

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ

Под редакцией профессора *Г.В. Смирнова*

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по основной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

САМАРА
Издательство Самарского университета
2018

УДК 621.431.75(075)
ББК 39.55я7
О 753

Авторы: *Г.В. Смирнов, Н.Д. Проничев, В.Г. Смелов и др.*

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. А. Ф. Денисенко,
д-р техн. наук, проф. В. К. Моисеев

О 753 Основы повышения точности при изготовлении деталей ДЛА: учеб. пособие/ [Г.В. Смирнов и др.]; под ред. проф. Г.В. Смирнова. - Самара: Изд-во Самарского университета, 2018. – 132 с.

ISBN 978-5-7883-1281-1

Рассматриваются вопросы повышения точности при изготовлении деталей ГТД на основе анализа поведения инновационной технологической системы. Теоретически рассматриваются первичные погрешности, влияющие на точность геометрических параметров деталей. Выявленные наиболее значимые погрешности изучаются на основе экспериментальных исследований, которые реализуются при выполнении лабораторных работ.

Пособие разработано в соответствии с программами курсов «Теоретические основы проектирования технологических процессов», «Инновационные технологии производства двигателей» коллективом авторов: Смирнов Г.В. (раздел 1; 2.1), Проничев Н.Д. (раздел 1; 2.6), Смелов В.Г. (раздел 1; 2.10), Агаповичев А.В. (раздел 2.4), Кондратьев (2.2.), Хаймович А.И. (раздел 2.2; 2.5), Курбатов В.П. (раздел 2.9), Сурков О.С. (раздел 2.2), Балякин А.В. (раздел 2.3; 2.10), Вдовин Р.А. (раздел 2.8; 2.10), Жидяев А.Н. (раздел 2.3; 2.5), Чемпинский Л.А. (раздел 2.6), Болотов М.А. (раздел 1; 2.7), Печенин В.А. (раздел 2.7), Нехорошев М.В. (раздел 2.1), Сотов А.В. (раздел 2.7), Алексеев В.П. (раздел 2.8).

УДК 621.431.75(075)
ББК 39.55я7

ISBN 978-5-7883-1281-1

© Самарский университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ	6
1.1 Точность и погрешность.....	6
1.2 Структура погрешности геометрических параметров.....	7
1.3 Определение первичных погрешностей обработки	11
1.3.1 Определение погрешностей, возникающих в результате упругих деформаций технологической системы под действием сил резания	11
1.3.2 Погрешности обработки, обусловленные деформацией заготовки под действием усилий закрепления	12
1.3.3 Определение погрешностей, связанных с упругими деформациями системы под влиянием нагрева	13
1.3.4 Погрешности, возникающие в результате размерного износа инструмента.....	15
1.3.5 Кинематические погрешности	15
1.3.6 Погрешности обработки, связанные с неточностью размерного и профильного инструмента	15
1.3.7 Погрешности обработки, связанные с геометрической неточностью станков	16
1.3.8 Погрешности, связанные с деформацией заготовок из-за перераспределения остаточных напряжений.....	16
1.3.9 Погрешности настройки станка	17
1.4 Базирование и установка заготовки	17
1.4.1 Понятие о базах	17
1.4.2 Понятие погрешности установки и ее структура	20
1.4.3 Первичные погрешности установки заготовки в приспособлении.....	21
1.4.4 Методы определения результирующей операционной погрешности.....	25

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРВИЧНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТОЧНОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛИ.....	30
2.1 Изучение влияния жесткости технологической системы на точность размеров в продольном сечении заготовки при токарной обработке	30
2.2 Влияние усилия закрепления кольца на точность его формы при обработке в патроне.....	41
2.3 Влияние размерного износа инструмента на точность обработки поверхностей заготовки.....	50
2.4 Исследование точности формы поверхности при торцевом фрезеровании	61
2.5 Анализ точности обработки фрезерованием.....	69
2.6 Исследование чистового этапа технологического процесса изготовления вала	75
2.7 Исследование точности обработки на токарном станке статистическим методом	81
2.8 Определение точности групповой обработки деталей на револьверном станке	96
2.9 Определение точности при нарезании зубьев цилиндрических шестерен на зубодолбежных станках	109
2.10 Определение припусков и операционных размеров на обработку цилиндрических поверхностей	123
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	130

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития двигателестроительного производства предприятия отрасли проводят перевооружение, широко внедряют инновационные технологии. При этом ставятся задачи повышения производительности и качества деталей. Решения этих задач требуют пересмотра нормативной технологической базы, создания электронной технологической среды, а также совершенствования методики проектирования технологических процессов. В этих условиях возрастают требования к подготовке специалистов технологов.

В процессе обучения студенты должны понять особенности работы инновационных технологических систем, выявить наиболее значимые первичные погрешности, которые будут определять точность маложестких деталей ДЛА.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Развитие всех отраслей машиностроения, характеризуется непрерывным повышением требований к точности изготовления деталей и сборки изделий.

Не менее важной является задача повышения точности всех технологических операций. Повышение точности заготовок и повышение точности каждой из операций механической обработки, начиная с черновых, позволяет уменьшить количество ступеней обработки каждой из поверхностей детали (число операций), что дает экономию металла и снижение трудовых затрат. Следует также отметить, что повышение точности механической обработки детали сокращает трудоемкость сборки машин благодаря частичному или полному устранению пригоночных работ.

Сказанное выше указывает на необходимость уделять серьезное внимание вопросам точности на всех этапах создания изделия – при проектировании, при изготовлении его деталей, в процессе сборки и испытания.

1.1 Точность и погрешность

Под точностью обработки детали понимают степень ее приближения или степень ее соответствия заранее установленному прототипу или образцу. Основной целью механической обработки является достижение заданных значений геометрических параметров. Поэтому можно сформулировать понятие точности обработки следующим образом. Точность обработки детали (точность обработки) – это степень соответствия действительных геометрических параметров детали заданным.

Количественной характеристикой точности служит погрешность обработки – степень или величина несоответствия действительных полученных при обработке детали геометрических параметров заданным. Различают погрешности: формы, размеров поверхностей, координирующих размеров и соотношений.

С методической точки зрения целесообразно также различать три категории точности: заданную, действительную и ожидаемую. Заданная или требуемая точность регламентируется с помощью допусков, назначаемых конструктором на отдельные параметры детали или машины; действительная точность характеризуется погрешностью, которая может быть выявлена при измерении отдельных деталей, а ожидаемая или расчетная – погрешностью, которую предположительно или на основании расчетов можно ожидать после обработки.

Следовательно, ожидаемая точность – это точность, которую рассчитывают получить у всех деталей, которые будут изготовлены по данному технологическому процессу, на данном приспособлении, данным инструментом.

Она характеризуется величиной поля рассеяния ω заданного размера у некоторой совокупности деталей:

$$\omega = A_{д \max} - A_{д \min},$$

где $A_{д \max}$ и $A_{д \min}$ – наибольший и наименьший действительные размеры в пределах совокупности детали.

1.2 Структура погрешности геометрических параметров

Для анализа точности обработки целесообразно классифицировать погрешности по источникам и причинам их возникновения (по «происхождению»). Такими причинами могут считаться заготовка, оборудование и оснастка, но целесообразнее в основу классификации положить физические явления, обуславливающие появление погрешностей: упругие деформации от действия сил резания, тепловые деформации, износ и т.д.

Заданные по чертежу значения геометрических параметров могут выполняться либо прямо, непосредственно либо косвенно, через другие параметры процесса. Например, требуемая глубина цементированного слоя выдерживается не непосредственно, а через ряд параметров: состав и массу карбюризатора, температурный режим, время цементации и т.д.

На рис.1.1 слева приведен эскиз детали с заданными чертежными размерами, а справа – технологический процесс, состоящий из операций; 1 – токарной обработки детали и 2 – фрезерования паза. Сопоставление чертежных и операционных размеров показывает, что чер-

тежные размеры $20_{-0,28}$, $50 \pm 0,4$ и $8^{+0,2}$ выполняются непосредственно, им соответствуют операционные размеры D , A_1 и A_2 . Заданный же по чертежу размер $12 \pm 0,4$ выдерживается косвенно, через размеры A_1 и A_3 . В размерной цепи, приведенной на рис. 1.1а размер $12 \pm 0,4$ выдерживается косвенно, через размеры A_1 и A_3 . В размерной цепи, приведенной на рис. 1.1а размер $12 \pm 0,4$ является замыкающим звеном A_{Δ} . Возможные предельные значения этого размера

$$A_{\Delta \max} = A_{1\max} - A_{3\min};$$

$$A_{\Delta \min} = A_{1\min} - A_{3\max}.$$

Оп.10 Фрезерная

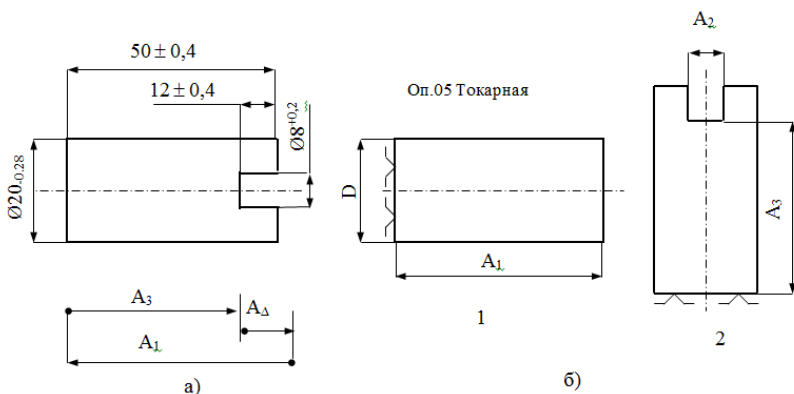


Рис. 1.1. Эскиз детали (а) и технологический процесс ее обработки (б):
1 - токарная обработка; 2- фрезерование паза

Вычитая нижнее уравнение из верхнего и, учитывая, что $A_{\Delta \max} - A_{\Delta \min} = \omega_{\Delta}$, $A_{1 \max} - A_{1 \min} = \omega_1$, $A_{3 \max} - A_{3 \min} = \omega_3$, получим $\omega_{\Delta} = \omega_1 + \omega_3$. Погрешность ω_1 размера A_1 возникает в операции токарной обработки, а погрешность ω_3 размера A_3 – при фрезеровании. Поэтому обобщая, можно сказать, что погрешность размера или другого геометрического параметра в общем случае, при косвенном выполнении этого параметра, равна сумме операционных погрешностей, т.е. $\omega_{\Sigma} = \sum \omega_i$.

Теперь рассмотрим состав операционной погрешности.

Из двух схем – односторонней и двухсторонней обработки общим случаем будет односторонняя обработка.

Для этого общего случая операционная погрешность может быть представлена состоящей из двух частей:

$$\omega_i = \omega_{oi} + \omega_{yi}, \quad (1.1)$$

где ω_{oi} – часть операционной погрешности, связанная с методом обработки. В последующем для краткости будем называть ее погрешностью обработки;

ω_{yi} – часть операционной погрешности, связанная с методом установки детали и базированием. В последующем для краткости будем называть ее погрешностью установки.

На рис. 1.2 показана операция фрезерования паза с выдерживанием размера A_3 по схеме односторонней обработки.

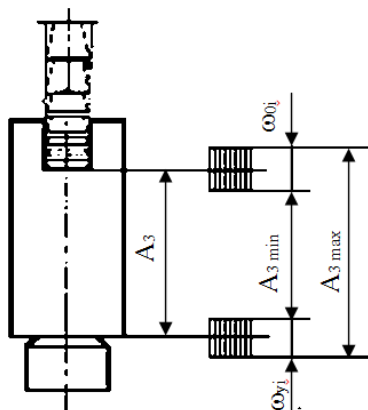


Рис. 1.2. Схема образования операционной погрешности

Размер A_3 координирует обработанную поверхность (дно паза) относительно нижнего торца детали, являющегося базой. Вследствие воздействия различных факторов, связанных с методом обработки (упругие деформации узлов станка, износ инструмента и др.), обработанная поверхность у различных деталей партии будет занимать различное положение относительно базы обработки – станка в пределах поля ω_{oi} . Аналогично будет иметь место изменение положения базы (нижнего торца) у партии деталей за счет воздействия причин, связанных с установкой и базированием детали. На рис. 1.2 показано поле этого колебания ω_{yi} .

Тогда операционная погрешность – погрешность размера A_3 будет равна

$$\omega_i = A_{3\max} - A_{3\min} = \omega_{oi} + \omega_{yi}$$

Последнее равенство является доказательством уравнения (1.1). При выполнении размеров по схемедвухсторонней обработки, а также для размеров между поверхностями, обрабатываемыми при одной установке, способ не будет влиять на точность таких размеров, т.е. $\omega_{yi} = 0$. Для этого случая операционная погрешность $\omega_i = \omega_{oi}$.

В свою очередь, каждая из составляющих ω_{oi} и ω_{yi} представляет собой сумму первичных или элементарных погрешностей соответственно обработки и установки. Первичной называют погрешность, обусловленную действием какого-либо (одного) производственного фактора, например, износа инструмента, тепловых деформаций детали и т.д.

Для наглядности на рис. 1.3 изложенная классификация погрешностей представлена в виде схемы.

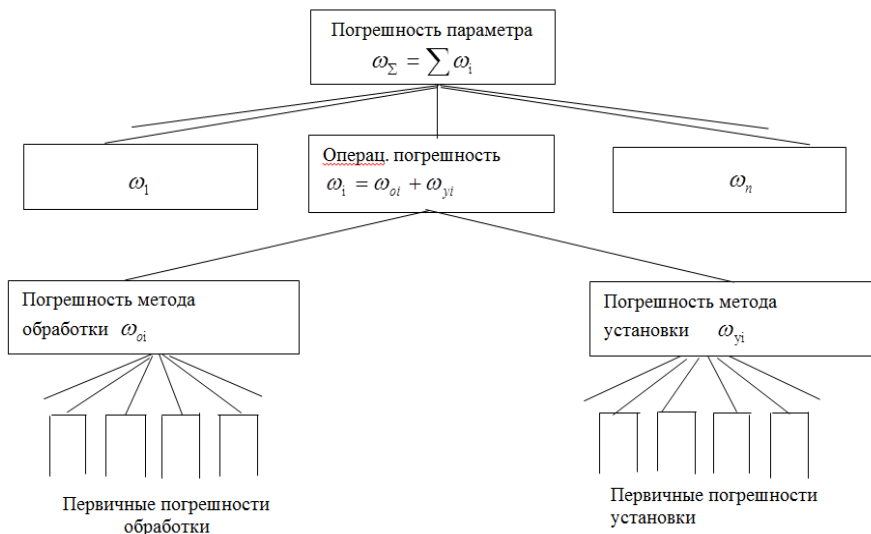


Рис. 1.3. Схема классификации погрешностей

1.3 Определение первичных погрешностей обработки

Определение первичных (элементарных) погрешностей обработки выполняется с целью получить качественные и количественные зависимости для оценки влияния основных производственных факторов на точность обработки, изыскать пути повышения точности обработки, получить исходные данные для определения расчетным путем результирующей (суммарной) операционной погрешности.

Каждая из первичных погрешностей может быть определена аналитическими или экспериментальными методами. Наиболее достоверные результаты получаются при сочетании, совместном использовании обоих названных методов.

В реальных производственных условиях факторы, вызывающие появление погрешности обработки, действуют одновременно, совместно. При установлении же зависимости между отдельно взятым производственным фактором и обусловленной его воздействием первичной погрешностью допускают, что в это время другие факторы как бы отсутствуют, не действуют. Такой методический прием является вынужденным, так как не представляется возможным определить одновременно влияние всех причин.

1.3.1 Определение погрешностей, возникающих в результате упругих деформаций технологической системы под действием сил резания

Механическая обработка заготовок на металлорежущих станках выполняется с использованием приспособлений и инструментов. Все узлы и устройства, участвующие в процессе обработки, и обрабатываемая заготовка образуют упругую технологическую систему: станок – приспособление – инструмент – заготовка. Для оценки величины погрешности важной характеристикой системы является ее жесткость, т.е. способность оказывать сопротивление действию деформирующих ее сил.

Жесткость упругой технологической системы выражается отношением составляющей усилия резания, направленной по нормали обрабатываемой поверхности P_y , к смещению лезвия инструмента относительно заготовки u , отсчитываемому в том же направлении:

$$j = \frac{P_y}{y} \text{ (Н/мм)} \quad (1.2)$$

Упругие деформации технологической системы возникают под действием всех составляющих силы резания. Но формула жесткости учитывает влияние только составляющей P_y . Это объясняется тем, что деформация системы $y=P_y/j$ влияет на точность размера (например, диаметра) прямо, непосредственно, в то время как деформация под действием других составляющих влияет на точность размера косвенно, незначительно.

Для практических целей удобнее пользоваться понятием податливости, численно равной обратной величине жесткости

$$w = \frac{1}{j} \text{ (мкм/Н)} \quad (1.3)$$

Величина податливости равна отношению величины смещения лезвия инструмента y к величине нормальной составляющей усилия резания P_y

$$w = \frac{y}{P_y} \text{ (мкм/Н)} \quad (1.4)$$

Жесткость системы зависит от жесткости составляющих ее элементов: станка, инструмента, приспособления и заготовки. Жесткость станка, в свою очередь, зависит от жесткости его узлов.

Подробно действия этой первичной погрешности студенты должны проверить и исследовать при выполнении экспериментальной работы (см. раздел 2.1).

1.3.2 Погрешности обработки, обусловленные деформацией заготовки под действием усилий закрепления

При закреплении заготовок усилия зажима достигают больших значений. Так, при закреплении заготовки в трехкулачковом патроне диаметром 240 мм зажимное усилие, передаваемое каждым кулачком на заготовку, может составлять 7000–8000 Н. При этом недостаточно жесткие заготовки (например, тонкостенные втулки) получают значительные упругие деформации.

Если расточить отверстие втулки в деформированном состоянии, оно будет круглым при зажатом положении (рис.1.4 а). Но если заготовку после обработки снять со станка, обработанное отверстие будет иметь погрешность формы – гранность (рис. 1.4 б).

При закреплении в патроне с четырьмя и большим числом кулачков, а также при использовании сегментных кулачков, деформация заготовок и погрешности формы будут значительно меньше.

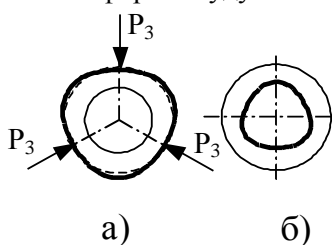


Рис. 1.4. Погрешность формы нежесткой заготовки в результате деформации от сил закрепления: а) после закрепления во время обработки, б) после обработки и снятия

Характер действия этой погрешности студенты проверяют экспериментально (см. раздел 2.2.).

1.3.3 Определение погрешностей, связанных с упругими деформациями системы под влиянием нагрева

В процессе обработки заготовок элементы системы – станок, заготовка, инструмент, приспособление находятся под непрерывным воздействием различных тепловых источников. Нагревание элементов системы ведет к их температурным деформациям и к возникновению погрешностей обработки.

а) погрешности от температурных деформаций станка

При работе станков в наибольшей степени нагреваются шпиндельные бабки: температура в различных точках бабки повышается от 10 до 50°C. Нагрев узлов станка обуславливает изменение их взаимного расположения. Для оценки точности обработки необходимо учитывать перемещение передней и задней бабок и суппорта относительно станины в направлении нормали к обрабатываемой поверхности. Температурные деформации узлов станка невелики – 8-12 мкм. Для предупреждения появления погрешностей от температурных дефор-

маций станков при точных работах производят их предварительный прогрев обкаткой вхолостую в течение 2-3 ч.

б) погрешности от температурных деформаций инструмента

Теплота резания, переходящая в инструмент, вызывает его нагревание и удлинение. В связи с тем, что при обработке твердосплавным инструментом без охлаждения температурные деформации его бывают значительными: удлинение резца, например, может достигать 30-50 мкм. Вся тепловая деформация инструмента может переноситься на размер детали.

в) погрешности от температурных деформаций заготовки

При механической обработке более 10% теплоты резания переходит в заготовку, вызывая ее нагревание и деформации. Характер погрешности обработки зависит от равномерности нагрева. При неравномерном нагревании заготовки возникает ее коробление, приводящее к образованию погрешности формы.

Количество теплоты резания, переходящее в заготовку, зависит от режимов резания и других факторов. При увеличении глубины резания температура заготовки t возрастает. С увеличением скорости резания v увеличивается скорость перемещения температурного поля, в результате чего нагрев заготовки уменьшается.

При прочих равных условиях повышение температуры заготовки зависит в большей степени от конструкции детали: тонкостенные, ажурные детали нагреваются значительно сильнее, чем массивные, сплошные заготовки. Если заготовка в период обработки имела размер в пределах допуска, то при остывании обнаружится погрешность размера. Величина этой погрешности в значительной степени зависит от теплопроводности материала детали. Например, для титановых деталей имеющих низкую теплопроводность, эта погрешность увеличивается. Для уменьшения этой погрешности обеспечивается эффективное охлаждение и увеличивается скорость перемещения источника нагрева (зоны резания) и снижения его интенсивности за счет режимов обработки.

1.3.4 Погрешности, возникающие в результате размерного износа инструмента

Износ инструмента, измеряемый по нормали к обрабатываемой поверхности и непосредственно влияющий на точность, принято называть размерным. Применительно к обтачиванию резцами размерный износ – это радиальный износ.

Величина этой первичной погрешности зависит от свойств материала заготовки и режущего инструмента, режимов обработки, вида СОЖ и др. Эта погрешность проявляется как в традиционных, так и в инновационных технологических системах, при обработке протяженных поверхностей, при обработке мерным инструментом, при обработке высоколегированных вязких сталей и сплавов, а также при твердом точении и фрезеровании.

Следует иметь в виду, что износ инструмента может приводить к усилению действия других первичных погрешностей (например связанных с деформациями технологической системы), так как при износе возрастают силы резания.

Подробно характер действия этой первичной погрешности студенты изучают при выполнении практической работы (см. раздел 2.3).

1.3.5 Кинематические погрешности

Кинематическими называют погрешности, возникающие при замене точной схемы обработки приближенной схемой.

Например, при фрезеровании резьбы дисковой фрезой ось ее устанавливается под углом наклона винтовой линии, относительно оси изделия схема обработки получается точной. Но при фрезеровании резьбы групповой фрезой используется приближенная схема: ось фрезы устанавливается параллельно оси изделия, вследствие чего возникает погрешность профиля резьбы, которая по своему характеру является кинематической.

1.3.6 Погрешности обработки, связанные с неточностью размерного и профильного инструмента

Всегда имеет место копирование (перенос на деталь) неточностей размерных и профильных инструментов. Если, например, размер протяжки будет на 0,03 мм больше требуемого, то во всех заготовках, обработанных этой протяжкой, размер отверстий будет превышен на та-

кую величину. Сказанное объясняет, почему допуски на размерные режущие инструменты (развертки, зенкера, сверла, пазовые резцы и фрезы) назначаются во много раз меньшими допусков на размеры соответствующих обрабатываемых поверхностей.

Профильные инструменты – резьбовые резцы и фрезы, зуборезные инструменты, фасонные резцы, фрезы и шлифовальные круги. Неточность профиля таких инструментов, независимо от причины ее возникновения, переносится на деталь, обуславливая появление погрешностей формы.

1.3.7 Погрешности обработки, связанные с геометрической неточностью станков

Существуют нормы точности станков, которыми регламентируются неточности станка в ненагруженном состоянии – геометрические неточности. Каждая из геометрических неточностей станка служит причиной появления соответствующей погрешности обработки. Например, непараллельность оси шпинделя токарного станка направлению движения суппорта в горизонтальной плоскости служит причиной возникновения конусности заготовок, обрабатываемых с установкой в патроне.

