала и объемы механической обработки.

Поэтому при проектировании конструкции деталей машин необходимо предполагать наиболее рациональные конкретные способы их производства.

4. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

4. 1. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Классификация и маркировка машиностроительных материалов установлена в подавляющем большинстве случаев ГОСТами (вновь вводимыми в Украине нормативными документами – ДСТУ – державними стандартами України), незначительно ТУ (техническими условиями). ГОСТ – государственный стандарт, разработанный и утвержденный компетентными государственными организациями. ТУ – нормативный документ, разработанный и утвержденный на предприятии

или учреждении по согласованию с заказчиком, распространяется только на его продукцию, имеющую узкое назначение. ТУ регистрируется государственными органами стандартизации, метрологии и сертификации. Эти нормативные документы определяют все свойства продукции (например, химический состав, механические свойства), порядок их контроля, определения, маркировки и некоторые аспекты упаковки и доставки.

4. 2. ЧУГУН ЛИТЕЙНЫЙ

Литейный чугун производится согласно ГОСТ 4832-80 и предназначен для производства сплавов, используемых для изготовления фасонных чугунных отливок.

Выпускается следующих марок: Л1, Л2, Л3, Л4, Л5, Л6. Химический состав этих чугунов колеблется в пределах: С – 3,5- 4,0 %, Si – 1,2-3,6 %, Mn – 0,3-1,5 %, P – 0,08-0,7 %, S – 0,02-0,05 %. С увеличением номера чугуна уменьшается содержание Si Л1 – 3,2-3,6 %; Л6 – 1,2-1,6 %. Чугун поставляют в чушках весом до 45 кг.

Когда уже чугунный сплав залит в форму и получилась отливка, то материал отливки маркируется уже по-другому.

4. 3. МАРКИРОВКА ЧУГУНА, ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК

4.3.1 ЧУГУН С ПЛАСТИНЧАТЫМ ГРАФИТОМ

Регламентируется ГОСТом 1412-85, отливки из него производятся наиболее массово. Еще этот чугун называют серым, т.к. шлиф из него имеет серый вид, а графит на шлифе имеет вид пластинок.

Этот чугун обладает хорошими литейными свойствами, хорошо обрабатывается резанием, является недорогим и недефицитным, поэтому

из него выполняю литые заготовки корпусов редукторов, коробок передач, станин металлорежущих станков, корпусов запорной аппаратуры (например, задвижек) для систем водоснабжения и канализации, различных кронштейнов и корпусов подшипников, художественных изделий (например, литые ажурные ограды).

Маркируется этот чугун так: СЧ 10, СЧ 15, 20, 25, 30, 35. Цифра при марке показывает предел прочности чугуна данной марки в МПа/10, т.е. предел прочности σ_{σ} СЧ 15 составляет 150 МПа.

Химический состав этих чугунов является справочным, а обязательны лишь механические свойства.

4.3.2 ЧУГУН КОВКИЙ

Регламентируется ГОСТом 1215-79. Иногда его называют чугуном с хлопьевидным графитом, т.к. углерод на шлифе имеет хлопьевидную форму. Ковким его называют из-за пластичности во много раз более высокой, чем у серого чугуна. Пластичность материала оценивается чаще всего по величине относительного удлинения δ образца при его испытании на разрыв. У ковких чугунов δ колеблется от 1,5 до 12 %, а у серых δ - близко к нулю, поэтому при их испытаниях даже не определяется. Хотя чугун и называют ковким, но ковать его нельзя, т.к. его пластичность дляковки не достаточна. Например, у стали 20, из которой изготавливаются кованые чалочные приспособления (крюки, петли, цепи), $\delta = 25...28$ %, т.е. до разрушения изделие сначала удлинится на 25...28 % своей длины. Благодаря высоким механическим и технологическим свойствам и сравнительно невысокой стоимости из

ковких чугунов выполняют заготовки таких ответственных деталей как распределительные валы ДВС, ниппели отопительных радиаторов.

Ковкий чугун бывает марок КЧ 30-6, КЧ 33-8, 35-10, 37-12, 45-7, 50-5, 55-4, 60-3, 65-3, 70-2, 80-1,5. Первое число в марке – предел прочности в МПа/10, а второе – относительное удлинение δ - в %.

4.3.3 ЧУГУН ВЫСОКОПРОЧНЫЙ

Высокопрочный чугун регламентируется ГОСТом 7293-85. Его также называют чугуном с шаровидным графитом, потому что на шлифе графит имеет шаровидную форму, именно благодаря которой обеспечивается высокая прочность чугуна. Из высокопрочного чугуна изготавливают заготовки таких ответственных и тяжело нагруженных деталей как коленчатые валы, рычаги и шестерни, системы газораспределения ДВС. Применение литых заготовок коленчатых валов из высокопрочного чугуна взамен кованых из стали не только снижает стоимость изготовления коленчатого вала за счет уменьшения объемов механической обработки, но и повышает ресурс работы вала двигателя, благодаря хорошим антифрикционным свойствам чугуна. Получают высокопрочный чугун модифицированием серого чугуна магнием, вводимым в расплав непосредственно перед его заливкой в формы. Существуют следующие марки высокопрочного чугуна: ВЧ 35, ВЧ 40, 45, 50, 60, 70, 80, 100. Цифра в марке обозначает предел прочности σ_b в МПа/10. У этих марок чугунов и высокая пластичность δ , % соответственно равное 22, 15, 10, 7, 3, 2, 2, 2.

4.4 СТАЛИ

Сталь – это железоуглеродистый сплав с содержанием углерода до 2 %, в котором содержатся и такие обязательные компоненты как марганец и кремний, а сера и фосфор являются вредными примесями.

