



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Рубцовский индустриальный институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»**

Н.С. АЛЕКСЕЕВ

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Методические указания и задания к контрольной работе № 2 по курсу
«Основы технологии машиностроения» для студентов бакалавриата,
обучающихся по направлению 15.03.05 «Конструкторско-
технологическое обеспечение машиностроительных производств»
заочной формы обучения

Рубцовск 2021

УДК 621.9

Алексеев Н.С. Методические указания и задания к контрольной работе № 2 по курсу «Основы технологии машиностроения» для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» заочной формы обучения / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2021. – 23 с.

Приведены методические указания и рекомендации для выполнения контрольной работы по основам технологии машиностроения, изложены варианты индивидуальных заданий и список необходимой литературы.

Рассмотрены и одобрены на
заседании кафедры ТиТМиПП
Протокол № 10 от 24.11.2021

Рецензент: зам. главного технолога
ЗАО «Рубцовский завод запасных частей»

А.В. Зубов

1 ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель работы - закрепление теоретических знаний, полученных при самостоятельном изучении дисциплины «Основы технологии машиностроения», а также самостоятельное решение задач по наиболее важным разделам этой дисциплины.

При изучении дисциплины «Основы технологии машиностроения» рассматриваются теоретические вопросы общих закономерностей, действующих в процессе изготовления машин, знание которых позволяет использовать их для обеспечения требуемого качества машин и наименьшей себестоимости изготовления. Дисциплина «Основы технологии машиностроения» является инвариантной практически для всех механосборочных производств независимо от конструкции выпускаемых изделий, так как закономерности, действующие в процессах получения отдельных деталей и машин в целом, являются едиными. Дисциплина «Основы технологии машиностроения» включает следующие разделы:

- общие понятия и определения машиностроительных производств;
- техническое нормирование в механосборочном производстве;
- качество машин и их элементов;
- основы теории размерных цепей;
- элементы теории базирования;
- точность изготовления деталей;
- качество поверхностей деталей машин;
- припуски на обработку поверхностей;
- проектирование технологических процессов (ТП) сборки и механической обработки.

Очерёдность разделов дана условно в соответствии с логикой построения курса. Подобная логика построения материала вытекает из целей и задач курса и логики технологического проектирования.

Согласно существующего учебного плана подготовки бакалавров, обучающихся по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» заочной формы обучения дисциплина «Основы технологии машиностроения» преподаётся два семестра. Вначале изучаются первые четыре раздела, а затем остальные пять разделов.

При выполнении контрольной работы №2 студенты должны ответить на вопросы и решить задачи по 5, 6, 7, 8 и 9 разделам.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

Вариант задания выбирается из прилагаемой таблицы (таблица 1) по двум последним цифрам номера зачетной книжки. В каждом варианте указаны номера двух теоретических вопросов из прилагаемого списка в номера двух задач.

Ответы на вопросы должны быть исчерпывающими и в тоже время краткими, без излишних подробностей. Как правило, ответы сопровождаются

эскизами, рисунками, схемами, которые выполняются карандашом. Приступать к выполнению работы следует только после тщательного изучения курса и особенно нужных разделов. Следует избегать сплошного цитирования материала, необходимо его творческое осмысление и соответствующая переработка. Материал в работе располагается в следующем порядке:

- ответ на первый вопрос;
- ответ на второй вопрос;
- условие и решение первой задачи;
- условие и решение второй задачи;
- список используемой литературы.

Работа оформляется в школьной тетради в клетку. Объем работы – 20-24 страницы с шагом строк текста 10 мм. На каждой странице обязательны поля для замечаний. Работа должна оформляться аккуратно и грамотно, с соблюдением правил правописания, правил написания формул и пояснений к ним, правил оформления рисунков и схем в соответствии с ГОСТ 2.105-95.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Написанию работы должно предшествовать изучение 5, 6, 7, 8 и 9 разделов дисциплины «Основы технологии машиностроения». При изучении основ технологии машиностроения рекомендуется обратить внимание на следующие основные положения и понятия.

В пятом разделе «Элементы теории базирования» при изучении теории базирования под базированием следует понимать придание определенности положения рассматриваемому объекту вообще, а не только при обработке на металлорежущих станках. При изучении этого раздела следует четко уяснить понятия связи, базы, необходимость наложения в общем случае шести связей, классификацию баз, роль силового замыкания [1,3,4,5,7,8,9].

В шестом разделе «Точность изготовления деталей» рассматриваются основы достижения качества деталей машины, и в первую очередь геометрической точности [1-6]. Процесс достижения точности детали при изготовлении следует понимать в общем случае как процесс постепенного уточнения, поэтому необходимо усвоить понятия коэффициента уточнения, передаточного отношения технологических систем, экономически достижимой точности обработки, логику определения необходимого числа переходов обработки поверхностей, особенности достижения показателей точности при обработке: размеров, шероховатости, относительных поворотов [1-6,9].

Погрешность обработки следует рассматривать как сумму погрешностей установки, статической настройки и динамической настройки, и дальнейшее изложение материала следует понимать как анализ их причин и путей сокращения. Сокращение погрешностей установки обеспечивается в первую очередь правильным выбором технологических баз. На данном этапе изучения нужно четко усвоить общие принципы и правила отбора баз, роль и значение первой операции [1-6]. Следует также обратить внимание и на пути сокращения

погрешностей базирования при реализации выбранной схемы базирования, пути сокращения погрешности закрепления [1-6].

Наибольшее влияние на точность в большинстве случаев оказывает погрешность динамической настройки. Следует внимательно изучить основные причины ее появления (недостаточная жесткость технологических систем, их температурные деформации, размерный износ режущего инструмента, деформации заготовок при перераспределении внутренних напряжений) и пути снижения их влияния [1-6,9].

В этом же разделе рассматривается точечная диаграмма обработки иллюстрирующая процесс достижения точности при влиянии всех рассмотренных факторов, вопросы настройки и поднастройки технологических систем с целью обеспечения нужного характера процесса достижения точности [1-6,9].

При изучении данного раздела следует также обратить внимание на тот факт, что при обеспечении других показателей качества деталей (например, твердости) может происходить снижение геометрической точности, что обязательно должно учитываться.

В седьмом разделе «Качество поверхностей деталей машин» рассматривается влияние технологии обработки на формирование поверхностного слоя и эксплуатационные качества деталей машин, а также технологические методы повышения эксплуатационных свойств деталей машин [1-6,9].

При изучении данного раздела следует обратить внимание на понятие о технологической наследственности [1,3,4,6] и шероховатости поверхности [1-6], а также на причины образования шероховатости поверхности детали и на причины образования отклонений физико-механических свойств поверхностного слоя детали [1-6,9].

В восьмом разделе «Припуски на обработку поверхностей» следует изучить общие понятия и методику расчёта припусков и промежуточных размеров [1,3-6,9]. При этом студенты должны прежде всего уяснить понятия промежуточного и общего припуска, симметричного и асимметричного припуска, ознакомиться с расчётными формулами для определения припусков.