В процессе эксплуатации происходит интенсивный износ рабочих поверхностей станков. В результате износа, и особенно вследствие неравномерного износа частей станка, геометрические неточности его значительно возрастают, обуславливая увеличение соответствующих погрешностей обработки.

1.3.8 Погрешности, связанные с деформацией заготовок из-за перераспределения остаточных напряжений

Остаточными называют напряжения, которые существуют в материале заготовки при отсутствии воздействия внешних сил. Остаточные напряжения возникают в процессе выполнения предшествующей обработки и остаются после ее окончания.

Это происходит как при литье, сварке, обработке давлением, так и при всех видах механической обработки. Механизм их образования довольно сложен. Причиной могут быть: силовой фактор, неравномерный нагрев и охлаждение, структурно– фазовые превращения и пр.

Причем остаточные напряжения, растягивающие и сжимающие, уравновешены в детали. Если, например, взять стальную пластину после фрезерования и проштамповать с одной стороны, то $\sigma_{ост}$ перераспределяется, придя вновь в равновесное состояние, но изделие при этом деформируется. Поэтому, перед окончательной чистовой обработкой целесообразно принять отжиг для уменьшения $\sigma_{ост}$, полученных до этого.

1.3.9 Погрешности настройки станка

Настройка станков представляет собой процесс первоначального установления требуемой точности относительного положения и движения исполнительных поверхностей инструмента, станка и приспособления с целью получения заданной точности обрабатываемых заготовок.

В практике машиностроения используются два метода настройки станков: настройка с обработкой пробных заготовок и статическая настройка или настройка по эталонам. В первом случае установку режущего инструмента в требуемое положение производят путем последовательного приближения к заданному настроечному размеру (часто L_{cp}) в результате обработки на станке пробных заготовок. По данным измерения размеров пробных заготовок определяют величину и направление необходимой корректировки инструмента. По второму методу режущий инструмент настраивают в требуемое положение по эталону в нерабочем статическом состоянии станка или вне его.

Погрешность настройки будет зависеть от точности средств настройки и метода настройки. При установке по жестким упорам погрешность настройки обычно 20...25 мкм, а по индикаторным упорам – 10...15 мкм. Эту погрешность студенты изучают при проведении исследований процесса фрезерования плоской поверхности (см. раздел 2.4).

1.4 Базирование и установка заготовки

1.4.1 Понятие о базах

Для обработки заготовки должны быть установлены в технологической системе с высокой точностью и надежно закреплены. Существуют три вида установки заготовки при обработке:

1. Установка с выверкой, применяется в единичном и мелкосерийном производстве. При этом требуется большой опыт и квалификация рабочего. Установка отнимает много времени.

2. Установка с выверкой по разметочным рискам, применяется главным образом при изготовлении деталей имеющих обрабатываемые и необрабатываемые поверхности, но при этом вырастает трудоемкость операции.

3. Установка детали в приспособлении это наиболее совершенный способ установки при минимальной затрате времени. Приспособления применяют в серийном и массовом производствах.

Элементы заготовки, определяющие ее положение при установке, называются базами.

Соответственно базированием называют (ГОСТ 21495-76) придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

В машиностроении различают три класса баз: конструкторские, технологические и измерительные.

Конструкторская база (ГОСТ 21495-76) – это база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии. То есть эта база ориентирует деталь в собранном механизме относительно других деталей. Это, например, осевые отверстия втулок и шестерен, опорные шейки валов, направляющие станины, суппортов и др. (КБ)

Исходной базой – называют поверхности, относительно которых требуется выдержать расположение обрабатываемой поверхности. Часто такая поверхность создается искусственно, только для установки детали во время обработки, как, например, центровые отверстия валов. (ИБ)

Измерительная база – (ГОСТ 21495-76) поверхности, от которых производится контроль размеров детали. С точки зрения технологии механической обработки, измерительная база – это поверхность, образующая поверхности, точка поверхности, относительно которой, измерением проверяют положение обработанной поверхности, т.е. проверяют выполненный при обработке размер. (ИБ)

Установочная база – это поверхность (линия, точка) при установке по которой, достигается заданное положение заготовки относи-

тельно станка, приспособления, инструмента (УБ). Установочные базы могут быть опорными и проверочными.

Измерительная и исходная базы во многих случаях совпадают.

Для достижения максимальной точности нужно стремиться к тому, чтобы конструкторская, исходная и измерительная базы совпадали.

В процессе обработки заготовка должна занимать определенное положение. Для этого необходимо, чтобы она не имела возможности перемещаться в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, а так же поворачиваться вокруг трех взаимно перпендикулярных осей, т.е. она должна быть лишена шести степеней свободы (рис.1.5).

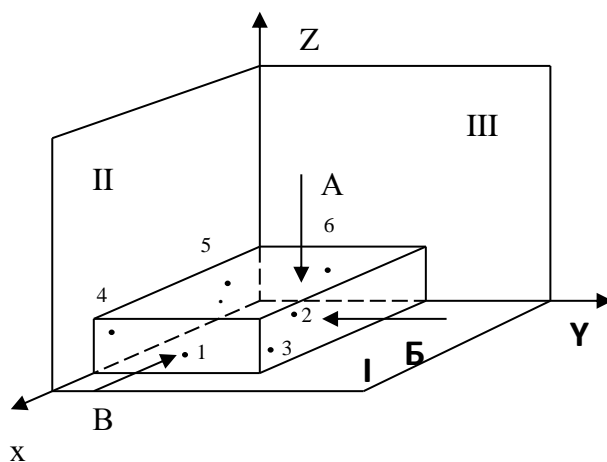


Рис. 1.5. Схема базирования

Плоскость XOY называется установочной. Опоры 1,2,3 и сила A лишает деталь трех степеней свободы: перемещения вдоль оси OZ и вращения вокруг осей OX и OY . Плоскость XOZ называется направляющей. Опоры 4, 5 и сила B лишают деталь еще двух степеней свободы: перемещения вдоль оси OY и вращения вокруг оси OZ . Плоскость ZOY называют упорной. Опора 6 и сила B лишают деталь последней степени свободы: перемещения вдоль оси OX . Таким образом, положение детали в приспособлении определяется с помощью правила шести точек, согласно которому для устойчивого положения детали необходимо иметь шесть жестких опорных точек: три в уста-

новочной плоскости, две в направляющей и одна в упорной. Правило шести точек – основное правило при базировании.

1.4.2 Понятие погрешности установки и ее структура

Как было установлено ранее, операционная погрешность в общем случае (при односторонней обработке) может быть представлена в виде суммы двух слагаемых: погрешности ω_0 , зависящей от принятого метода обработки, и погрешности ω_y , связанной с методом базирования и установки заготовки:

$$\omega_i = \omega_{0i} + \omega_{yi} \quad (1.5)$$

Погрешностью установки называется часть операционной погрешности, связанная с базированием и установкой заготовки и представляющая собой разность предельных расстояний исходной базы, измеренных относительно настроенного инструмента в направлении операционного размера.

Размерный анализ точности обработки на настроенном станке показывает, что погрешность установки включает две составляющие:

$$\omega_{yi} = \omega_{y.z} + \omega_{np} \quad (1.6)$$

$\omega_{y.z}$ – погрешность установки заготовки в приспособлении; ω_{np} – погрешность расположения установочных элементов приспособления относительно станка. Первая из них – $\omega_{y.z}$ представляет собой разность предельных расстояний исходной базы заготовки, отсчитываемых относительно установочных элементов приспособления в направлении заданного размера; вторая составляющая ω_{np} – разность предельных расстояний установочных элементов приспособления относительно станка. $\omega_{y.z}$ и ω_{np} являются также составными: $\omega_{y.z}$ состоит из первичных (элементарных) погрешностей установки детали в приспособлении, а ω_{np} является суммой первичных погрешностей приспособления и погрешностей установки его на станке. Сказанное можно выразить следующими соотношениями:

$$\omega_{y.z} = \sum \omega_{y.zi} \quad (1.7)$$

$$\omega_{np} = \sum \omega_{npi} \quad (1.8)$$

Причины, обуславливающие возникновение первичных или элементарных погрешностей установки заготовки в приспособлении, будут рассмотрены ниже. Факторы, влияющие на состав и величину первичных погрешностей приспособления, рассматриваются при анализе приспособлений.

1.4.3 Первичные погрешности установки заготовки в приспособлении

Как уже отмечалось, на точность установки заготовки в приспособлении влияет большое число производственных факторов. В результате воздействия каждого из них возникают первичные или элементарные погрешности установки заготовки в приспособлении $\omega_{y,zi}$. Цель и методика определения $\omega_{y,zi}$ полностью аналогичны целям и способам определения первичных погрешностей обработки. Следует оговорить, что излагаемый ниже анализ относится к случаям установки заготовок в приспособлении без выверки, характерным для условий крупносерийного и массового производства.

Факторами, ощутимо влияющими на точность установки заготовки в приспособлении, являются:

- а) упругие и пластические деформации установочной поверхности заготовки под действием сил закрепления и сил резания;
- б) геометрические и динамические погрешности приспособлений;
- в) система простановки операционного размера;
- г) схема установки;
- д) погрешности формы и размеров базировочной поверхности;
- е) несовмещение исходной и установочной баз.

Из всех приведенных первичных погрешностей наибольший интерес представляет анализ по точности в зависимости от простановки операционного размера.

На рис.1.6, а показан операционный эскиз фрезерования площадки на цилиндрическом валике, диаметр которого $D-\delta_D$.

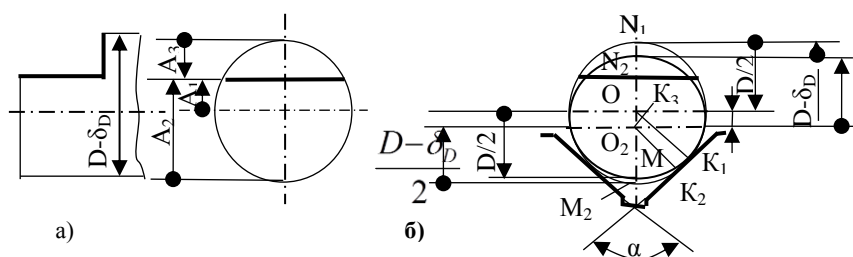


Рис.1.6. Схемы к определению погрешности установки цилиндрической заготовки на призме при различных схемах простановки операционного размера

Приведены 3 возможных варианта простановки операционного размера A_1 – от исходной базы – оси детали, A_2 – от нижней образующей цилиндра и A_3 , когда в качестве исходной базы принимается верхняя образующая.

Для анализа принята одна из возможных схем установки на призме с углом при вершине α . На рис.1.6, б приведена расчетная схема, на которой показаны два контура с предельно допустимыми значениями диаметра: D и $(D-\delta)$. Определение искомой величины погрешности установки заготовки будет сводиться к расчету разности предельных расстояний исходной базы относительно установочного элемента приспособления – призмы в направлении заданного размера, т. е. в вертикальном направлении.

Студенты изучают точность обработки при установке заготовки на призме при проведении экспериментов (см. раздел. 2.5).

Для первого варианта (рис.1.6, б), когда за исходную базу принята ось валика, искомая величина будет $\omega_{y.zi} = O_1O_2$. На рисунке обозначены: O_1 и O_2 – оси окружностей, соответствующих предельным контурам детали; O_1K_1 и O_2K_2 – радиусы окружностей, проведенные перпендикулярно к плоскости призмы.

Из прямоугольного треугольника $O_1O_2K_3$

$$O_1O_2 = \frac{O_1K_3}{\sin \angle O_1O_2K_3}, \text{ но } O_1K_3 = \frac{\delta_D}{2}, \text{ а } \angle O_1O_2K_3 = \frac{\alpha}{2}.$$

Тогда

$$\omega_{y.zi} = O_1O_2 = \frac{\delta_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (1.9)$$

Для **второго варианта** когда за исходную базу принята нижняя образующая цилиндрической поверхности, искомая величина будет равна колебанию положения этой образующей в направлении заданного размера (вертикальном): $\omega_{y.zi} = M_1M_2$.

По приведенной слева на рис.1.6, б цепи

$$M_1M_2 = \frac{D - \delta_D}{2} + O_1O_2 - \frac{D}{2}.$$

Но $O_1O_2 = \frac{\delta_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$ (было найдено в предыдущем варианте).

После подстановки получаем

$$\omega_{y.zi} = M_1 M_2 = \frac{\delta_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right). \quad (1.10)$$

Для **третьего варианта**, когда за исходную базу принята верхняя образующая цилиндрической поверхности, искомая величина погрешности установки будет равна отрезку N_1N_2 , т.е. разности предельных расстояний этой образующей. Из приведенной справа на рис.10, б размерной цепи

$$\omega_{y.zi} = N_1 N_2 = \frac{D}{2} + O_1 O_2 - \frac{D - \delta_D}{2}, \text{ но } O_1 O_2 = \frac{\delta_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (1.11)$$

После подстановки и небольших преобразований получаем:

$$\omega_{y.zi} = N_1 N_2 = \frac{\delta}{2} \left(\frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right). \quad (1.12)$$

Сравнение уравнений (1.9), (1.10) и (1.12) показывает, что система простановки операционного размера оказывает большое влияние на величину погрешности установки заготовки в приспособлении. Наибольшее значение $\omega_{y.zi}$ принимает при простановке размера от верхней образующей (3-й вариант), наименьшее – при выборе в качестве исходной базы нижней образующей (2-й вариант). Уравнения показывают также на большую зависимость $\omega_{y.zi}$ от угла при вершине призмы; с увеличением α до значения $\alpha = \pi$ значения $\omega_{y.zi}$ будут уменьшаться, при уменьшении α величина $\omega_{y.zi}$ значительно возрастает.

Зависимость погрешности установки от точности базирующих поверхностей можно проанализировать на примере операции подрезки

торца заготовки, которая установлена на жесткую (вариант, а рис.1.7) или плавающую (вариант, б рис. 1.7), коническую оправку (например, обработка валика в центрах с использованием жесткого и плавающего центров). Подрезка торца Б проводится настроенным инструментом, при этом выдерживается операционный размер λ . Для варианта а рис.1.7 погрешность установки $\omega_{y.з} = \frac{\delta}{2} \operatorname{tg} \alpha$, для варианта б рис.1.7 $\omega_{y.з} \rightarrow 0$ и не зависит от точности базового отверстия.

Обобщением этих погрешностей является погрешность, возникающая при не совмещении измерительной (исходной) и установочной баз.

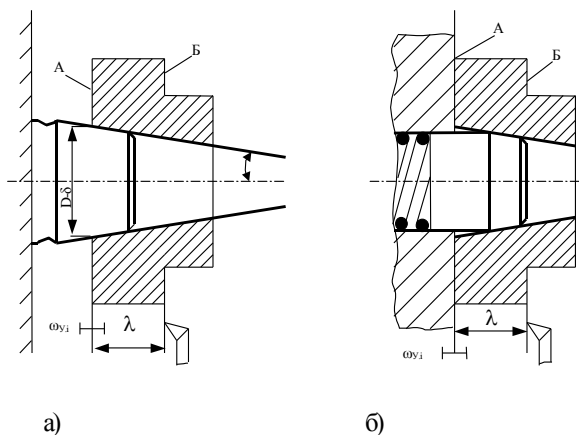


Рис. 1.7.Схема к определению погрешности установки на а) жесткой и б) плавающей оправках

В практике машиностроения встречается много случаев, когда по тем или иным причинам не удастся совместить исходную и установочную базы (ИБ \neq УБ). При этом возникает погрешность установки заготовки. На рис.1.8 показан эскиз обработки плоскости на размер А. Исходной базой является верхняя плоскость, установочной – нижняя плоскость.

Даже если отсутствуют другие факторы, нарушающие точность установки, то за счет колебания размера N связывающего исходную и установочную базы, в пределах допуска, расстояние исходной базы от установочных элементов приспособления будет меняться от N_{\max} до

N_{\min} . Согласно определению, эта разность предельных расстояний исходной базы и является погрешностью установки. Количественно она равна допуску на размер, связывающий исходную и установочную базы. В некоторых случаях эту погрешность выделяют в отдельную группу и называют **погрешностью базирования**. Очевидно, что эта погрешность будет непосредственно влиять на точность операционного размера A .

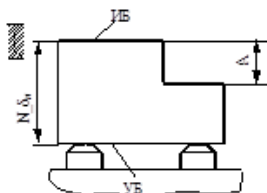


Рис.1.8. Погрешность от несовмещения установочной и исходной баз

Следует обратить внимание на принципиальное отличие погрешности от несовмещения баз (погрешности базирования) от первичных погрешностей установки заготовки в приспособлении в результате влияния других причин. Если в рассмотренных выше случаях изменение положения исходной базы происходило через изменение положения установочной базы и, следовательно, через изменение положения всей заготовки, то при не совмещении исходной и установочной баз $\omega_{y.z.i}$ возникает в результате изменения положения исходной базы относительно установочной при стабильном положении установочной поверхности и всей заготовки.

1.4.4 Методы определения результирующей операционной погрешности

При выполнении каждой операции механической обработки действует одновременно много причин, нарушающих точность, и, стало быть, одновременно возникает много первичных погрешностей обработки и установки. Полная операционная погрешность ω_{Σ} может быть названа суммарной, результирующей: она является результатом суммирования, наложения отдельных первичных погрешностей обработки и установки.

Знание результирующей погрешности ω необходимо для решения многих задач проектирования технологических процессов механической обработки, проектирования приспособлений и инструментов: при решении задач о выборе операционных допусков на обработку, о соответствии того или иного метода обработки заданной точности. Если суммарная погрешность не превышает допуск, т. е. если условие $\omega_{\Sigma} < T$ выполняется, то метод обеспечивает обработку деталей без брака; при $\omega_{\Sigma} > T$ возможен брак.

Суммарную погрешность можно определить одним из следующих методов:

- а) расчетно-аналитическим или поэлементным;
- б) опытно-статистическим.

Прежде чем изучать непосредственно каждый из названных методов определения суммарной погрешности, необходимо предварительно рассмотреть два важных вопроса – классификацию производственных факторов по характеру действия их во времени, т. е. по характеру их влияния на величину размера последовательно обрабатываемых заготовок, и основные законы распределения и суммирования погрешностей.

Погрешности систематические постоянные, закономерно изменяющиеся и случайные. Законы распределения погрешностей. Причины, вызывающие погрешности обработки и установки, различаются по характеру действия на протяжении обработки партии заготовок. Одна группа причин за время обработки всех заготовок действует в одном направлении и с постоянной интенсивностью. В результате их влияния возникают погрешности, постоянные по величине и знаку для всех заготовок одной или нескольких партий. Их принято называть систематическими постоянными погрешностями $\omega_{п}$.

Примером подобных погрешностей могут служить: неперпендикулярность оси отверстия при сверлении к базовой плоскости детали вследствие неперпендикулярности оси шпинделя сверлильного станка к плоскости его стола, погрешность межосевого расстояния отверстий в детали из-за неправильно выполненного расстояния между осями кондукторных втулок. Наиболее же часто встречающейся причиной, обуславливающей появление систематической постоянной погрешно-

сти обработки, будет погрешность настройки станка на размер, а так же погрешность мерного инструмента.

Следует особо оговорить, что название «постоянные погрешности» справедливо только применительно к одной или небольшому числу партий заготовок.

Так, упомянутая выше погрешность настройки станка даст ω_p , постоянную (одинаковую) только для тех заготовок, которые будут обработаны при данной настройке.

Другая группа производственных факторов изменяет направление или интенсивность (или то и другое) своего влияния на точность во времени обработки заготовок партии по определенному закону. Погрешности, возникающие в результате действия таких факторов, будут систематическими переменными или закономерно изменяющимися $\omega_{з.н.}$ Закономерно изменяющейся называется погрешность, которая закономерно изменяет свою величину или знак при переходе от одной обрабатываемой заготовки к следующей. Типичным примером может служить погрешность, вызываемая размерным износом инструмента.

Действие причин третьей группы при обработке отдельно взятых заготовок партии заранее не может быть предусмотрено – оно обуславливает появление случайных погрешностей $\omega_{сл.}$ Случайной называется такая погрешность, которая для различных заготовок рассматриваемой партии имеет различные значения, причем ее появление не подчиняется никакой видимой закономерности. Случайные погрешности возникают в результате действия большого количества не связанных между собой факторов.

Наличие случайных $\omega_{сл}$ и закономерно изменяющихся $\omega_{з.н}$ погрешностей обуславливает рассеивание размеров или других геометрических параметров. Рассеивание выражается в том, что одноименные размеры заготовок, обработанных при внешне стабильных условиях (на одном станке, при одной настройке, в одном кондукторе и т. д.), различаются между собой.

Закон распределения закономерно изменяющейся погрешности зависит от характера действия причины, обусловившей появление этой погрешности.

Распределение случайных погрешностей характеризуется законом нормального распределения или законом Гаусса. Такому закону будет

соответствовать распределению размеров (или погрешностей размеров) партии деталей, изготовленных на настроенном станке при условии хорошей отлаженности и стабильности технологического процесса, когда влияние закономерно изменяющихся факторов отсутствует или проявляется незначительно.

Расчетно-аналитический метод определения суммарной погрешности. Определение суммарной операционной погрешности по этому методу выполняется в следующей последовательности:

а) Изучение условий выполнения операций (способа обработки, способа выполнения размера, характеристик станка, режущего и мерительного инструментов, режимов резания и т.д.);

б) Выявление и составление перечня факторов, обуславливающих появление первичных (элементарных) погрешностей обработки и установки;

в) Определение значений первичных (элементарных) погрешностей, вызываемых действием каждого из факторов, внесенных в перечень. В большинстве случаев задача будет заключаться в определении **поля погрешности**. При решении этой задачи можно применить аналитический (расчетный) метод, используя приведенные в разд. 3.1-3.3 формулы и зависимости и аналогичные им. В тех случаях, когда для определения какой либо первичной погрешности аналитические зависимости еще не установлены, величину такой погрешности принимают по нормативным или справочным данным (например, погрешность установки деталей в патроне, в тисках и т.п.);

г) Установление законов распределения для каждой из первичных погрешностей обработки и установки. Найденные (вычисленные, принятые по справочным и нормативным источникам) первичные погрешности нельзя просто сложить арифметически, полученная при таком суммировании величина операционной погрешности будет значительно больше действительной. Это можно объяснить тем, что каждая из первичных погрешностей определялась для экстремальных (худших) условий и является предельной максимально возможной. Но сочетание худших условий по всем погрешностям при обработке каждой детали мало вероятно.

Достоверное значение суммарной погрешности можно получить, если суммирование первичных погрешностей выполнять по правилам

теории вероятностей и математической статистики. Эти правила заключаются в следующем:

1. Случайные погрешности, подчиняющиеся закону нормального распределения, складываются по правилу квадратичного корня.

2. Случайные погрешности, не подчиняющиеся закону нормального распределения, и закономерно изменяющиеся погрешности суммируются с учетом закона их распределения.

3. Систематические постоянные погрешности между собой складываются алгебраически с учетом их знака. При определении суммарной погрешности для генеральной совокупности постоянные систематические погрешности со случайными и закономерно изменяющимися суммируются арифметически.

При этом суммарная погрешность может быть определена по формуле

$$\omega_{\Sigma} = \sum \omega_{i.П} + \frac{1}{k_{\Sigma}} \sqrt{\sum k_i^2 \omega_{i.сл}^2 + \sum k_i^2 \omega_{i.П}^2}, \quad (1.13)$$

где k_i и k_{Σ} коэффициенты относительного рассеивания первичных погрешностей и их сумм.

Опытно-статистический метод определения суммарной погрешности студенты подробно изучают при выполнении практической экспериментальной работы (см. раздел 2.7).

Этот метод предполагает проведение исследований по определению точности обработки в конкретных операциях технологического процесса. Проводятся такие исследования при обработке новых технологий, а также при сертификации системы качества.

