

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
<<САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)>> (СГАУ)

Кафедра производства двигателей летательных аппаратов

Обеспечение надежности технологическими методами

Самара 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
<<САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)>> (СГАУ)

Кафедра производства двигателей летательных аппаратов

**Технологические методы обеспечения надежности
изделий**

Методические указания к курсовой работе

Самара 2012

УДК 621.9 (07)

Составитель: А. П. Шулепов

Методические указания предназначены для студентов дневного, вечернего и заочного отделений специальности 160301 и 151900, выполняющих курсовую работу по обеспечению надежности изделий технологическими методами. В них даны общие положения, раскрывающие цели и задачи, тематику, содержание и объем курсовой работы и методические рекомендации к выполнению отдельных разделов. Разработаны на кафедре производства двигателей летательных аппаратов.

Оглавление

Введение.....	5
1 Цели и задачи курсового проектирования	6
2 Темы курсовых проектов	6
3 Задание на курсовое проектирование	7
4 График выполнения курсовой работы.....	8
5 Общие требования к курсовому проекту	8
6 Защита курсовой работы	10
Список рекомендуемых источников.....	11
Приложение А	12
Приложение Б.....	13
Приложение В	14
Приложение Г	15
Приложение Д	16
Учебное издание.....	27

Введение

Качество любого изделия определяется его техническим совершенством и надежностью. Надежность- это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, которые определяют его способность выполнять требуемые функции, если соблюдаются расчетные режимы работ и необходимые условия обслуживания (ГОСТ 27.000-83).

Вместе с этим надежность- это и самостоятельное научное направление, служащее основой создания практических методов обеспечения и оценки надежности изделий при их создании и использовании. Теория надежности исследует влияние конструкторских, технологических и эксплуатационных факторов на уровень надежности изделий, который всегда оценивается во времени и в связи с конкретными условиями эксплуатации. Поэтому безопасность и долговечность являются важнейшими характеристиками надёжности.

Такой совершенный в техническом отношении объект авиационный двигатель (АД), предназначен для работы на режимах вблизи предельных границ устойчивости и прочности при оптимальном сочетании параметров массы, нагрузки и прочности. Сложность выполнения этих условий усугубляется необходимостью обеспечить высокую эффективность и надежность конструкции в широком диапазоне изменения условий эксплуатации. Это достигается тщательной и всесторонней оценкой надежности при разработке и доводке АД в ходе соответствующих испытаний, как отдельных его составляющих частей, так и изделия в целом. Надёжность двигателя продолжает изучаться и в процессе его серийного производства, причем идет непрерывный поиск технологических средств и методов, направленных на постоянное повышение надежности. К таким методам относятся, например, упрочняющая обработка, которая существенно увеличивает усталостную прочность деталей. Постоянное внимание оценке надежности уделяется и в период эксплуатации двигателя, которая дает в руки исследователей большой статистический материал.

1 Цели и задачи курсового проектирования

Целью курсового проектирования является систематизация, закрепление и расширение знаний, полученных студентами при изучении курса обеспечения надежности технологическими методами. Оно развивает навыки самостоятельного решения общих и частных инженерных задач.

Эта самостоятельная инженерная работа, требующая от студента широкого и всестороннего применения теоретических знаний и практического использования основных положений большинства изученных технологических дисциплин.

При выполнении курсового проекта студент должен уметь применять современные достижения науки и техники в области надежности изделий, методологии и принципов ее обеспечения в целях серийного производства, а также использования информационных технологий.

2 Темы курсовых проектов

Тема курсового проекта должна быть актуальна, отражать профиль ВУЗа и научную тематику кафедры, а также отражать конкретные проблемы, стоящие перед предприятиями отрасли.

Формирование тем ведется в основном по направлению обеспечения надежности части узла или агрегата, а также определенного технологического устройства.

Всемерно поощряется выполнение реальной курсовой работы, которая в дальнейшем может стать темой дипломного проекта. Курсовая работа считается реальной, если она удовлетворяет одному из следующих требований:

- тема проекта соответствует конкретному заданию заказчика;
- имеется запрос организации на передачу материалов проекта для его реализации.