Девятый раздел «Проектирование ТП сборки и механической обработки» является обобщающим предыдущие. В нем рассматриваются общие принципы и правила построения технологических процессов сборки и механообработки [1-6]. При этом рекомендуется обратить внимание на два обстоятельства:

1) технологический процесс сборки машины разрабатывается первым, так как только после этого можно окончательно определиться с уровнем требований к деталям, а, следовательно, и приступить к разработке ТП их изготовления;

2) отдельные этапы проектирования находятся в строгой взаимосвязи и должны выполняться в определенной последовательности.

В этом разделе подробно рассматриваются все этапы, но особое внимание следует обратить на:

- разработку схемы сборки и нормирование сборочных процессов [1-4,6,10];
- выбор технологических баз для первой операции ТП механической обработки [1,3,4,5,7,8];
- расчет припусков и межпереходных размеров [1,3-6];
- расчет режимов резания [1,6,10].

4 ВЫБОР ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ

Содержание задания устанавливается по двум цифрам номера зачетной книжки. В таблице 1 приведены соответствующие им номера теоретических вопросов из подраздела 4.1 и номера задач из подраздела 4.2.

Таблица 1 - Таблица вариантов заданий

Номер варианта	Две последние цифры номера зачетной книжки	Номера вопросов	Номера задач
1	2	3	4
1	01,21,41,61,81	1,11	1,16
2	02,22,42,62,82	2,16	2,14
3	03,23,43,63,83	3,12	3,12
4	04,24,44,64,84	4,17	4,19
5	05,25,45,65,85	5,13	5,11
6	06,26,46,66,86	6,18	6,20
7	07,27,47,67,87	7,14	7,15
8	08,28,48,68,88	8,19	8,17
9	09,29,49,69,89	9,15	9,18
10	10,30,50,70,90	10,20	10,13
11	11,31,51,71,91	1,12	1,17
12	12,32,52,72,92	2,14	2,11
13	13,33,53,73,93	3,16	3,16
14	14,34,54,74,94	4,11	4,13
15	15,35,55,75,95	5,20	5,17
16	16,36,56,76,96	6,19	6,14
17	17,37,57,77,97	7,17	7,18
18	18,38,58,78,98	8,15	8,20
19	19,39,59,79,99	9,13	9,15
20	20,40,60,80,100	10,18	10,19

4.1 Список вопросов

1. Базирование и базы. Три типовые схемы базирования. Правило шести точек. Образование комплектов баз.
2. Классификация баз. Виды баз по назначению. Виды баз по лишаемым степеням свободы. Виды баз по характеру проявления.
3. Искусственные технологические базы и дополнительные опорные поверхности. Базирование и расчёт величины погрешности базирования.

4. Принцип единства (совмещения) баз. Принцип постоянства баз. Роль и значение первой операции. Рекомендации по выбору технологических баз.

5. Погрешность закрепления и её сущность. Погрешность положения заготовки. Установка заготовки и погрешность установки. Расчёт суммарной погрешности обработки.

6. Этапы достижения точности обрабатываемой детали. Основные причины образования погрешности установки, статической настройки, динамической настройки.

7. Жёсткость технологической системы (ТС). Настройка ТС. Настройка ТС методом пробных ходов и промеров. Настройка ТС методом автоматического получения размеров на настроенных станках.

8. Шероховатость и волнистость поверхности. Влияние методов и режимов механической обработки на шероховатость поверхности. Методы оценки шероховатости поверхности.

9. Влияние режущего инструмента и жёсткости технологической системы на шероховатость поверхности. Влияние материала заготовки и СОЖ на шероховатость поверхности. Влияние шероховатости на эксплуатационные свойства деталей машин.

10. Механизм образования остаточных напряжений в поверхностном слое. Влияние технологических условий на остаточные напряжения. Влияние остаточных напряжений на эксплуатационные свойства деталей машин.

11. Понятия о припусках на обработку. Техничко-экономическое значение припусков. Факторы, влияющие на величину припусков.

12. Методы определения припусков. Опытно-статистический метод. Расчётно-аналитический метод определения припусков. Общие структурные формулы для определения минимальных промежуточных припусков.

13. Техничко-экономические принципы и задачи при разработке ТП изготовления машин. Основные этапы разработки ТП сборки. Выбор формы организации ТП сборки.

14. Определение типа производства и расчёт такта выпуска узлов. Отработка конструкции изделия на технологичность. Разработка технологической схемы сборки машин.

15. Формирование операций сборки. Расчёт усилия при монтаже подшипников. Определение температуры при сборке соединений с тепловым воздействием.

16. Классификация технологических процессов. Основные этапы при разработке единичного ТП изготовления деталей.

17. Анализ качественной технологичности конструкции детали. Выбор заготовки и метода её получения.

18. Составление плана обработки отдельных поверхностей заготовки. Построение маршрута обработки заготовки в целом. Выбор технологических баз и схем базирования заготовок.

19. Разработка технологических операций. Концентрация и дифференциация операций. Структуры (схемы) технологических операций.

20. Выбор модели оборудования (станков) для выполнения операций. Выбор технологической оснастки (приспособлений, режущего, вспомогательного и измерительного инструмента). Правила записи операций и переходов в технологической документации.

4.2 Задачи для самостоятельного решения

Решению задач должно предшествовать изучение теоретического материала по данной теме. Все необходимые сведения для решения первой задачи изложены в пункте 4.2.1. Внимательно изучите содержание этого пункта и только потом приступайте к решению предложенных задач.

4.2.1 Разработка схем базирования и расчёт погрешностей базирования и закрепления

Обеспечение заданной точности механической обработки с использованием приспособлений в значительной мере зависит от выбора технологических баз и схемы установки заготовок (ГОСТ 21495-76). Обработка заготовок в приспособлениях на предварительно настроенных станках (способ автоматического получения размеров) исключает разметку заготовок и последующую выверку их положения на станке. Однако при этом возникает погрешность установки заготовки

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2} + \varepsilon_{n.з}, \quad (1)$$

где ε_{δ} – погрешность базирования;

ε_3 – погрешность закрепления;

$\varepsilon_{n.з}$ – погрешность положения заготовки;

$$\varepsilon_{n.з} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_c^2}, \quad (2)$$

где ε_{yc} – погрешность, вызываемая неточностью изготовления и сборки установочных элементов приспособления;

ε_u – погрешность, вызываемая износом установочных элементов приспособления;

ε_c – погрешность установки приспособления на станке.

Допуск выполнения заданных размеров l может быть определен как

$$T_l = \varepsilon_y + \omega, \quad (3)$$

где ω – средняя экономическая точность обработки на металлообрабатывающих станках, данные о которой приведены в работах [9,11].

Для принятого метода обработки и схемы установки заготовки ожидаемое расчетное значение допуска T_l должно быть меньше заданного $[T_l]$:

$$T_l \leq [T_l]. \quad (4)$$

Для расчета ожидаемой точности обработки инженеру-технологу необходимо определить:

погрешности базирования в зависимости от принятой схемы установки заготовки в приспособлении [9, 12];

погрешности закрепления в зависимости от непостоянства сил зажима, неоднородности шероховатости и волнистости поверхностей заготовок, износа установочных элементов приспособлений [9,12];

погрешности, вызываемые износом установочных элементов $\varepsilon_{и}$;

исполнительные размеры установочных элементов, обеспечивающие заданную точность обработки и возможность установки заготовок.