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРВИЧНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТОЧНОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛИ

Практическое освоение студентами учебного материала, является очень важной составляющей подготовки специалистов высокого уровня. Этот этап обучения позволяет формировать умения и навыки, которые нужны для практической работы. Поэтому выполнение заданий с элементами исследований позволяет закрепить теоретические знания и существенно углубить понимание явлений, которые действуют в технологической системе при механической обработке заготовок.

2.1 Изучение влияния жесткости технологической системы на точность размеров в продольном сечении заготовки при токарной обработке

Задача практического лабораторного исследования – изучить влияние жесткости технологической системы станок – приспособление – инструмент – заготовка на точность формы заготовки в продольном сечении при обработке ее на токарном станке с закреплением консолю в патроне. Как упоминалось выше, жесткостью технологической системы называют способность этой системы оказывать сопротивление действию деформирующих ее сил. Количественно жесткость j системы в Н/мкм обычно выражают отношением нормальной составляющей P_y силы резания к суммарному смещению y лезвия режущего инструмента относительно обрабатываемой заготовки, измеренному в направлении нормали к этой поверхности, т.е.

$$j = P_y / y . \quad (2.1)$$

При расчете погрешностей обработки, связанных с упругими деформациями системы, удобно пользоваться понятием податливости. Податливость системы (в мкм/Н), – величина, обратная жесткости.

Численно податливость выражается уравнением

$$W = \frac{1}{j} = \frac{y}{P_y} . \quad (2.2)$$

Для, перевода значений податливости из ранее употреблявшейся системы единиц мкм/кгс в новую и наоборот можно использовать следующие переводные приближенные формулы:

$$W(\text{мкм}/H) = 0,1 \cdot W(\text{мкм}/\text{кгс}), \quad (2.3)$$

$$W(\text{мкм}/\text{кгс}) = 10 \cdot W(\text{мкм}/H). \quad (2.4)$$

Хотя в уравнениях (2.1) и (2.2) при определении жесткости j и податливости W учитывается действие только нормальной составляющей силы резания P_y , в действительности на величину деформации системы влияют также тангенциальная P_z и осевая P_x составляющие. Это учитывается тем, что при экспериментальном определении жесткости система нагружается не одной силой P_y , а силами P_z и P_y . При определении j для случая закрепления заготовок типа дисков система нагружается силами P_z , P_y и P_x . Соотношение их выбирают таким, какое реально возникает при резании (обычно $P_z:P_y:P_x = 1:0,6:0,4$).

Жесткость технологической системы зависит от способа закрепления заготовки, ее размеров, жесткости узлов станка (для токарного станка-шпинделя, суппорта, задней бабки), жесткости приспособления и инструмента. Для случая обтачивания заготовки валика на токарном станке с консольным закреплением в патроне (рис. 2.1) податливость W^l системы на расстоянии l от места приложения силы резания до торца кулачков будет равна

$$W^l = W_c + W_{\text{шт}}^l + W_n^l + W_{\text{заг}}^l, \quad (2.5)$$

где $W_c, W_{\text{шт}}^l, W_n^l, W_{\text{заг}}^l$ – податливость соответственно суппорта, шпинделя, патрона и заготовки.

При неизменной величине P_y с увеличением l будет возрастать нагрузка (изгибающий момент) на шпиндель, патрон и заготовку. Вследствие этого увеличатся деформации и значения податливости шпинделя $W_{\text{шт}}^l$, патрона W_n^l и заготовки $W_{\text{заг}}^l$ следовательно, возрастает и податливость системы W^l . Отсюда следует, что податливость системы при консольном закреплении валика в патроне токарного станка является переменной величиной: наибольшей в начале обработки резанием (на конце заготовки) и наименьшей в конце обработки (у патрона) при движении резца к патрону. Изменение жесткости приводит к появлению погрешности формы в продольном сечении обточенной поверхности.

Механизм образования такой погрешности рассмотрим на примере (рис. 2.2).

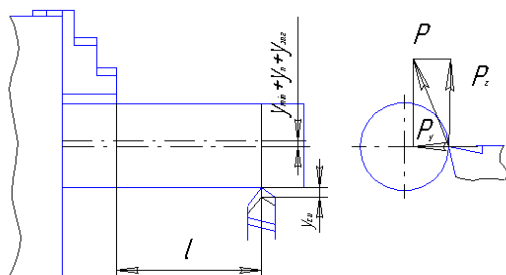


Рис. 2.1. Схема определения суммарной податливости технологической системы при обработке валика

Пусть перед началом обработки резец установлен на размере d_0 .

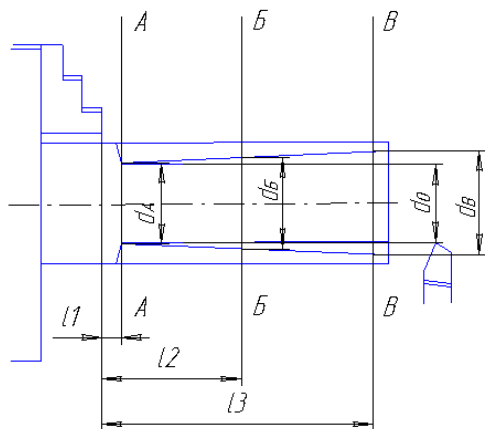


Рис. 2.2. Схема образование погрешности обработки при обточке валика

Если бы система была абсолютно жесткой (т.е. не деформировалась бы под действием сил резания), то после обточки мы могли бы получить валик строго цилиндрической формы размером d_0 . Но система обладает податливостью. Деформация системы в сечениях А-А, Б-Б и В-В в соответствии с уравнением (2.2) будет равна

$$y_A = P_y W^A; y_B = P_y W^B; y_B = P_y W^B.$$

Так как $W^A < W^B < W^B$, то $y^A < y^B < y^B$. Действительные размеры заготовки после обточки в сечениях А, Б и В будут равны соответственно:

$$\left. \begin{aligned} d^A &= d_0 + 2y^A, \\ d^B &= d_0 + 2y^B, \\ d^B &= d_0 + 2y^B. \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

Так как $y^A < y^B < y^B$, то $d^A < d^B < d^B$ (рис.2.2). Пренебрегая кривизной образующей обработанной поверхности, можно принять полученную погрешность формы в виде конусности, величину которой можно определить следующим образом:

$$\omega_\phi = d^B - d^A.$$

Подставляя вместо d^B и d^A их значения по (2.6), после преобразования получим

$$\omega_\phi = 2(y^B - y^A).$$

Заменяя y^B и y^A на их значения, приведенные выше, получим расчетное уравнение для определения погрешности формы:

$$\omega_\phi = 2P_y(W^B - W^A). \quad (2.7)$$

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Работа состоит из двух частей: определение податливости технологической системы и изменения податливости по длине обрабатываемой заготовки; определение погрешности формы заготовки.

Податливость системы измеряется в статическом состоянии по схеме, приведенной на рис.2.3. Заготовка 1 закреплена в трехкулачковом патроне. Нагружение системы осуществляется через динамометр

7, закрепленный в резцедержателе 4 суппорта станка. Для создания нагрузки вращают винт 5. При этом через шток 6 усилие P передается на заготовку 1, а через него на патрон и шпиндель. Такая же по величине, но обратная по направлению сила P (точнее – реакция) передается через динамометр и резцедержатель на суппорт станка. Величина силы нагружения P регистрируется с помощью токовихревого датчика 3 ДС. При принятом, направлении действия силы P под углом 30° к вертикали получаем соотношение составляющих силы резания $P_z:P_y=1,0:0,57$, что весьма близко соответствует общепринятому при точении $P_z:P_y=1:0,6$. При этом остальные составляющие определяются следующим образом: $P_y=0,5P$, а $P_z=0,87P$.

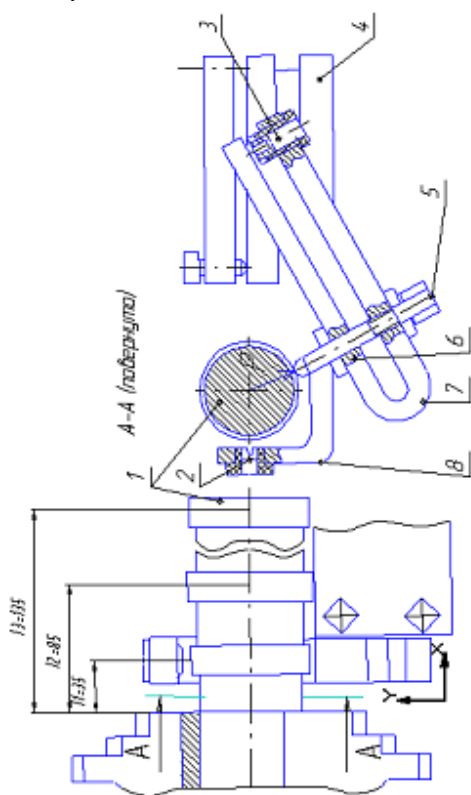


Рис. 2.3. Схема измерения податливости системы

При нагружении системы происходит деформация ее элементов (шпинделя, патрона, заготовки, суппорта). Суммарная относительная деформация системы y измеряется с помощью токовихревого датчика 2 ДП, закрепленного на кронштейне 8, который жестко связан с державкой динамометра.

В чисто механических схемах и устройствах экспериментального определения податливости измеряют и регистрируют величину силы нагружения P_y по заданным, ступеням нагружения и соответствующие каждой ступени значения деформации системы y . После окончания измерений вычисляют значения податливости $W=y_i/P_{y_i}$. Затем находят податливость системы W (путем осреднения, линейаризации).

В данной работе в схеме измерений использован микропроцессор, осуществляющий непрерывное вычисление податливости W по измеренным значениям P_y и y . В заданном диапазоне нагружения (от нуля до $P_{y_{max}}$) – может быть зафиксировано любое число точек измерения W .

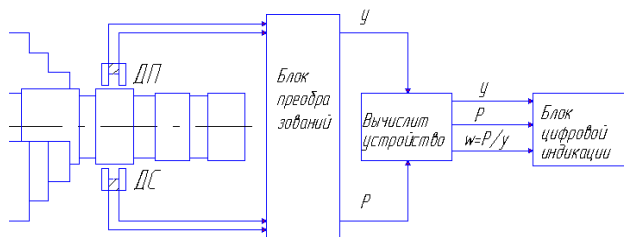


Рис. 2.4. Принципиальная электрическая блок-схема измерительной системы:
ДП – датчик перемещений; ДС – датчик силы

Принципиальная электрическая блок-схема измерительного устройства приведена на рис. 2.4. Электрические сигналы от датчиков силы нагружения ДС и датчика перемещений ДП поступают в блок преобразования БП. Из блока БП электрические сигналы, соответствующие величине силы нагружения P_y и перемещения y , поступают в вычислительное устройство (ВУ). По значениям P_y и y в ВУ происходит вычисление податливости $W=y/P_y$, значение которой регистрируется на блоке цифровой индикации (БЦИ). Там же регистрируются значения y и P_y .

Для определения зависимости $W=f(l)$ измерение податливости производится в трех сечениях подлине детали на расстояниях 35, 85 и 135 мм от торца кулачков.

Исследованиями установлено, что деформация системы, а значит и ее податливость, зависят от направления действия силы по отношению к расположению кулачков патрона. Если сила P направлена на кулачок (рис. 2.5,а) деформация технологической системы будет меньше, при действии силы P в направлении между кулачками (рис. 2.5,б) – больше. В связи с этим измерение податливости в каждом сечении следует производить для двух возможных угловых положений патрона.

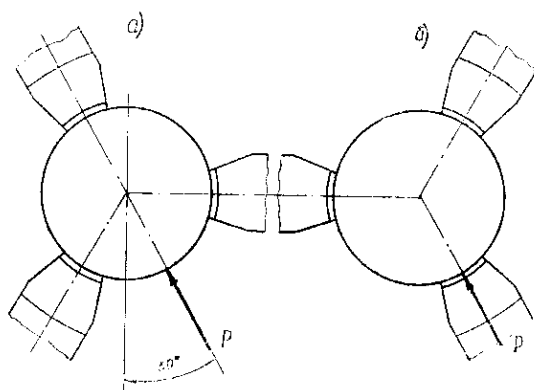


Рис. 2.5. Схема расположения силы P по отношению к кулачкам:
а – на кулачок, б – между кулачками

Определение податливости системы производится при нагружении ее силой P от 0 до 1500Н ступенями через 500Н. При этом составляющая P_y будет изменяться от 0 до 750Н ступенями через 250Н.

Для исключения влияния зазоров в системе на величину измеряемой податливости перед проведением эксперимента в каждом сечении по длине и для каждого углового положения патрона необходимо «спрессовать» систему, т. е. нагрузить ее силой $P=1000-1200Н$, снять нагрузку и только после этого установив показания индикатора деформации на нуль.

По результатам измерений определяют величину податливости для каждого сечения (вылета) по методике, излагаемой в п.3 настоя-

щей инструкции.

Во второй части работы необходимо определить действительную и расчетную погрешность обработки (погрешность формы в продольном сечении), обусловленную влиянием изменения податливости системы по длине обработки. Для определения действительной погрешности сначала производят предварительное обтачивание всех трех поясков заголовки с одного прохода при легких режимах резания $t=1,0$ мм и $S=0,1$ мм/об.

Цель этого обтачивания – устранить возможные погрешности формы и расположения поверхностей заготовки с тем, чтобы они не могли повлиять на результаты эксперимента. Затем выполняется основное обтачивание всех поясков на режимах ориентировочно $t=1,0$ мм и $S=0,3$ мм/об, а далее вычисляют фактическую погрешность формы

$$\omega_{\phi} = d_3 - d_1.$$

где d_3 и d_1 – размеры третьего и первого поясков.

Расчетная или ожидаемая погрешность определяется по уравнению

$$\omega_{расч} = 2P_y(W_3 - W_1) \quad (2.8)$$

Составляющую P_y следует определить по формуле

$$P_y = C_{py} t^{X_{py}} S^{Y_{py}} \quad (2.9)$$

при значениях t и S , которые были приняты при основном обтачивании. В качестве W_3 и W_1 следует принимать значения податливостей соответственно при $l_3=135$ и $l_1=35$ мм, полученные экспериментально в первой части работы.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Установить заготовку в патроне, так, чтобы расстояние от торца кулачков до середины первого бурта заготовки было $l=35$ мм. Закрепить заготовку ключом последовательно через все шестеренки патрона, постепенно наращивая крутящий момент на ключе, доведя его в последнем круге до $M_{кр}=120-140$ Нм (12-14 кгсм).

Проследить за тем, чтобы биение заготовки при проворачивании, измеряемое индикатором на крайнем бурте, было не более 0,1 мм.

2. Установить державку с динамометром в резцедержатель суппорта. При установке должно обеспечиваться совпадение оси датчика 2 перемещений (рис. 2.3) с горизонтальной плоскостью, проходящей через ось заготовки. Это достигается подбором прокладок под державку.

Закрепить державку в резцедержателе. При этом, во избежание перекоса крепление производить многократным заворачиванием винтов резцедержателя при постепенном последовательном наращивании усилия на ключе.

3. Отвести суппорт в сторону задней бабки. Вставить в отверстие скобы динамометра центроискатель (рис.6) и перемещая суппорт в поперечном направлении и установить его в такое положение, чтобы ось, центроискателя, проходила через линию центров станка. Тем самым будет обеспечено действие силы нагружения P по направлению, проходящему через ось вращения шпинделя с заготовкой. До окончания измерения податливости суппорт в поперечном направлении не перемещать.

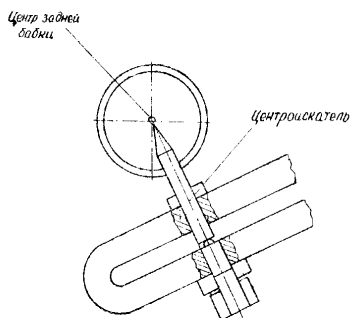


Рис. 2.6. Схема определения оси вращения заготовки с помощью центроискателя

4. Вынуть центроискатель и установить в отверстие скобы динамометра шток 6 (рис. 2.3). Переместить суппорт в продольном направлении и установить его в положение для замера податливости на $l=35$ мм (первый буртик). При перемещении суппорта ни шток 6, ни датчик 2 не должны касаться буртиков заготовки.

5. Повернуть патрон с заготовкой в положение, показанное на рис. 2.5,а (направление действия силы нагружения P на кулачок). Проверить, чтобы цифровой индикатор нагрузки в БЦИ показывал нуль. Если

при этом на БЦИ величина силы отлична от 0, но не превышает 10 Н, то, вращая ручку «настройка» измерительного прибора, привести стрелку к положению, установив $P=0$. Если величина $P > 10$ Н, то перемещением датчика привести систему к положению, когда $P < 10$ Н, и далее настройкой установить на БЦИ $P=0$.

6. Для устранения влияния зазоров и неплотности стыков на точность измерения провести предварительное нагружение системы силой $P=1000...1200$ Н ($P_y=500...600$ Н), снять нагрузку.

7. Проверить показания цифрового индикатора перемещений в БЦИ. Если они отличаются от нуля, то вращая ручку «настройка» прибора индикатора перемещений, приводим БЦИ в нулевое состояние. Нагружая систему, замерить податливость системы при $P_y=250, 500$ и 750 Н (при $P=500, 1000$ и 1500 Н). Указанные значения P_y и соответствующие им значения податливости W по показаниям БЦИ занести в протокол.

8. Снять нагрузку, повернуть патрон против – часовой стрелки на 60° с тем, чтобы привести его в положение, показанное на рис. 2.5,б.

9. Повторить переходы, указанные в п.п. 6 и 7. Произвести измерение податливости при нагружении «от кулачка» и занести полученные при измерении значения W в протокол.

10. Снять нагрузку, переместить суппорт в продольном направлении в положение для измерения податливости при $l=85$ мм (по второму буртику).

11. Повторить переходы, указанные в п.п. 6, 7, 8 и 9. Провести измерение податливости на $l=85$ мм для двух угловых положений патрона.

12. Снять нагрузку, переместить суппорт в продольном направлении в положение для измерения податливости при $l=135$ мм (по правому крайнему бурту).

13. Повторить переходы; указанные в п.п. 6, 7, 8 и 9. Произвести измерение податливости на $l=135$ мм для двух угловых положений патрона.

14. Предъявить преподавателю занесенные в протокол результаты измерения податливости. При утверждении результатов снять со станка динамометр и выключить систему измерения. Если при проведении эксперимента получены неудовлетворительные результаты, то согласно указанию преподавателя повторить эксперимент.

15. Установить в резцедержателе станка проходной резец. Проточить все пояски предварительно на режиме $t=0,1$ мм и $S=0,1$ мм/об. Замерить диаметры поясков и занести результаты измерения в протокол.

16. Произвести основную проточку всех поясков с одного прохода на режиме $t=1,0$ мм, $S=0,3$ мм/об. Замерить размеры поясков и результаты измерения записать в протокол.

17. Предъявить преподавателю результаты проточки поясков.

При удовлетворительных результатах сдать рабочее место учебному мастеру лаборатории. Если результаты признаны преподавателем неудовлетворительными, обточку поясков следует повторить.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ. СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТА

1. По результатам замеров нагрузки и податливости установить зависимость податливости системы от нагрузки $W=f(P)$ и от вылета $W=f(l)$, для этого:

1.1. Для каждого сечения 35, 85 и 135 мм и для каждой ступени нагружения $P_y = 250, 500$ и 750 Н вычислить значения податливости как среднее значение из замеренных для двух угловых положений патрона.

1.2 В бланке отчета по лабораторной работе построить график зависимости $W = f(l)$ для всех ступеней нагружения (рис.2.7).

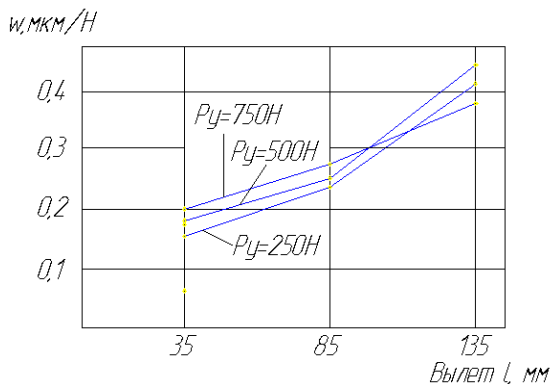


Рис. 2.7. Графики зависимости податливости от вылета $W=f(l)$

при различных значениях нагрузки P_y

2. Определить фактическую (действительную) погрешность формы по уравнению

$$\omega_{\phi} = d_3 - d_1.$$

где d_3 и d_1 – значения диаметра поясков (буртиков), замеренные после основного обтачивания.

3. Определить расчетную погрешность формы, для этого:

3.1. Вычислить фактическое (действительное) значение глубины резания t_{ϕ} основного обтачивания по уравнению

$$t_{\phi} = \frac{d_{\text{предв}} - d_{\text{осн}}}{2},$$

где $d_{\text{предв}}$ и $d_{\text{осн}}$ – размеры пояска после предварительного и окончательного обтачивания.

3.2. Вычислить силу резания по уравнению

$$P_y = C_{py} t_{\phi}^{X_{py}} S^{Y_{py}}.$$

При этом следует принять $C_{py}=243$, $X_{py}=0,9$, $Y_{py}=0,6$.

3.3. По кривой $W=f(l)$ в отчете установить значения податливости системы W_3 для $l=135$ мм и W_1 для $l=35$ мм. Если значения податливости для $P_y=250$, 500 и 750 Н не совпадают, принимать за расчетное следует значение податливости при значении нагрузки, близкой к вычисленному в п. 3.2 значению P_y .

3.4. Вычислить расчетную погрешность формы

$$\omega_p = 2P_y (W_3 - W_1).$$

4. Сопоставить значения ω_{ϕ} и ω_p и объяснить причины несовпадения.

5. Оформить отчет по экспериментам

.

2.2 Влияние усилия закрепления кольца на точность его формы при обработке в патроне

Цель работы: определение погрешности формы тонкостенного кольца в поперечном сечении под действием усилия закрепления при установке в трехкулачковом патроне.

ПОДАТЛИВОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Элементы (звенья) упругой системы СПИД являются не абсолютно жесткими. Под влиянием усилия закрепления детали, сил резания и сил инерции они деформируются. За счет этого изменяется установленное до обработки расстояние между режущей кромкой инструмента и обрабатываемой поверхностью детали.

При технологических расчетах обычно вводят понятие податливости. Податливостью (ω) называется величина, обратная жесткости. Она показывает величину деформации системы в микронах при приложении сил в 1 кГс и выражается в мкм/кГс

$$\omega = \frac{y}{P_y} \text{ мкм/кГс} .$$

Податливость системы СПИД зависит от податливости составляющих её звеньев: станка, приспособления, детали и инструмента, а также стыков (поверхностей контакта) между ними.

Податливость станка в свою очередь зависит от податливости его узлов – передней бабки, задней бабки и суппорта.

Структура податливости системы зависит от вида обработки, типа станка, детали, способа закрепления и т.д.

Для случая расточки втулки на токарном станке с её закреплением в патроне податливость системы будет равна

$$\omega = \omega_{суп} + \omega_{шп} + \omega_{патр} + \omega_{дет} ,$$

где $\omega_{суп}$ – податливость суппорта;

$\omega_{шп}$ – податливость шпинделя;

$\omega_{патр}$ – податливость патрона;

$\omega_{дет}$ – податливость детали.

При расточке тонкостенных втулок (колец) в 3-х кулачковом патроне податливость системы СПИД будет в основном определяться податливостью обрабатываемой детали.

Закрепленное в патроне кольцо можно рассматривать находящимся под действием сосредоточенных радиальных сил одинаковой величины, приложенных с одинаковым шагом по окружности (рис. 2.8).