Стали являются наиболее часто применяемым конструкционным материалом благодаря широчайшей гамме их эксплуатационных и технологических свойств, наиболее важные из которых: прочность, пластичность, упругость, способность выдерживать значительные температуры с сохранением требуемых эксплуатационных показателей. По назначению стали делятся на **конструкционные** и **инструментальные** (для изготовления напильников, пил, сверл, фрез, штампов и др. инструментов). Конструкционные стали бывают **углеродистыми** и **легированными**. Легирование сталей обеспечивает придание им необходимых свойств, например, повышается прочность или термостойкость, т.е. сохранение прочности при высоких температурах. Углеродистые стали в свою очередь делятся на: стали **обыкновенного качества** и **качественные** стали.

4.4.1 СТАЛИ КОНСТРУКЦИОННЫЕ УГЛЕРОДИСТЫЕ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Эти стали в машиностроении используются очень широко в виде различного проката – круга, полосы, листа, уголка, швеллера, тавра, двутавра. Благодаря хорошему сочетанию эксплуатационных и технологических свойств (прочности, высокой пластичности, отличной свариваемости), а также невысокой стоимости, из перечисленного сортамента выполняют детали от метизов, не высоконагруженных валов, втулок, пальцев, тяг, упоров, клиньев до сварных металлоконструкций, например опор линий электропередач, мостовых ферм, конструкций

грузоподъемных машин. Стали этой группы закалке не подвергаются, т.к. в результате термической обработки они не упрочняются.

Химический состав и механические свойства данных сталей регламентируются ГОСТом 380-88, согласно которому существуют следующие марки: Ст 0, Ст 2кп, Ст 2пс, Ст 2сп, Ст 3 кп, Ст 3пс, Ст 3сп, Ст 3Гпс, Ст 4 кп, Ст 4пс, Ст 5пс, Ст 5сп, Ст 6пс, Ст 6сп. Цифра в марке – это порядковый номер, с ее увеличением прочность стали возрастает, пластичность уменьшается. Буквами кп, пс, сп обозначаются способы раскисления стали соответственно до кипящего, полуспокойного и спокойного состояния. Наибольшей прочностью обладают спокойные стали (сп), а наибольшей пластичностью – кипящие (кп). Полуспокойные – занимают по этим показателям промежуточное положение. Все эти стали обладают хорошей свариваемостью. Буква «Г» в стали Ст 3Гпс обозначает увеличенное содержание марганца (обозначается буквой «Г») до 0,8...1,0 %, а в стали Ст 3пс марганца 0,40...0,65 %, содержание остальных элементов следующее (в %): в стали Ст 3пс – С – 0,14...0,22; Si – 0,05...0,17; P ≤ 0,04; S ≤ 0,05; Cr, Cu, Ni ≤ 0,30; в стали Ст 3Гпс – С – 0,14...0,22; Si ≤ 0,15...0,17; P ≤ 0,04; S ≤ 0,05; Cr, Cu, Ni ≤ 0,30. Различные виды проката из этих марок сталей регламентируются различными ГОСТами на виды проката.

4.4.2 СТАЛИ КОНСТРУКЦИОННЫЕ УГЛЕРОДИСТЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ

Стали этой группы также широко используются в машиностроении для более ответственных и более тяжело нагруженных деталей, чем детали, выполняемые из сталей предыдущей группы. Это валы, оси, цапфы, зубчатые колеса, шатуны, шпиндели, звездочки

цепных передач, цилиндры, кулачки, толкатели и др. Химический состав и механические свойства данных сталей регламентируются ГОСТом 1050-88. Наиболее широко применяемые марки этой группы: Сталь 10, Сталь 15, Сталь 20, Сталь 25, Сталь 30, Сталь 35, Сталь 40, Сталь 45, Сталь 50, Сталь 55, Сталь 60. Число в марке обозначает среднее из пределов, заданных ГОСТом, содержание углерода в сотых долях процента. С увеличением содержания углерода в стали ее прочность растет, а пластичность снижается. Сталь 40 обладает одним из лучших сочетаний эксплуатационных и технологических свойств, ее химический состав следующий (в %): C – 0,37...0,45; Si ≤ 0,17...0,37; Mn – 0,50...0,80; P ≤ 0,035; S ≤ 0,04; Cr, Cu, Ni ≤ 0,25; As ≤ 0,08.

4.4.3 СТАЛИ КОНСТРУКЦИОННЫЕ ЛЕГИРОВАННЫЕ

Стали благодаря легированию могут приобретать более высокие различные эксплуатационные и технологические свойства и детали из них способны работать при более высоких нагрузках или температурах, обеспечивается возможность снижения материалоемкости деталей и машин в целом. Например, введение в Сталь 60 (содержание углерода 0,57...0,65 %, марганца – 0,50...0,80 %) дополнительно марганца до 0,70...1,0 % превращает ее в рессорно-пружинную, т.е. обладающую высокой упругостью после закалки.

Химический состав различных легированных сталей регламентируется различными ГОСТами, например ГОСТом 19282-88 стали: 14Г2, 16ГС, 10Г2БД, 16Г2АФ, 20ХГ2Ц, 10ХНДП, ГОСТом 5781-82 – стали 35ГС, 25Г2С, ГОСТом 4543-88 стали 15Х, 20Х, 50Х, 40ХФА, 38ХНЗМА. ГОСТом 14959-88 регламентируются рессорно-пружинные стали, такие как 60С2, 55ХГР.