Точность приспособлений является важнейшим фактором, обеспечивающим точность изготовления деталей. В процессе эксплуатации изнашиваются их установочные и направляющие элементы и приспособления теряют требуемую точность. В этой связи важно уметь определять межремонтный период Π работы приспособления.

Линейный износ u установочных элементов приспособления (опор) определяет погрешность ε_u ($\varepsilon_u = u$ – для опор, $\varepsilon_u = u/\sin \frac{\alpha}{2}$ – для призм, где α – угол призмы). Величина u определяется по уравнению [12]

$$u = \frac{NK_y(1+0,003L)0,79T_o}{m - m_1\Pi_1 - m_2 \frac{0,1 \cdot Q}{F \cdot HV}}, \quad (5)$$

где N – число устанавливаемых заготовок;

K_y – коэффициент, учитывающий условия обработки [12];

L – длина пути скольжения заготовки по опорам при досылке ее до упора, мм (определяется исходя из условий эксплуатации приспособления);

T_o – основное время обработки заготовки в приспособлении, мин;

m, m_1, m_2 – коэффициенты [12];

Π_1 – критерий износостойкости [12];

Q – нагрузка на опору, Н;

F – площадь касания опоры с базовой поверхностью заготовки, мм² [12];

HV – твердость материала опоры по Виккерсу ($HV \approx 11,6HRC$), рекомендации по ее выбору даны в [12].

Межремонтный период Π , определяющий необходимость замены или восстановления установочных элементов приспособления, определяется по уравнению

$$\Pi = \frac{12K[N]}{N_2} \quad (6)$$

где K – коэффициент запаса, учитывающий нестабильность износа установочных элементов ($K=0,8 \dots 0,85$);

$[N]$ – допустимое число устанавливаемых заготовок до предельного износа установочных элементов, определяемое из уравнения (5);

N_2 – годовая программа выпуска деталей.

Допустимая величина износа $[u]$ определяется допустимой величиной погрешности $[\varepsilon_u]$ ($[u]=[\varepsilon_u]$ – для опор и $[u] = [\varepsilon_u]/\sin \frac{\alpha}{2}$ – для призм). Величина $[\varepsilon_u]$ в предположении, что погрешности ε_{yc} и ε_c можно компенсировать настройкой станка, определяется как

$$[\varepsilon_u]=T_l - \omega - \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_s^2}. \quad (7)$$

Для выполнения операций обработки резанием на металлорежущих станках часто применяют схему установки заготовок, когда комплект технологических баз состоит из плоской поверхности (поверхностей) и отверстия или плоской и наружной цилиндрической поверхностей. При этом базирование заготовок производится на опорные пластины, установочные пальцы (цилиндрические и срезанные), центрирующие втулки с гарантированным зазором, а также на цилиндрические оправки (с гарантированным зазором или натягом) [13].

Установочные пальцы (оправки) при установке заготовок с гарантированным зазором изготавливают с полями допусков g5, g6, f6, f7, e7, центрирующие втулки – G5, G6, F7, а цилиндрические оправки для установки заготовок с натягом изготавливают с полями допусков валов n, p, r, s, tпо 5-му и 6-му квалитетам. Однако для каждого конкретного случая поле допуска на исполнительные размеры установочных элементов определяется расчетом из условия обеспечения неподвижности заготовки или возможности установки заготовок и обеспечения заданной точности размеров в соответствии с уравнением (3).

При установке заготовок на отверстие с гарантированным зазором погрешность базирования является основной составляющей погрешности установки и обуславливается величиной зазора между технологической базой и установочным элементом [13]. Максимально возможное значение зазора определяют по уравнению

$$S_{max} = T_D + S_{min} + T_d, \quad (8)$$

где T_D – допуск базового отверстия заготовки (или центрирующей втулки),

S_{min} – минимальный зазор в сопряжении;

T_d – допуск на размер установочного элемента (или базовой поверхности заготовки).

Задача 1

На вертикально-фрезерном станке обрабатывают ступенчатую поверхность втулки, установленную на цилиндрический палец с буртом (рисунок 1). Диаметр базового отверстия $D= 30^{+0,039}$ мм, диаметр установочного пальца $d= 30^{-0,007}_{-0,016}$ мм.

Требуется определить ожидаемую точность выполнения размеров A_1 и A_2 , если известно, что составляющие погрешности установки (погрешности закрепления и положения заготовки) равны нулю, т.е. $\varepsilon_3 = \varepsilon_{n.3} = 0$. Точность метода обработки принять равной $\omega=0,120$ мм.

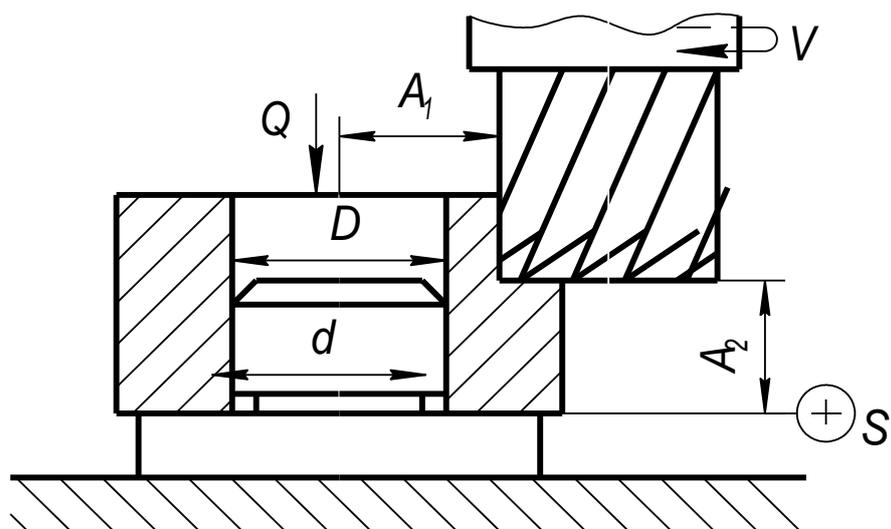


Рисунок 1 - Схема фрезерования втулки

Задача 2

Обработка наружной цилиндрической поверхности втулок диаметром $d=115$ мм производится при установке их с зазором на жесткой шпиндельной оправке (рисунок 2). Базовое отверстие втулок имеет диаметр $D=65^{+0,035}$ мм. Цилиндрическая рабочая поверхность оправки диаметром $d_1=65_{-0,06}^{-0,03}$ мм имеет радиальное биение относительно ее конусной поверхности 0,020 мм, а биение шпинделя станка составляет 0,01 мм. Точность метода обработки $\omega = 0,05$ мм.

Определить ожидаемую точность выполнения цилиндрической поверхности втулки и ее возможное отклонение от соосности относительно базового отверстия.