Допускается самостоятельное формирование тем по материалам производственных практик, УИРС, НИРС, хоздоговорных тем по согласованию с руководителем проекта. Перечень предлагаемых тем приводится в приложении А.

3 Задание на курсовое проектирование

Каждому студенту выдается задание на курсовой проект, в котором руководитель проекта указывает срок выдачи задания и дату защиты проекта. Задание оформляется на специальном бланке (приложение Б), в котором описывается: тема проекта; исходные данные; объем и содержание графических работ; объем и содержание расчетно-пояснительной записки; рекомендуемая литература; дополнительные указания к проекту.

Исходные данные к проекту: объект исследования — техническое устройство, конструкция узла и агрегата.

Объем и содержание графических работ. Графическая часть включает чертеж исследуемого объекта и плакаты, где представлены результаты исследования и решения поставленных задач. Объем — два листа формата А1.

Объем и содержание расчетно-пояснительной записки. Объем записки составляет 25-35 листов формата А4. Рекомендуется следующая последовательность изложения материала:

- введение;
- анализ задания, задачи исследования;
- выбор и обоснование показателей надежности объекта по условиям эксплуатации;
- выявление эксплуатационных свойств наиболее ответственной детали объекта;
- выявление конструктивных элементов и параметров, определяющих надежность (КЭПОН) данной детали;
- создание 3D- модели детали и определение ее напряженного состояния по условиям работы в узле с помощью решателя ANSYS;
- сравнение полученных результатов с прочностными характеристиками материала;
- разработка технологии изготовления детали (маршрут с указанием обоснования и местоположения в нем упрочняющих и отделочных операций, нанесения покрытий);
- назначение технологических режимов обработки по упрочняющим, отделочным и операциям нанесения покрытий;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложение.

Рекомендуемые источники. Руководитель проекта называет необходимую литературу при выполнении курсовой работы.

Дополнительные указания. Этот раздел используется руководителем при отступлении от темы работы.

4 График выполнения курсовой работы

Таблица 1 - График выполнения курсовой работы

№ п/п	Наименование работ	Объем, %
1	Получение и анализ задания, подбор и изучение литературы.	5%
2	Обоснование показателей надежности объекта и формулирование требований к эксплуатационным свойствам наиболее ответственной детали объекта.	15%
3	Выявление конструктивных элементов и параметров, определяющих надежность детали (КЭПОН).	15%
4	Создание 3D- модели детали, определение ее напряженного состояния в ANSYS и сравнение полученных результатов с прочностными характеристиками материала.	25%
5	Разработка маршрута изготовления детали и назначение технологических режимов обработки на упрочняющие, отделочные и операции создания покрытий.	25%
6	Оформление расчетно- пояснительной записки.	15%
7	Защита курсовой работы.	100%

5 Общие требования к курсовому проекту

Во всех подразделах курсовой работы должны быть сделаны соответствующие выводы по результатам анализа, построений либо вычислений. Качество выводов будет существенно влиять на оценку проекта, так же будут учитываться срок выполнения, аккуратность исполнения, качество доклада, правильность ответов на вопросы.

В состав пояснительной записки входят следующие материалы:

- 1) титульный лист;

- 2) задание;
- 3) реферат;
- 4) содержание;
- 5) введение;
- 6) основная часть;
- 7) заключение;
- 8) список использованных источников;
- 9) приложение (при наличии).

Титульный лист, задание, реферат, содержание, введение, заключение, список использованных источников, приложения оформляются в соответствии с требованиями СТО СГАУ 02068410-2007 «Общие требования к учебным текстовым документам».

Титульный лист является первым листом к курсовой работе (проекту). Пример оформления титульного листа приведен в приложении Б. После разработки и проверки проекта студент и руководитель должны подписать его на титульном листе и поставить дату подписи. После защиты проекта руководитель выставляет на титульном листе полученную оценку.

Задание оформляется на специальном бланке. Задание разрабатывается студентом и должен быть подписано руководителем и студентом. Пример оформления задания приведен в приложении В.

Реферат должен содержать:

- 1) заглавное слово «РЕФЕРАТ»;
- 2) сведения о количестве страниц документа, количестве иллюстраций, таблиц, приложений, количестве использованных источников;
- 3) сведения о графической части работы — количество и формат листов;
- 4) перечень ключевых слов;
- 5) текст реферата.

Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний, которые в наибольшей мере характеризуют его содержание. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и печатаются или пишутся прописными буквами в строчку через запятые.

В тексте реферата должны быть отражены: объект исследования, цель работы, область применения, полученные результаты, экономическая эффективность или значимость работы.

Текст реферата должен отличаться лаконичностью, четкостью, убедительностью формулировок, отсутствием второстепенной информации. Объем текста - 500-800 знаков. Весь реферат должен располагаться на одной странице.

Пример оформления реферата приведен в приложении Г.

Содержание должно включать введение, наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если имеют наименование), заключение, список использованных источников, приложения (при наличии) с указанием страниц, с которых начинаются эти наименования.

Слово «Содержание» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной.

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой проблемы, актуальность темы, задачи, направления и методы решения поставленной проблемы в курсовой работе.

Заключение должно содержать краткие выводы по курсовой работе в целом, полученные результаты, практическую направленность и ценность работы, рекомендации по улучшению производства рассмотренной продукции, область возможного использования.

Список использованных источников составляют как список источников, которые были положены в основу выполнения курсовой работы, записываемых в порядке появления в тексте ссылок на эти источники.

Приложение — материал, дополняющий текст документа. Приложениями могут быть, например: графический материал, расчеты, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ПЭВМ и т.д.

6 Защита курсовой работы

Законченная и полностью оформленная работа подписывается студентом и передается на проверку руководителю. Руководитель проверяет курсовую работу, подписывает ее и в случае необходимости указывает на недостатки. Затем студент устраняет возможные замечания, и готовится к защите курсовой работы. Защита проводится комиссией, состоящей из 2-3 преподавателей кафедры.

В докладе студент кратко формулирует цели и задачи курсовой работы, характеризует объект исследования и его особенности, излагает содержание выполненных работ с обоснованием сделанных выводов.

На доклад отводится не более 7 минут. Затем студент отвечает на вопросы по существу выполненной работы.

Список рекомендуемых источников

1. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение.

Гл. ред. А.Г. Братухин. М.: “НИЦ АСК”, 2008. 608с.: илл.

2. Мухин В.С.

Поверхность: технологические аспекты прочности деталей ГТД / В.С. Мухин. – М: Наука, 2005. – 296 с.

3. Демин Ф.И., Проничев Н.Д., Шитарев И.Л.

Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей: Учеб. пособие. – М.: Машиностроение. 2002. – 328 с.; ил.

4. Крымов В.В., Елисеев Ю.С., Зудин К.И.

Производство газотурбинных двигателей / Под ред. В.В. Крымова. М.: Машиностроение-Полет, 2002. 376с., ил.

5. Технология эксплуатации, диагностики и ремонта газотурбинных двигателей: Учеб. пособие./Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, К.А. Малиновский, В.Г. Попов. – М.: Высш. шк.; 2002. – 355 с.; ил.

6. Проничев Н.Д.

Специальные методы обработки и обеспечение ресурса деталей ГТД: лабораторный практикум / Н.Д. Проничев, А.П. Шулепов, К.П. Крашенинников, Г.В. Смирнов, В.Н. Бородин – Самара: Изд-во Самар. Гос. Аэрокосм. Ун-та, 2006. – 112 с.: ил.

Приложение А

(обязательное)

Перечень рекомендуемых тем (наименование сборочной единицы) по курсовой работе по курсу

«Обеспечение надежности технологическими методами»

- 1 Ротор компрессора НК- 12
- 2 Ротор турбины НК- 12
- 3 Компрессор ТС- 12 (5 вариантов)
- 4 Носок редуктора винта (Двигатель- спарка (3 варианта))
- 5 Носок редуктора винтов НК- 12 (3 варианта)
- 6 Картер турбины НК- 12
- 7 Приводной вал редуктора винтов НК- 12
- 8 Коробка приводов агрегатов НК- 12 (5 вариантов)
- 9 Центробежный суфлер НК- 12 (3 варианта)
- 10 Маскоагрегат НК- 12 (2 варианта)
- 11 Привод от ТС НК- 12 (4 варианта)
- 12 Приводной вал компрессора ТС- 12 (2 варианта)
- 13 Приводной вал редуктора ТС- 12 (2 варианта)
- 14 Коробка приводов ТС- 12 (2 варианта)
- 15 Коробка приводов самолетных агрегатов (8 вариантов)