Для получения основных данных о стали (химический состав, механические свойства, применение) используют справочники, например «Марочник сталей и сплавов» В.Г. Сорокин и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 639 с., а полные данные содержатся в соответствующих ГОСТах, которые приведены в упомянутом марочнике.

Легируемые стали маркируются следующим образом: число, стоящее перед первой буквой марки, обозначает среднее содержание углерода в сотых долях процента, если этого числа нет, то содержание углерода до 0,10 %. Число, стоящее после буквы, обозначает содержание обозначенного буквой легирующего элемента в целых процентах, если цифры после буквы нет, то значит, этого элемента в стали до 1,5 % по верхнему пределу. Легирующие компоненты обозначаются следующими буквами русского алфавита (здесь вводится ассоциативный прием запоминания букв, обозначающих легирующие элементы, с комментариями): С – кремний, потому, что в таблице Менделеева он имеет символ Si; Г – марганец, потому, что в этом слове самой «звучащей» является буква «Г» (маргганец); Н – никель (обозначается, как пишется начальная буква слова «никель»); М – молибден; Х – хром; К – кобальт; Т – титан; В – вольфрам; Ц – цирконий; А – азот (если буква стоит в середине марки – все аналогично никелю); П – фосфор, потому, что в таблице Менделеева он имеет символ «Р» (лат); Ю – алюминий, потому, что в этом слове самой «звучащей» является буква «Ю» (алююююминий); Б – ниобий (ниобббий); Р – бор (боррр); Д – медь (меддд) – все аналогично алюминию; Ф – ванадий (возможно шуточно произнести это слово как «фанадий»).

Если буква «А» стоит не в середине марки, а в конце, значит, сталь повышенного качества за счет уменьшения содержания в ней

вредных примесей серы (S), и фосфора (P), например химический состав (в %) стали 38ХНЗМФА следующий: С – 0,33...0,40; Мп – 0,25...0,50 (такое же как в углеродистых сталях, т.к. в марке марганца не содержится); Si – 0,17...0,37 (аналогично марганцу); Cr – 1,20...1,50; Ni – 3,00...3,50; М – 0,35...0,45 (в данном случае содержание ниже, чем гласит общее правило – до 1,5 % - это исключение из правил); V – 0,10...0,18 (аналогично молибдену); P, S ≤ 0,025 т.к. сталь повышенного качества; в сталях качественного содержания P, S ≤ 0,035).

Широко применяемая нержавеющая сталь 08Х18Н10 имеет химический состав (в %): С ≤ 0,12; Si ≤ 0,8; Мп ≤ 0,2; Cr – 17,0...19,0; Ni – 9,0...11,0; Ti ≤ 0,5; S ≤ 0,020; P ≤ 0,035; Cu ≤ 0,30, а тоже нержавеющая сталь 12Х18Н10Т: С ≤ 0,12; Si ≤ 0,8; Мп ≤ 0,2 (содержание марганца в марке не отражено – исключение); Cr – 17,0...19,0; Ti – 0,5...0,7 (отклонение от правила).

4.4.4 СТАЛИ КОНСТРУКЦИОННЫЕ ПОДШИПНИКОВЫЕ

Эти стали применяются для изготовления элементов шариковых и роликовых подшипников. Это стали ШХ4, ШХ15, ШХ15ГС, регламентируемые ГОСТом 801-88. ШХ4 применяется для изготовления наименее нагруженных элементов подшипников, например колец, а ШХ15ГС – для наиболее нагруженных элементов, например шариков и роликов. Буква «Ш» в маркировке обозначает «шарикоподшипниковая», «Х» – обозначение хрома, число после нее – приблизительное среднее содержание хрома в десятых долях процента, буквы «С» и «Г» отражают наличие в стали соответственно кремния и марганца. Например, химический состав ШХ15ГС (в %): С – 0,95...1,05; Мп – 0,9...1,2; Si – 0,40...0,65; Cr – 1,30...1,65; S ≤ 0,020; P ≤ 0,027; Ni ≤ 0,30; Cu ≤ 0,25.

Шарикоподшипниковые стали после термообработки обладают высокой прочностью, твердостью, износостойкостью, благодаря чему подшипники выдерживают значительные нагрузки и имеют большой ресурс работоспособности.

4.4.5 СТАЛИ ДЛЯ ОТЛИВОК

Эти стали предназначены для изготовления фасонных отливок, например литых заготовок зубчатых колес, муфт, катков, валков, кронштейнов, лопаток паровых турбин. Они бывают углеродистыми и легированными с химическим составом близким к составу конструкционных не легированных сталей, с тем отличием, что литейные стали содержат больше кремния, например Сталь 30 содержит 0,17...0,37 %, а Сталь 30Л (литейная) – 0,20...0,52, чем достигается повышенная жидкотекучесть стали, т.е. способность заполнять полость формы до затвердения. Механические свойства литейных сталей ниже, чем аналогичных сталей, из которых выполнены изделия из проката, а также кованных изделий. Углеродистые и низколегированные литейные стали регламентируются ГОСТом 977-75. Высоколегированные, например 20X13Л, 10X18Н9Л – ГОСТом 2176-77, а некоторые из них регламентируются ТУ, например сталь 80ГСЛ – ТУ 24-1-12-182-75. Система маркировки литейных сталей такая же, как и не литейных.