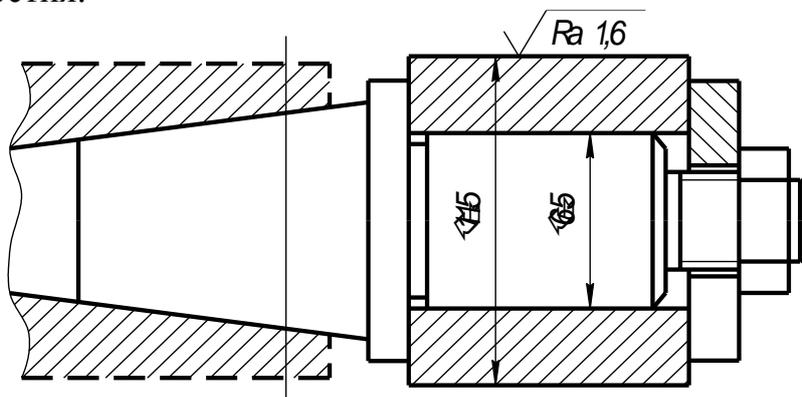


Рисунок 2 - Схема установки втулки

Задача 3

Для фрезерования паза концевой фрезой рычаг устанавливается в призмах (рисунок 3). Найти зависимости погрешности базирования для размеров A_1, A_2, A_3, A_4 . Размер L_0 между осями базовых цилиндрических поверхностей диаметрами d_1 и d_2 выполнен с отклонениями $\pm T_{L_0}/2$.

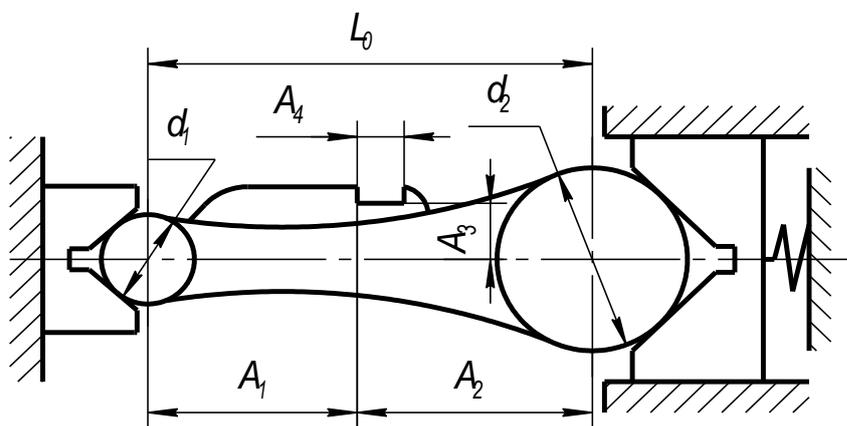


Рисунок 3- Схема установки рычага

Задача 4

Возможны два варианта установки корпуса для одновременной обработки поверхностей 1 и 2 на продольно-фрезерном станке (рисунок 4). Найти зависимости погрешности базирования при выполнении размеров A_1 , A_2 и A_3 для двух схем установки и определить, какая из них обеспечивает наименьшую разность размеров A_1 и A_2 .

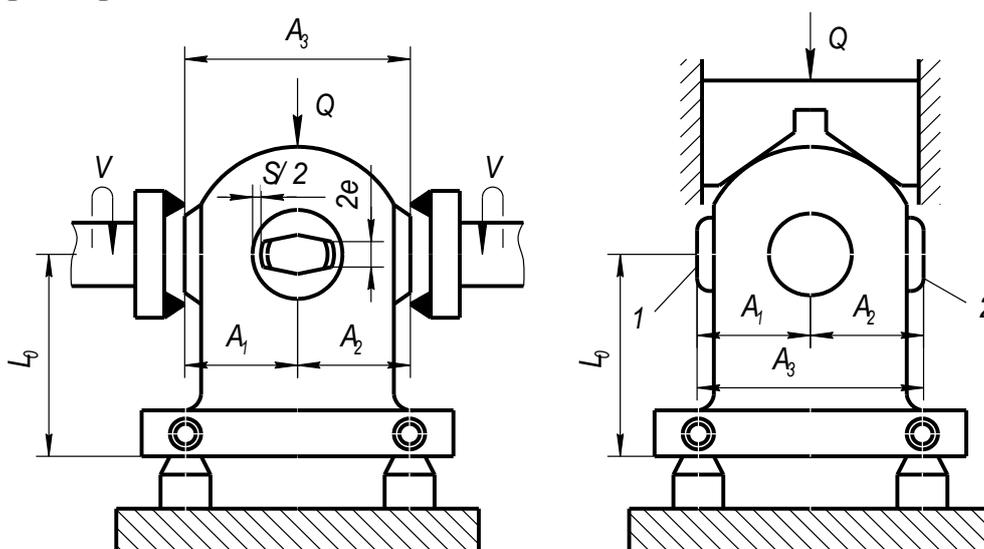


Рисунок 4- Схемы обработки поверхностей корпуса

Задача 5

На горизонтально-фрезерном станке набором фрез одновременно производят обработку поверхностей 1, 2, 3, 4 (рисунок 5). Вывести расчетные зависимости для определения погрешности базирования при выполнении размеров A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 и A_6 . Указать размеры, на точность выполнения которых будет оказывать влияние непостоянство силы зажима Q заготовки. Размеры A_7 и A_8 выполнены соответственно с отклонениями $\pm T_{A7}/2$ и $\pm T_{A8}/2$.

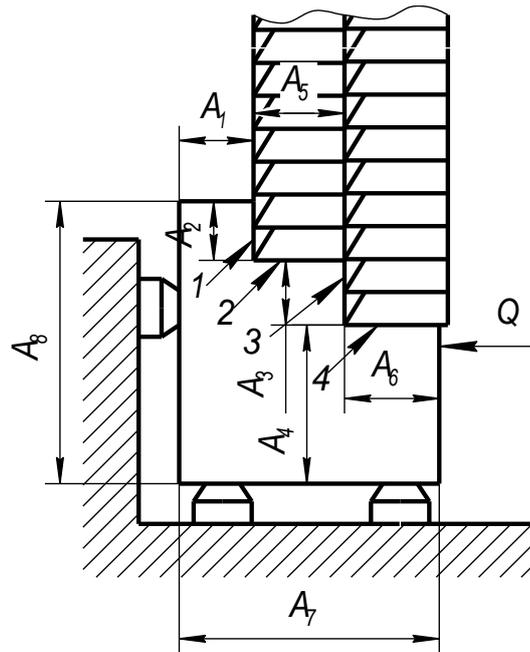


Рисунок 5- Схема обработки поверхностей заготовки

Задача 6

На вертикально-сверлильном станке производят обработку ступенчатого отверстия комбинированным зенкером (рисунок 6). Вывести зависимости для определения погрешности базирования размеров A_1 , A_2 , A_3 , A_5 , D_1 и D_2 .