Приложение Б

(обязательное)

Пример оформления титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
<<САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)>> (СГАУ)

Кафедра производства двигателей летательных аппаратов

Обеспечение надежности технологическими методами

Курсовая работа

Выполнил студент группы _____

Проверил _____

Самара 2012

Приложение В

(обязательное)

Пример оформления задания

Кафедра производства двигателей летательных аппаратов

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу по обеспечению надежности технологическим
методам

Студент _____ группа _____

Руководитель _____

Срок предоставления материала _____

Тема: Обеспечение надежности масляного насоса агрегата приводов
технологическими методами

Исходные данные: объект исследования — масляный насос агрегата
приводов.

Перечень вопросов, подлежащих разработке:

- а) анализ задания;
- б) обзор литературы;
- в) эксплуатационные свойства и КЭПОН объекта;
- г) нагружение детали при работе в среде ANSYS;
- д) технология изготовления детали;

Перечень графической документации:

Рекомендуемые источники:

1. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение.

Гл. ред. А.Г. Братухин. М.: “НИЦ АСК”, 2008. 608с.: илл.

Задание выдано _____

Подпись студента _____ Подпись руководителя _____

Приложение Г

(справочное)

Пример оформления реферата

РЕФЕРАТ

Курсовая работа

Пояснительная записка: ____с., ____рис., ____табл., ____приложение,
____источников

Графическая документация: 2 л. Формата А4

НАДЕЖНОСТЬ, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА. КЭПОН, ANSYS,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАРШРУТ, УПРОЧНЕНИЯ, ОТДЕЛКА,
ПОКРЫТИЯ

Объект исследования – масляный насос агрегата приводов

Цель - повышение надежности и ресурса эксплуатации

Область применения - авиационная техника

Разработана технология изготовления наиболее ответственной детали
масляного насоса.

Даны рекомендации по выбору технологических режимов обработки по
упрочняющим, отделочным и операциям нанесения покрытий
спроектированного маршрута.

Приложение Д

(справочное)

Справочные данные по материалам и технологиям их обработки в
авиадвигателестроении

Таблица 1- Механические свойства углеродистой стали обыкновенного качества

Марка стали (по ГОСТ 380-94)	Временное сопротивление σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение δ , %
Ст0	310	–	22
Ст1	310-400	–	33
Ст2	340-440	220	31
Ст3	370-490	220 240	26
Ст4	420-540	240 270	24
Ст5	500-640	260-290	20
Ст6	600	310	15

Таблица 2- Механические свойства углеродистой качественной стали (по ГОСТ 1050-88)

Марка стали	Временное сопротивление σ_B , МПа, не менее	Предел текучести σ_T , МПа, не менее	Относительное удлинение δ , %	Твердость., НВ, не более
1	2	3	4	5
08	330	200	33	131
10	340	210	31	145
15	380	230	27	149
20	420	250	25	163
25	460	280	23	170
30	500	300	21	179
35	540	320	20	207
40	580	340	19	217
45	610	360	16	229
50	640	380	14	241
55	660	390	13	255
60	690	410	12	255
65	710	420	10	255
70	730	430	9	269
75	1100	900	7	285
80	1100	950	6	285
85	1150	1000	6	302

60Г	710	420	11	269
65Г	750	440	9	285
70Г	800	460	8	285

Таблица 3- Механические свойства конструкционных легированных сталей
(по ГОСТ 4543-71)

Марка стали	Временное сопротивление σ_B , МПа, не менее	Предел текучести σ_T , МПа, не менее	Относительное удлинение δ , %, не менее	Твердость НВ, не более
1	2	3	4	5
Хромистые				
15Х	700	500	12	179
15ХА	700	500	12	179
20Х	800	650	11	179
30Х	900	700	12	187
30ХРА	1600	1300	9	241
35Х	930	750	11	197
38ХА	950	800	12	207
40Х	1000	800	10	217
45Х	1050	850	9	229
50Х	1100	900	9	229
Марганцовистые				
15Г	420	250	26	169
20Г	460	280	24	179
25Г	500	300	22	197
30Г	550	320	20	197
35Г	570	340	18	207
40Г	600	360	17	207
45Г	630	380	15	229
50Г	660	400	13	229
10Г2	430	250	22	197
30Г2	600	350	15	207
35Г2	630	370	13	217
40Г2	670	380	12	229
45Г2	700	410	11	229
50Г2	750	430	11	229
Хромомарганцовистые				
18ХГ	900	750	10	187
35ХГ2	850	700	12	229
18ХГТ	1000	900	9	217
20ХГР	1000	800	9	197
27ХГР	1400	1200	8	217

