

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению деловой игры
по дисциплине «Материаловедение»
для студентов направления подготовки бакалавров
150700.62 «Машиностроение» (профиль
«Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
всех форм обучения

Воронеж 2015

Составители: д-р техн. наук Ю.С. Ткаченко,
ст. преп. Ю.Э. Симонова

УДК 658 012

Методические указания к выполнению деловой игры по дисциплине «Материаловедение» для студентов направления подготовки бакалавров 150700.62 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Ю.С. Ткаченко, Ю.Э. Симонова. Воронеж, 2015. 28 с.

Предназначены для закрепления теоретических знаний и приобретения навыков самостоятельной работы по дисциплине «Материаловедение». Приведены вопросы индивидуальных заданий, изложены требования по выполнению, содержанию и оформлению контрольной работы.

Предназначены для студентов 2 - 3 курсов.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS WORD 97 и содержатся в файле димат.doc.

Рецензент канд. техн. наук, доц. В.И. Корнеев

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук,
проф. С.В. Сафонов

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский
государственный технический
университет», 2015

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель дидактической игры - приобретение навыков по рациональному выбору материалов деталей машин, механизмов и устройств в соответствии с заданными эксплуатационными условиями.

Содержание игры

Группа из 4 человек организует совместную деятельность по рациональному выбору конкретного материала, из которого необходимо изготовить конкретную деталь с учетом ее технологичности.

Работа завершается оформлением группового отчета.

Научные основы выбора материала

Рациональный выбор материала - важнейшая задача конструктора, когда на определенной стадии разработки закладываются такие показатели как надежность и экономичность машины, которые зависят с одной стороны от правильности конструкции, а с другой - правильности выбора материала для этой конструкции.

При создании новых деталей и устройств или изменении условий эксплуатации (коррозионная среда, радиация, повышенные температуры, космический вакуум и др.) приходится производить поиск материала методом проб и ошибок.

Можно сформулировать некоторые общие положения, которые будут полезны для конструктора (механика) и помогут ему грамотно ориентироваться в конструкционных и инструментальных материалах.

Материал можно считать выбранным правильно, если он наилучшим образом отвечает трем основным требованиям:

- эксплуатационная надежность;
- технологичность;
- экономичность.

Эксплуатационная надежность обеспечивает работоспособность материала с вероятностью обеспечения безотказности работы изделия в течение заданную периода времени (срока службы).

В каждом конкретном случае ведущая характеристика надежности будет своя: у пружин — выносливость, у подшипника - износостойкость, у лопатки газовой турбины жаропрочность.

Для правильного выбора материала следует ясно представлять, какие характеристики материала для данного изделия являются лимитирующими, и подобрать материал, пригодный в первую очередь, по этим характеристикам.

Например, повышение твердости может привести к такому снижению ее пластичности, что материал окажется таким же непригодным, как и при не достаточной твердости.

Основной задачей является исследование оптимальных характеристик для ряда изделий. В одних случаях важным является коррозионная стойкость, в других - минимальный вес, в третьих - высокая стабильность формы и размеров или низкий предел хладноломкости. Зная природу физико-механических свойств металлов и сплавов, можно предвидеть, какие из них и в каком состоянии целесообразно использовать, для данного изделия, а при необходимости внести исправления в нужную сторону. При обеспечении необходимой надежности важное значение имеет разброс характеристик материала относительно средних значений, а также статистика этих свойств.

Второе основное требование, предъявляемое к материалу в процессе разработки конструкции, является его технологичность, т. е. пригодность к обработке теми или иными способами. Наиболее дешевым способом получения заготовок сложной формы является литье. Поэтому, если деталь сложная, то надо постараться подобрать материал с хорошими литейными свойствами, учитывая его усадку, жидкотекучесть, температуру плавления, горючесть и т. д. Известно, что литые изделия из металлов и сплавов обладают хрупкостью и не имеют высокой конструкционной прочности. Если эксплуатационные требования не позволяют использовать литье, то необходимо выбрать материал, который подвергается обработке давлением, т. е. обладающий

достаточной ковкостью, пластичностью в горячем и холодном состоянии, учитывая при этом краснеломкость. Сложные детали могут быть получены сочетанием штамповки со сваркой. В этом случае ведущим технологическим свойством будет наряду со штампуемостью еще и свариваемость, т. е. способность образовывать прочные швы без образования трещин, больших остаточных напряжений и других дефектов.