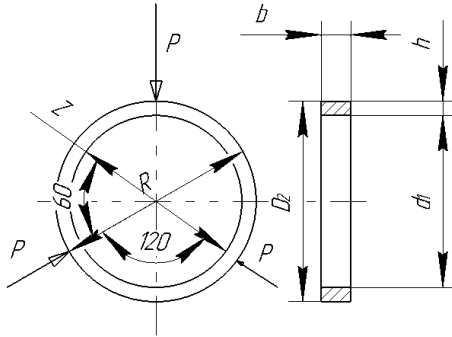


Рис. 2.8. Схема действия сил при закреплении кольца в трехкулачковом патроне

Перемещение точки приложения силы относительно центра кольца (сечение I-I) определяется выражением

$$\delta_1 = 0,016 \frac{PR_1^3}{EI}, \quad (2.10)$$

а перемещение в сечении 0-0 формулой

$$\delta_2 = 0,014 \frac{PR_1^3}{EI}. \quad (2.11)$$

Знак минус показывает, что в данном сечении имеет место выпучивание кольца (см. рис. 2.9)

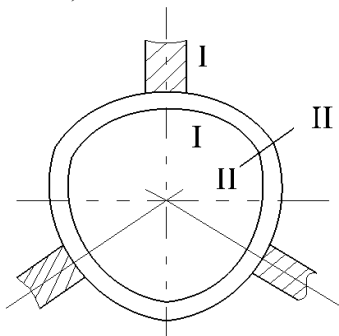


Рис. 2.9. Деформация кольца под действием сил в трехкулачковом патроне

В выражениях (2.10) и (2.11)

$$R_1 = \frac{1}{2}(R + r),$$

где, R – наружный радиус кольца;

r – внутренний радиус кольца;

E – модуль упругости;

I – момент инерции сечения.

После расточки и снятия со станка кольцо будет иметь форму, представленную соответственно на рис.2.10а, б.

Погрешность формы при этом будет равна

$$\omega_{\Phi} = 2(\delta_1 + \delta_2). \quad (2.12)$$

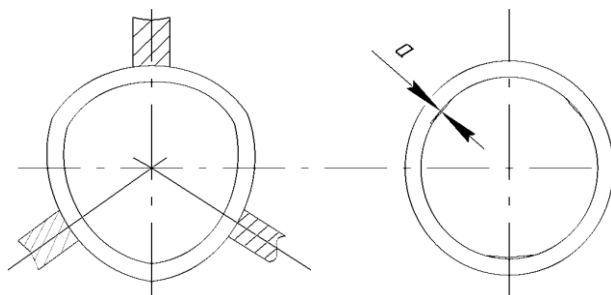


Рис. 2.10. Форма кольца после расточки на станке (а) и снятие со станка (б)

При расточке кольца возникает вертикальная составляющая силы резания P_z (рис. 2.11), Величина P_z при обработке резцами из быстро режущей стали определяется выражением

$$P_z = 208 t S^{0,75} \text{ кг}.$$

Здесь t – мм, S – мм/об.

Величина момента, возникающего от наличия силы, имеет значение

$$M_{кр} = P_z r \text{ кг} \cdot \text{мм}. \quad (2.13)$$

Моменту резания должен противостоять момент закрепления $M_{кз}$ детали в кулачках (см. рис. 2.13), т.е. $M_{кз} > M_{кр}$.

Величина момента закрепления $M_{кз}$ зависит от величины силы зажима P_3 в патроне и равняется

$$M_{кз} = TR = P_3 f R \quad (2.14)$$

Уравнение сил механизма патрона имеет вид

$$P_3 = 3P = Q \eta_3 i_1 i_2 i_3 \quad (2.15)$$

где, Q исходная сила на рукоятке ключа;

$i_1 i_2 i_3$ – передаточные отношения сил рычажных и центрирующего клиноплунжерного механизмов;

η_3 – к.п.д. зацепления конечной шестерни с колесом.

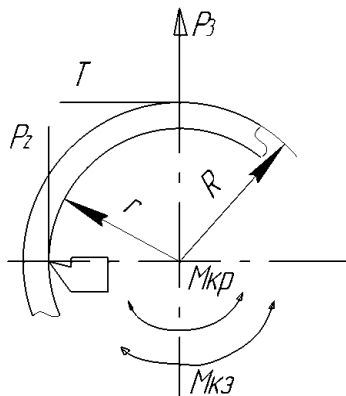


Рис. 2.11. Схема действия сил при расточке кольца

Учитывая, что $Q = \frac{M_d}{l}$ где M_d – момент прилагаемый к динамометрическому ключу, l – длина рукоятки этого ключа, расчетную величину момента M_d для закрепления детали, согласно выражениям (2.15), (2.16) и (2.17) можно представить

$$M_{Д} = \frac{P_z r l}{f R i_1 i_2 i_3} \quad (2.16)$$

Необходимая величина момента $M'_{Д}$ определяется по формуле

$$M'_{Д} = k \frac{P_z r l}{f R i_1 i_2 i_3} \quad (2.17)$$

где k – коэффициент надежности

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Работа состоит из двух частей:

1) расчет необходимой величины момента $M'_{Д}$, усилия закрепления P_3 и P , погрешности формы кольца ω_{Φ} ;

2) экспериментальное определение погрешности формы кольца. Схема проведения первой части эксперимента представлена на рис. 5. Как следует из схемы, система нагружения не полностью имитирует схему действия сил при резании (отсутствуют силы резания P_x, P_y, P_z и крутящий момент).

Обрабатываемая деталь (кольцо) 6 закрепляется в 3-х кулачковом патроне 1 с помощью динамометрического ключа 7, который создает усилия закрепления P на каждом кулачке. Необходимая величина $M'_{Д}$, определяется по тарировочному графику.

Для замера деформации кольца под действием усилий P в шпиндель станка 8 вставляется державка 2, на поворотном диске 4 который с помощью хомутика 10 и гайки 9 закреплен индикатор 5. Отсчет угла поворота диска 4 производится по рискам и указателю 3. Угол между соседними рисками равен 15° .

Перед замером деформации кольца на нем необходимо нанести риски и поставить цифры, как показано на рис. 2.12. и 2.13. Определив величины деформаций кольца в 12 сечениях, необходимо построить график изменения деформации по периметру кольца.

Вторая часть эксперимента заключается в определении погрешности формы детали в радиальном направлении, являющейся результатом воздействия усилий закрепления P и силы резания P_x, P_y, P_z , и крутящего момента $M_{кр}$.

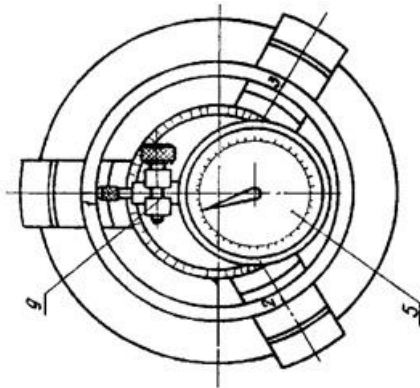


Рис. 2.12. Схема замера деформации кольца под действием усилия закрепления

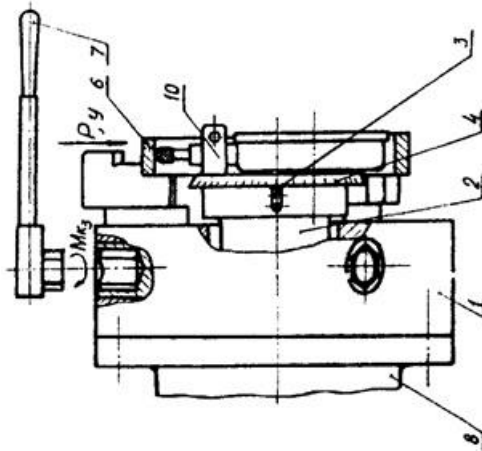


Рис. 2.13. Замер деформации кольца под действием усилия закрепления

Для этого необходимо из шпинделя станка удалить державку 2, проточить кольцо на заданных режимах резания; измерить внутренний диаметр кольца, не снимая его со станка; снять кольцо и определить погрешность формы, как показано на рисунке 2.14.

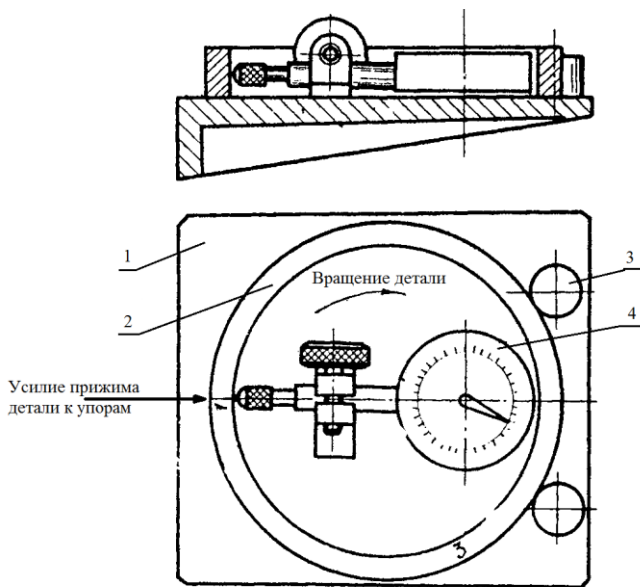


Рис. 2.14. Схема определения формы кольца после расточки в трехкулачковом патроне

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По заданным размерам детали и режимам резания определить:

необходимую величину момента $M_{д}$;

усилия зажима P_3 и P ;

погрешность формы кольца $\omega_{ф}$.

2. Перед замером деформации кольца нанести риски и поставить цифры, как показано на рис. 2.15.

3. Обрабатываемую деталь (кольцо) 6 закрепить в 3-х кулачковом патроне 1 с помощью динамометрического ключа.

4. Произвести замер деформации кольца под действием усилия P . Для этого в шпиндель станка 8 вставить державку 2, на поворотном диске 4, которой закреплен индикатор 5. Отсчет угла поворота диска 1 производить по рискам и указателю 3. Угол между соседними рисками равен 15° . Показания индикатора в микронах занести в протокол.

5. Построить график изменения деформации кольца по периметру.
6. Снять державку 2 и расточить кольцо.
7. Замерить внутренний диаметр кольца, не снимая его со станка.
8. Снять кольцо и определить погрешность формы, как показано на рис.2.15.
9. Обработать результаты опыта. Изобразить графически расчетную и действительную погрешности формы детали в поперечном сечении.

При выполнении работы нужно иметь в виду следующее:
 модуль упругости для сталей $E = 21000 \text{ кгс/мм}$;
 момент инерции сечения кольца определяется выражением

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

коэффициент трения $f = 0,15 + 0,4$;

коэффициент запаса $k = 1,5 + 2,0$;

передаточные отношения сил рычажных и центрирующего клиноплунжерного механизмов равны [3]:

$$i_1 = 16,4; i_2 = 0,89; i_3 = 6.65,$$

к.п.д. зацепления конической шестерни с колесом $\eta = 0,96$.

ОТЧЕТ

1. Основные данные станка: тип, модель, высота центров.
2. Основные данные патрона: тип, размер, состояние (степень изношенности), характеристика кулачков (закаленные и рифленные или сырые расточенные).
3. Схема деформации кольца под действием усилия закрепления.
4. Результаты измерения деформации кольца.
5. График изменения деформации кольца по его периметру.
6. Схема замера погрешности формы (внутреннего диаметра) кольца после обработки на станке.
7. Результаты измерения внутреннего диаметра кольца.
8. График изменения внутреннего диаметра по его периметру.
9. В выводах следует отметить влияния режимов резания и усилия закрепления кольца в патроне на его деформацию в поперечном сечении.

2.3 Влияние размерного износа инструмента на точность обработки поверхностей заготовки

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить влияние размерного износа режущего инструмента на точность размеров поверхностей обработанных заготовок.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1 Ознакомление с теоретическими положениями по вопросу размерного износа режущего инструмента;

2.2 Ознакомление с лабораторным оборудованием, инструментом, оснасткой, аппаратурой используемой при проведении лабораторной работы;

2.3 Ознакомление с порядком и методикой проведения лабораторных исследований;

2.4 Проведение эксперимента, получение экспериментальных данных;

2.5 Математическая и графическая обработка экспериментальных данных;

2.6 Анализ экспериментальных данных;

2.7 Формулирование выводов;

2.8 Оформление отчета по лабораторной работе;

2.9 Подготовка ответов на вопросы для самопроверки.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Износ режущего инструмента значительно отличается от износа деталей машин, поскольку зона резания, в которой работает инструмент, характеризуется высокой химической чистотой трущихся поверхностей, высокими температурой и давлением в зоне контакта. Механизм износа инструмента при резании металлов сложен и включает в себя абразивный, адгезионный и диффузионный износ. Удельное влияние каждого из них зависит от свойств материала, инструмента и детали и условий обработки (прежде всего скорости резания).

Абразивный износ инструмента заключается в следующем: стружка внедряется в рабочую поверхность инструмента и путем микроарапаний удаляет металл с этой поверхности. Интенсивность абразивного износа повышается при снижении скорости резания.

Адгезионный износ инструмента происходит в результате схватывания или прилипания трущихся поверхностей и последующего отрыва мельчайших частиц материала инструмента. Результатом этого износа, происходящего при температуре ниже 900°С, являются кратеры на рабочих поверхностях инструмента, образующие при слиянии лунки. Адгезионный износ уменьшается при повышении твердости инструмента.

Диффузионный износ инструмента, происходящий при температуре 900-1200°С, является результатом взаимного растворения металла детали и материала инструмента. Активность процесса растворения повышается при повышении температуры контактного слоя, т.е. при возрастании скорости резания. Поэтому диффузионный износ можно рассматривать как один из видов химического износа, приводящего к изменению химического состава и физико-химических свойств поверхностных слоев инструмента и снижающего его износостойкость.

Окислительный износ возникает у инструментов из высокотеплостойких материалов и представляет собой «угорание» частиц режущего клина в примыкающих к контактной зоне его участках. На вспомогательных режущих кромках «угорание» начинается только при температуре 700-800°С и выше (твердые сплавы), и поэтому окислительный износ для инструмента из инструментальных и быстрорежущих сталей можно не учитывать.

Чем выше механические свойства обрабатываемого материала и содержание в нем углерода, хрома, вольфрама, титана, молибдена, тем интенсивней износ инструмента. Наибольшее влияние на интенсивность износа оказывает скорость резания, меньшее – подача и глубина резания. Как правило, инструмент изнашивается по задней и передней поверхностям. За критерий износа обычно принимают допустимый износ из по задней поверхности инструмента, рисунок 2.15 а). (hz – износ по задней поверхности, hr – радиальный износ, hl – глубина лунки, r – радиус скругления) Например, для твердосплавных резцов при черновой обработке hz=1,0-1,4 мм для стали и hz=0,8-1,0 мм для чугуна, а при чистовой обработке hz=0,4-0,6 мм для стали и hz=0,6-0,8 мм для чугуна. Преобладающий износ по задней поверхности обычно наблюдается при обработке с низкими скоростями резания сталей с малой (не более 0,15 мм) толщиной среза, а также при обработке чугуна.

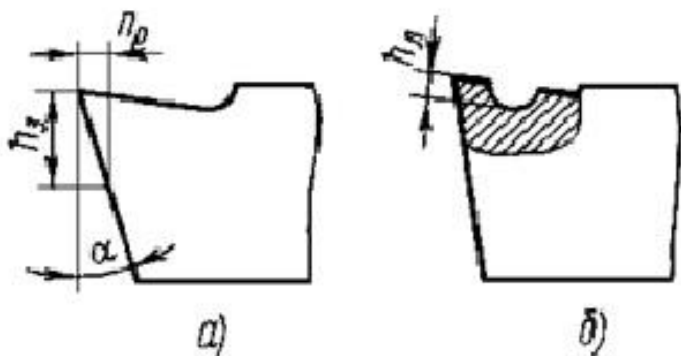


Рис. 2.15. Преобладающий износ по передней поверхности резца

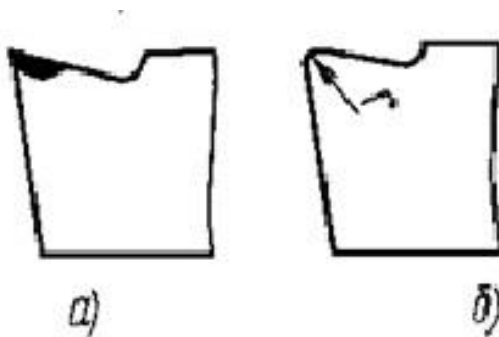


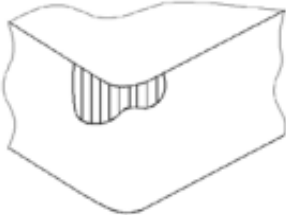
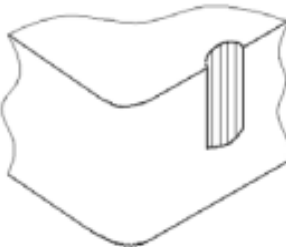
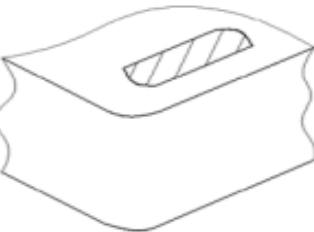
Рис. 2.16. Преобладающий износ резца

Преобладающий износ по передней поверхности резца наблюдается при большом давлении и при высокой температуре в зоне резания. Такие условия возникают при обработке с высокими скоростями резания и без охлаждения стали с большой (более 0,5 мм) толщиной среза: При износе резца по передней поверхности на последней образуется лунка, рисунок 2.15 б), ширина и глубина которой непрерывно увеличиваются. При этом ширина перемычки между лункой и режущей кромкой непрерывно уменьшается, и когда перемычка исчезает, наступает полный или катастрофический износ, рисунок 2.16 а). На практике инструмент изнашивается по задней и передней поверхностям одновременно и при этом увеличивается радиус r скругления ре-


жушей кромки, рисунок 2.16 б). Преобладание одного из этих видов износа над другими зависит от режима обработки.

В процессе резания возможны следующие виды износа лезвия режущего инструмента (таблица 2.1).

Таблица 2.1. Изнашивание режущей части инструмента

Причины потери работоспособности	Характерные особенности
<p data-bbox="143 435 518 464">Износ по задней поверхности</p> 	<p data-bbox="572 435 992 651">Основной критерий для определения периода стойкости инструмента. Если период стойкости снижается – следует корректировать режим и условия резания.</p>
<p data-bbox="143 711 412 740">Износ в форме усика</p> 	<p data-bbox="572 711 992 999">Возникает в той области главной режущей кромки инструмента, где она контактирует с поверхностью заготовки. Причина возникновения – высокая твердость поверхностного слоя, а также твердый заусенец на заготовке.</p>
<p data-bbox="143 1015 415 1043">Износ в форме лунки</p> 	<p data-bbox="572 1015 992 1294">Износ по передней поверхности характеризуется глубиной лунки. Для твердосплавных пластин с покрытиями и геометрией, способствующей разлomu стружки, этот износ не является критерием стойкости инструмента.</p>

Продолжение табл. 2.1.

<p>Выкрашивание режущей кромки</p> 	<p>Слабое выкрашивание вдоль режущей кромки, сопровождаемое износом по задней поверхности. Выкрашивание кромки вне зоны резания – результат ударов стружки при неблагоприятных условиях стружкообразования.</p>
<p>Поломка пластины</p> 	<p>Сопровождается повреждением инструмента и заготовки. Причины зависят от станка и заготовки. Поломка часто возникает в местах выемок или преимущественного износа.</p>
<p>Износ при наростообразовании</p> 	<p>Нарост возникает на передней поверхности как результат сварки материала заготовки с материалом режущей части инструмента. Нарост периодически разрушается и создаёт условия нестабильности деформирования обработанной поверхности. При чистовой обработке может повредить режущую кромку.</p>
<p>Пластическая деформация режущего клина</p> 	<p>Возникает вследствие чрезмерного нагружения режущей кромки в сочетании с высокими температурами резания. Имеется опасность поломки.</p>

<p>Термические трещины (термический шок)</p> 	<p>Микро – и макротрещины, распространяющиеся в области режущего лезвия, вызванные переменными термическими нагрузками при прерывистом резании.</p>
--	---

Погрешности, возникающие в результате размерного износа режущего инструмента

В теории резания уделяется большое внимание износу режущего инструмента, так как его величиной определяется период экономической стойкости инструмента. Определяется износ размерами лунки износа по передней грани или фаской износа h_3 по задней грани в главном сечении I-I (Рисунок 2.17).

В настоящем разделе лабораторных работ рассматривается износ режущего инструмента с точки зрения точности механической обработки, т.е. тот износ, который непосредственно влияет на точность механической обработки, приводя к погрешностям формы и размера обрабатываемых деталей.

Этот износ в технологии машиностроения назван размерным износом режущего инструмента и измеряется на вершине инструмента в направлении, нормальном к обрабатываемой поверхности в сечении II – II. Применительно к обтачиванию резцами размерный износ – радиальный износ.

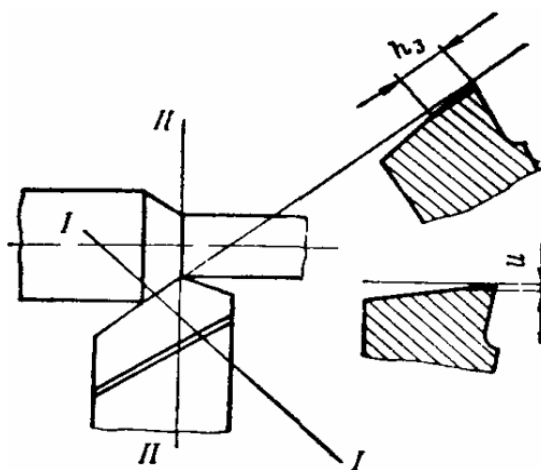


Рис. 2.17. Размерный износ режущего инструмента

Для более правильной характеристики износа и для упрощения расчетов точности механической обработки в технологии машиностроения размерный износ обозначают u , измеряют в мкм и выражают в зависимости от пути пройденного лезвием инструмента в металле L (путь резания L в км), который для токарной обработки определяется по формуле:

$$L_{рез.} \frac{\pi D_{заг.} L_{заг.}}{1000S},$$

где $D_{заг.}$ – диаметр заготовки; $L_{заг.}$ – длина заготовки; S – подача.

Умножая путь резания на подачу, можно легко получить площадь обработанной поверхности.

Износ инструмента условно можно разделить на **три этапа** (рис. 2.18):

I – начальный износ, II – нормальный износ и III – интенсивный износ, когда нужно прекращать резание во избежание разрушения режущей кромки резца.

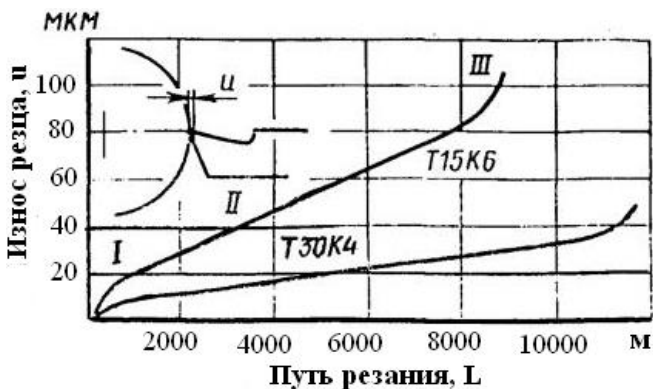


Рис. 2.18. График размерного износа

Путь резания для начального износа составляет 500–1000 м, для участка нормального износа – 30000 – 40000 м (для резцов Т30К4). На участке нормального износа зависимость $u=f(L)$ носит линейный характер. Это дает основание характеризовать интенсивность износа величиной относительного или удельного износа u^0 в мкм/км.

Удельный износ – это размерный износ на 1000 метров пути резания:

$$u_o = \frac{u}{L} 1000, \text{ мкм,}$$

где u – действительный износ.