25ХГТ	1300	1000	10	217
30ГХТ	1500	1300	9	229
40ХГТР	1000	800	11	229
35ХГФ	930	800	14	207
25ХГМ	1200	1100	13	229
Хромокремнистые				
30ХС	900	700	13	241
38ХС	950	750	12	255
40ХС	1250	1100	12	255
Хромомолибденовые и хромомолибденованадиевые				
15ХМ	450	280	21	179
20ХМ	800	600	12	179
30ХМ	950	750	11	229
30ХМА	950	750	12	229
35ХМ	950	850	12	241
38ХМ	1000	900	11	241
30ХЗМФ	1000	850	12	229
40ХМФА	1050	950	13	269
Хромованадиевые				
15ХФ	750	550	10	187
40ХФА	900	750	13	241
Никельмолибденовые				
15Н2М	850	650	11	197
20Н2М	900	700	10	197
Хромоникелевые и хромоникелевые с бором				
20ХН	800	600	14	197
40ХН	1000	800	11	207
45ХН	1050	850	10	207
50ХН	1100	900	9	207
20ХНР	1200	1000	10	207
12ХН2	800	600	12	207
12ХН3А	950	700	11	217
20ХН3А	950	750	12	255
12Х2Н4А	1150	950	10	241
20Х2Н4А	1300	1100	9	269
30ХН3А	1000	800	10	269
Хромкремнемарганцевые и хромкремнемарганцевоникелевые				
20ХГСА	800	650	12	207
25ХГСА	1100	850	10	217
30ХГС	1100	850	10	229
30ХГСА	1100	850	10	229
35ХГСА	1650	1300	9	241

30XГСН2А	1650	1400	9	255
15XГН2ТА	950	750	11	269
Хромкремнемарганцевоникелевые и хромкремнемарганцевоникелевые с титаном и бором				
15XГН2ТА	950	750	11	269
20XГНР	1300	1100	10	197
20XГНТР	1200	1000	9	—
38XГН	800	700	12	229
Хромникельмолибденовые				
14X2Н3МА	1000	900	10	269
20ХН2М	900	700	11	229
30ХН2МА	1000	800	10	241
38X2Н2МА	1100	950	12	269
40ХН2МА	1100	950	12	269
40X2Н2МА	1100	950	10	269
38ХН3МА	1100	1000	12	269
18X2Н4МА	1150	850	12	269
25X2Н4МА	1100	950	11	269
Хромникельмолибденовые и хромникельванадиевые				
30ХН2МФА	900	800	10	269
36X2Н2МФ	1200	1000	12	269
38ХН3МФА	1200	1100	12	269
45ХН2МФА	1450	1300	7	269
20ХН4ФА	900	800	12	269
Хромоалюминиевые и хромоалюминиевые с молибденом				
38X2Ю	900	750	10	229
38X2МЮА	1000	850	14	229

Таблица 4- Механические свойства отливок из конструкционных сталей (по ГОСТ 977-88)

Марка стали	Временное сопротивление σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение δ , %
	не более		
1	2	3	4
15Л	392	196	24
20Л	412	216	22
25Л	447	235	19
30Л	471	255	17
35Л	491	275	15
40Л	520	291	14
45Л	540	314	12
50Л	569	334	11

20ГЛ	540	275	18
20ФЛ	491	300	18
30ГЛ	579	294	20
20ХМФЛ	491	334	16
30ХГСФЛ	589	275	15
30ГСЛ	589	392	14
35ХГСЛ	589	343	14
20ДХЛ	491	392	12
35ХМЛ	589	392	12
45ФЛ	589	392	12

Таблица 5- Механические свойства литых латуней (по ГОСТ 17711-93)