Точные формы и размеры изделий требуют обработки резанием. В этом случае, выбирая материал, необходимо учитывать обрабатываемость его резанием, т. е. чтобы он не был ни очень твердым, ни очень вязким, не вызывал усиленного износа инструмента и обеспечивал бы хорошую (расчетную) чистоту обработанной поверхности. Кроме этого, следует учитывать возможность термической обработки, так как она не может привести к изменению свойств материала в несколько раз.

При этом необходимо принимать во внимание закаливаемость, прокаливаемость, наследственное зерно, склонность к короблению при закалке и отпускной хрупкости, образованию шиферного излома, обезуглероживанию и т. д.

Технологичность металла играет очень важную роль, которую конструкторы должны постоянно помнить.

Выбирая материал, необходимо стремиться к минимальной его стоимости. Такой прямолинейный подход не отражает экономичности производства в целом. Например, у детали из дешевого материала может оказаться дорогая технология и, наоборот, из дорогого - дешевая, а себестоимость изделия будет ниже именно во втором случае, так как отходы металла будут меньшими (высокий коэффициент использования материала).

МЕТОДИКА ВЫБОРА МАТЕРИАЛА

В процессе проектирования конструктор опирается на техническое задание, в котором содержатся основные требо-

вания к будущей детали. На выбор конструкции изделия большое влияние оказывает размер партии, который формируется из годового объема производства. Какая-либо деталь при мелкосерийном производстве изготавливается по одному технологическому процессу, а при крупносерийном - по другому. Так, если количество деталей небольшое, то целесообразным является выбор более дорогих легированных сталей и отказ от сложного технологического оборудования. И наоборот, при массовом производстве имеет смысл применить производительные технологические оборудование, используя прогрессивные методы упрочнения, но изготавливать детали из недефицитных и недорогих материалов.

Размеры деталей определяют расчетным путем, а окончательное конструктивное решение принимается исходя из оптимального распределения напряжений. Долговечность отдельных деталей может значительно отличаться от долговечности агрегата или машины в целом, поэтому не всегда целесообразно повышать качество деталей, если вся машина рассчитана на короткий срок работы. Отказ одной детали может значительно сократить надежность конструкции. Таким образом, выбор материалов и их технологических методов изготовления и упрочнения должны согласоваться со значимостью конкретной детали в механизме.

Качество детали формируется в процессе всех этапов ее изготовления, начиная с отливки, пластической деформации и кончая механической, термической и химико-термической обработкой. Кроме того, на долговечность деталей в значительной степени оказывают влияние условия эксплуатации - своевременность смазки, крепления, замены изношенных элементов.

Выбор метода получения заготовки может оказать большое влияние на характеристики прочности и пластичности готовой детали. Так, замена литья на литье в оболочковую форму или применение штамповки вместо обработки резанием позволяет в ряде случаев повысить реальные характеристики в несколько раз. При этом стоимость обработ-

ки (например, обработка проката намного дороже обработки литья). Экономические соображения могут определять выбор способа получения заготовки.

Эксплуатационные требования к служебным характеристикам деталей определяют выбор материала, Деталь должна обладать необходимой конструктивной прочностью, долговечностью и надежностью. На основании сформулированных требований определяют стандартные характеристики материала, из которого предполагается изготовление детали. В зависимости от назначения и условий работы материал должен удовлетворять эксплуатационным требованиям (например, не охрупчиваться при низких температурах).

Кроме того, большое значение имеют технологические особенности материала: жидкотекучесть, если заготовку получают методом литья; способность хорошо обрабатываться резанием и давлением: способность хорошо свариваться, если деталь сварная; ремонтпригодность (в тех случаях, когда ресурс детали достаточно большой и целесообразно использовать после ремонта).

Стоимость материала при прочих равных условиях должна быть минимальной. Применение дорогих легированных материалов должно быть технически и экономически оправдано.

Часто эксплуатационные, технологические и экономические требования вступают в противоречие друг с другом. Например, более прочные стали обрабатывать труднее, чем менее прочные, и их стоимость выше. Таким образом, в каждом отдельном случае приходится принимать компромиссное решение, в первую очередь, удовлетворяя эксплуатационным требованиям и в то же время по возможности, используя малолегированные не дефицитные материалы.