Значение u^0 зависит от материала обрабатываемой заготовки, режимов резания, марки материала режущего инструмента и других факторов.

Например: при обработке легированной стали на скорости 135 м/мин резцами Т15К6 $u^0=8,5$ мкм/км; при обработке алюминиевых сплавов на скорости 180-200 м/мин резцами ВК8 $u^0=2,0$ мкм/км, алмазными резцами при скорости до 1000 м/мин $u^0 = 0,0005-0,001$ мкм/км.

В результате размерного износа расстояние между вершиной резца и осью вращения увеличивается (уменьшается для отверстия) на величину u_i

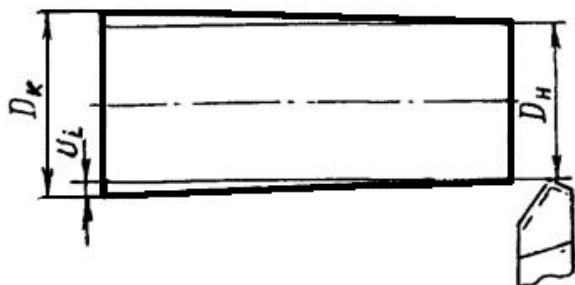


Рис. 2.19. Схема образования погрешности формы

Износ в мкм за время обработки одной заготовки:

$$u_i = \frac{u_o L}{1000}.$$

Непосредственным результатом влияния размерного износа будет появление погрешности формы (для случая токарной обработки – конусности (рисунок 2.19): $\omega_{\phi} = D_k - D_n = 2 u_i$

Если заданный размер выполняется методом пробных промеров и проходов, то износ инструмента компенсируется за счёт настройки инструмента на каждую новую заготовку.

При работе на заранее настроенном станке износ u_i , соответственно, погрешность будут накапливаться от одной заготовки к другой до поднастройки инструмента. Необходимо отметить, что по мере износа u_i , соответственно, затупления инструмента значительно возрастают силы резания, что приводит к дополнительным деформациям технологической системы.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Для определения влияния размерного износа на размер обработанной поверхности необходимо произвести обтачивание двух поясков длиной 10 мм на детали. Обрабатываемая деталь должна быть жесткой для снижения влияния упругих деформаций на размер обработанной поверхности. Первый пояс обтачивается резцом, оснащенным твердосплавной сменной неперетачиваемой пластиной (СМП). При этом пластина устанавливается так, что в точении участвует режущая

кромка СМП без износа (новая режущая кромка). Второй пояс обтачивается предварительно работавшей пластиной, которая имеет значительный износ, но ещё пригодна для обработки.

После обтачивания производится замер диаметральных размеров поясков в нескольких сечениях. В отчет необходимо занести значения диаметров и разницу в размерах, вызванную износом. При этом необходимо учитывать, что помимо размерного износа на разницу размеров оказывают и другие факторы.

Во-первых, износ режущего инструмента приводит к увеличению составляющих силы резания, что в свою очередь приводит к большим упругим деформациям в технологической системе. Таким образом, на изменение размера обработанной поверхности дополнительно влияют деформации в технологической системе.

Во-вторых, размер изменяется из-за переустановки пластины, т.е. меняется положение режущей кромки в радиальном направлении. Это происходит и в том случае, если заменяется режущая кромка на одной пластине (происходит поворот пластины), и в случае, если происходит смена пластины на новую.

При проведении эксперимента по оценке размерного износа по одной режущей кромке пластины дополнительное влияние на размер обработанной поверхности будет оказывать только первый фактор.

Во второй части работы необходимо произвести расчет, сколько раз, когда и на какую величину необходимо вводить коррекцию на инструмент в направлении оси X при обработке цилиндрической поверхности на токарном станке с ЧПУ. Для расчета необходимо знать либо удельный размерный износ резца, либо иметь график износа по задней поверхности.

В работе необходимо использовать график зависимости износа по задней поверхности от длины пути, пройденного инструментом при обработке. График приведен на рисунке 2.20.

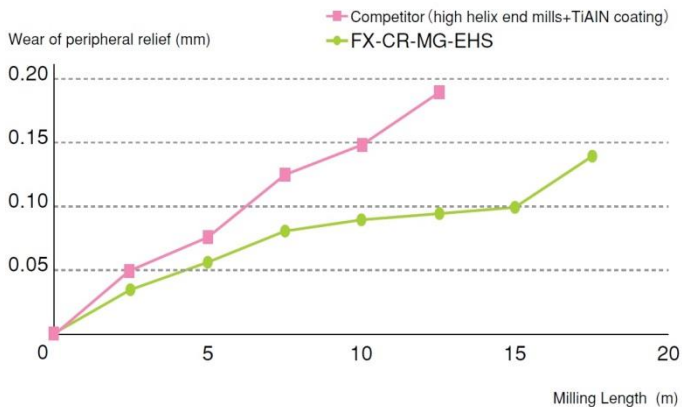


Рис. 2.20. График износа по задней поверхности

Расчет размерного износа (рисунок 2.21) осуществляется по формуле:

$$u = h_3 \operatorname{tga}$$

где α – задний угол резца (обычно находится в диапазоне $10^\circ \dots 12^\circ$).

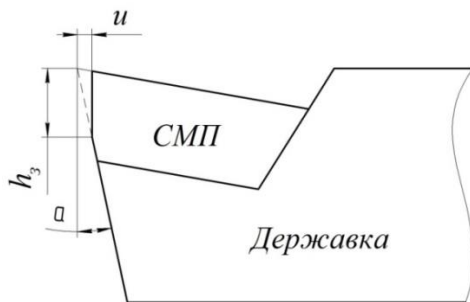


Рис. 2.21. Размерный износ пластины

Также размерный износ можно оценить непосредственно при обработке партии деталей, измеряя износ по задней поверхности, например, с помощью лупы Бринелля. Длина резания при обработке одной детали составляет 200 мм. Допуск на обработку диаметрального размера в данной операции равен 0,02 мм. Принимаем, что после обработки первой детали действительный размер выполнен в середине поля допуска, а в последующем начинает увеличиваться.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как проявляется влияние размерного износа на точность обработки при работе по способу пробных проходов и промеров и по способу обработки по настройке?

2. Почему относительный износ вычисляется как функция времени резания, а размерный износ – как функция пути резания?

3. Что является основанием для введения понятия «удельный» (относительный) размерный износ? Для чего введена эта характеристика износа?

4. Как изменяется из-за размерного износа диаметральный размер при растачивании?

5. Как влияет размерный износ на размеры, получаемые при фрезеровании?

1 Какие факторы влияют на величину относительного износа?

2 Какие из параметров режимов резания влияют в большей степени на величину размерного износа?

3 Каким образом можно определить количество обрабатываемых заготовок в партии до следующей под настройки технологической системы, если условно принять, что на рассеяние размеров оказывает только размерный износ режущего инструмента?

2.4 Исследование точности формы поверхности при торцевом фрезеровании

Цель работы: исследование точности формы при торцевом фрезеровании плоской поверхности.

ОСОБЕННОСТИ ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Торцевое фрезерование весьма производительный метод обработки, значительно превосходящий в этом отношении фрезерование цилиндрическими фрезами. Метод обладает большими технологическими возможностями и широко используется в производстве.

Для торцевого фрезерования плоскостей чаще используется насадные многозубные фрезы. В этом случае высокая производительность метода обеспечивается:

– большой жесткостью крепления инструмента;

-одновременным участием в работе нескольких зубьев (ножей) фрезы;

-простотой оснащения ножей высокоэффективным режущим материалом;

-значительными диаметральными размерами инструментов.

Применяя фрезы с большим числом тщательно установленных ножей, при небольших подачах на зуб, можно легко сочетать высокую производительность обработки с малой шероховатостью обработанной поверхности.

Обработка с использованием насадных фрез осуществляется по следующим схемам (рис. 2.22):

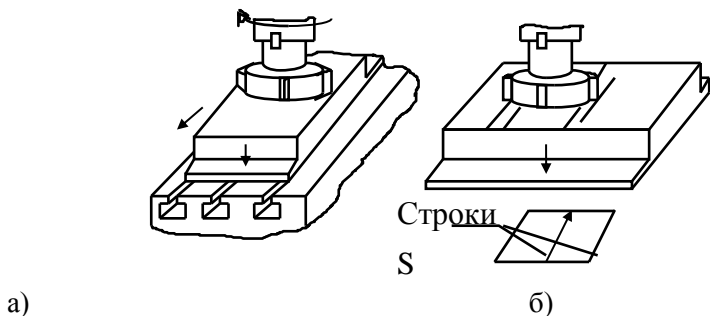


Рис.2.22. Схемы торцевого фрезерования.

В одном случае фреза полностью перекрывает обрабатываемую поверхность (см. рис. 2.22 а). Эту схему называют симметричным неполным торцевым фрезерованием. В другом случае, когда ширина обрабатываемой поверхности больше диаметра фрезы, обработку ведут строками с небольшим их перекрытием (см. рис. 2.22 б).

ПОГРЕШНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С МЕТОДОМ ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

При торцевом фрезеровании плоскостей необходимо обеспечить характеристики точности – точность формы обработанной поверхности, точность её расположения относительно выбранных баз.

В данной лабораторной работе рассматривается только первая часть этих задач применительно к схеме обработки, показанной на рис. 2.22 а.

ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ПРИ ТОРЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

При фрезеровании торцевыми насадными фрезами характерной погрешностью формы является неплоскостность, проявляющаяся как вогнутость образующей фрезерованной поверхности. Она обнаруживается в поперечном сечении заготовки, перпендикулярном направлению подачи стола.

Нарушение перпендикулярности оси шпинделя к направлению продольной подачи, в свою очередь, может быть вызвано двумя причинами:

- геометрической неточностью станка (угол α' на рис.2.23);
- деформацией (отжатием) шпинделя станка под действием сил резания.

Отжатие шпинделя в процессе фрезерования возникает главным образом из-за податливости опор. Величина и направление этой деформации зависит от зазоров в подшипниках и соотношения моментов (см. рис. 2.23):

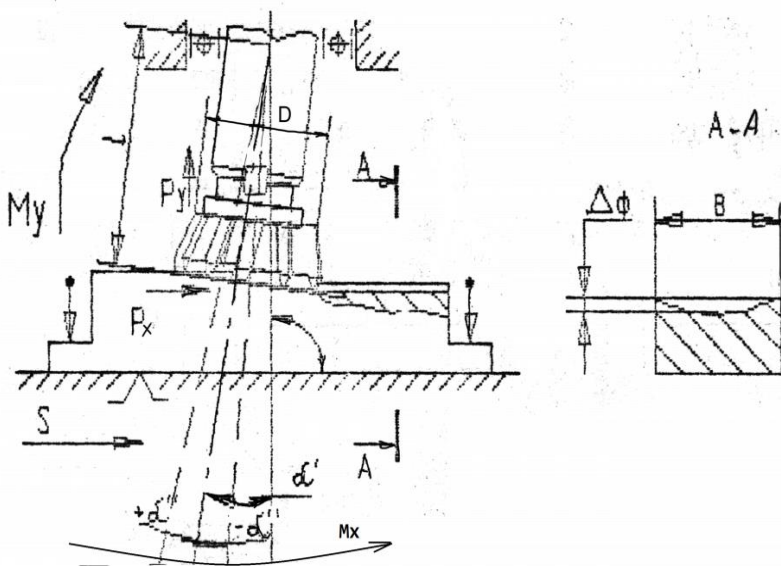


Рис. 2.23. Схема образования отклонения формы

$$M_X = P_X \cdot l \quad \text{и} \quad M_Y = P_Y \cdot D/2,$$

где P_X и P_Y – радиальная и осевая составляющие силы резания соответственно;

l – вылет шпинделя с фрезой;

D – диаметр, измеренный по вершинам резцов фрезы.

Как видно из рис. 2.23, эти моменты противоположны по направлению, поэтому возможно три случая:

при $M_Y > M_X$ – шпиндель отжимает в направлении по часовой стрелке на угол $+\alpha''$;

при $M_Y < M_X$ – шпиндель отжимается против часовой стрелки на угол $-\alpha''$;

при $M_Y = M_X$ – сохраняется исходное положение шпинделя.

Следует отметить, что при постоянной жёсткости узла шпинделя, колебания угла α при обработке партии заготовок зависит от колебания сил резания в связи с изменением величины припуска, твёрдости обрабатываемого материала, состояния инструмента. Вообще же узлы шпинделей фрезерных станков имеют большую жёсткость, поэтому величина α обычно незначительна.

Таким образом, какой бы причиной не вызывалось отклонение оси шпинделя от нормали к столу, результат этого отклонения вполне характеризуется углом α между нормальным и действительным положением этой оси. Действительный угол α , как следует из изложенного, определяется алгебраическим суммированием углов α'' и α' :

$$\alpha = \alpha' + \alpha''$$

При обработке партии заготовок отклонение формы $\Delta\phi$, связанное с углом α' , будет систематической постоянной составляющей, а влияние угла α'' проявится, главным образом, в рассеянии ω_ϕ параметра $\Delta\phi$:

$$\omega_\phi = \Delta\phi_{\text{макс}} - \Delta\phi_{\text{мин}}, \quad (2.18)$$

где $\Delta\phi_{\text{макс}}$ и $\Delta\phi_{\text{мин}}$ – наибольшая и наименьшая величина отклонения формы в пределах партии.

При наличии угла α между нормальным и действительным положением оси шпинделя для схемы симметричного фрезерования отклонение формы может быть рассчитано по формуле:

$$\omega_{\phi} = 0.5 \cdot \sin \alpha \cdot \left[1 - \sqrt{1 - (B/D)^2} \right] \cdot D, \quad (2.19)$$

где D – диаметр, измеренный по вершинам зубьев фрезы;

B – ширина заготовки.

О появлении вогнутости на обработанной поверхности можно судить по наличию в ней характерных рисок шероховатости, обнаруживаемых визуально (рис.2.24). При наличии вогнутости риски шероховатости имеют вид одинаково ориентированных дуг. Расположение рисок указывает, в какую сторону от номинального положения отклонена ось шпинделя: если вершины дуг направлены влево, то ось шпинделя отклонена вправо (против часовой стрелки) и наоборот (см. рис.2.24а,б). Когда положение шпинделя соответствует номинальному, на обработанной поверхности более или менее просматриваются риски обоих направлений (см. рис.2.24в)

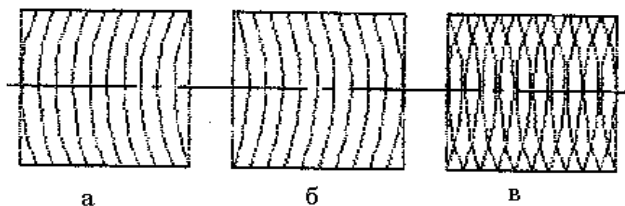


Рис. 2.24. Следы обработки на фрезерной поверхности

Измерение отклонения формы осуществляет простейшими индикаторными или микрометрическими глубиномерами (рис. 2.25), которые предварительно настраивают (с отметкой начального положения) по плоскому гладкому эталону.

Можно использовать и способ измерения с помощью лекальной линейки которая устанавливается на образец, а погрешность Δf выявляется визуально «на просвет» и измеряется щупом.

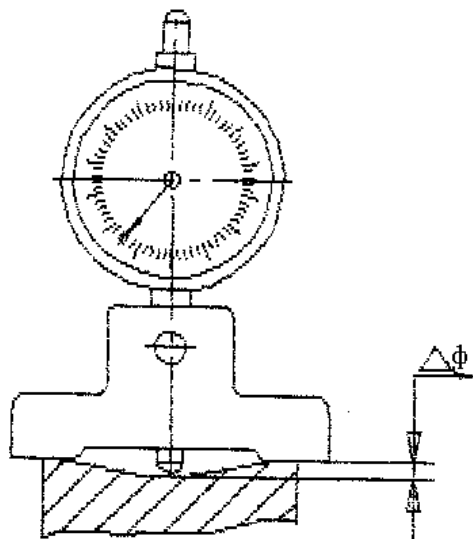


Рис. 2.25. Измерение величины $\Delta\Phi$

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Характер работы ставит студента – исполнителя в условия, приближенные к производственным, т.к. требует от него выяснить причины появления отклонения $\Delta\Phi$, найти и реализовать пути его устранения.

Работа состоит из двух частей.

1. До начала работы искусственно создается неправильность во взаимном расположении шпинделя станка и стола. Это достигается поворотом фрезерной головки вертикально – фрезерного станка в любую сторону от нормального положения на угол $1...3^\circ$. Операцию выполняет лаборант.

Обрабатываемой заготовкой служит брусок из дюралюминия Д16 с габаритами $75 \times 50 \times 30$, на которой фрезеруется плоскость 75×30 мм (рис. 2.26)

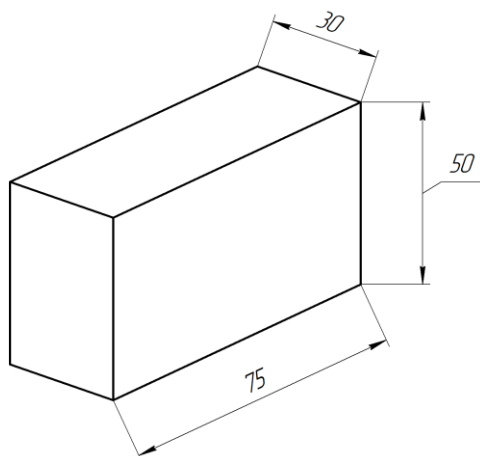


Рис.2.26. Образец

Заготовка устанавливается на нижнюю плоскость станка и закрепляется в тисках станка.

В процессе первичного фрезирования с поверхности А снимается припуск около 0.5мм. Для этого глубина резания устанавливается по касанию фрезы с плоскостью Б образца с учетом фактической величины степени С.

2. По окончании обработки и после выключения станка глубиномером измеряют действительную величину $\Delta\phi$ в зонах А и Б и определяют рассеяние

$$\omega = \Delta_{\phi А} - \Delta_{\phi Б}$$

Затем, подставляя в формулу (2.19) найденную величину $\Delta_{\phi А}$, вычисляют $\sin \alpha$ и определяют угол α (с помощью табл. 2.1) отклонения оси шпинделя от номинала. По направлению рисок шероховатости устанавливают направление поворота фрезерной головки в нормальное положение.

3. После установки шпинделя в расчетное положение, производят контрольное фрезирование поверхности. При этом глубина резания ограничивается 0.2-0.3 мм.

В случае, если повторная обработка не обеспечит достижения заданного допуска, производят дополнительную коррекцию положения оси шпинделя, ориентируясь только по рискам шероховатости.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить инструкцию к лабораторным работам. Особое внимание обратить на соблюдение техники безопасности при работе на фрезерных станках. Получить от преподавателя разрешение начать работу.

2. Установить и надежно закрепить образец в тисках. Ориентируясь визуально, расположить ось фрезы в плоскость симметрии образца. Произвести первичную обработку заготовки – образца на глубину 0.5 ± 0.1 мм (для поверхности А см. рис. 2.26). Выключить станок. Работы по п.2 выполняются лаборантом.

3. Настроить глубиномер и измерить неплоскостность обработанной поверхности в зонах А и Б – $\Delta_{\phi А}$ и $\Delta_{\phi Б}$ и рассчитать величину расцеивания ω_{ϕ}

4. Рассчитать, зная $\Delta_{\phi А}$, с помощью формулы (2.19) величину $\sin \alpha$ и определить угол α коррекции положения шпинделя. По картине рисков шероховатости установить направление поворота фрезерной головки. Произвести установку головки в расчетное положение.

5. Повторно обработать образец с глубиной резания 0.2-0.3 мм. С помощью прибора и визуально по рискам шероховатости и ее соответствии допуску.

6. В случае несоответствия действительного отклонения формы допустимому, повторить коррекцию положения шпинделя, ориентируясь при этом только на расположения рисков шероховатости.

7. По достижении допустимой величины неплоскостности предъявить результаты работы преподавателю.

8. Сопоставить расчетную величину $\alpha_{\text{расч}}$ с фактическим значением $\alpha_{\text{факт}}$, измеренным по окончании корректирования положения головки, сделать вывод о пригодности формулы (2.19) для определения угла коррекции. В случае расхождения $\alpha_{\text{расч}}$ и $\alpha_{\text{факт}}$ более, чем на 20%, объяснить причину этого. Сделать выводы из выполненной работы.

9. Оформить отчет по выполненной работе.

10. Предъявить отчет преподавателю.

ОТЧЕТ должен содержать:

- схему обработки, краткие характеристики станка, инструмента и режимов резания;
- схему расположения рисок после первичного фрезерования и результат измерения $\Delta_{\text{ФА}}$, $\Delta_{\text{ФБ}}$ и расчет $\omega_{\text{ф}}$
- расчет величины угла коррекции $\alpha_{\text{расч}}$ и рисунок рисок шероховатости с указанием направления коррекции
- величину $\Delta\text{ф}$ после коррекции и ее сопоставления с допуском $T=0.03$ мм;
- результат измерения фактического угла $\alpha_{\text{факт}}$ и его сопоставления с $\alpha_{\text{расч}}$;
- выводы, в которых дается заключение о применимости формулы (2.19) для расчета коррекции положения шпинделя, объясняются причину несовпадения углов $\alpha_{\text{расч}}$ и $\alpha_{\text{факт}}$.

Таблица 2.2. Значения синусов в интервале 0-2°

Угол	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	Разности				
											1	2	3	4	5
0	0,0000	0,0017	0,0035	0,0560	0,0070	0,0087	0,1050	0,1220	0,0014	0,0157					
1	0,0175	0,0192	0,209	0,227	0,244	0,262	0,279	0,297	0,314	0,0332					
2	0,0344										3	6	9	12	15

2.5 Анализ точности обработки фрезерованием

При изготовлении деталей обеспечивается две геометрические характеристики точности: точность самой поверхности и точность расположения этой поверхности относительно других поверхностей детали.

Выполнение первой характеристики точности зависит, главным образом от погрешностей метода обработки.

Вторая характеристика точности зависит от принятой технологической схемы обработки и отличается от первой более сложной размерной связью, требующей для ее решения применения размерных цепей.

Целью данной работы является установление и анализ размерных связей второй характеристики точности на конкретном примере обработки деталей. В качестве такого примера рассматривается обработка пазов валиков по прилагаемой операционной карте. Обработка пазов производится на вертикально-фрезерном станке мерной концевой фрезой с установкой деталей в призме.

Аналізу подвергается параметр точности расположения оси паза относительно оси цилиндрической поверхности валика при фрезеровании этого паза по трем вариантам.

Вариант I. Деталь устанавливается в призме, ось которой (00) совпадает с направлением фрезерования (осью паза); настройка инструмента производится от базы приспособления (оси призмы).

Вариант II. Деталь устанавливается в призме, ось которой перпендикулярна направлению фрезерования (оси паза); настройка инструмента производится от базы по первому варианту.

Вариант III. Деталь устанавливается в призме по II-му варианту; инструмент настраивается от базы детали.