4.4.6 СТАЛИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ УГЛЕРОДИСТЫЕ

Определяющими свойствами инструментальных сталей являются их высокая твердость и прочность, и способность сохранять эти свойства при нагреве в процессе работы инструмента. Стали этой группы используются для изготовления деревообрабатывающего инструмента и

инструмента для работы с металлом, например стали У7, У7А применяются для стамесок, долот, топоров, зубил, плоскогубцев, кувалд. Стали У8, У8А – для тех же инструментов, что и стали У7, У7А и еще фрез, пил продольных и дисковых, при условии, что разогрев режущей кромки не превышает 150...200° С. Из сталей У9, У9А – изготавливают те же виды инструмента, что и из сталей У8, У8А и дополнительно калибры простой формы пониженных классов точности, допустимый разогрев режущей кромки приблизительно тот же. Стали У10, У10А – для изготовления ручных метчиков, рашпилей, надфилей, пил по дереву, матриц для холодной штамповки, при условии, что режущая кромка не разогревается выше 200...250° С. Стали У12, У12А – для изготовления метчиков ручных и машинных, плашек, разверток мелких размеров, надфилей, измерительного инструмента простой формы, теплостойкость такая же как у сталей У10, У10А.

Химический состав сталей регламентируется ГОСТом 1435-88. Число в марке обозначает приблизительное среднее содержание углерода в стали в десятых долях процента, буква «А» обозначает, что в стали пониженное содержание серы и фосфора, т.е. является сталью повышенного качества. Например, химический состав стали У12 (в %): С – 1,16...1,23; Mn – 0,17...0,33; Si – 0,17...0,33; S ≤ 0,028; P ≤ 0,030; а в стали У12А – Mn – 0,17...0,28; S ≤ 0,018; P ≤ 0,025, остальные элементы в тех же пределах, что и в стали У12.

4.4.7 СТАЛИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ЛЕГИРОВАННЫЕ

Применяются для изготовления металлообрабатывающего инструмента, который при эксплуатации испытывает нагрев до 200-300° С, например холодновысадочные штампы, валки прокатных станов,

резцы, фрезы, прошивные пуансоны, развертки, метчики, сверла, плашки, протяжки. Большой набор свойств необходимых для широкого диапазона применений достигается сложными сочетаниями легирующих элементов. Большая группа этих сталей, таких как 9Х1, Х6ВФ, Х12, 7ХГ2ВМФ регламентируются ГОСТом 5950-73, а другая часть регламентируется различными ТУ, например сталь 40Х5МФ – ТУ 24-1-12-180-75. Система их маркировки близка к маркировке конструкционных легированных сталей с тем отличием, что число перед маркой обозначает приблизительное среднее содержание углерода в десятых долях процента, если числа нет, то содержание углерода приблизительно 1,0...1,5 %.

4.5 ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ИХ СПЛАВЫ

Чистые цветные металлы как конструкционные материалы в машиностроении применяются редко, например чистая медь применяется для изготовления различных уплотнительных прокладок, разъединителей контактов магнитных пускателей, различных клемм, а в основном – для проводов обмоток электроприборов, аналогично чистый алюминий. Плотность меди γ составляет 8810...8890 кг/м³, температура плавления $t_{пл} = 1083^\circ \text{C}$, прочность $\sigma_g = 270,0...450,0$ МПа, удельное сопротивление (при 20° С) $\rho = 0,01752...0,01820$ Ом мм²/м. Эти же показатели для алюминия: $\gamma = 2690...2700$ кг/м³, $t_{пл} = 657...660^\circ \text{C}$, $\sigma_g = 80,0...250,0$ МПа, $\rho = 0,0263...0,0288$ Ом мм²/м.

В машиностроении эти металлы применяются преимущественно в виде сплавов.

4.5.1 СПЛАВЫ МЕДИ

Латунь – это сплав, обязательными компонентами которого являются медь и цинк. Кроме этого в состав латуней вводят такие элементы как: алюминий, железо, марганец, кремний, свинец, никель, что придает латуням различные требуемые эксплуатационные и технологические свойства, например высокую износостойкость, хорошую сопротивляемость воздействию агрессивных сред, хорошие технологические свойства (пластичность, жидкотекучесть, хорошо обрабатывается резанием).

ГОСТом 17711-80 регламентируется химический состав литейных марок латуней, т.е. те из которых выполняют литые заготовки деталей, например латунь марганцово-железная марки ЛЦ40Мц3Ж имеет химический состав: меди – 53...58,0 %; железа – 0,5...1,5 %; марганца – 3,0...4,0 %, цинк – остальное. Эта марка латуни применяется для ответственных деталей работающих при больших удельных давлениях, при знакопеременных изгибающих нагрузках, например для нажимных винтов прокатных станков, венцов червячных колес червячных редукторов.

Как видно из приведенных литейных марок латуней, первая буква в марке «Л» обозначает латунь, вторая буква «Ц» и следующее за ней число обозначает среднее содержание цинка (в процентах). Для первой приведенной марки это 40 %, а для второй – 23 %. Буквами русского алфавита обозначаются компоненты латуни, а числа после букв обозначают среднее (по марке) содержание этих компонентов. Компоненты обозначаются следующими буквами:

А – алюминий, Ж – железо, Мц – марганец, К – кремний, О – олово, С – свинец. Медь в марке буквенно не отражена, однако, если учесть, что число после буквы «Ц» в марке обозначает среднее

содержание в ней цинка, то, просуммировав содержание всех компонентов (включая цинк), отраженных в марке, и, вычтя эту сумму из 100 %, можно найти и среднее содержание меди. Полный химический состав отражен в соответствующих ГОСТах.