Для многих деталей решающее значение при выборе стали имеет прокаливаемость. Такие детали, как шатуны, ответственные рычаги, тяги и другие изделия должны, по

условиям работы, иметь по всему сечению однородную структуру (чаще всего одну из отпускных структур). Чтобы выполнить данное требование, деталь необходимо прокаливать насквозь. В центре заготовки должно быть не менее 95 % мартенсита, а это возможно только для деталей с малой критической скоростью закалки, в составе которых достаточное количество легирующих элементов. Когда изделие работает на изгиб или кручение, сквозная прокаливаемость не обязательна, так как распределение напряжений у деталей такой группы не равномерное - на поверхности напряжения максимальные, а в центре - минимальные, близкие к нулю. Тогда глубина закаленного слоя может быть ограничена 0,5 радиуса сечения детали.

В каждом отдельном случае при назначении материала, кроме схемы напряженного состояния в условиях эксплуатации необходимо учитывать встречающиеся на практике характерные виды дефектов подобных деталей. Выбирая материал для проектируемой детали, конструктор учитывает опыт работы сходных конструкций как в нашей стране, так и за рубежом. Для многих деталей разработаны стандарты, которые регламентируют конструктивные формы, размеры, требования к качеству и технологии обработки.

Если опыт показывает, что прежняя конструкция подобных деталей имела повышенный износ, частые поломки или другие дефекты, то в новую конструкцию должны быть заложены мероприятия, повышающие долговечность и надежность проектируемых деталей. Работоспособность ответственных деталей и узлов обычно проверяют на стендах или натуральных испытаниях.

Рассматривая схемы напряженного состояния в условиях эксплуатации, можно наметить несколько групп конструкционных деталей. Каждая из таких групп (табл. 1) характеризуется определенными условиями работы, требованиями к свойствам материалов, а также типовыми видами упрочняющей обработки, обеспечивающими эти требова-

ния.

Приведенная табл. 1 позволяет избежать возникновения грубых ошибок у обучающихся и охватывает только некоторые варианты выбора материалов.

ПРИМЕР ВЫБОРА МАТЕРИАЛА ДЕТАЛИ

Детали машин при эксплуатации испытывают различные виды напряжений, оценить которые достаточно сложно, поэтому, приступая к выбору материала для конкретной детали, необходимо выделить основные напряжения, ответственные за работоспособность детали.

Анализируя условия работы изделия, можно определить свойства, которыми должен обладать материал. Их нужно сопоставить с характеристиками материала, приведенными в справочнике, после чего из группы близких по свойствам материалов выбрать материал, наиболее полно отвечающий основным и дополнительным требованиям.

Дополнительными могут быть такие требования, как лучшая технологичность, более низкая стоимость, меньшая склонность к деформациям при термической обработке и т. д.

Для определения группы материалов, удовлетворяющих основным требованиям эксплуатации, можно воспользоваться данными, приведенными в табл. 1, в которой даны характеристики условий работы для некоторых деталей и рекомендуемые материалы для их изготовления.

После этого анализируются следующие факторы: размер партии, технологические характеристики, дополнительные требования.

Последовательность действий при выборе материала рассмотрим, решая задачу изготовления модульной шестерни редуктора.

Деталь предусмотрена для серийного производства. Условия работы зуба шестерни - изгибающие напряжения, высокие контактные нагрузки при циклических воздействи-

ях, трение скольжения. Расчетные напряжения, полученные для зубьев шестерни, допускают применение материалов с пределом текучести $\sigma_{0,2} > 350\text{МПа}$, $\delta = 12\%$, $\sigma_k > 1290\text{МПа}$, модуль шестерни принимается равным 4.

По данным эксплуатации определяют основные виды дефектов шестерен. Применяя данные табл. 1 находят группу деталей, условия работы которой в наибольшей степени совпадают с условиями эксплуатации проектируемой детали. Это 9 группа для изделий, испытывающих динамические воздействия при высоких контактных напряжениях и трении скольжения. В этом случае рекомендуют стали с массовой долей углерода 0,1 ...0,3 % (цементуемые). В качестве упрочняющей технологии применяют нитроцементацию или цементацию. Эти виды обработки обеспечивают вязкость сердцевины и износостойкость поверхности, а также высокое сопротивление заеданию и предел выносливости.