Приняв в качестве замыкающего звена технологической размерной цепи технологической системы погрешность расположения осей паза и цилиндрической поверхности детали (Δ), получим для каждого варианта фрезерования паза (рисунок 2.27):

$$\Delta_{CM_I} = \Delta_{\Gamma_I} + \Delta_{\text{Щ}_I} + \Delta_{R_I} + \Delta_{\rho_I};$$

$$\Delta_{CM.H.II} = \Delta_{\text{Щ}_{II}} + \Delta_{R_{II}} + \Delta_{\rho_{II}} + \Delta_{\Gamma_{II}};$$

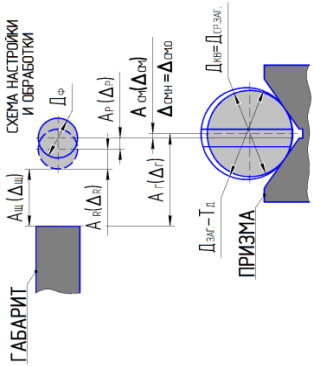
$$\Delta_{CM.O.II} = \Delta_{CM.H.II} + \Delta_{Y_{II}};$$

$$\Delta_{CM.H.III} = \Delta_{R.З.III} + \Delta_{II.H.III} + \Delta_{R_{III}} + \Delta_{\rho_{III}};$$

$$\Delta_{CM.H.III} = \Delta_{CM.O.III},$$

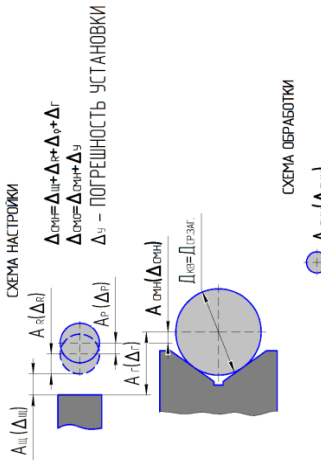
где Δ_{Γ} – погрешность габарита; Δ_R – погрешность измерения фрезы; $\Delta_{\text{Щ}}$ – погрешность щупа; Δ_{ρ} – биение фрезы; Δ_Y – погрешность установки; $\Delta_{R.З.}$ – погрешность измерения заготовки; $\Delta_{II.H.}$ – погрешность инструмента настройки; Δ_{CM} – отклонение паза от начального положения.

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНО ПЛОСКОСТИ СИМЕТРИИ ПРИЗМЫ



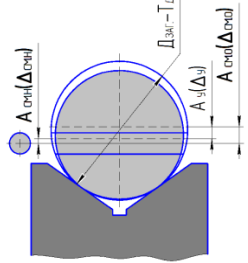
- $\Delta_{сф} = \Delta_{сф0} + \Delta_{ш} + \Delta_{п} + \Delta_{г}$
- $D_{зк}$ – ДИАМЕТР УСТАНОВОЧНОГО ВАЛИКА
- $D_{зк}$ – ДИАМЕТР ЗАГОТОВКИ
- $D_{ф}$ – ДИАМЕТР ФРЕЗЫ
- $\Delta_{г}$ – ПОГРЕШНОСТЬ ГАБАРИТА
- $\Delta_{п}$ – ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ФРЕЗЫ
- $\Delta_{ш}$ – ПОГРЕШНОСТЬ ЩЕЛТА
- $\Delta_{ф}$ – БИЕНИЕ ФРЕЗЫ
- $\Delta_{сф}$ – ОТКЛОНЕНИЕ ПАЗА ОТ НАЧАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО ПЛОСКОСТИ СИМЕТРИИ ПРИЗМЫ



- $\Delta_{сф} = \Delta_{сф0} + \Delta_{ш} + \Delta_{п} + \Delta_{г}$
- $\Delta_{сф} = \Delta_{сф0}$
- $\Delta_{зк}$ – ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ЗАГОТОВКИ
- $\Delta_{ш}$ – ПОГРЕШНОСТЬ ИНСТРУМЕНТА НАСТРОЙКИ

СХЕМА ОБРАБОТКИ



НАСТРОЙКА ИНСТРУМЕНТА ОТ БАЗЫ ЗАГОТОВКИ

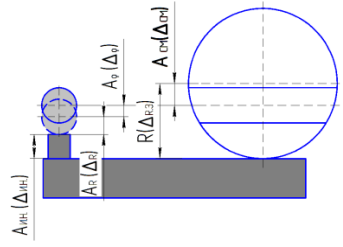


Рис. 2.27. Варианты обработки паз

Примечание:

1. Погрешностью расположения осей от динамических факторов при фрезеровании паза пренебрегаем.
2. Слагаемые и др. представляют собой отклонения. Величины их для каждого слагаемого равны и могут иметь равновероятно знак плюс (+) или минус (-).

Содержание работы

Работа состоит из двух частей: 1) расчетной и 2) экспериментальной.

В первой части работы студент путем расчета определяет погрешность расположения осей паза цилиндрической поверхности детали (ω) для трех вариантов фрезерования и дает заключение о возможности выполнения операции фрезерования паза по каждому варианту.

Данные для расчетов:

$$\Delta_r = 0,01\text{мм}; \Delta_{\text{ш}} = 0,01\text{мм}; \Delta_R = 0,01\text{мм}; \Delta_p = 0,02\text{мм}.$$

$$\Delta_y = \frac{T}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

где T – отклонение на диаметральный (средний) размер детали;

α – угол призмы (принят 90°):

$$\Delta_{R.З.} = 0,01\text{мм}; \quad \Delta_{И.Н.} = 0,02\text{мм}.$$

Эскизы и расчеты с необходимыми пояснениями заносятся в отчет по работе.

Во второй части работы студент проводит экспериментальную проверку точности расположения осей паза и цилиндрической поверхности детали (ω) при фрезеровании паза по трем вариантам и дает заключение о соответствии результатов эксперимента расчетным данным.

При проведении экспериментов необходимо: произвести наладку станка по прилагаемой операционной карте: обработать по две детали (с наибольшим и наименьшим диаметрными размерами) для каждого варианта: измерить действительные величины и записать в отчет.

Установка фрезы (точнее оси вращения шпинделя) для I-го II-го вариантов фрезерования производится с помощью габарита и щупа. Для устранения влияния биения фрезы при установке необходимо поворотом шпинделя поставить ее в нейтральное положение, при котором ее ось совпадет с осью паза.

Настроечный размер C при установке инструмента для III-го варианта фрезерования определяется для каждой детали по формуле:

$$C=R_3-R_{\Phi}$$

где R_3 и R_{Φ} – действительные величины радиусов заготовки и фрезы.

По окончании работы снять приспособления и инструмент привести в надлежащий вид и сдать лаборанту. Оформит отчет и сдать руководителю.

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНАСТКИ И ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

1. Приспособление для фрезерования пазов по I-му варианту.
2. Приспособление для фрезерования пазов по II-му и III-му вариантам.
3. Фреза концевая $\varnothing 10$ мм.
4. Штангенциркуль 0-250 мм.
5. Штангенглубомер 0-150 мм.
6. Микрометр 0-25 мм.
7. Щуп.
8. Образцы.
9. Надфиль.
10. Набор ключей и др. инструментов, необходимых для работы на станке.

Таблица 2.3. Операционная карта

Установочные бабы 2,3		Кафедра «Производство двигателей легковых автомобилей»		Изделие		Лист №							
Технические требования: Смещение оси паза от оси поверхности 2 не более 0,2 мм		кол-во шт. на взвесе		Наименование детали		№ детали							
		Заготовка		Материал		Твердость							
		Пруток		Сталь		Охлаждение							
		Станок		Завод-изготовитель		Модель							
		Верст. Фрезерный		Дмитровский з-д фрезер. станков.		6Н81							
№ опер.		Приспособление		Специальное фрезерное									
10		Наименование операции		Фрезерование паза									
Подгот. закл. время		Партия		Число стан. обраб. дет.		Число стан. обраб. 1 раб.							
		Разряд											
№ операции	Переходы	Инструмент	режущ. инструмент	Расчетные данные				Режим работы					
				Ø или диаметр	длина	число проходов	глубина резания	подача	Скорость резания	число оборотов	Время		
0	Установить деталь в приспособление и закрепить. Установить фрезу.	Штангенциркуль	фреза	1	L	1							
			тонкая										
			Ø10										
1	Фрезеровать паз за 1 проход		нафиль										
	Снять деталь												
	Острые кромки пригнать												
Итого на операцию		Разряд											
Составил	Фамилия	Подпись	Дата										
Проверил	Штучно-калькуляционное время			Время технического обслуживания				Время орг. обслуж. и отл.х					
Утвердил				Штучное время в мин.									

2.6 Исследование чистового этапа технологического процесса изготовления вала

Цель работы. Провести теоретический анализ и экспериментальное исследование возможности достижения заданной точности изготовления вала, в зависимости от выбранного маршрутного технологического процесса и рекомендовать оптимальный маршрут обработки.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛОВ

Валы ГТД имеют ряд специфических технологических особенностей, которые связаны с их условиями работы (минимальный вес, специальные материалы, наличие зубчатых венцов, фланцев, шлицов, канавок, точных базовых поверхностей). Материалы для изготовления валов: термоулучшаемые, цементируемые и азотируемые стали.

Заготовки для валов получают штамповкой, поперечным прокатом, ротационным обжатием, ротационным выдавливанием, заготовки ответственных валов ГТД принимают по первой группе контроля. Припуски на обработку составляют 6...12 мм на диаметр.

Механическая обработка валов обычно разделяется на три этапа: черновой, чистовой и окончательный. Черновой обработкой достигается равномерное распределение припуска на последующую обработку, удаляются поверхностные дефекты. Основной целью чистого этапа является получение вала с малым равномерным припуском под цементацию и окончательную обработку с точными размерами, минимальными биениями и хорошим качеством поверхностного слоя. При окончательной обработке обеспечиваются все требования конструктора по точности и качеству поверхностного слоя.

Важным условием выполнения этих требований при минимальных затратах является правильный выбор маршрута обработки, технологических баз, режимов и т.д. Максимальная производительность может быть обеспечена при автоматическом выдерживании размеров с применением многолезвовой обработки и при использовании прогрессивной технологической оснастки.

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ПОГРЕШНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПО РАЗЛИЧНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МАРШРУТАМ

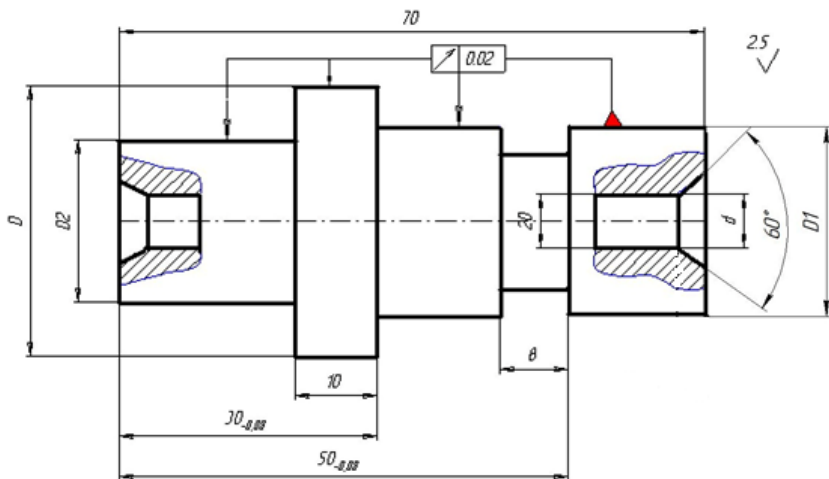
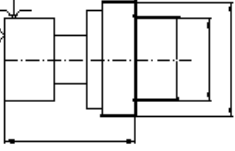
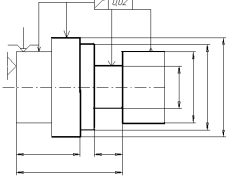
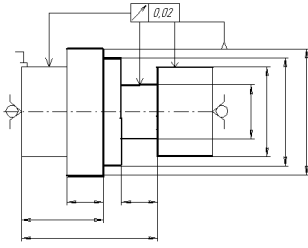
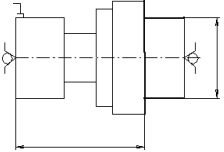
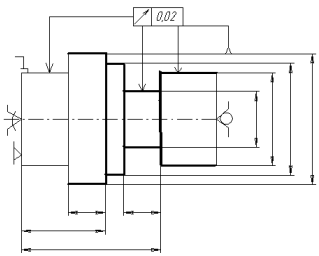
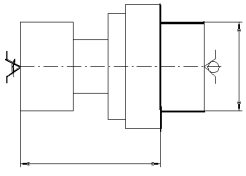


Рис. 2.28. Чертеж вала


Анализ этого чертежа показывает, что при выборе маршрута обработки и проектировании технологической оснастки необходимо обратить внимание на возможность выдерживания размеров с заданной точностью при обработке и настройке, а также на возможность обеспечения точности взаимного расположения (биения) цилиндрических поверхностей в пределах $0,02$. В лабораторной работе рассматривается чистовой этап обработки вала методом точения. При этом ставится задача окончательного получения размеров, заданных конструктором и анализа трех возможных вариантов чистового этапа обработки, которые приведены в таблице 2.4. Обработка производится по настройке.


На рис. 2.28 представлена расчетная схема для определения точности полученных размеров в чистовом этапе при обработке по маршруту 1.


Таблица 2.4. Получение размеров, заданных конструктором и анализа трех возможных вариантов чистового этапа обработки

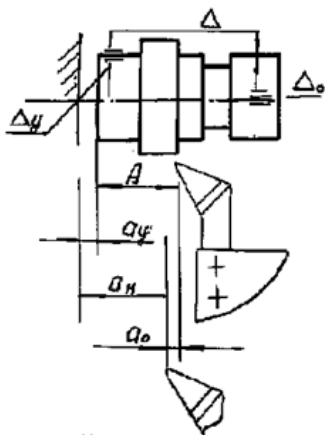
Вариант	Маршрут чистового этапа обработки вала	
	ОП.№ Токарная чистовая	ОП.№ Токарная чистовая
I		
II		
III		

Примечание: В соответствии ГОСТ 3.11.07.81 на эскизах приняты следующие обозначения:

 – установка в 3-х кулачковом патроне

 – центр неподвижности

 – центр вращающийся



$$A + a_{y.} = a_0 + a_n$$

$$A\Delta = A + a_n + a_o - a_y$$

$$\varpi_A = \varpi_o + \varpi_y + \varpi_n$$

$$\omega = \omega_y + \omega_0$$

Рис. 2.29. Расчетная схема для определения точности полученных размеров в первом варианте

Необходимо определить погрешность размера A , которая может быть при обработке на настроенном станке.

В качестве составляющих объектов:

a_y – размер, определяющий положение установочной базы относительно опорной поверхности приспособления;

a_n – размер, на который настраивается инструмент;

a_o – размер, определяющий величину отжима и износа инструмента в процессе обработки.

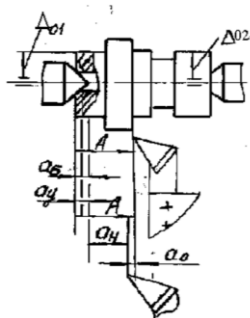
Для расчета можно принять следующие значения указанных размеров:

$$a_y = 0 \pm 0.02;$$

$$a_n = 0 \pm 0.05;$$

$$a_o = 0 \pm 0.01.$$

При расчете величины биения цилиндрических поверхностей принимаем: $\Delta_y = 0.15$, $\Delta_o = 0.01$.



5

$$A - a_y - a_n - a_o - a_\delta = 0$$

$$\sigma_A = \sigma_y + \sigma_n + \sigma_o + \sigma_\delta$$

$$\omega = \omega_{01} + \omega_{02}$$

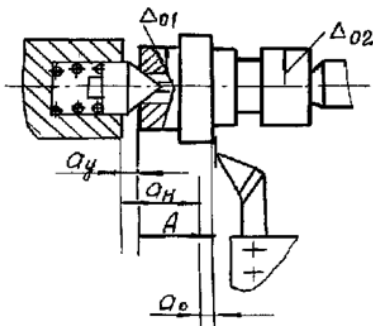
Рис. 2.30. Расчетная схема для определения точности, полученных размеров во втором варианте

При расчетах по этой схеме примем следующие значения размеров:

$$a_y = 0 \pm 0.02; a_n = A - 0.05; a_o = 0 \pm 0.01; a_\delta = 0 \pm 0.2;$$

Размер a_δ определяет величину смещения торца вала при его установке в центрах.

Третий маршрут обработки валика предусматривает использование плавающего центра, обеспечивающего фиксированное положение базового торца и оси заготовки и точное положение ее.



в этом варианте

$$A + a_y - a_o - a_n = 0$$

$$\sigma_A = \sigma_o + \sigma_y + \sigma_n$$

$$\omega = \omega_{01} + \omega_{02}$$

В этой схеме значения всех составляющих размеров можно принять в соответствии с вариантом 1.

P

Рис. 2.31. Схема расчета величины погрешности координирующего размера и взаимного биения

В этой схеме значения всех составляющих размеров можно при-

нять в соответствии с вариантом 1.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Работа состоит из двух частей. В первой части студенты изучают особенности построения технологических процессов изготовления валов и проводят расчет точности обработки.

Во второй части работы студенты проводят экспериментальные исследования точности получения размеров при обточке валов на настроенном станке для трех вариантов построения технологического процесса.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести расчет точности получения линейного размера и взаимного положения поверхностей для трех вариантов обработки в соответствии с расчетными схемами, приведенными в п. 2.

2. Провести настройку станка по эталону при обработке в трехкулачковом патроне (вариант 1).

3. Обработать 3 заготовки на настроенном станке и измерить штангенциркулем размер, координирующий положение буртика, а также в центрах взаимное биение диаметров.

4. Повторить работы по пунктам 2 и 3 при обработке в центрах (вариант 2) и с плавающим центром (вариант 3).

5. Сравнить расчетные и экспериментальные данные по точности изготовления валика для 3-х маршрутов и дать рекомендации по выбору технологического процесса.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Эскиз детали.

2. Расчетные схемы и расчет точности изготовления.

3. Таблица результатов расчетов и результаты измерений.

4. Анализ полученных результатов, рекомендации и выводы.

2.7 Исследование точности обработки на токарном станке статистическим методом

Цель работы: освоение методики статистического исследования точности обработки три обточке валиков на настроенном токарном станке.

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ТОЧНОСТИ

Под точностью обработки понимают степень соответствия действительных, полученных после обработки геометрических параметров деталей, заданным геометрическим параметрам.

К понятию «геометрические параметры» относятся размеры, форма и взаимное расположение поверхностей деталей.

В данной работе рассматривается точность размера-диаметра валика после обточки.

Определение точности обработки является сложной задачей. Для ее решения применяют расчетно-аналитический и статистический методы. Расчетно-аналитический, метод базируется на исследовании факторов, вызывающих первичные погрешности, установление между ними функциональной зависимости, расчете каждой составляющей погрешности и суммировании их для определения погрешности обработки. Достоинством этого метода является то, что можно выявить факторы, вызывающие первичные погрешности, и наметить пути их уменьшения.

Статистический метод позволяет оценить действие в данной операции сразу всей совокупности факторов. При этом нет необходимости проводить эксперименты по выявлению влияния отдельных факторов на точность обработки; достаточно на основе непосредственного наблюдения на производстве по данному геометрическому параметру измерить партию деталей.

Каждый из этих методов имеет свою область применения, и они не исключают, а, наоборот, дополняют друг друга.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Произвести настройку стайка на размер: $X_{-0,12}$.
2. Обработать 40–50 деталей согласно операционной карте (по одному пояску на каждой детали).

3. Измерить обработанные пояски микрометром с ценой деления 0,01 м. Результаты занести в таблицу 2.3.

4. Обработка результатов измерения деталей.

Этот этап включает в себя решение ряда задач:

Определение результирующей погрешности обработки (задача №1). Определение доверительных интервалов для найденных оценок параметров (задача №2). Определение систематических постоянных, закономерно изменяющихся и случайных погрешностей для данной партии (задача №3).

5. Решить одну из поставленных задач статистическим методом (по заданию преподавателя).

6. Рабочее место, оснастку и инструмент привести в порядок и сдать лаборанту.

Настройка станка производится по заранее рассчитанному настроечному размеру $X_{н.р.}$ методом пробных проходов и промеров. Для этого у первой детали на небольшой длине обтачивается поясок на размер, превышающий $X_{н.р.}$, и делается промер.

Промеры и проходы повторяются до тех пор, пока не будет достигнут размер, близкий к настроечному. При этом замечают деление лимба винта поперечной подачи, устанавливают по нему резец и обтачивают 3-4 пробных детали. Средний размер этих деталей не должен отклоняться от $X_{н.р.}$ на величину $\left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{6}\right)$ от допуска, на размер (δ), то есть на $0,02 \div 0,025$ мм. Если отклонение превосходит указанное значение, делают поднастройку станка, затем обрабатывают всю партию деталей и производят измерения. Погрешность измерения согласно ГОСТу не должна превышать (15–20%) от δ .

Решение приведенных выше задач рассмотрим на примере для случая $X = \varnothing 20$ мм, при объеме партии $N = 40$ шт.

В качестве настроечного размера принят средний размер поля допуска $X_{н.р.} = X_{\delta p} = 19,94$. Измерение деталей осуществлялось по мере снятия их со станка, микрометром с ценой деления 0,01 мм.

Результаты измерения представлены в протоколе наблюдений (таблица 2.5).

Таблица 2.5. Протокол наблюдений

№ п.п.	Размеры X_i	№ п.п.	Размеры X_i
1	19,94	21	18,87
2	19,95	20	18,86
3	19,93	22	
4		.	
5		.	
6	19,99	.	
7			
.			
.			
.		40	

Задача 1

В таблице 1 отмечаются наибольший (X_{\max}) и наименьший (X_{\min}) размеры и определяется размах варьирования (R).

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 19,99 - 19,86 = 0,13(\text{мм}). \quad (2.20)$$

Для упрощения расчетов и построения кривых распределения R делят на интервалы. Число интервалов (K) зависит от количества деталей (N), взятых для статистического анализа:

при $N < 50$ рекомендуется $K = 5 \div 7$
 $N = 50 \div 100$ $K = 7 \div 9$
 $N > 100$ $K = 9 \div 12$

Величина интервала $C = \frac{R}{K}$ должна быть больше цены деления шкалы измерительного инструмента и округлена до числа с минимумом значащих цифр. Например, при $C_p = 0,0189$ (полученным из расчета) принять $C = 0,02$, при $C_p = 0,0211$ принять $C = 0,02$ и т.д.

В соответствии с рекомендациями принимаем $K = 7$.

Тогда

$$C = \frac{R}{K} = \frac{0,13}{7} = 0,0186 \approx 0,02. \quad (2.21)$$

Образование интервалов производят в следующем порядке:

а) нижняя граница первого интервала берется равной действительному наименьшему размеру детали $X_{\min} = 19,86$. Верхняя граница определяется как сумма

$$X_{\min} + C = 19,86 + 0,02 = 19,88 \text{ (мм)}. \quad (2.22)$$

Второй интервал образуется путем прибавления $C = 0,02$ к размеру 19,88 мм и т.д.

Полученные интервалы сводятся в таблице 2.6 (графа 2).

Таблица 2.6. Интервалы

№1 п.п	Границы интервалов	Средний размер ин- тервала $X_{\text{ср}}$	Подсчет кол- ва случаев	Частота n_i	Частость $\frac{n_i}{N}$
1	19,86-19,88	19,87	11	2	0,05
2	19,88-19,90	19,89	11111	5	0,125
3	19,90-19,92	19,91	111111111	9	0,225
4	19,92-19,94	19,93	11111111111	11	0,275
5	19,94-19,96	19,95	1111111	7	0,175
6	19,96-19,98	19,97	11111	5	0,125
7	19,98-20,00	19,99	1	1	0,025

б) вычисляется среднее значение каждого интервала (графа 3);

в) в графе 4 производится подсчет количества случаев. Для этого просматриваются все измерения в порядке их написания в табл. 1 и для каждого размера (табл. 2.6, графа 4) делается заметка против соответствующего ему интервала.

При подсчете случаев условно принимается, что значения размеров, равных верхним границам интервалов, входят в каждый последующий интервал, т. е. 19,88 мм – во второй, 19,90 мм – в третий интервал и т. д.;

г) количество заметок подсчитывается и проставляется в графе 5 табл. 2.4. Сумма чисел этого столбца должна равняться количеству деталей партии $N = 40$;

д) частость (графа 6) определяется делением числа деталей, находящихся в пределах каждого интервала n_i на общее количество деталей партии N .