Марка латуни	Временное сопротивление σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %	Твердость НВ
	не менее		
ЛЦ16К4	294-343	15	100-110
ЛЦ30А3	294-392	12-15	80-90
ЛЦ38Мц2С2	245-343	10-15	80-85
ЛЦ40С	215	12-20	70-80
ЛЦ40Мц3Ж	392-490	10-18	90-100
ЛЦ40Мц1,5	372-392	20	100-110
ЛЦ23А6Ж3Мц	686-705	7	160-165

Таблица 6- Механические свойства латунных прутков (по ГОСТ 2060-90)

Марка латуни	Временное сопротивление σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %
	не менее	
Л63	300-400	20-30
ЛС59-1	350-400	15-20
ЛС63-3	360-600	1-12
ЛЖС58-1-1	300-450	10-20
ЛМц58-2	400-450	20-25

Таблица 7- Механические свойства литейных алюминиевых сплавов (по ГОСТ 1583-93)

Марка сплава	Временное сопротивление σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %	Твердость НВ
	не менее		
АЛ3	140-250	0,5-1	65-75

АЛ5	160-230	0,5-1	65-70
АЛ32	200-250	1,5-2	60-70
АК5М7	130-170	–	80-90
АЛ19	300-340	4-8	70-90
АЛ33	230-260	1,5-2,5	80-85
АЛ2	140-160	1-4	50
АЛ4	160-260	1,5-3	70
АЛ9	160-230	1-4	50-60
АЛ34	260-340	4-6	70-90
АЛ22	180-220	1-1,5	80-90
АЛ27	320	12	75

Таблица 8- Классификация труднообрабатываемых сталей и сплавов по их обрабатываемости резанием

Номер группы	Марка стали (сплава)	Термическая обработка	Временное сопротивление $\sigma_{пл}$ МПа	Краткая характеристика
1	2	3	4	5
I	34ХНЗМ	Отжиг	600	Теплостойкие хромистые, хромоникелевые и хромомолибденовые стали перлитного и мартенситного классов
	34ХНЗМФ	Закалка » отпуск	900	
	20ХЗМВФ(ЭИ415)	То же	900	
	Х6СМ	Отжиг	650	
II	12Х13	Закалка + отпуск	600	Коррозионно-стойкие нержа веющие хромистые и сложнoleгированные стали ферритного, мартенситноферритного и мартенситного классов
	25Х13Н2(ЭИ474)	Отжиг	700-1000	
	1Х12Н2ВМФ(ЭИ961)	Закалка + отпуск	900	
	20Х13	То же	850	
	30Х13, 40Х13	Нормализация + отпуск	950	
	14Х17Н2(ЭИ268)	Закалка + отпуск	1100	
	09Х16Н4Б	То же	1300	
	07Х16Н6	Нормализация + отпуск	1100	
	23Х13НВМФЛ	Закалка + отпуск	1550	
	ЭП311	То же	1750	

III	12X18H10T	Закалка	550-1000	Коррозионно-стойкие, кислотостойкие, хромоникелевые стали аустенитного и аустенитно-мартенситного классов
	20X23H18(ЭИ417)	То же	1000	
	X15H5Д2Т	»	1000	
	12X21H5T(ЭИ811)	»	700	
	X15H9ЮОИ904)	»	850-1100	
	X17H5M3(ЭИ925)	Нормализация	1000	
IV	45X14H14B2M(ЭИ96)	Закалка + старение	700	Жаропрочные, жаростойкие, кислотостойкие хромоникелевые, хромоникелемарганцовистые сложнолегированные стали аустенитного класса
	08X15H24B4TP	Старение	700	
	12X25H16Г7AP(ЭИ835)	Закалка + старение	800	
	37X12H8Г8МФБ(ЭИ481)	То же	900	
	10X11H20T3P(ЭИ696)	»	900	
	15X18H12C4TЮ(ЭИ654)	Закалка	700-750	
V	36HXTЮ(ЭИ702)	Закалка + старение	1200	Жаропрочные деформируемые сплавы на железоникелевой и никелевой основах
	XHЮB(ЭИ868)	Закалка	800	
	XH77TЮ(ЭИ437A)	Закалка + старение	1000	
	XH35BTЮ(ЭИ787)	То же	950	
	XH56BMTЮ	Закалка	900	
	XH75MBЮ(ЭИ827)	Закалка + старение	1000	
	XH60BMTЮ	То же	1150	
	XH82TЮMB	»	1350	
VI	BЖ36-Л2	Закалка + старение	800	Окалиностойкие и жаропрочные литейные сплавы на никелевой основе
	АН В-300	То же	850	
	ЖС6К	»	1000	
	ЖСЗДК	»	1000	
	XH67BMTЮЛ	»	750	
VII	BT1	Отжиг	450-700	Сплавы на титановой основе
	BT3	То же	950-1150	
	BT4	»	700-900	
	BT5	»	700-950	
	BT6	»	900-1000	
	BT14	»	1000	
	BT15	»	1000	
	BT14	Закалка + старение	1150-1300	