Таблица 1

Классификация конструкционных деталей по условиям работы

Группа	Условия работы, конструктивные особенности	Основные требуемые свойства	Типовые детали	Примеры применяемых материалов, марки	Типовая упрочняющая технология	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	Напряжения от внешних нагрузок и термические напряжения. Сложная конструктивная форма изделия	Механическая прочность. Сопротивление циклическим напряжениям при изменении температуры. Хорошая технологичность и теплопроводность.	Направляющие станков, крышки плавающих головок, стяжные колоды, корпуса, днища.	Серые чугуны: СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ25. Алюминиевые сплавы: АЛ9, АЛ4. Магние-вые сплавы: МЛ5. Стали: 15Х5М	Старение, отжиг для снятия напряжений, нормализация, выскокий отпуск	Крупнографитовые включения более высокую износостойкость по сравнению с мелкими
2	Напряжения от термических и внешних нагрузок, механический износ в агрессивной среде и при повышенной температуре	Износостойкость и задирность при повышенных температурах. Коррозионная стойкость. Хорошая технологичность (литейные свойства, обрабатываемость резанием, шлифуемость).	Корпуса, днища, внутренние детали аппаратов	Специальные чугуны (нирезист, хромоникеливые и др.). Металлокерамика, серые чугуны с прирабатывающимися покрытиями, алюминиевые сплавы АЛ2, АЛ10В, АК4, АЛ25, АЛ30. Стали 08Х18Н10Т, 08Х13	Старение, различные покрытия для приработки (хромирование, лужение, сульфатирование, азотирование, фосфотирование) закалка	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
3	<p>а. Небольшие напряжения. По условиям работы деформация не планируется.</p> <p>б. То же, но возможны небольшие деформации в процессе эксплуатации</p>	Хорошие литейные свойства при удовлетворительной пластичности. То же и способность к пластической деформации ($\delta = 3...12\%$).	Днища, плоские фланцы, муфты, пробки, корпуса и обечайки	Серые чугуны СЧ15, алюминиевые сплавы, стали: ВСтЗкп2, 20, ковкие чугуны КЧ35-10, КЧ37-12. Высокопрочные чугуны, стальное литье ВСтЗпсб	Для стали нормализация. Отжиг, старение. Закалка, отпуск.	Необходимость термобработки обусловлена условиями изготовления. Ковкие чугуны применяются для тонкостенных деталей
4	Трение скольжения при повышенной температуре в агрессивной среде	Износостойкость, противозадирные свойства, теплопроводность, выносливость, сопротивление пластической деформации, коррозионная стойкость	Подшипники скольжения, втулки	Баббиты Б83, Б89, БТ и др. Алюминиевые, медные и цинкованные подшипниковые материалы и многослойные композиции.		Оловянистые и свинцовые баббиты применяются при давлениях 1500МПа. При более высоких давлениях используют свинцовистую бронзу или алюминиевые сплавы

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
5	Трение качения при высоких контактах	Износостойкость и контактная выносливость, отсутствие деформации в процессе работы	Ролики, шарики подшипников, кольца подшипников	ШХ6, ШХ9, ШХ15, ШХ15ГС, 95Х18	Закалка и низкий отпуск. Закалка с низким отпуском и обработка холодом	
6	Невысокие динамические напряжения при циклических воздействиях и трении скольжения. Конструкционная форма простая	Высокая ударная вязкость сердцевины и износостойкая поверхность. Повышенный предел выносливости	Оси, валы, пальцы, тяги	Ст3, Ст4, Ст5, Сталь35, 40, 45	Улучшение. Для малоответственных деталей применяют нормализацию без термической обработки. Нормализация с последующей поверхностной закалкой ТВЧ и низким отпуском	Требуется сквозная прокаливаемость. Для повышения выносливости применяют обработку дробью, роликами. Могут применяться малоуглеродистые стали 10, 15Х, 20, 20Х с последующей цементацией, закалкой и низким отпуском.

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
7	То же, но высоконагруженные	То же	Валы	Стали 45, 40ХГР, 18Х, 2Н4ВА, 45Х, 38Х, 2МОА	Нормализация с последующей поверхностной закалкой и низким отпуском. Улучшение с последующей закалкой ТВЧ и низким отпуском. Улучшение с последующим азотированием	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
8	Высокие динамические контактные напряжения при циклических воздействиях и трении	Высокая ударная вязкость и износостойкость поверхности, высокая контактная выносливость, сопротивление заеданию, усталостная прочность	Шестерни, шлицевые детали	Цементуемые сплавы 25ХГТ, 30ХГТ, 15Х, 18ХГТ, 20ХНМ, 12ХНЗА. Нитроцементуемые стали 25ХГМ, 19ХГН, 20ХГНМ и др.	Цементация, закалка и низкий отпуск. Нитроцементация, закалка и низкий отпуск	Твердость поверхности HRC 52...62, сердцевины HRC 35...45
9	Большая упругая деформация при циклическом нагружении	Высокий предел упругости, выносливость	Пружины, торсионы, мембраны	Сталь 65Г, 55С2, 70С3А, 60С2ХФА, 60С2ВА	Закалка и средний отпуск, обработка дробью	Твердость HRC 40...50