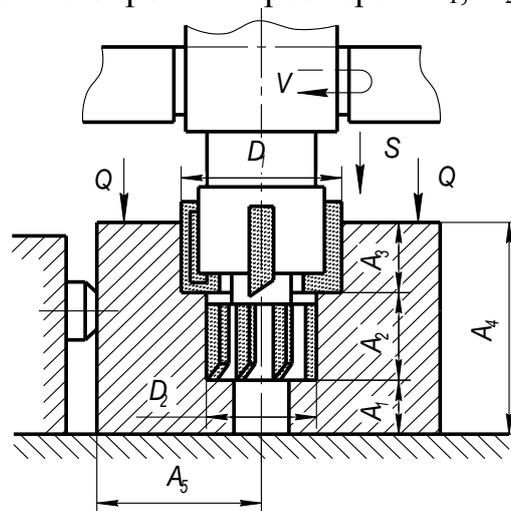


Рисунок 6 - Схема обработки отверстия

Задача 7

На вертикально-сверлильном станке производят зенкерование отверстия и подрезку торца втулки, выдерживая размеры A_1 , A_2 , A_3 , A_5 и D (рисунок 7). Вывести расчетные зависимости для определения погрешности базирования при выполнении указанных размеров. Размер A_4 выполнен с отклонениями $\pm T_{A4}/2$.

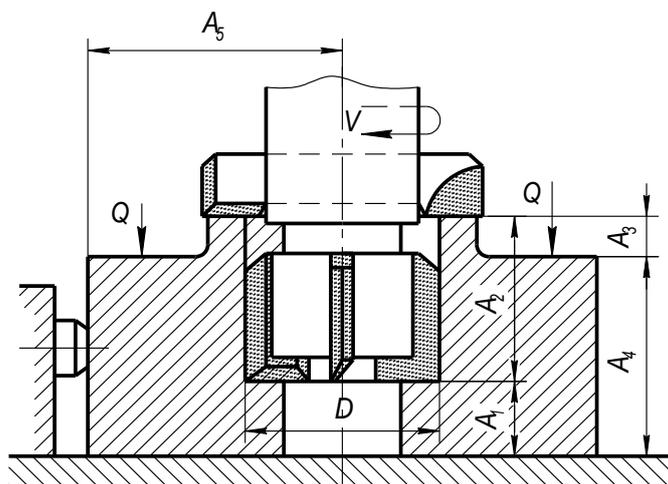


Рисунок 7 - Схема обработки поверхностей заготовки

Задача 8

На горизонтально-фрезерном станке за два установка производят обработку поверхностей головок шатуна, установленного плоскостью и двумя отверстиями на цилиндрический и срезанный пальцы (рисунок 8). Базовые отверстия выполнены в размер $D_1 = D_2 = 50^{+0,039}$ мм. Установочные пальцы изготовлены в пределах поля допуска диаметром $50f7(-0,025 / -0,050)$ мм.

Определить точность выполнения размера 70 головки шатуна и возможность обработки поверхностей шатуна набором фрез при заданной точности выполнения размеров $45^{+0,4}$ мм. Допуск на размер между осями отверстий $T_L=0,1$ мм. Точность метода обработки $\omega=0,050$ мм. Погрешностями закрепления ϵ_3 и положения заготовки $\epsilon_{n.3}$ пренебречь.

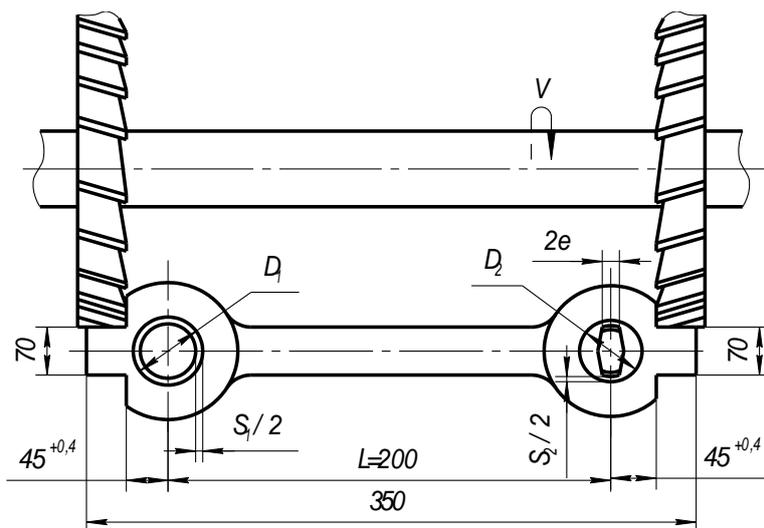


Рисунок 8 - Схема обработки шатуна

Задача 9

В торце валов, обработанных в размер диаметром $d=65_{-0,2}\text{мм}$, требуется просверлить отверстие диаметром $D=12,0\text{ мм}$. Положение оси отверстия определяется размером H , заданным от образующей цилиндрической поверхности вала. При проектировании приспособления возможны три варианта 1, 2, 3 расположения втулок в кондукторной плите относительно призмы, в которую устанавливают вал (рисунок 9).

Определить, при каком положении кондукторной втулки обеспечивается наименьшая погрешность базирования для размера H . Угол призмы $\alpha=90^\circ$.

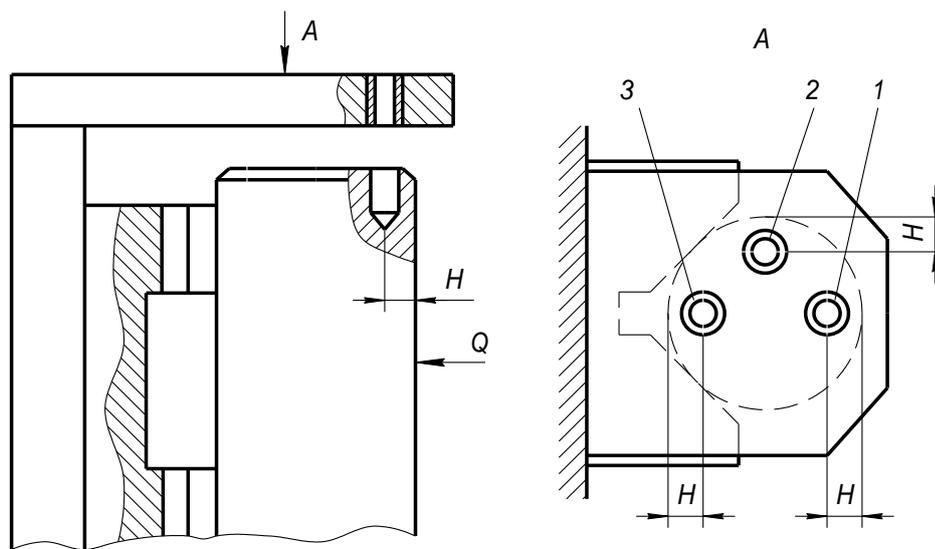


Рисунок 9 - Схемы установки кондукторной втулки при сверлении отверстия в торце вала

Задача 10

Для фрезерования паза заготовку устанавливают в центрирующую втулку (рисунок 10). Найти зависимости для определения погрешности базирования для размеров A_1, A_2, A_3, A_4 и A_5 при заданной точности размеров заготовки N, A, d и центрирующей втулки D .