	BT15	То же	1300-1500	Высокопрочные стали
	28X3CHMBΦA	Закалка + отпуск	1600	
	30X2ГCH2BM	То же	1600	
	33X3CHMBΦA	»	1700	
VIII	38X3CHMBΦA	»	1700	
	42X2ГCHM	»	1900	
	43XCHMBΦA	»	2100	

Таблица 9- Состав и свойства детонационных покрытий

Состав покрытия	Коэф-т термического расширения $\alpha \times 10^{-6}$, $1/^\circ\text{C}$	Теплопроводность при 260°C , λ Вт/м^2	Модуль упругости E, МПа	Прочность сцепления σ , МПа	Твердость по Виккерсу, МПа	Максимальная рабочая температура в окислительной среде t , $^\circ\text{C}$	Пористость, %	Плотность ρ , кг/м	Характеристики
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
WC+9%Co	8,1	9,1	218000	175	13000	540	1	142000	Высокая износостойкость
WC+13%Co	–	9,1	218000	175	11500	540	1	13200	Хорошая износо-, ударо- и термостойкость
25% WC+5% Ni (смесь)	8,3	6,7	120000	120	10750	700	1	10100	Высокая износо-и коррозионно-стойкость при высоких температурах
85% Cr ₃ C ₂ +15% NiCr	11,5	–	127000	125	8000	980	1	6500	Хорошая износостойкость при высоких температурах или в коррозионной среде
Cr ₂ O ₃	–	–	–	–	13500	540	3	5000	Хорошая стойкость при окислении

809%Cr ₂ O ₃ +20%Al ₂ O ₃	–	–	56000	–	9250	870	1,5	–	Высокая стойкость к химическому воздействию при комнатной и высокой температуре
Al ₂ O ₃	6,8	2,1	85000	70	11000	980	2	3000	Устойчивость к высокой температуре, химическому воздействию и износу
60%Al ₂ O ₃ +40% TiO ₂	–	–	77000	63	9500	703	1		Высокая износостойкость (полупроводник)

Таблица 10- Примеры применения имплантации для повышения эксплуатационных свойств

Материал мишени	Имплантант	Энергия ионов, кэВ	Ионная доза, ион/см ²	Улучшенный параметр
Железо, стали	Ar ⁺ , Fe ⁺ , Mo ⁺ , Ta ⁺ , Cr ⁺ , Al ⁺ , He ⁺ , Cu ⁺ , Ni ⁺ , Si ⁺ , V ⁺	20...50	10 ¹⁴ ...2·10 ¹⁵	Износо- и коррозионная стойкость
Алюминий и его сплавы	Bi ⁺ , Sn ⁺ , Pb ⁺ , Ar ⁺ , Ni ⁺ , Mo ⁺ , Y ⁺ , Xe ⁺ , K ₂ ⁺ , In ⁺ , Tl ⁺ , Cu ⁺ , Ca ⁺	20...40	10 ¹³ ...2·10 ¹⁵	Коррозионная стойкость
Сталь с 18% никеля	Pt ⁺ , Ca ⁺ , Al ⁺ , Cr ⁺	25...300	2·10 ¹⁴ ...2·10 ¹⁵	Циклическая долговечность
Титан	Pt ⁺ , Xe ⁺ , Pd ⁺ , Mo ⁺	20...80	10 ¹⁴ ...2·10 ¹⁴	Циклическая долговечность