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
10	Трение в абразивной среде и в потоке газов при высоких температурах и динамических нагрузках	Износостойкость, жаропрочность и жаростойкость, сопротивление механической и термической усталости. Термостойкость		40X, 40X9C2, 40X10C2M, 80X20HC, 45X14H14, 40X14H14B2M, 12X18H9T	Закалка с последующим старением (отпуска) при температурах выше рабочей температуры детали	Рабочая температура до 700...900 ⁰ С
11	Силовые нагрузки в условиях колебаний температуры +50 - -50 ⁰ С	Повышенная прочность, коррозионная стойкость, тепло и морозо стойкость	Детали силовых конструкций	СтЗсп, 10ХСНД, 15ХСНД	Нормализация	

По механическим характеристикам можно подобрать и улучшаемые стали, которые после улучшения и поверхностной закалки с последующим низким отпуском имеют высокую вязкость сердцевины и поверхностную износостойкость. Анализируя особенности конструктивного решения данной детали (малый модуль), от второго варианта, по видимому, придется отказаться, исходя из следующего соображения: зуб шестерни должен иметь равномерный упроченный слой.

Глубина его по условиям работы должна быть в пределах 0,5...0,8 мм, так как толщина зуба небольшая. Такое требование накладывает на точность изготовления индуктора жесткие допуски, что практически невозможно осуществить. Различная величина зазора между деталью и индуктором на поверхности зуба приведет к неравномерной глубине слоя, а это при данных размерах шестерни недопустимо.

Можно попытаться использовать сталь пониженной прокаливаемости 58 (55ПП), применяя сквозной нагрев венца шестерни при закалке. Благодаря низкой прокаливаемости данной стали можно получить неполную прокаливаемость зуба. Сталь 55ПП имеет критический диаметр 6,6...9,0 мм и рекомендуется для шестерен с модулем 4,2...4,5 мм, а в нашем случае модуль зуба равен 4.

Таким образом, наиболее целесообразно применить для изготовления проектируемой шестерни одну из цементуемых сталей. Выбор сталей большой, и почти любая из них может обеспечить необходимые свойства сердцевины ($\sigma_{0,2} \geq 350$ МПа, $\delta = 12$ %. $\sigma_k > 1290$ МПа). Кроме этого, стали этой группы могут подвергаться цементации, нитроцементации или цианированию.

Применение цианирования ограничено из-за токсичности цианистых ванн, и поэтому данный процесс не желателен. При сравнении нитроцементации и цементации становится очевидно, что нитроцементация предпочтительнее, так как она проводится при более низких температурах

820...860⁰ С по сравнению с цементацией 920...950°С. Это позволяет избежать больших деформаций после химико-термической обработки и закалки.

Оптимальная глубина слоя после нитроцементации меньше, чем при цементации, но в нашем случае для тонкого зуба проектируемой шестерни требуется небольшая глубина слоя.

Кроме того, нитроцементация более интенсивно повышает выносливость и износостойкость сталей. После нитроцементации требуется закалка с последующим низким отпуском. Сложная форма детали определяет охлаждающую среду при закалке. Вода как охладитель в данном случае неприемлема, потому что вызывает большие внутренние напряжения и влечет за собой деформацию изгиба. Поэтому чтобы исключить этот недостаток следует использовать масло в качестве охлаждающей среды после закалки.

Однако, следует учитывать, что при этом скорость охлаждения в масле оказывается ниже критической.

В рассматриваемом случае сквозная прокаливаемость не требуется, поскольку сердцевина зуба состоит из малоуглеродистой стали и должна сохранять пластичность.

Можно использовать стали 15ХФ, 15ХФМ, 25ХГГ, 25ХГМ, 20ХН и др наиболее дешевая сталь этой группы - 15ХФ.

Индекс стоимости у нее, 1,14. Однако выбор материала обуславливается не только приведенными выше соображениями, но и затратами на обработку. В нашем случае основные расходы на изготовление шестерни падают па механическую обработку (токарные и зуборезные работы), поэтому скорость резания и износостойкость инструмента могут оказать существенное влияние на выбор стали.