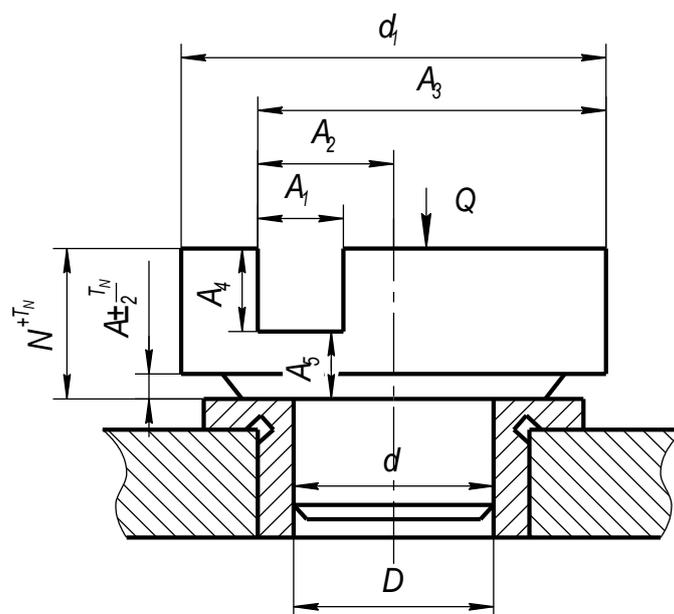


Рисунок 10 - Схема установки заготовки при фрезеровании паза.

Далее следует приступить к решению второй задачи. Все необходимые сведения для решения второй задачи изложены в пункте 4.2.2. Внимательно изучите основные положения и понятия изложенные в этом пункте и только потом приступайте к решению предложенных задач.

4.2.2 Технологические расчёты при проектировании сборочных операций

При проектировании отдельных сборочных операций выполняют расчеты по определению усилий, необходимых для сборки неразъемных соединений, которые определяют параметры соответствующего оборудования.

Соединения с гарантированным натягом осуществляют запрессовкой (продольно-прессовые соединения) или путем теплового воздействия на сопрягаемые детали (поперечно-прессовые соединения).

При запрессовке наибольшая сила, N , необходимая для сборки определяется по формуле [14]

$$P_3 = f \pi d l \rho \quad (9)$$

где f – коэффициент трения при запрессовке;

d – номинальный диаметр сопряжения, мм;

l – длина сопрягаемых поверхностей, мм;

ρ – давление на поверхности контакта, МПа.

Коэффициент трения f зависит от материала сопрягаемых деталей, шероховатости обработанных поверхностей, наличия смазки и давления на сопрягаемых поверхностях и определяется по справочнику [15]. Значение ρ можно определить по формуле

$$\rho = \frac{i \cdot 10^{-3}}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (10)$$

где i – натяг в сопряжении, мкм;

E_1, E_2 – модуль упругости материалов вала и втулки соответственно, МПа; определяется по справочнику [16]

Коэффициенты:

$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1; \quad (11)$$

$$C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} - \mu_2, \quad (12)$$

где d_1 – диаметр отверстия пустотелого вала, мм;

d_2 – наружный диаметр напрессовываемой детали (втулки), мм;

μ_1, μ_2 – коэффициент Пуассона материалов вала и втулки соответственно; определяется по справочнику [16].

Для сплошного вала $d_1 = 0$ и $C_1 = 1 - \mu$.

Расчетный натяг определяется с учетом шероховатости сопрягаемых поверхностей:

$$i = \Delta d - 1,2 (Rz_1 + Rz_2), \quad (13)$$

где Rz_1, Rz_2 – высота неровностей профиля по десяти точкам, мкм.

Усилие прессы P_{np} определяется по усилию запрессовки P_3 с учетом коэффициента запаса $k=1,5 \dots 2$; тогда:

$$P_{np} = kP_3. \quad (14)$$

В соответствии с расчетным усилием прессы P_{np} по справочнику [10] выбирается необходимое прессовое оборудование.

При тепловой сборке температуру T_n нагрева охватываемой детали или температуру охлаждения охватывающей, которая должна быть в начальный момент выполнения соединения, определяют по зависимости

$$T_n > \frac{\Delta d \cdot 10^{-3}}{\alpha \cdot d}, \quad (15)$$

где Δd – наибольшая разность диаметров охватываемой и охватывающей деталей, мкм;

α – температурный коэффициент линейного расширения материала детали $1/^\circ\text{C}$; определяется по справочнику [15];

d – номинальный диаметр сопряжения, мм.

$$\Delta d = \delta + i, \quad (16)$$

где δ – наибольший натяг для данного соединения, мм;

i - гарантированный зазор, обеспечивающий свободную посадку при сборке, мм.

При переносе детали из нагревающего или охлаждающего устройства на сборочную позицию неизбежны ее охлаждение или нагрев. Температура $T_в$, °C, которую должна иметь деталь в момент ее выгрузки из нагревающего или охлаждающего устройства определяется по формуле

$$T_в = \frac{T - (T - T_н)}{e^{-kt}}, \quad (17)$$

где T – температура окружающей среды, °C; $T = 20$ °C;

$e = 2,7172$; – основание натуральных логарифмов;

t - время переноса детали из нагревающего или охлаждающего устройства до сборочной позиции, мин.

Показатель k зависит от размеров и конфигурации детали, ее материала и метода нагрева (охлаждения). Для деталей типа втулок этот показатель определяется по формуле

$$k = \frac{33,3\alpha_1}{C_д\rho} \left(\frac{1}{h} + \frac{1}{l} \right), \quad (18)$$

где h и l – соответственно толщина и длина втулки, мм;

α_1 - коэффициент теплопередачи между втулкой и окружающей средой, ккал/(м²·°C·с); определяется по справочнику [15];

$C_д$ – удельная теплоемкость материала втулки, ккал/(кг · °C); определяется по справочнику [16];

ρ - плотность материала втулки, кг/м³;

Потребное количество хладагента $m_{ха}$, кг, для охлаждения детали до требуемой температуры $T_в$ определяется по формуле

$$m_{ха} = \frac{C_д m_д \Delta t_1}{C_{ха} \Delta t_2}, \quad (19)$$

где $m_д$ – масса детали, кг;

Δt_1 – изменение температуры детали за время ее охлаждения, °C;

$C_{ха}$ – удельная теплоемкость хладагента, ккал/(кг·°C); для жидкого азота $C_{ха} = 0,48$ ккал/(кг · °C) [16];

Δt_2 – изменение температуры хладагента за время охлаждения детали, °C;

$\Delta t_1 = |T_{н\partial} - T_{к\partial}|$,

где $T_{н\partial}$ и $T_{к\partial}$ – начальная и конечная температура детали, °C;

$\Delta t_2 = |T_{нх} - T_{кх}|$,

где $T_{нх}$ – начальная температура хладагента, °C; для жидкого азота

$T_{нх} = -196$ °C [16];

$T_{кх}$ – конечная температура хладагента, °C;

При выполнении операций **клепки** усилие P_k , Н, необходимое для образования головок заклепок при холодной клепке определяется по формуле

$$P_k = K_\phi d^{1,75} \sigma_в^{1,75}, \quad (20)$$

где K_ϕ – коэффициент формы замыкающей головки заклепки (таблица 2);
 d – диаметр стержня заклепки, мм;
 σ_s – предел прочности материала заклепки при растяжении, МПа.