Твердый сплав ВК6, Т15К6	N ⁺	50...100	2·10 ¹⁷ ...10 ¹⁸	Износостойкость
-----------------------------	----------------	----------	--	-----------------

Таблица 11- Влияние ионной имплантации на микротвердость, ЭЭЭ, ИК-излучение и предел усталости титановых сплавов

Материал	Вариант обработки	Микротвердость, МПа	Экзоэлектронная эмиссия, <i>имп/сек</i>	Спектральный коэффициент излучения, ϵ_{λ}	Длина волны, λ_{\max}	Предел усталости σ_1 , МПа на базе $2 \cdot 10^7$ циклов
ВТ6	Полирование механическое (ПМ)	4150	335	0,373	2,65	360
	ПМ+ИИ В ⁺	5260	235	0,673	2,35	390
	ПМ+ИИ N ⁺	4420	385	0,585	2,48	380
ВТ18У	ПМ	2830	355	0,398	2,45	300
	ПМ+ИИ В ⁺	5420	238	0,469	2,45	390
	ПМ+С ⁺	3680	264	0,449	2,45	380
	ПМ+N ⁺	3390	304	0,435	2,45	360

Таблица 12- Типовые газотермические плазменные покрытия

Материал покрытия	Плотность %, г/см^2	Твердость	Прочность $\sigma \cdot 10^7$, Па	Условия получения	Назначение
1	2	3	4	5	6
W	80+90	HRC28	245,0 (разрыв)	Ток $I = 310 + 320$ А Напряжение $U = 60 + 75$ В Частицы $d = 30+40$ мкм Дистанция напыления $L=80$ мкм	Повышение жаростойкости
Mo	87+100	HRC31	42 (разрыв)	Ток $I = 250 + 280$ А Напряжение $U = 85 + 90$ В $d = 30+46$ мкм $L=130$ мкм	Повышение износостойкости
Ni	93+100	—	72 (разрыв)	$I = 500 + 600$ А $U = 25 + 30$ В $d = 70 + 100$ мкм	Повышение коррозионной стойкости

				$L = 80 + 100 \text{ мкм}$	
Al_2O_3	3+6	HV 100+170	142 (разрыв)	$I = 320 + 340 \text{ А}$ $U = 85 + 90 \text{ В}$ $d = 40 \text{ мкм}$ $L = 50 \text{ мкм}$	Повышение жаростойкости, твердости, коррозионной стойкости, износостойкости
ZrO_2	4+5	HV 60+80	4+7 (сцепление)	$d = 43 + 47 \text{ мкм}$ $L = 100 \text{ мкм}$	То же
ZrB_2	80	–	63 (изгиб)	$I = 260 \text{ А}$ $U = 78 \text{ В}$ $d = 10 + 37 \text{ мкм}$ $L = 85 + 95 \text{ мкм}$	Повышение твердости, жаростойкости, износостойкости
Ni-Cr-B-Si	7+8	HV 80+100	350+450 (сцепление)	$I = 500 + 600 \text{ А}$ $U = 25+30 \text{ В}$ $d = 70 + 100 \text{ мкм}$ $L = 80+100 \text{ мкм}$	Повышение жаро-, износо-, коррозионной стойкости
WC-Co	100	HV 60+70	>90 (сцепление)	$I = 180 \text{ А}$ $d = 20 + 40 \text{ мкм}$	Повышение износостойкости
$\text{Cr}_2\text{C}_2 + \text{NiCr}$	96	HV 50	125	$I = 180 \text{ А}$ $d = 20 + 40 \text{ мкм}$	
W-Mo	89	–	112	$d = 60+100 \text{ мкм}$ $L = 80 \text{ мкм}$	Повышение жаро- и коррозионной стойкости
Sm_2O_3	96	–	–	$I = 350 \text{ А}$ $d = 70 + 100 \text{ мкм}$ $L = 90 \text{ мкм}$	Повышение твердости, коррозионной стойкости

Учебное издание
Обеспечение надежности технологическими методами

Методические указания к курсовой работе

Составитель: Шулепов Александр Павлович

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования "Самарский
государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.
Королева (Национальный исследовательский университет)"
443086, Самара, Московское шоссе, 34**