По условию задания изготовление шестерни намечено проводить большими партиями. Определяется по справочнику значение коэффициента обрабатываемости K_v . Данный коэффициент показывает отношение допустимой скорости резания при 60-ти минутной стойкости резца при обработке

исследуемой стали к допустимой скорости резания при обработке эталонной стали 45.

Для стали 45 при твердосплавном инструменте допустима скорость резания 145 м/мин. а при инструменте из быстрорежущей стали - 70 м/мин. Из перечисленных выше сталей наибольший коэффициент обрабатываемости K_v у стали 15ХФ, равный 1,7 для твердосплавного и 1,3 для быстрорежущего инструмента.

Окончательный выбор материала определяется экономическими соображениями.

По современным нормам изменение технологического процесса для материала должно быть экономически оправданным, т. е. давать экономический эффект в размере не менее 15 % прибыли.

Годовые затраты подсчитывают, исходя из формулы

$$\mathcal{E}_r = (3_1 - 3_2)n \quad 1$$

где 3_1 - затраты на производство по старому варианту, р.;

3_2 - затраты на производство по новому варианту, р.;

n - годовой объем производства, шт.

Затраты на производство включают расходы на оборудование, эксплуатационные расходы, стоимость материала.

Если заменен только материал, а технологический процесс остался прежним, то экономическая целесообразность такой замены подсчитывается по коэффициенту экономической целесообразности ϕ , который определяется отношением значения относительного повышения прочности к значению относительного повышения стоимости материала, т. е.

$$\phi = B/A \quad 2$$

где B - значение относительного повышения прочности;

A - значение относительного повышения стоимости материала.

Например, сталь Ст3 заменили сталью 15ХФ, стои-

мость которой в 1,14 раза выше стоимости Ст3, значит $A = 1,14$.

Повышение предела текучести $B = 550/250 = 2,2$ (550 МПа -предел текучести стали 15ХФ, а 250 МПа - предел текучести стали Ст3). В этом случае $\varphi = 2,2/1,14 = 1,9$. Считается, что если данный коэффициент больше 1,2, то замена материала оправдана.

Применение высокопрочных материалов нецелесообразно, так как их хуже обрабатывать, увеличивается износ инструмента, уменьшается скорость резания. Поэтому, кроме указанного расчета, требуется еще учет дополнительных факторов.

В данном примере обрабатываемость стали 15ХФ и ее стоимость удовлетворяют предъявляемым требованиям, а при больших партиях оказалось более предпочтительнее применять сталь 25 ХГМ. которая обладает меньшей критической скоростью. Было выявлено, что при закалке большого объема металла не удастся обеспечить необходимую скорость охлаждения всех деталей одной закладки. В результате у части деталей, расположенных в середине пространства печи, твердость оказалась недостаточной. Из этого можно сделать вывод, что технологический процесс оказал существенное влияние на выбор материала.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИГРЫ

Обучающиеся разбиваются на группы по 4 человека, распределяясь по ролям:

- руководитель - организует работу своей группы и представляет результаты работы группы;

- оформитель - представляет наглядно результаты отчета, ведет записи, разрабатывает демонстрационную версию отчета (слайдовый материал и др.);

- члены жюри - жюри состоят из представителей всех групп:

- счетовод - ведет подсчет очков.

Все группы получают индивидуальное задание (табл. 2) и выполняют его. Обучающимся даются вводная инструкция, правила игры и контрольные вопросы для допуска к игре.

Преподаватель в игре выполняет роль ведущего, проводит вводный инструктаж, обеспечивает информационные запросы групп, награждает или наказывает за правильные или неверные вопросы, лишние обращения за информацией, направляет работу жюри, производит итоговую оценку работы всей группы, следит за выполнением временного графика.

Руководители групп по очереди защищают принятое решение перед жюри в течение 10 мин.

При выполнении задания группы могут требовать от преподавателя разную информацию и задавать любые вопросы по теме. За каждый вопрос и каждую правильно затребованную информацию группы награждаются красными жетонами, которые будут приплюсовываться к общей сумме баллов.

В решении задания обучающиеся могут, кроме представленной информации, использовать любую известную им информацию, что также будет поощряться.

При неверных вопросах, излишних обращениях за помощью, группе выдаются черные жетоны, которые будут вычитаться из полученной суммы баллов.

Оформленные задания представляются на проверку жюри и оцениваются по следующим показателям:

- правильность (от 1 до 5 красных жетонов):
- частичная правильность (серый жетон):
- оригинальность решения и оформления (от 1 до 3 желтых жетонов);
- полнота решения (от 1 до 2 оранжевых жетонов):
- привлечение дополнительной информации (от 1 до 2 малиновых жетонов);
- наглядность и образность оформления (зеленый жетон);
- ошибки (черный жетон).