Таблица 2 - Значения коэффициента формы K_ϕ

Тип заклепок	K_ϕ
Со сферическими головками	28,6
С плоской и потайной головками	26,2
С плоскими головками	15,2
Трубчатые	4,33
Полутрубчатые	4,33

При выполнении операций **развальцовки** сила P_o , необходимая для осадки концов трубки на конус, и сила $P_{отб}$, необходимая для отбортовки трубок, определяются по зависимости

$$P_o = P_{отб} = K \cdot \frac{S \cdot (D+d)}{2} \cdot \frac{D_1}{D} \cdot \sigma_m, \quad (21)$$

где K – коэффициент, учитывающий размеры, свойства материала трубок и характер выполняемой операции (таблица 3);

Таблица 3 - Значения коэффициента K

Материал трубок	Развальцовка	Отбортовка
Медь	45	57
Сталь	55	78

S – толщина стенки, мм;

D, d – наружный и внутренний диаметры трубки, мм;

D_1 – диаметр развальцованного конца трубки, мм;

σ_m – предел текучести материала трубок, МПа.

Задача 11

Подшипник № 207 запрессовать на шейку стального вала. Размеры подшипника: $d = 35 \begin{pmatrix} +0,027 \\ +0,009 \end{pmatrix}$ мм, $D = 72$ мм, $B = 17$ мм. Отклонения: вала $d \begin{pmatrix} +0,027 \\ +0,009 \end{pmatrix}$; отверстия $D \begin{pmatrix} -0,027 \end{pmatrix}$. Шероховатость: внутреннего кольца подшипника $Rz_1 = 6,3$ мкм, шейки вала $Rz_2 = 3,2$ мкм.

Для заданных условий определить усилие запрессовки детали и потребную силу пресса для выполнения соединения с натягом. Подобрать прессовое оборудование. Дать эскиз сборочной технологической наладки.

Задача 12

Подшипник № 212 запрессовать на шейку стального вала. Размеры подшипника: $d = 60$ мм, $D = 110$ мм, $B = 22$ мм. Отклонения: вала $d \begin{pmatrix} +0,04 \\ +0,02 \end{pmatrix}$;

отверстия $D(-0,03)$. Шероховатость: внутреннего кольца подшипника $Rz_1 = 10$ мкм, шейки вала $Rz_2 = 3,2$ мкм.

Для заданных условий определить усилие запрессовки детали и потребную силу прессы для выполнения соединения с натягом. Подобрать прессовое оборудование. Дать эскиз сборочной технологической наладки.

Задача 13

Подшипник № 220 запрессовать на шейку стального полого вала. Размеры вала: наружный диаметр $d = 100$ мм, диаметр отверстия $d_1 = 60$ мм. Размеры подшипника: $d = 100$ мм, $D = 180$ мм, $B = 34$ мм. Отклонения: вала d $(\begin{smallmatrix} +0,035 \\ +0,012 \end{smallmatrix})$; отверстия $D(-0,035)$. Шероховатость: внутреннего кольца подшипника $Rz_1 = 10$ мкм, шейки вала $Rz_2 = 1,6$ мкм.

Для заданных условий определить усилие запрессовки детали и потребную силу прессы для выполнения соединения с натягом. Подобрать прессовое оборудование. Дать эскиз сборочной технологической наладки.

Задача 14

Подшипник № 304 напрессовать на шейку вала. Размеры подшипника: $d = 20$ мм, $D = 52$ мм, $B = 15$ мм. Отклонения: вала d $(\begin{smallmatrix} +0,014 \\ +0,002 \end{smallmatrix})$; отверстия D $(-0,023)$. Шероховатость: внутреннего кольца подшипника $Rz_1 = 3,2$ мкм, шейки вала $Rz_2 = 1,6$ мкм.

Для заданных условий определить усилие запрессовки детали и потребную силу прессы для выполнения соединения с натягом. Подобрать прессовое оборудование. Дать эскиз сборочной технологической наладки.

Задача 15

Подшипник № 317 напрессовать на шейку стального полого вала. Размеры вала: наружный диаметр $d = 85$ мм, диаметр отверстия $d_1 = 40$ мм. Размеры подшипника: $d = 85$ мм, $D = 180$ мм, $B = 41$ мм. Отклонения: вала d $(\begin{smallmatrix} +0,045 \\ +0,028 \end{smallmatrix})$; отверстия $D(-0,035)$. Шероховатость: внутреннего кольца подшипника $Rz_1 = 6,3$ мкм, шейки вала $Rz_2 = 3,2$ мкм.

Для заданных условий определить усилие запрессовки детали и потребную силу прессы для выполнения соединения с натягом. Подобрать прессовое оборудование. Дать эскиз сборочной технологической наладки.

Задача 16

Подшипник № 412 напрессовать на шейку стального вала. Размеры подшипника: $d = 60$ мм, $D = 150$ мм, $B = 35$ мм. Отклонения: вала $d \left(\begin{smallmatrix} +0,05 \\ +0,02 \end{smallmatrix} \right)$; отверстия $D \left(\begin{smallmatrix} -0,03 \end{smallmatrix} \right)$. Шероховатость: $R_{z1} = 10$ мкм, $R_{z2} = 3,2$ мкм.

Для заданных условий определить усилие запрессовки детали и потребную силу пресса для выполнения соединения с натягом. Подобрать прессовое оборудование. Дать эскиз сборочной технологической наладки.

Задача 17

В отверстие ступицы шестерни $\text{Ø}60\text{H}6 \left(\begin{smallmatrix} +0,019 \end{smallmatrix} \right)$ методом охлаждения установить латунную втулку, наружный диаметр которой равен $60\text{S}7 \left(\begin{smallmatrix} +0,083 \\ +0,053 \end{smallmatrix} \right)$. Во втулке имеется отверстие $\text{Ø}45\text{H}8$. Длина втулки 70 мм. Зазор в охлажденном состоянии равен $i = 0,02$ мм. Время перемещения детали от охлаждающего устройства до сборочной позиции 0,7 мин.

Для заданных условий сопряжения деталей определить температуру охлаждения одной из деталей. В зависимости от потребной температуры выбрать хладагент. Коэффициенты линейного сужения для различных материалов принимать по справочнику [15].

Задача 18

В поршень из сплава АЛ-9 массой 5 кг и диаметром 100 мм за счет его нагрева устанавливается стальной поршневой палец. Палец имеет наружный диаметр $40\text{h}6 \left(\begin{smallmatrix} -0,016 \end{smallmatrix} \right)$ и внутренний диаметр 30 мм, отверстие в бобышке поршня $\text{Ø}40\text{T}7 \left(\begin{smallmatrix} -0,039 \\ -0,064 \end{smallmatrix} \right)$. Гарантированный зазор, обеспечивающий свободную посадку при сборке $i = 0,025$ мм. Время переноса детали из нагревательного устройства до сборочной позиции 0,5 мин.