По данным X_{icp} и $\frac{n_i}{N}$ (или n_i) строится практическая кривая распределения (рисунок 2.32, а).

По оси абсцисс в определенном масштабе откладываются средние значения интервалов. Масштаб выбирается произвольно. Например, $M=750:1$ ($a_{np}=750$), т. е. Интервал $C=0,02$ мм соответствует пятнадцати миллиметрам ($0,02 \times 750 = 15$ мм, рис. 2.32, б). Масштаб ординаты также выбирается произвольно. Например, $b_{np}=300$, тогда ординаты находятся по зависимости $\frac{n_i}{N} b_{np}$ (для первого интервала $0,05 \times 300 = 15$ мм).

Для более точной оценки точности обработки практические кривые распределения заменяются теоретическими, изображающими вполне определенные законы распределения случайных величин. Так, при обработке деталей на станке по способу автоматического получения размеров используется закон нормального распределения, выражаемый уравнением

$$y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.23)$$

где $x = X_{icp} - X_{cp}$.

Следовательно, для построения теоретической кривой необходимо по данным опыта вычислять две характеристики: X_{cp} и σ .

$$X_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{icc} \cdot n_i}{N} = \frac{19,87 \times 2 + 19,87 \times 5 + 19,91 \times 9 + \dots + 19,99 \times 1}{40} = 19,93(мм); \quad \dots(2.24)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{icp} - X_{cp})^2 \cdot n_i}{N - 1}} = \dots(2.25)$$

$$\sqrt{\frac{(19,93 - 19,87)^2 \cdot 2 + (19,93 - 19,89)^2 \cdot 5 + \dots + (19,93 - 19,99)^2 \cdot 1}{39}} = 0,029(мм).$$

Теоретическая кривая строится по осям X и Y (рисунок 2.32, а).

Начало координат $X_0 = 0$ размещается в точке $X_{cp} = 19,93$ мм (рисунок 2.32, в). По оси абсцисс от X_0 (вправо и влево) откладываются $X_1 = \pm \sigma$; $X_2 = \pm 2 \sigma$; $X_3 = \pm 3 \sigma$. Масштаб теоретической и практической кривой для значений C и σ принимается одинаковый: $a_m = a_{np} = 750$,

тогда на абсциссе графика будет отложена величина $\sigma = 0,029 \times 750 = 21,7$ мм.

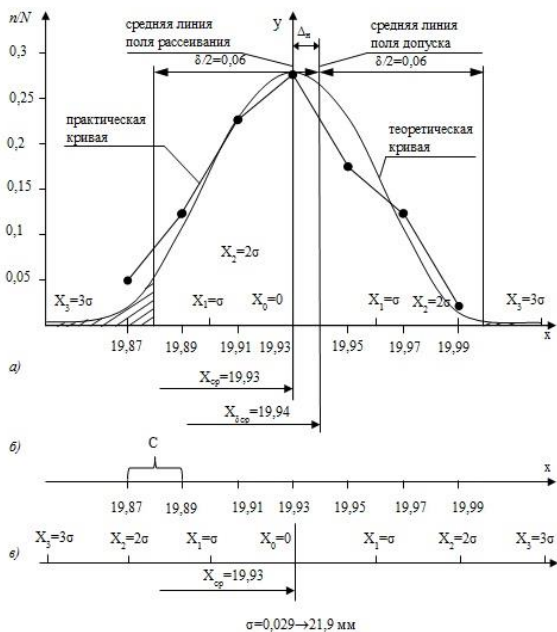


Рис. 2.32. Построение кривых распределений

Для нахождения ординат «Y», соответствующих значениям X_0 , X_1 , X_2 и X_3 , пользуются таблице 2.5 (функция Лапласа).

Табличные значения Y_m умножают на b_m , вычисленное из условия равенства площадей под практической и теоретической кривой

$$bm = bnp \cdot \frac{c}{\sigma} = 300 \cdot \frac{0,02}{0,029} = 207. \quad (2.26)$$

Так, точке $X_0=0$ соответствует ордината

$$y_0 = y_m \times b_m = 0,399 \times 207 = 82,6(\text{мм}). \quad (2.27)$$

Результаты вычислений сведены в графу 3, таблица 2.7.

Таблица 2.7. Функция Лапласа

X в долях σ	y_m	$Y=Y_m b_m$ (мм)
0	0,399	82,6
0,5	0,352	72,9
1,0	0,242	50,1
1,5	0,130	26,9
2,0	0,054	11,2
2,5	0,018	3,7
3,0	0,004	0,9

Из теории вероятностей известно, что в пределах $\pm 3\sigma$ под кривой нормального распределения заключено 99,73% всей ее площади, поэтому погрешность от случайных и закономерно изменяющихся факторов составляет $\omega_p = 6\sigma = 6 \times 0,029 = 0,174$ (мм).

Постоянная систематическая погрешность в данном случае вызывается неточностью настройки станка ω_n , т.е. несовпадением среднего размера поля рассеяния (X_{cp}) со средним значением поля допуска ($X_{\delta p}$)

$$\omega_n = X_{\delta p} - X_{cp} = 19,94 - 19,93 = 0,01 \text{ (мм)}. \quad (2.28)$$

На абсциссе (рис. 2.32, а) наносится средний размер поля допуска $X_{\delta p} = 19,94$ мм и границы поля допуска $\pm \frac{\sigma}{2} = 0,06$ мм. В данном примере средняя линия поля допуска сдвинута от средней линии поля рассеяния в сторону увеличения размера на расстояние $\omega_n = 0,01$ мм, что соответствует 7,5 мм ($X_{cp} < X_{\delta p}$). С такой же вероятностью можно предположить, что при проведении следующего опыта X_{cp} будет больше $X_{\delta p}$ на ту же величину. Тогда в общем случае постоянная погрешность будет равна

$$\omega_n = 2\omega_n = 2(X_{\delta p} - X_{cp}) = 2 \cdot 0,01 = 0,029 \text{ (мм)}, \quad (2.29)$$

а результирующая операционная погрешность определится как сумма ω_p и ω_n :

$$\omega_{\Sigma} = \omega_p + \omega_n = 6\delta + 2\omega_n = 0,174 + 0,02 = 0,194 \text{ (мм)}. \quad (2.30)$$

Задача 2

В качестве статистических характеристик находят приближенные значения математического ожидания

$$m = M(X) \dots \quad (2.31)$$

и дисперсии

$$D = M[(X-m)^2] \dots \quad (2.32)$$

Таковыми величинами являются характеристики, обладающие несимметричными оценками данных параметров.

Это среднее арифметическое значение величины X и D^* .

$$X_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}; \quad (2.33)$$

$$D^* = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}. \quad (2.34)$$

Вследствие приближенных значений X_{cp} и D^* необходимо дать оценку их точности и надежности. Иными словами, следует решить вопрос, с какой вероятностью (α) можно утверждать, что допущенная ошибка (расхождение среднего арифметического значения X_{cp} с математическим ожиданием m и среднего квадратического отклонения σ с $\sigma_m = \sqrt{D}$ не превзойдет некоторой величины ξ :

$$\alpha = P(|X_{cp} - m|) < \xi; \quad (2.35)$$

$$\alpha = P(|\sigma - \sigma_m|) < \xi. \quad (2.36)$$

Вероятность α называется доверительной вероятностью;

Границы $X_{cp} - \xi$ и $X_{cp} + \xi$ – доверительными границами.

Интервал $X_{cp} \pm \xi$ – доверительный интервал.

Доверительный интервал характеризует точность получения результата, а доверительная вероятность – его надежность.

Для решения поставленной задачи в математической статистике вместо случайной величины X_{cp} вводится другая случайная величина – T .

$$T = \frac{X_{cp} - m}{S}; \quad (2.37)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{cp})^2}{N(N-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}. \quad (2.38)$$

Случайная величина T подчиняется закону распределения Стьюдента (Student) (рисунок 2.33).

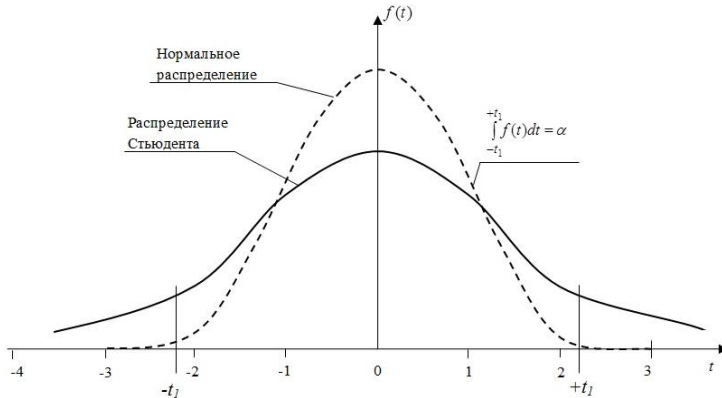


Рис. 2.33. Кривая распределения случайной величины 1

Вероятность попадания величины T на участок $(-t_1, +t_1)$

$$P(|T| < t_1) = \int_{-t_1}^{t_1} f(t) dt = 2 \int_0^{t_1} f(t) dt, \quad (2.39)$$

или

$$P = (X_{cp} - m) < tS < 2 \int_0^t f(t) dt, \quad (2.40)$$

где $t_1 = \frac{\varepsilon_1}{S}$ и следовательно $\alpha = 2 \int_0^{t_1} f(t) dt$.

Таким образом, величина α является функцией двух аргументов t и N . Эта функция табулирована и приведена в таблице 2.8.

Таблица 2.8. Табулированная функция аргументов t и N

Значения t								
$\alpha \backslash$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,35	3,18	4,54	5,84
4	741	941	1,190	1,533	2,13	2,77	3,75	4,60
5	727	920	1,156	1,476	2,02	2,57	3,36	4,03
6	718	906	1,134	1,440	1,943	2,45	3,14	4,71
7	711	896	1,119	1,415	1,895	2,36	3,00	3,50
8	706	889	1,108	1,397	1,860	2,31	2,90	3,36
9	703	883	1,100	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25
10	700	879	1,093	1,372	1,812	2,23	2,76	3,17
11	697	876	1,088	1,363	1,796	2,20	2,72	3,11
12	695	873	1,083	1,356	1,782	2,18	2,68	3,06
13	694	870	1,079	1,350	1,771	2,16	2,65	3,01
14	692	868	1,076	1,345	1,761	2,14	2,62	2,98
15	691	866	1,074	1,341	1,753	2,13	2,60	2,95
20	687	860	1,064	1,325	1,725	2,09	2,53	2,84
25	684	856	1,058	1,316	1,708	2,06	2,48	2,79
30	683	854	1,055	1,310	1,697	2,04	2,46	2,75
40	681	851	1,050	1,303	1,684	2,02	2,42	2,70
60	679	848	1,046	1,296	1,671	2,00	2,39	2,66
120	677	845	1,041	1,289	1,658	1,98	2,36	2,62

С помощью данной таблицы может быть определена вероятность неравенства (16).

Так, для приведенного выше примера ($N = 40$; $X_{cp} = 19,93$) требуется определить точность получения X_{cp} (доверительный интервал). Для этого по формуле (8) находим величину S.

Затем по значениям $N-1=39$ и α (обычно $\alpha \approx 0,95$) по таблице определяем величину $t = 2,02$ и находим ξ половину длины доверительного интервала

$$\xi = tS = 2,02 \times 0,0044 \approx 0,0088 \text{ (мм)}. \quad (2.41)$$

Следовательно, доверительный интервал за пределы которого с вероятностью $\alpha = 0,95$ не выходит величина $X_{\text{ср}}$, будет $\pm \xi : 19,95 \pm 0,0088$.

В работе могут быть поставлены и другие задачи. Например, по заданному значению $\pm \xi$ определить α или по заданным величинам α и ξ определить необходимое число опытов n и т. д.

Для определения ошибки ξ в среднем квадратическом отклонении удобней ее выразить не в абсолютных, а в относительных единицах

$$q = \frac{\xi}{\sigma}. \quad (2.42)$$

Соответственно неравенство (19) можно записать в виде:

$$\left| 1 - \frac{\sigma_m}{\sigma} \right| < q, \quad (2.43)$$

тогда

$$\alpha = P\left(\left| 1 - \frac{\sigma_m}{\sigma} \right| < q \right) = F(q, N-1). \quad (2.44)$$

Если при вычислении $X_{\text{ср}}$ и σ (расчеты проводились с разбивкой измеренных значений на интервалы (с), то

$$\alpha = F(q, K-1), \quad (2.45)$$

где K – количество интервалов.

Значения функция $F(q, N-1)$ даны в таблице 2.9.

Пример. Требуется найти доверительные границы, в которых с вероятностью $\alpha = 0,9$ находится истинное значение среднего квадратического отклонения, равного в нашем примере $\sigma = 0,029$. Из таблицы видим, что при $K-1=6$ доверительная вероятность α достигает значения 0,9 при $q \approx 0,65$. Следовательно, $\xi = q \cdot \sigma = 0,65 \times 0,029 = 0,018$, а доверительные границы приближенно равны 0,011 и 0,047.

Таблица 2.9. Значения функции $F(q, N-1)$

Значения функции $F(q, N-1)$		Значения функции $F(q, N-1)$												
		q	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,0
$n-1$	$(k-1)$													
3		0,147	0,184	0,273	0,359	0,515	0,636	0,714	0,759	0,792	0,819	0,842	0,861	
4		172	214	317	414	583	703	774	815	847	872	893	910	
5		194	241	355	461	637	752	816	856	885	908	926	940	
6		213	264	388	501	681	791	849	886	913	933	948	959	
7		230	286	417	536	717	821	847	908	932	950	963	972	
8		246	305	444	567	748	845	895	926	948	963	974	981	
9		261	323	469	595	774	865	911	940	960	972	981	987	
10		275	340	491	620	797	882	925	951	968	979	986	991	
12		301	371	532	664	833	909	946	968	980	988	993	996	
14		325	399	567	701	862	929	960	978	988	993	996	998	
16		346	425	599	733	885	944	971	985	992	996	998	999	
18		366	448	637	760	903	955	980	990	995	998	999	999	
20		384	470	652	784	918	964	984	993	997	999	999	1,00	
25		426	518	706	832	944	979	992	997	999	1,00	1,00		
30		462	559	749	867	962	988	996	999	1,00				
40		525	628	815	913	978	994	999	1,00					
50		576	682	860	942	988	998	999						
60		619	726	893	960	993	999	1,00						
70		656	762	917	972	996	1,00							
80		688	792	935	980	998								
100		741	840	959	990	999								

Задача 3

Для решения поставленной задачи строится точностная (точечная) диаграмма (рисунок 2.34).

По оси абсцисс откладываются номера деталей в порядке их обработки.

По оси ординат – размеры.

На схеме:

$R_1, R_2, R_3 \dots R_n$ – размах варьирования в пределах группы;

$$R_i = X_{i\max} - X_{i\min}.$$

$\omega_{мен}$ – погрешности, вызываемые закономерно изменяющимися факторами;

$$\omega_{мен} = 6\sigma, \quad (2.46)$$

$\omega_{з.и.}$ – погрешности, вызываемые закономерно изменяющимися факторами;

Δ_n – погрешности, связанные с постоянно действующими факторами;

$$\Delta_n = 2\Delta_n, \quad (2.47)$$

где Δ_n – погрешность настройки:

$$\Delta_n = X_{н.р.} - X_{ср}. \quad (2.48)$$

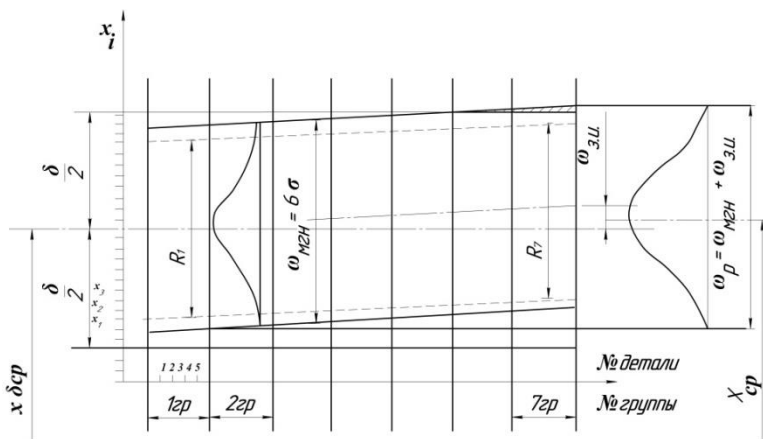


Рис. 2.34. Точностная диаграмма

По размаху варьирования R_{cp} определяется значением

$$\sigma' = \frac{R_{cp}}{d_m}, \quad (2.49)$$

где R_{cp} – среднее значение распределения для всех групп:

$$R_{cp} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^n R_i; \quad (2.50)$$

d_m – коэффициент, связывающий R_{cp} и σ' . Его значение зависит от числа деталей в группе (таблица 2.10).

Таблица 2.10. Зависимость коэффициента d_m от числа деталей в группе

Число деталей	3	5	7	9
d_m	1,693	2,326	2,704	2,927

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Сведения о станке (технические характеристики).

2. В зависимости от варианта работы:

а) результаты расчета параметров кривой нормального распределения, построение практической и теоретической кривой распределения погрешностей, расчет суммарной погрешности обработки;

б) результаты расчета параметров кривой нормального распределения и доверительных интервалов для найденных оценок параметров;

в) построение точечных диаграмм и результаты расчета систематических постоянных, закономерно-изменяющихся и случайных погрешностей.

3. Выводы.

2.8 Определение точности групповой обработки деталей на револьверном станке

Цель работы:

1. Приобретение навыков по наладке станка для групповой обработки на револьверном станке 1Г325.
2. Обработка партии заготовок на настроенном станке.
3. Определение точности групповой обработки деталей на револьверном станке.
4. Закрепление теоретических знаний студентов в области технологии производства деталей авиационных двигателей.
5. Закрепление знаний студентов, полученных в процессе второй производственной практики.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРУППОВОМ МЕТОДЕ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК

Групповая обработка нашла широкое применение в индивидуальном и мелкосерийном производствах. Этот метод обработки основан на классификации деталей с выделением таких групп, для обработки которых требуется однотипное оборудование, общее приспособление и настройка станка. Обработку такой группы деталей можно осуществлять по единому технологическому процессу. Групповая обработка может применяться не только для изготовления группы деталей, но и для отдельных операций.

Объединение деталей в группу увеличивает их серийность, и, следовательно, создается возможность применения в условиях мелкосерийного производства таких же прогрессивных методов обработки, как и в крупносерийном производстве, а это резко повышает производительность и снижает себестоимость изготовления деталей.

После образования группы выбирается или проектируется комплексная деталь. Такой деталью является самая сложная или искусственно созданная деталь группы, включающая в себя конструктивные элементы всех деталей группы.

На комплексную деталь составляется технологический процесс, проектируется групповое приспособление и рассчитывается групповая наладка станка.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Работа состоит из трех частей:

1. изучения конструкции и управления станком, технологической документации и наладка станка;
2. обработка партии заготовок одного наименования;
3. определение точности полученных диаметральных и линейных размеров.

При изучении станка студенты особое внимание обращают на его управление, на расположение упоров, на устройство револьверной головки, на закрепление инструментов, а также знакомятся с кинематикой станка.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РАБОТЫ СТАНКА

Токарно-револьверный станок модели 1Г325 предназначен для обработки заготовок из прутка диаметром не более 25 мм и из отдельных заготовок диаметром до 160 мм.

Особенностью станка является автоматическое переключение чисел оборотов шпинделя и величины подачи при повороте револьверной головки с одной позиции на другую.

Двухступенчатая коробка скоростей, снабжена сменными шестернями **a**, **b**, **c**, **d**, получает вращение от двухскоростного двигателя с мощностью $N = 2,6/3$ кВт, $n = 1420/2800$ об/мин. (рис. 1), что позволяет шпинделю станка иметь 16 скоростей от 80 до 3150 об/мин. (см. диаграмму скоростей на рис. 2.36).

От шпинделя через ременную передачу вращение передается на коробку подач. Включением одной из трех электромагнитных фрикционных муфт осуществляется получение одной из трех подач 0,05–0,12–0,3 мм/об.

Револьверная головка 1 имеет 12 отверстий, служащих для закрепления инструментов. На оси револьверной головки находится барабан, несущий 12 регулируемых упоров, ограничивающих продольную подачу головки при работе каждым из закрепленным инструментом. Механизм привода продольной и круговой подачи и включения продольной подачи расположен в фартуке револьверного суппорта.

Вал 2 получает вращение от ходового вала 3 через пару шестерен Z_1 и Z_2 . От вала 2 вращение передается по двум кинематическим цепям:

а) по цепи продольной подачи – от вала 2 с помощью червячной пары Z_5, Z_6 при включенной электромагнитной муфте 9 вала 5 и от него парой шестерен Z_7 и Z_8 вала 7 и реечной шестерне Z_9 , катится по рейке 10, прикрепленной к станине;

б) по цепи круговой (поперечно) подачи – от вала 2 через Z_3 и Z_4 на вертикальный валик 4 и к механизмам револьверного суппорта.

В передней крышке фартука смонтирован валик штурвала 11, на конце которого закреплена шестерня Z_{10} , зацепляющаяся с шестерней Z_8 , сидящей на валу 7 реечной шестерни Z_9 . Включение механической продольной подачи осуществляется движением шарнирных рукояток штурвала «на себя». При этом шток, заключенный внутри валика штурвала, через механическую подачу (не указанную в кинематической схеме) нажимает на пуговку микропереключателя, который замыкает цепь электромагнитной муфты 9.

Поперечная подача револьверной головки может производиться вручную или автоматически. Для быстрого ручного поворота револьверной головки и грубой поперечной подачи вращают маховик 12, сидящий на одной оси с шестерней Z_{11} . От шестерни Z_{11} вращение передается шестерни Z_{12} , жестко сцепленной с револьверной головкой. Движение происходит при выключенной конусной муфте 13.

Автоматическая подача осуществляется при включении муфты 13. Вал-шестерня 8 получает вращение от червячной шестерни Z_{13} . Червячная шестерня приводится во вращение червяком Z_{14} , на валу, которого свободно вращаются конические шестерни Z_{15}, Z_{16} , имеющие на торцах кулачки. Шестерни Z_{15}, Z_{16} сцеплены с приводной шестерней Z_{17} , в шлицевое отверстие которой входит вертикальный вал фартука. Кулачковая муфта 14, сидящая на шлицевой части вала 6, осуществляет включение и реверс механической поперечной подачи и управляется рукояткой, выведенной на левую сторону суппорта. На конце червячного вала 6 сидит маховичок для ручной тонкой поперечной подачи револьверной головки. Для ограничения поперечной подачи револьверной головки служат поперечные регулируемые упоры, устанавливаемые на револьверной головке, и вытяжной упор на лапе револьверного суппорта.