Члены жюри, в свою очередь, сами получают оценку за внесение правильных поправок (красный жетон), субъективизм

и ошибки (черный жетон).

После защиты счетовод подсчитывает баллы своей группы и сообщает результаты ведущему (преподавателю). Из суммы жетонов всех цветов вычитывается сумма черных жетонов.

Счетовод заполняет бланк регистрации по образцу. Группа, набравшая наибольшее число жетонов и занявшая первое место, освобождается от защиты работы перед преподавателем. Группа занявшая второе место, получает 5 вопросов по теме занятия на всю группу. Группа, занявшая третье место, получает 5 вопросов на каждого члена группы. Защита 2-й и 3-й групп проводится в часы консультаций.

В некоторых работах при защите своего задания группы отвечают на несколько контрольных вопросов, которые задает преподаватель. При правильном ответе группа получает красный жетон. Если нет ответа или ответ не верный - черный. В этом случае право отвечать представляется остальным группам. За правильный ответ ответившая группа получает красный жетон.

Следующий вопрос адресуется другой группе и т. д.

Итоги работы в виде сумм полученных баллов заносятся в журнал преподавателя. Закончив игру, обучающиеся оформляют групповые отчеты и сдают их преподавателю.

После проверки отчета и его утверждения преподаватель проставляет результат защиты в журнал.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Дата занятия, индекс учебной группы, номер группы в данной игре. Ф.И.О. обучающегося группы и их роли.
2. Задание, полученное группой (табл. 2).
3. Используемое оборудование и источники информации.
4. Решение задания.
5. Контрольные вопросы и ответы на них.
6. Заполненный бланк регистрации результатов с указанием места в игре.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется твердостью материала? Каковы методы определения твердости и ее размерность?

2. Какими показателями характеризуется прочность металлов? Каковы методы ее определения и размерность?

3. Какими показателями характеризуется пластичность металлов? Каковы методы ее определения и размерность?

4. Какие Вы знаете основные физические и механические свойства твердых тел?

5. Что такое σ_B ?

6. Что такое $\sigma_{0,2}$?

7. Как охарактеризовать показатели δ и φ ?

8. Что характеризует ударная вязкость?

9. Что означает σ_{-1} ?

10. Какие свойства материала в основном характеризует показатель Kv ?

11. Что называется пределом пропорциональности?

12. Что характеризует предел упругости?

13. Что такое перлит, троостит, сорбит, бейнит, мартенсит?

14. Каково назначение полного и не полного отжига?

15. Что такое закалка?

16. Что такое отпуск?

17. Каково назначение старения?

Таблица 2

Варианты заданий для дидактической игры

Номер варианта	Задание	Основные размеры детали	Физико-технические характеристики материала	Условия работы
1	2	3	4	5
1	Выбрать материал для поршневых пальцев	Диаметр 30мм	$\sigma_r \geq 400$ Мпа А $500 \text{кДж/м}^2 \geq$ HRC 60...62	Двигатель внутреннего сгорания. Изгибающие напряжения. Нагрузки знакопеременные, ударные
2	Найти оптимальное решение по выбору материала для распределительного вала из указанных 20Х, 40Г, 40ХМ. Назначить режим термообработки	Диаметр 40мм	$\sigma_r \geq 500$ Мпа $\delta \geq 20\%$ Твердость на поверхности HRC ≥ 50	Двигатель внутреннего сгорания. Ударные нагрузки, изгибающие напряжения
3	Изготовить вал для электродвигателя. Определить какое решение будет оптимальным: сталь45 (закалка, высокий отпуск); Ст5 в горячекатанном состоянии; Сталь 20ХГР (закалка, низкий отпуск)	Диаметр 50мм	$\sigma_b \geq 600$ Мпа $\psi \geq 30$	Циклические нагрузки. Напряжения кручения.