ГОСТом 15527-70 регламентирует химический состав марок латуней, обрабатываемых давлением, в частности кованных заготовок латунных деталей. Например, латунь алюминийево-железная марки ЛАЖ 60-1-1 имеет химический состав: меди 58...61 %, железа – 0,75...1,5 %, марганца – 0,1...0,6 %, алюминия – 0,75...1,5 %, цинк – остальное. Эта марка используется для изготовления труб и прутков.

Латунь алюминийево-никеле-кремнисто-марганцовая марки ЛАНКМц 75-2-2,5-0,5-0,5 имеет химический состав: меди – 73...76 %, марганца – 0,3...0,7 %, алюминия – 1,6...2,2 %, кремния – 0,3...0,7 %, никеля – 2,0...3,0 %, цинк – остальное. Эта марка латуни используется для изготовления полос и труб. Как видно из приведенных марок система маркировки латуней обрабатываемых давлением состоит в следующем: все компоненты латуни кроме меди и цинка введены в обозначение марки группой букв русского алфавита (компоненты обозначаются теми же буквами, что в литейных марках латуней), а содержание компонентов обозначается группой чисел следующих после группы букв. Первое число обозначает среднее содержание в латуни меди (для первой приведенной марки это 60 % меди, хотя буквы, обозначающей медь, в маркировке нет).

Бронза – первоначально была как сплав меди с оловом, а в настоящее время применяются бронзы, включающие и другие компоненты, а есть сплавы на основе меди с другими компонентами, но без олова, которые называют безоловянными бронзами. Вследствие

широкой гаммы компонентов в бронзах и их содержания, свойства бронз также весьма разнообразны.

Основными свойствами всех бронз являются их износостойкость, коррозионная стойкость, хорошая пластичность. Нередко из бронзы изготавливают детали приборов. Их литейные свойства обеспечивают возможность получения даже очень сложных художественных отливок, например скульптурных групп людей и животных, например памятник императору Петра I в виде всадника на вздыбленном коне выполнен из бронзы.

ГОСТом 613-79 регламентируется химический состав оловянных литейных марок бронз, например бронза марки Бр ОЗЦ12С5 имеет химический состав: олово – 2,0...3,5 %, цинка – 6,0...9,5 %, свинца – 3,0...6,0 %, никеля – 0,5...2,0 %, медь – остальное. Эта бронза применяется для изготовления литых заготовок деталей арматуры общего назначения. Бронза марки Бр ОЗЦ7С5Н1 имеет химический состав: олова – 2,5...4,0 %, цинка – 6,0...9,5 %, свинца – 3,0...6,0 %, никеля – 0,5...2,0 %, медь – остальное. Эта бронза применяется для изготовления литых заготовок деталей работающих в масле, паре и пресной воде.

ГОСТом 493-79 регламентируется химический состав безоловянных литейных марок бронз, например бронза марки Бр А9Ж4Н4Мц1Л имеет химический состав: алюминия – 8,8...10,0 %, железа – 4,0...5,0 %, никеля 4,0...5,0 %, марганца – 0,5...1,2 %, медь – остальное. Эта бронза применяется для изготовления литых заготовок деталей работающих в морской воде. Бронза марки Бр С30, имеющая химический состав: свинца 27,0...31,0 %, медь – остальное – применяется для изготовления литых заготовок антифрикционных деталей.

ГОСТом 5017-74 регламентируется химический состав марок оловянных бронз обрабатываемых давлением, например бронза марки Бр ОФ 8,0-0,3 имеет химический состав: олово – 7,5...8,5 %, фосфора – 0,25...0,35 %, никеля – 0,1...0,2 % (хотя в обозначении марки содержание его не отражено), медь – остальное. Эта бронза используется для производства проволоки, из которой изготавливают сетки, применяемые в целлюлозно-бумажной промышленности.

Бронза марки Бр ОЦС 4-4-2,5 имеет химический состав: олово – 3,5...5,0 %, цинк – 3,0...5,0 %, свинца – 1,5...3,5 %, медь – остальное. Из этой бронзы изготавливают ленты и полосы для втулок, прокладок, подшипников.

ГОСТом 18175-75 регламентируется химический состав безоловянных марок бронз, обрабатываемых давлением, например бронза марки Бр АЖМц 10-3-1,5 имеет химический состав: алюминия – 9,0...11,0 %, железа – 3,5...5,5 %, марганца – 1,0...2,0 %, медь – остальное.

Как видно из приведенных примеров марок бронз оловянные и литейные, и обрабатываемые давлением марки содержат в маркировке букву «О», а маркировка безоловянных марок этой буквы не имеет. В литейных марках численное обозначение компонентов идет непосредственно после букв, обозначающих эти компоненты, а в марках, обрабатываемых давлением, сначала идет группа буквенных обозначений компонентов, а затем группа чисел, обозначающих содержание этих компонентов. Элементы обозначаются теми же буквами русского алфавита, что и в маркировке латуней.

4.5.2 СПЛАВЫ АЛЮМИНИЯ

ГОСТ 1583-89 регламентирует химический состав марок алюминиевых литейных сплавов, например марка АЛ2, в котором 10...13 % кремния, остальное – алюминий, применяется для изготовления литейных моделей. Марка АЛ9, в которой содержание кремния 7,0...8,0 %, магния – 0,25...0,40 %, титана – 0,08...0,15 %, алюминий – остальное. Эти марки применяются для изготовления литых заготовок деталей типа кронштейна, корпуса редуктора. Как видно из примеров, обозначение марки литейных алюминиевых сплавов содержит буквы «А» – алюминий «Л» – литейный. Число обозначает номер сплава, химический состав которого следует определять по упомянутому ГОСТу.