Для заданных условий сопряжения деталей определить температуру нагрева одной из деталей. В зависимости от потребной температуры выбрать теплоноситель. Коэффициенты линейного расширения для различных материалов принимать по справочнику [15].

Задача 19

На стальной диск муфты сцепления приклепываются по 6 секторов из феррадо. Каждый сектор закрепляется шестью заклепками из красной меди. Эскиз узла показан на рисунке 11. Диаметр заклепки $d_3 = 6$ мм с потайной головкой. Производственная программа – 50000 узлов в год, предел прочности на разрыв для красной меди $\sigma_b = 200$ МПа.

Для заданной конструкции узла определить усилие осадки головки заклепки. Выбрать последовательную или одновременную осадку заклепок. Подобрать оборудование для выполнения заклепочного соединения.

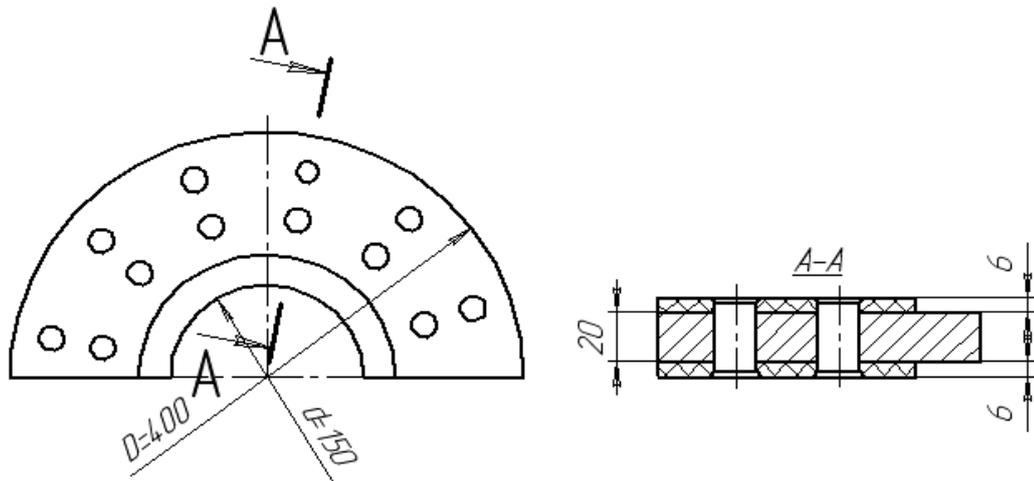


Рисунок 11- Фрагмент диска муфты сцепления

Задача 20

Режущие сегменты приклепываются стальными заклепками $d_3 = 5$ мм с потайной головкой. Каждый сегмент закрепляется четырьмя заклепками, а всего на нож жатки устанавливается 45 режущих элементов. Эскиз узла показан на рисунке 12. Годовая программа выпуска – 20000 жаток. Предел прочности на разрыв для стали $\sigma_s = 450$ МПа.

Для заданной конструкции узла определить усилие осадки головки заклепки. Выбрать последовательную или одновременную осадку заклепок. Подобрать оборудование для выполнения заклепочного соединения.

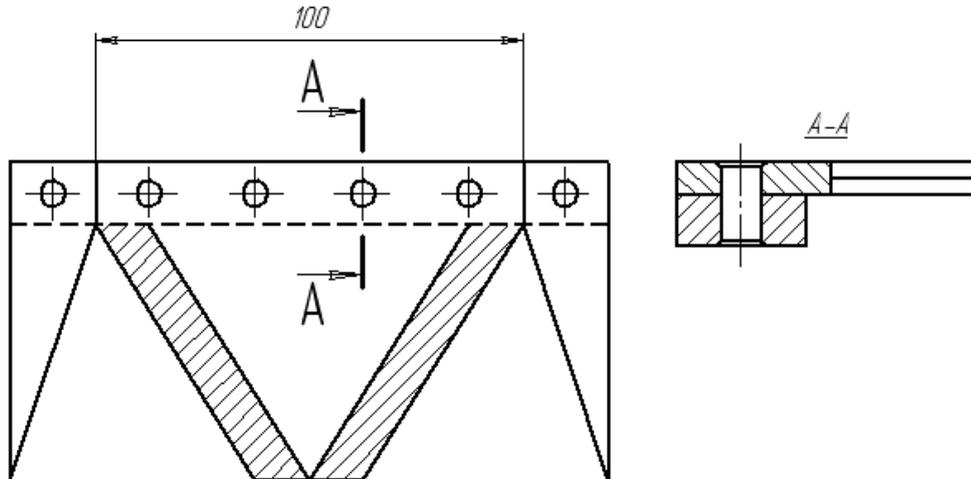


Рисунок 12 – Фрагмент ножа жатки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология машиностроения: учебник для студ. высш. учеб.заведений / [Л.В. Лебедев, В.У. Мнацаканян, А.А. Погонин и др.]. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 528 с.
2. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. 2-е изд. М.: Машиностроение, 2007. -736 с.
3. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник. 3-е изд., стер.-СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 512 с.
4. Технология машиностроения: Учебник /Л.В. Лебедев, И.В. Шрубченко, А.А. Погонин, М.С. Чепчуров, А.Ф. Бойко. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 624 с.
5. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.1. Основы технологии машиностроения: Учеб.пособ. для вузов/Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – М.: Высш. шк., 2003. – 278 с.
6. Технология машиностроения: В 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов /В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др.; Под ред. А.М. Дальского. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. - 564 с.
7. Базирование заготовок при механической обработке: Учебное пособие/ Л.В. Худобин, М.А. Белов, А.Н. Унянин; под общ.ред. проф., д.т.н. Л.В.Худобина. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 248 с.
8. ГОСТ 21495 – 76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 36 с.
9. Справочник технолога–машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. 4–е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. 656 с.
10. Справочник технолога–машиностроителя. В 2-х т. Т.2/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. 4–е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
11. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога. М.: Машиностроение, 1976. 288 с.
12. Станочные приспособления. Справочник/ Под ред. Б.Н. Вардашкина и др. Т.1, М.: Машиностроение, 1984. 592 с.
13. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. 277 с.
14. Технология машиностроения: Сборник задач и упражнений: Учеб.пособие/В.И. Аверченков и др.; Под общ. ред. В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. 2-ое изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2010. 288 с.
15. Основы технологии машиностроения /Под ред. В.С. Корсакова. М.: Машиностроение, 1977.288 с.
16. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Том 1. 8-ое изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. М.: Машиностроение, 1999. 912 с.
17. Енохович А.С. Справочник по физике. М.: Просвещение, 1978. 416 с.

Алексеев Николай Сергеевич

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Методические указания и задания к контрольной работе №1 по курсу «Основы технологии машиностроения» для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» заочной формы обучения

Подписано к печати 09.12.2021. Формат 60X84 1/16.
Усл. печ. л. 1,44. Тираж 10 экз. Зак. 2117107. Рег № 56.

Отпечатано в ИТО Рубцовского индустриального института
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6