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
4	Изготовить шестерню, выбрать для нее материал и режимы термообработки	Толщина зуба 12мм	$\sigma_T \geq 600$ Мпа $A \geq 500$ кДж/м ² HRC ≥ 50	Циклические нагрузки, напряжения смятия, среза.
5	Изготовить тяжело нагруженный вал, выбрать материал и режимы термообработки	Диаметр 50мм		
6	Для изготовления тяжело нагруженного вала простой формы выбрать сталь из 40Г2, 50Х, 35ХМ и подобрать режимы термообработки	Диаметр 50мм		
7	Какая из приведенных сталей 30Х, 45, 35ХМ соответствует оптимальному выбору для изготовления средненагруженной детали сложной формы	Диаметр 25мм		
8	Изготовить шестерню из стали 12ХНЗА. Обосновать выбор стали и режимов термической обработки	Толщина зуба 10мм Модуль 6...7мм	HRC 58...62 на поверхности зуба $\sigma_T \geq 800$ Мпа $A \geq 700$ кДж/м ²	

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
9	Обосновать оптимальный вариант при выборе стали и режимов термообработки шестерни коробки передач (редуктора): сталь 30ХГТ, 40ХГТР, 55-ТВЧ +самоотпуск при 180 ⁰ С.	Толщина зуба 6мм	HRC 59...61 на поверхности слоя 1мм $\sigma_{н} \geq 800$ Мпа	
10	Изготовить шатун с выбором материала, режимов термообработки, вида заготовки	Сечение 15x60мм	$\sigma_{в} \geq 1000$ Мпа $\sigma_{т} \geq 700$ Мпа $\delta \geq 10\%$ $A \geq 600$ кДж/м ²	
11	Изготовить вал с выбором стали и режимов термообработки. Обосновать решение	Диаметр 70мм	$\sigma_{т} \geq 800$ Мпа $A \geq 700$ кДж/м ²	
12	При изготовлении турбинного вала выбрать оптимальную сталь из приведенных 18Х2Н4МА, 34ХН3М, 30ХГС и назначить термообработку			

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
13	Для изготовления ответственных шестерен используют стали марок 12ХН3А, 20Х2Н4А. Какие стали могут стать заменителем этих дефицитных и дорогостоящих.			
14	Изготовить вал стартера из стали 40ХНР. Какую сталь можно использовать в качестве заменителя	Сечение 25мм	$\sigma_b \geq 900 \text{ МПа}$ $\delta \geq 10\%$ $A \geq 600 \text{ кДж/м}^2$	
15	Какую сталь можно использовать для изготовления игл форсунок и деталей распылителей из приведенных 40Х, 12ХН3А, 38ХМЮА. Какой вид обработки следует применить			Требования к минимальному износу
16	Указать причину поломок шеек валов двигателей из-за усталостного излома при обработке ТВЧ и низком отпуске			Повышенная износостойкость

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
17	Детали кожухов электродвигателей закрытого типа изготавливают из листовой стали глубокой вытяжкой. Какую сталь следует использовать для изготовления таких деталей			Детали не подвержены нагрузке
18	Какой материал следует использовать для изготовления шестерен с учетом диаграммы прокаливаемости. Какую применить термообработку?	Толщина зуба 12мм	HRC 53...58 на поверхности и на глубине 1мм HRC 33...58 в середине зуба	
19	Какую сталь следует использовать для изготовления сварной конструкции		$\sigma_B \geq 450$ Мпа $\sigma_T \geq 250$ Мпа $\delta \geq 25\%$	
20	Назначить режим термообработки изделия из стали 20Г после сварки			

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
21	Какую сталь следует использовать для изготовления кулачкового валика. Назначить режимы термообработки для обеспечения требуемых свойств	Диаметр 25мм	HRC \geq 50 $\sigma_T \geq 400$ МПа А \geq 400кДж/м ²	
22	Какими методами можно повысить предел выносливости пружин			
23	Какую сталь У7, 65Г, 60С2, 50ХФА следует использовать для изготовления пружин клапанов двигателей внутреннего сгорания			
24	Какая термообработка и структура является оптимальной в деталях типа рессор и пружин			
25	Из какого материала и каким способом следует изготовить зубчатые колеса	Диаметр 700мм Высота 80мм	$\sigma_B \geq 250$ МПа	Без ударных нагрузок

СОДЕРЖАНИЕ

Цель и задачи работы	1
Методика выбора материала	3
Пример выбора материала детали	7
Методика проведения игры	18
Содержание отчета	20
Контрольные вопросы	21
Варианты заданий	22

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению деловой игры
по дисциплине «Материаловедение»
для студентов направления подготовки бакалавров
150700.62 «Машиностроение» (профиль
«Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
всех форм обучения

Составители:
Ткаченко Юрий Сергеевич
Симонова Юлия Эдуардовна

В авторской редакции

Компьютерный набор Ю.Э. Симоновой

Подписано к изданию 26.03.2015.
Уч. – изд. л. 1,7. «С»

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14