ГОСТ 4784-74 регламентирует химический состав марок алюминиевых деформируемых сплавов (их называют дюралюминами), например Д1 имеет химический состав: меди – 3,8...4,8 %, магния – 0,4...0,8 %, цинка – 0,3 %, железа – 0,7 %, кремния – 0,7 %, никеля 0,1 %, алюминий – остальное. Благодаря высокой пластичности в нагретом состоянии из этого сплава изготавливают листы, прутки, трубы. Сплав Д16 имеет химический состав: меди – 3,8...4,9 %, магния – 1,2...1,8 %, марганца – 0,3...0,9 %, цинка – 0,3 %, железа – 0,2 %, кремния – 0,25 %, алюминий – остальное. Этот сплав чаще всего используют для производства прутков. И литейные, и деформируемые алюминиевые сплавы благодаря их высокой прочности σ_{ϵ} до 540,0 МПа и малой плотности $\gamma = 2800...2900 \text{ кг/м}^3$ широко применяется в авиационной промышленности. Химический состав данных сплавов возможно установить по ГОСТу, а число в марке лишь номер сплава.

ГОСТ 14113-78 регламентирует химический состав марок алюминиевых антифрикционных сплавов, например А09-2 имеет химический состав: олова – 0,8...10,0%, меди – 2,0...2,5 %, никеля – 0,8...1,2 %, кремния – 0,3...0,7 %, алюминий – остальное. Этот сплав применяется для монометаллических вкладышей и втулок подшипников скольжения. Сплав АМСТ, имеющий химический состав: меди – 0,7...1,2 %, сурьмы – 4,6...6,5 %, теллура – 0,03...0,3 %, титана – 0,03...0,12 %, алюминий – остальное. Этот сплав применяется для изготовления биметаллической ленты со сталью, широко используется в двигателях внутреннего сгорания автомобилей.

Как видно из примеров, маркировка алюминиевых антифрикционных сплавов дает лишь частичную информацию об их химическом составе, а за полной информацией следует обращаться к ГОСТу.

5. ТЕРМООБРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЧУГУНА И СТАЛИ

Термическая обработка железоуглеродистых сплавов – это их нагрев до определенных температур, выдержка и охлаждение с определенными скоростями, с целью придания сплаву желаемых свойств (в основном механических). Чугуны подвергают отжигу и нормализации, а стали – еще закалке и отпуску.

5.1 ОТЖИГ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК

Отжиг осуществляется для снятия внутренних напряжений в них, которые возникли вследствие литейной усадки, затрудненной сопротивлением литейной формы, с целью измельчения структуры чугуна, повышения за счет этого прочности отливок и улучшения их обрабатываемости резанием. Отжиг чугунных отливок заключается в их нагреве до температуры 900-1000° С, выдержке при этой температуре и

медленном охлаждении вместе с печью (скорость охлаждения 150-200° С в час).

Нормализация является ускоренной разновидностью отжига, отличающаяся от последнего тем, что охлаждение заготовок проводят на воздухе, т.е. с большей скоростью.

Температура отжига отливок и поковок из сталей с содержанием углерода до 0,8 % составляет 750-900° С (в зависимости от содержания в них углерода, с его увеличением эта температура меньше), а для сталей с содержанием углерода выше 0,8 % температура отжига составляет 750-780° С. после отжига стальные отливки и поковки освобождаются от внутренних напряжений, снижается их твердость, улучшается обрабатываемость режущим инструментом.

5.2 ЗАКАЛКА СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Закалка стальных изделий осуществляется с целью повышения их прочности, твердости и упругости. Для сохранения достаточной вязкости стали после закалки обычно проводят **отпуск**. Закалка стали заключается в ее нагреве до температуры закалки и быстром охлаждении в охлаждающей среде. Для сталей с содержанием углерода до 0,8 % температура закалки составляет 750-950° С, а для сталей с содержанием углерода выше 0,8 % - 750-780° С. В качестве охлаждающей среды применяют холодную воду, растворы солей (1...10 % NaCl), растворы щелочей (5...50 % NaOH), минеральные масла. Наибольшую скорость охлаждения обеспечивает вода. Для сталей с большим содержанием углерода скорость охлаждения должна быть меньше. Например, пружины передней подвески автомобиля «Москвич», выполненные из стали марки 60С2 навивают при температуре 850-950° С, нагревают под закалку до 850-870° С и охлаждают путем опускания корзины с

нагретыми пружинами в бак в верхнем слое которого находится вода, а в нижнем – минеральное масло. Такое охлаждение называют «через воду на масло». Для предотвращения нагрева охлаждающих сред осуществляется интенсивная прокачка циркуляционной воды через стальные трубы, пропущенные через охлаждающую жидкость.

В процессе многократного повторения операции охлаждения стальных изделий в масле оно угорает, с образованием твердого осадка, теряет свои охлаждающие качества и нуждается в замене, поэтому термический цех или участок должен иметь системы очистки (регенерации) масла, или его сбора для транспортировки к месту утилизации. Машиностроительное предприятие должно иметь договорные отношения на утилизацию масел с другими предприятиями, если само осуществлять ее не в состоянии. Из-за неисправности баков с охлаждающей жидкостью, систем ее охлаждения или вследствие осознанного решения персонала термического цеха (участка) существует опасность попадания масел (или других охлаждающих сред) в канализацию и водоемы с нанесением им ущерба.

Отпуском называется термическая обработка при которой закаленная сталь нагревается до температуры ниже 723°C , выдерживается при этой температуре, а затем медленно охлаждается. Цель отпуска – несколько уменьшить внутренние напряжения, которые создала закалка, понизить твердость стали и увеличить ее вязкость. Существует три вида отпуска: низкий, средний и высокий.

При **низком** отпуске закаленные изделия нагревают до $150\text{--}250^{\circ}\text{C}$, при этом повышается вязкость без существенного снижения твердости. Этот отпуск применяют при термообработке режущего инструмента из углеродистой и низколегированной сталей, мерительного инструмента.

При **среднем** отпуске изделия нагревают до 350-450° С, внутренние напряжения в стали снижаются, а следовательно снижается ее прочность и твердость, но увеличиваются ее вязкость и пластичность. Этот отпуск чаще всего применяется при термообработке пружин и рессор.

При **высоком** отпуске изделия нагревают до 500-650° С, при этом в стали почти полностью уничтожаются внутренние напряжения, обеспечивается наилучшее сочетание прочности и вязкости стали для таких деталей, как валы, оси, шестерни.

Влияние температуры отпуска на механические свойства закаленной стали марки 60С2 хорошо просматривается в таблице 5.1

Таблица 5.1

Температура отпуска, °С	Механические свойства				
	Прочность σ_s , МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %	Твердость по Бринеллю, НВ, единиц Бринелля	Твердость по Роквеллу HR _c , единиц Роквелла
400	1680	7	34	425	40...45
500	1300	10	42	345	30...35
600	1030	17	48	295	28...30

Закалка, осуществляемая во всем объеме детали, называется **объемной**, а если закалке подвергается лишь поверхностный слой детали, то ее называют **поверхностной**. Нагрев при объемной закалке осуществляют в камерных электрических или пламенных печах, он происходит медленно во всей массе детали, например, так термообработывают крупный вал газовой или гидравлической турбины.

Нагрев при поверхностной закалке осуществляют токами высокой частоты (ТВЧ), помещая закаливаемое изделие в индуктор, охватывающий ту часть детали, поверхностный слой которой нужно закалить. Быстро нагревается только поверхностный слой, т.к. только в нем наводятся вихревые токи. Внутренние слои деталей нагреваться не успевают, поскольку после нагрева до требуемой температуры деталь быстро охлаждают погружением в ванну с охлаждающей жидкостью, или обильным поливом ее струей. Так, например, закаливают поверхностный слой бойковых частей слесарных молотков, выполненных из стали 50. Наружный слой приобретает твердость 50...55 HRC, а внутренний объем остается вязким («сырым»), что обеспечивает молотку хорошее качество.

Термообработка стали в виде закалки и отпуска называется **улучшением**, а стали, прошедшие ее, называются улучшенными.

6. ПЛАСТМАССЫ КАК МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Благодаря достижениям химических технологий непрерывно расширяется сфера применения различных пластмасс, а, следовательно, и объемы их использования. Пластмассы обладают хорошими эксплуатационными и технологическими свойствами, что обеспечивает высокую эффективность их применения, а именно: во многих случаях повышается надежность конструкций, снижается их материалоемкость и стоимость. Эти факторы наиболее значимы в авиа и автомобилестроении.

К **пластмассам** относят материалы на основе полимеров, т.е. веществ, молекулы которых (макромолекулы) состоят из большого количества повторяющихся группировок (мономерных звеньев),

соединенных химическими связями. Полимеры пластмасс бывают **естественными** и **синтетическими**. Пластмассы называют **простыми**, если они состоят из одного компонента – полимера. Это: оргстекло (плексиглас), полиэтилен, полистирол, полипропилен, полихлорвинил, винипласт, эпоксидная смола, фторопласт-4. Перечисленные выше полимеры – синтетические, а природными являются: целлулоид, каменноугольный пек, битум. Пластмассы называют **сложными** (композиционными), если они состоят из нескольких компонентов, каждый из которых выполняет определенные функции. Это: фенопласты, такие как гетинакс, стеклотекстолит, асботекстолит.

Компоненты сложных пластмасс:

- связующее – полимер (смола), содержится в количестве 30-60 % от общей массы и предопределяет свойства пластмассы, и изделий из нее;
- наполнители: ткани (из хлопка, стекловолокна, углеродного волокна), бумага, асбест, древесная мука;
- пластификаторы – необходимы для улучшения пластических свойств материала, это камфара, соевое и касторовое масла;
- катализаторы – являются ускорителями процесса отвердевания, это магнезия, известь, уротропин (циклическое вещество на основе молекул H_2C и азота – N);
- красители – придают изделиям товарный или декоративный вид;
- смазывающие вещества – предотвращают прилипание и пригар пластмасс к стенкам пресс-форм при прессовании деталей.

По физико-химическим свойствам пластмассы делятся на две группы:

1. **Термопластичные** пластмассы (термопласты) – могут при определенных температурах многократно переходить из твердого состояния в вязкотекучее и наоборот. Основой этих пластмасс являются полимеризационные смолы: полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол, винипласт, органическое стекло (плексиглас), капрон. Благодаря термопластичности в повторную переработку на детали могут быть использованы технологические отходы пластмасс (обрезки, литниковые системы при литейном способе производства деталей), а также лом пластмассовых деталей, что снижает стоимость изготовления деталей из этих пластмасс. Примером получения полимеризационной смолы является полимеризация полиэтилена ($(-CH_2 = CH_2 -)_n$ из этилена C_2H_4 ($CH_2 = CH_2$).

2. **Терморезистивные** пластмассы (реактопласты) – при нагреве вначале размягчаются, а затем при определенной температуре переходят в твердое неплавкое состояние, т.е. при последующих нагревах повторно не размягчаются, поэтому повторная переработка отходов и лома из этих пластмасс невозможна. Реактопластами являются пластмассы на основе фенолоформальдегидной, полиэфирной и эпоксидной смол, причем две последние твердеют при комнатной температуре.

Расплавы реактопластов более текучи, чем расплавы термопластов, что облегчает заполнение реактопластами форм, поэтому из них возможно изготовление более сложных по форме деталей, но времени для формирования каждого изделия требуется больше из-за необходимости его выдержки в форме для завершения реакции синтеза полимера, которая и приводит к отверждению. Затверждение изделия из термопласта происходит лишь вследствие охлаждения, т.к. реакция полимеризации уже завершилась при производстве самого полимера.

Перерабатывают пластмассы в изделия способами, зависящими от свойств пластмассы, формы и размеров изделия, и объемов производства. Например, для изготовления различных профилей из термопластичных пластмасс (стержней, уголков, швеллеров, сложных профилей для изготовления мебели) применяют экструзию, т.е. непрерывное выдавливание расплава полимера через мундштук с отверстием, сечение которого совпадает с сечением формируемого изделия, и с непрерывным охлаждением сформованного изделия после выхода из мундштука. Для изготовления различных мелких деталей, например деталей приборов, таких как мелкие зубчатые колеса, втулки, кронштейны применяют прессование заключающееся в том, что пластмассовую композицию в виде гранул помещают в нагретую нижнюю половинку пресс-формы, где она нагреваясь размягчается, а затем постепенно замыкают пресс-форму верхней половинкой, что обеспечивает вдавливание композиций во все полости пресс-формы, причем изделия выдерживают в пресс-форме до отвердения. Горячее прессование может также применяться и для крупных деталей так называемой глубинной вытяжкой, например корпусов приборов, телевизоров, телефонных аппаратов.

Литьем под давлением изготавливают детали из термопластов, подшипники скольжения, втулки, валики, например для приборов, швейных, вязальных машин, для автомобилей. Этот способ заключается в нагревании строго определенной дозы термопластика в цилиндре, а затем ее выдавливание литьевым плунжером через сопло в пресс-форму, которую интенсивно охлаждают, например циркулирующей водой. Машины, которые реализуют этот процесс, называют термопластавтоматами. При литье деталей из полистирола его

температура на выходе из сопла составляет 150...215° С, а давление в литьевом цилиндре – 80...150 МПа.

Основные свойства некоторых пластмасс и сферы их применения представлены в таблице 6.1

Таблица 6.1

Наименование пластмассы	Полиэтилен выс-го дав-я ПЭВД	Полиэтилен низкого давления ПЭНД	Полистирол	Капрон	Гетинакс листовой	Фторопласт-4
Плотность, кг/м ³	920	950	1100	1150	1300	2300
Прочность при растяжении, МПа	10-17	22-30	25-35	50-80	80...90	14-20
Относительное удлинение, %	500-600	300-800	50-70	150-200	-	250-500
Твердость НВ, МПа	14-25	45-58	50-60	10-12	25	30-40
Теплостойкость, °С	50-60	50-60	80	55	150	250
Удельное электрическое сопротивление, Ом/м	$1 \cdot 10^{19}$	$1 \cdot 10^{19}$	$1 \cdot 10^{19}$	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{19}$
Сфера применения	Кабельная изоляция, пленочные изделия, покрытия в хим-й и пищевой промышленности	Твердые электроизолярующие детали – рукоятки, прокладки, колодки	Детали радио и хим-кой аппаратуры, лабораторная посуда	Детали типа втулок, валов, прокладок	Детали конструкций в электроаппаратуре, требующих прочности и хорошей электроизоляции	Сальники, манжеты, электро и радиотехнические детали

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТы
2. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Высшая школа, 2000. – 447 с.
3. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1991. – 383 с.
4. Ицкович Г.М. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1982. – 383 с.
5. Кудрявцев В.Н. Детали машин. – Л.: Машиностроение, 1980. – 464 с.
6. Никифоров В.М. Технология металлов и конструкционные материалы. – Л.: Машиностроение, 1986. – 363 с.
7. Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.
8. Третьяк А.Е. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий по расчету грузовых винтовых пар. – ВНУ им. В. Даля, Краснодар, 2002. – 26 с.
9. Устюгов И.И. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1981. – 399 с.
10. Утутов Н.Л., Детали машин. – Луганск: Издательство ВНУ, 2001. – 200 с.
11. Федоренко В.А., Шошин А.И. Справочник по машиностроительному черчению. – Л.: Машиностроение, 1981. – 416 с.
12. Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцов Б.С., Боков К.Н., Ицкович Г.М., Чернилевский Д.В. Проектирование механических передач. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.
13. Шевченко С.В. детали машин. Расчеты, конструирование, задачи. – Луганск: Издательство ВУГУ, 2000. – 488 с.

Навчальне видання

**КОНСПЕКТ З ДИСЦИПЛІНИ
МАШИНОЗНАВСТВО
ЧАСТИНА 1**

На російській мові
для студентів напрямку:
«Комп'ютерні науки»

Укладачі:

Володимир Йосипович Коротков,
Валерій Олександрович Колесніков

Редактор

Техн. редактор

Оригінал-макет Валерій Олександрович Колесніков

Підписано до друку _____

Формат 60841/16 × Папір друкар. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Усл. печ. л. _____. Уч.-изд. л. _____.

Тираж ___ примірників. Видавництво № _____. Замовлення № _____.

Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Адреса видавництва: 91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20а

Телефон: 8 (0642) 41-34-12, факс. 8 (0642) 41-31-60

E-mail: uni@snu.edu.ua <http://www.snu.edu.ua>