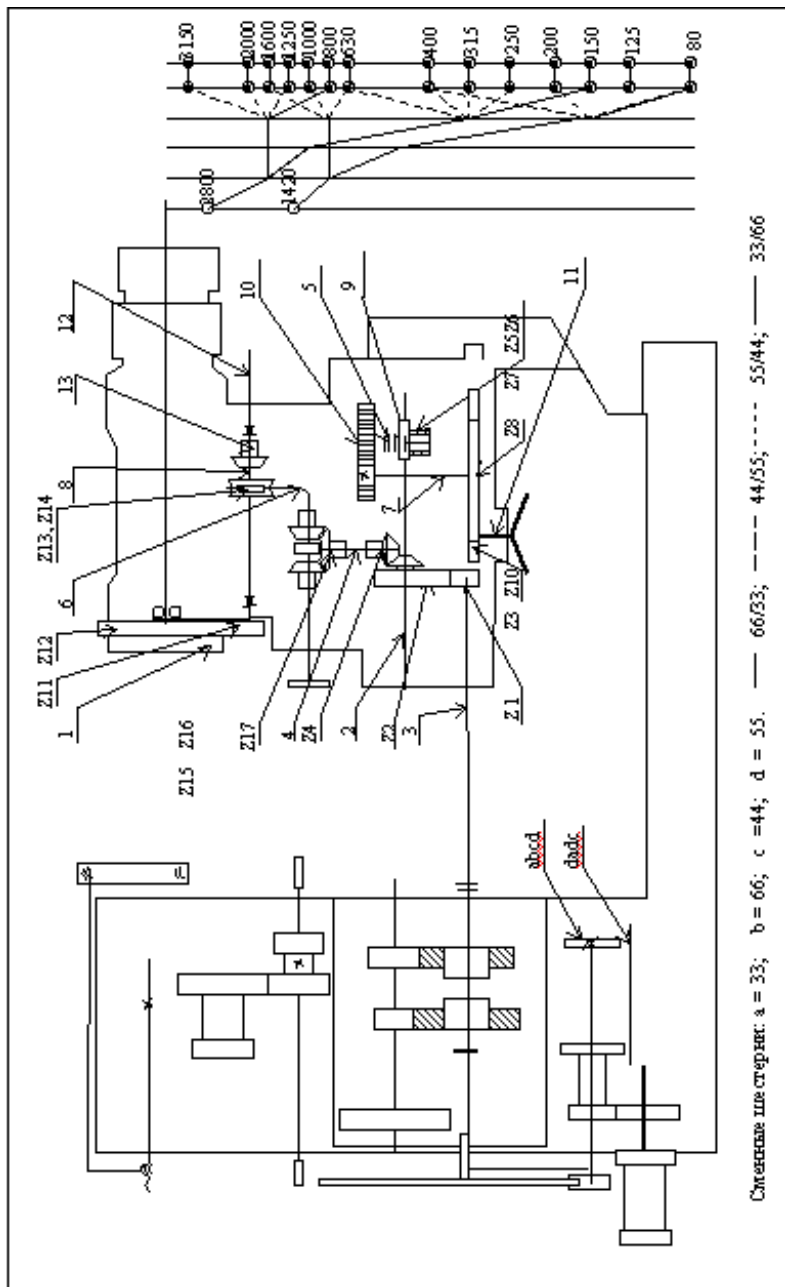


Рис. 2.36. Кинематическая схема станка 1Г325

На револьверном станке 1Г325 можно выполнять следующие операции: точение, сверление, растачивание, зенкерование, развертывание, нарезку резьбы плашками, метчиками, резцом и гребенками по копиру.

Закрепление инструментов в гнездах револьверной головки производится с помощью оправок и установочных втулок. Закрепление заготовок производится с помощью цангового патрона (для калиброванного проката) или кулачкового патрона (для черного проката и штучных заготовок).

Обработку деталей до заданных размеров осуществляют на настроенном револьверном станке. Обработка поверхностей вращения производится при зафиксированном положении револьверной головки.

При обточке или расточке резцом обеспечивается 9 – 11 квалитет точности диаметральных размеров. При применении мерного инструмента для обработки отверстий точность может быть повышена до 7 квалитета.

Точность линейных размеров обеспечивается по настройке за счет регулировки расстояния L_1 между двумя резцами в державке (рис. 2) или за счет использования передних и задних упоров.

Перемещение револьверной головки может осуществляться с ручной или автоматической продольной подачей.

При ручной подаче используют передние упоры, установленные в шестипозиционном барабане. Револьверный суппорт перемещается до тех пор, пока укрепленный на нем болт не упрется в соответствующий передний упор. Этот упор настроен так, чтобы гарантировать размер L_2 в пределах допуска.

При автоматической подаче револьверной головки используют задние упоры. В момент, когда достигнут размер L_1 соответствующий задний упор включает электромагнитную муфту и подача прекращается.

Подрезка торцов при значительной величине $(D - d)/2$ (рис.2.37), выточка канавок и отрезка производятся с использованием передних упоров. Головка с инструментом перемещается по направлению к барабану до контакта болта с соответствующим передним упором. В этом положении суппорт стопорится от продольных перемещений, и

затем производится подрезка торца. Для ограничения круговой подачи револьверной головки служат поперечные регулируемые упоры, устанавливаемые на револьверной головке и вытяжной упор, укрепленный на лапе револьверного суппорта.

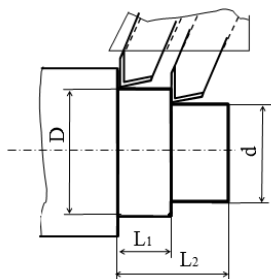


Рис. 2.37. Схема выдерживания размеров

НАЛАДКА И НАСТРОЙКА СТАНКА

Для настройки станка на обработку заданной группы деталей используется следующая техническая документация:

- классификатор группы деталей (рис.2.38), на котором даны детали группы со всеми размерами и техническими требованиями;
- комплексная деталь; технологический процесс обработки комплексной детали (рис. 2.38а);
- карта наладки револьверного станка (рис. 3б), в которой указаны положения инструментов, направления движения, последовательность переходов, размеры обрабатываемых поверхностей, режимы обработки и другие данные, необходимые для наладки и настройки станка. (рис. 2.38, рис. 2.38а, рис. 2.38б).

Настройка станка на размер производится по эталонной детали. На настроенном станке обрабатываются 1 – 2 детали, затем тщательно измеряются обработанные поверхности, т. е. проверяют правильность настройки. Если обнаруживаются отклонения отдельных размеров от заданных, осуществляется подналадка соответствующих инструментов. После этого обрабатывают всю партию деталей данного наименования.

При определении точности в качестве приближенной оценки принимается поле рассеивания ω .

$$\omega = x_{\max} - x_{\min}$$

где x_{\max} , x_{\min} – наибольшее и наименьшее значение размеров совокупности деталей.

Погрешность настройки определяется по формуле:

$$\Delta_n = x_{\text{тр.}} - x_{\text{ср}},$$

где $x_{\text{тр.}}$ – средний размер поля допуска;

$x_{\text{ср}}$ – средний размер поля рассеивания

$$x_{\text{ср}} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \sum x_i$$

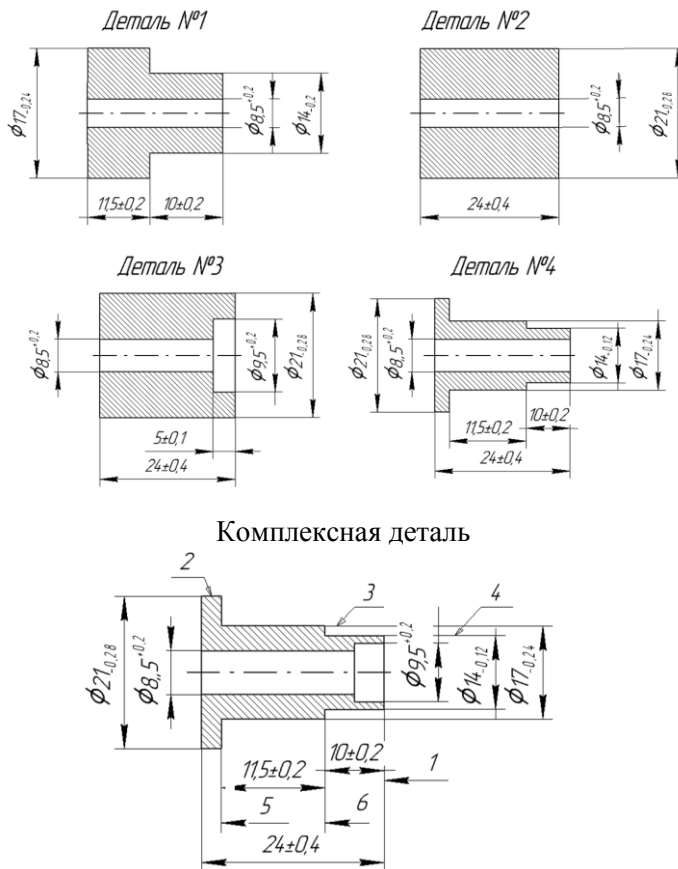


Рис. 2.38. Классификатор группы деталей

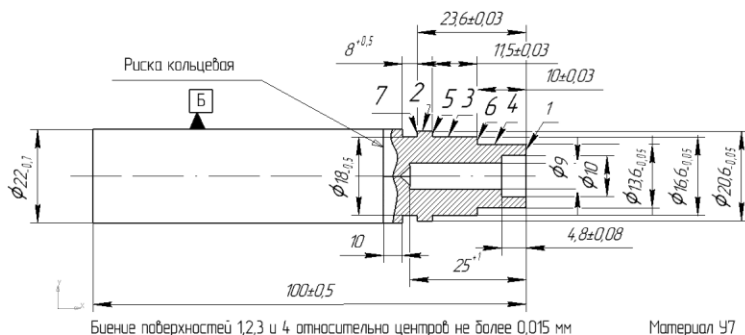


Рис. 2.39. Эталон для настройки режущих инструментов

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить конструкцию и управление станком.
2. Изучить технологическую документацию.
3. Произвести настройку станка в следующей последовательности:

а) установить в патроне эталонную деталь (рис. 2.39);

б) установить в гнездо № 6 револьверной головки упор с вылетом 50 мм по линейке и закрепить.

Для подачи прутка настроить упор переднего барабана, повернуть его в позицию 1. Затем подвести револьверную головку (влево) до контакта с упором на револьверной головке с торцем 1 эталонной детали через щуп 0,2 мм. При таком положении револьверной головки необходимо вывернуть упорный болт барабана позиции 1 до контакта с упором на суппорте. Выворачивать нужно до тех пор, пока при нажиме на штурвал револьверной головки с усилием 3 – 5 кг. щуп не будет “закусывать”. В этом положении закрепить упорный болт барабана;

в) установить в гнездо №5 револьверной головки втулку с подрезным резцом. Вылет резца должен быть в пределах 50 мм. Поворачивая втулку в гнезде, добиться совпадения вершины резца с осью вращения. Закрепить втулку с резцом. Для подрезки торца также настроить упор переднего барабана. Для этого повернуть его в позицию 2 и от-

регулировать. Толщина щупа, прокладываемая между эталоном (поверхность 1) и вершиной резца, 0,2 мм.

г) установить в гнездо №3 револьверной головки втулку со сверлом, диаметром 12 мм, для засверливания; отрегулировать вылет сверла в пределах 24 – 25 мм и закрепить. Так как засверливание является вспомогательным переходом, выполняемым при ручной подаче, то регулировку упоров для него производить не надо.

д) для настройки инструментов, участвующих в выполнении 4-го перехода, необходимо, сначала установить в гнезда № 2, 1 револьверной головки державку с предварительно закрепленным резцом. Револьверная головка должна быть при этом зафиксирована. Поворачивая державку в гнезде, добиться правильного положения резца. Затем регулируют положение резца в радиальном направлении, пользуясь щупом 0,2 мм и закрепляют резец в державке, а державку в головке, ось которого в зафиксированном положении совпадает с осью вращения шпинделя. Вылет сверла должен быть на 4 мм больше вылета резца. Ориентировка суппорта в продольном направлении производится по заднему упору. Для регулировки его необходимо переместить револьверный суппорт вперед пока сверло не упрется в дно отверстия эталона. Поджав суппорт с малым усилием, включим продольную автоматическую подачу – рукоятка штурвала переводится «на себя». При таком положении головки вставляют в паз заднего барабана упор и перемещают его до касания с кулачком, установленном на станине под барабаном. Затем, осторожно вращая упорный винт, добиваются срабатывания механизма продольной подачи, т. е. выключения электромагнитной муфты;

е) установить в гнездо №11 револьверной головки державку с двумя предварительно закрепленными резцами. Регулировка резцов на заданные диаметры производится также с помощью щупа 0,2 мм аналогично описанному в пункте д. Таким же образом производится регулировка заднего упора на длину;

ж) для обработки отверстия диаметром 9,5 мм следует произвести смену инструмента в гнезде револьверной головки №11 (это делается при обработке детали №3).

з) установить в гнездо №8 револьверной головки державку с отрезным резцом. Поворачивая державку в гнезде, необходимо добиться

того, чтобы при повороте револьверной головки вершина резца проходила через ось вращения детали.

Настройку по длине произвести по переднему упору. Для 1 детали повернуть передний барабан в позицию 3; для детали 2,3 и 4 – в позицию 4.

Между торцем 7 эталона и правой вспомогательной гранью резца вставляется щуп размером 02 мм;

и) снять эталонную деталь и закрепить в шпинделе станка пруток.

Обработать пробную деталь;

к) обмерить деталь и при необходимости откорректировать положение инструментов и упоров. Размеры пробной детали должны находиться в пределах

$$\text{от } (L_{т\text{ ср}}-0,05\text{мм до } L_{т\text{ ср}}+0,05\text{мм}),$$

где $L_{т\text{ ср}}$ – размер, соответствующий середине поля допуска по каждому из размеров, заданных в операционной карте.

4. Обработать партию деталей одного наименования, входящих в данную группу. Наименование детали и их количество задается преподавателем (не менее 6–7 штук). Обработка проводится согласно карте 1.

5. Замерить размеры деталей.

6. Произвести вычисление характеристик точности: поля рассеивания ω , погрешности настройки Δ_n .

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Основные данные станка.

2. Эскиз обрабатываемой детали.

3. Таблица измеренных и рассчитанных величин. В таблице указывается схема выдерживания линейных размеров (например: передний упор – задний упор).

4. Построение схем рассеивания размеров в партии заготовок.

5. Выводы.

В выводах дается заключение о пригодности данного метода обработки деталей с заданными размерами и допусками и указываются результаты сравнения различных схем выдерживания линейных размеров.

Таблица 2.11. Порядок обработки деталей

Наименование переходов	Комплек- сная деталь	Детали			
		1	2	3	4
1 Подать пруток до упора и закрепить.	•	•	•	•	•
2.Подрезать торец 1.	•	•	•	•	•
3. Засверлить отверстие.	•	•	•	•	•
4. Сверлить отверстие и обточить поверхность 2.	•	•	•	•	•
5. Зенкеровать отверстие.	•	-	-	•	-
6. Обточить поверхности 3 и 4.	•	Торец 6	-	-	Торец 5 и 6
7. Отрезать заготовку.	•	На длине 21,5 мм	На длине 24 мм	На длине 24 мм	На длине 24 мм

Переходы, отмеченные черточками, пропускаются.

Кафедра “ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДВИГАТЕЛЕЙ”
ОТЧЕТ

Ф. И. О. студента

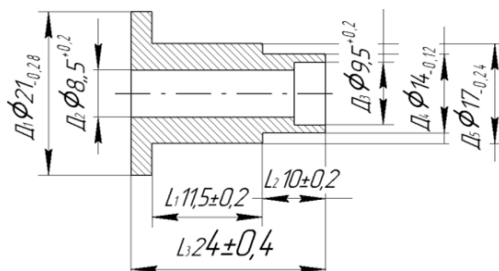
Дата

Группа.....

По лабораторной работе №

**Определение точности групповой обработки деталей
на револьверном станке.**

1. Эскиз обрабатываемой детали.



2. Результаты измерения детали

Размеры заготовки	Номер заготовки					
	1	2	3	4	5	6
D ₁						
D ₂						
D ₃						
D ₄						
D ₅						
L ₁						
L ₂						
L ₃						

3. Результаты вычислений.

Размеры заготовки	Номерзаготовки					
	Заданные значения размера	Максимальный факт. размер в партии заготовок	Минимальный факт. размер в партии заготовок	Поле рассеивания размеров для партии заготовок	Центр группирования размеров для партии заготовок	Погрешность смещения центра группирования относительно середины поля допуска на размер
D_1	$21_{-0,28}$					
D_2	$8,5^{+0,2}$					
D_3	$9,5^{+0,2}$					
D_4	$14_{-0,12}$					
D_5	$17_{-0,24}$					
L_1	$11,5 \pm 0,2$					
L_2	$11,5 \pm 0,2$					
L_3	$24 \pm 0,4$					

4. Схемы распределения размеров в партии обработанных заготовок.

5. Выводы и рекомендации по работе.

Подпись студента

Подпись преподавателя.

2.9 Определение точности при нарезании зубьев цилиндрических шестерен на зубодолбежных станках

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомление с методикой оценки точности геометрических параметров нарезаемой шестерни.

2. Изучение конструкции зубодолбежного станка, его наладка и особенности настройки станка на размер.

3. Экспериментальная проверка расчетных данных погрешностей обрабатываемой шестерни.

4. Контроль биения делительной окружности шестерни относительно установочной базовой поверхности.

5. Контроль точности выполнения средней длины общей нормали «блочного размера».

6. Закрепление теоретических знаний студентов в области технологии производства деталей авиационных двигателей.

7. Закрепление знаний студентов, полученных в процессе второй производственной практики.

ИСТОЧНИКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЗУБООБРАБОТКИ

Погрешности в протекании кинематического процесса зубообработки сочетаются с неточностями изготовления инструмента и его установки, геометрическими неточностями станка и установки заготовки в технологической системе.

Совокупность этих неточностей порождает погрешности формы и размеров обрабатываемых зубчатых колес. При последующей работе зубчатого колеса в качестве элемента машины эти неточности формы и размеров колес вызывают неравномерность движения, сопровождающуюся возникновением динамических нагрузок и шума при работе передачи; они приводят также к неравномерному распределению нагрузки на боковых поверхностях зубьев.

Отдельные ошибки, возникающие при зубообработке (рис. 2.40) можно свести к четырем видам:

1. Изменение радиального расстояния между инструментом и обрабатываемым зубчатым колесом – **радиальные ошибки обкатки**.

2. Нарушение обката инструмента и изделия – **тангенциальные ошибки обработки.**

3. Погрешности перемещения инструмента вдоль оси изделия – **осевые ошибки обработки.**

4. Отклонение производящей поверхности зубообрабатывающего инструмента – **ошибки производящей поверхности.**

Радиальные ошибки (1). Зубообработки возникают из-за погрешностей базирования заготовки на станке, радиального биения инструмента и периодических колебаний положения шпинделя (качания стола) или инструмента. Для радиальных ошибок обработки характерно, что они остаются постоянными в любом сечении колеса. Радиальные погрешности базирования заготовки на зуборезном станке создают в изделии геометрический эксцентриситет, который проявляется как погрешность угла профиля зуба на делительной окружности шестерни. зубонарезании возможно появление как чисто радиального биения, так и перекоса оси режущего инструмента относительно геометрической оси вращения оправки. При зубодолблении биение долбяка и его перекос относительно оси вращения ползуна целиком переносятся на изделие и, кроме того, вызывает погрешность в зоне смыкания. Типичный дефект зубодолбленных колес, выражающийся в стуке на одном зубе, является результатом погрешности обработки в зоне смыкания.

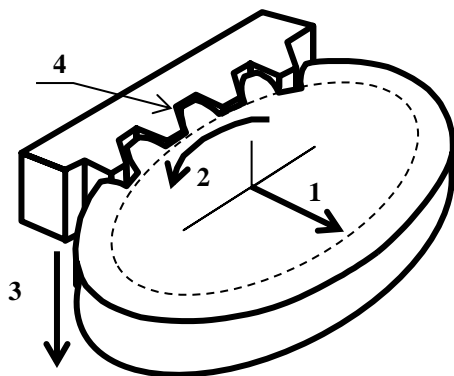


Рис. 2.40. Четыре вида погрешностей при зубообработке

Тангенциальные ошибки (2) возникают в основном из-за нарушения обката инструмента и заготовки. Источником этих погрешностей являются ошибки звеньев кинематической цепи станков. Кинематическая погрешность делительного колеса станка вызывает дополнительный поворот заготовки в процессе формообразования зуба. Погрешность обкатки полностью определяется при тангенциальных измерениях колеса, т. е. при однопрофильном комплексном контроле, при контроле накопленной погрешности окружного шага, а также при проверке колебания длины общей нормали.

Осевые ошибки (3) зубообработки возникают в основном из-за неточностей направляющих станка, перекося осей заготовки, а в некоторых случаях – кинематической цепи станка. Эти погрешности вызывают нарушение продольного контакта зубьев. Значительное влияние на нарушение продольного контакта зубьев оказывает торцевое биение базового торца заготовки, что создает перекося оси заготовки относительно зубообрабатывающего станка. В этом случае при работе колеса пятно контакта будет перемещаться по поверхности зубьев от одного торца к другому.

Погрешности производящей поверхности (4) инструмента возникают вследствие применения приближенных методов профилирования инструмента или же погрешностей его изготовления и заточки. Помимо этих погрешностей сюда должны быть отнесены также и неточности колеса, связанные с влиянием прерывистости процесса резания из-за подачи и конечности числа режущих граней инструмента. Всякое отступление формы производящей поверхности инструмента от точной поверхности создает на заготовке погрешность профиля зуба.

В работе исследуются точность расположения делительной окружности и погрешности окружного шага проверкой колебания длины общей нормали (групповой размер).

Нарезание зубчатых колес производится по способу обкатки при помощи инструмента-долбяка (рис.2.41) Долбяк во время работы получает возвратно-поступательное движение параллельно оси заготовки (движение резания) и одновременно вращается вокруг своей оси (круговая подача). В начале обработки долбяк автоматически перемещается в направлении к оси изделия (радиальная подача) на требуемую высоту зуба. Нарезаемое колесо совершает обкаточное движение.

Возвратно-поступательное движение (движение резания) долбяка осуществляется следующим образом: от электродвигателя мощностью

2,8 квт, при $n = 1420$ об/мин через клиноременную передачу со шкивами 1 – 11 получает вращение вал III. Переключением рычагов коробки скоростей вводятся в зацепление различные пары зубчатых колес (1 – 5, 2 – 6, 3 – 7, 4 – 8), что дает четыре скорости движения долбяка. Вал 1У приводит в движение рейку 10 с помощью кривошипного устройства с изменяемым радиусом эксцентриситета E. Вращение шестерен II и 13, сидящих на валу У создает возвратно-поступательное движение долбяка VI. В верхней части суппорта находится буферная пружина VII, поглощающая толчки и выбирающая люфты в ременных и шлицевых передачах механизмов главного движения.

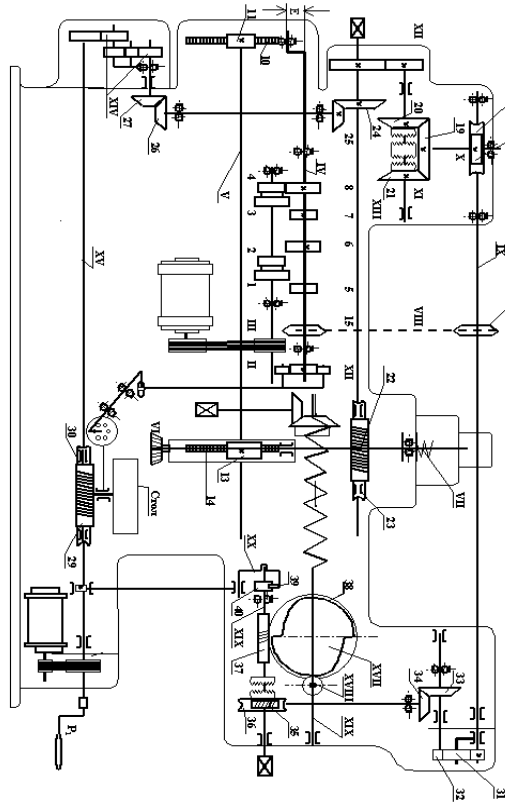


Рис. 2.41. Кинематическая схема зубодолбежного станка

Величина хода долбяка должна быть больше высоты заготовки не менее чем на 4 мм. Это условие обеспечивается за счет регулирования радиуса эксцентриситета E (рис.2.42). Гайка 1 отпускается и производится вращение винта 2 ключом до тех пор, пока стрелка указателя не покажет необходимое деление на шкале.

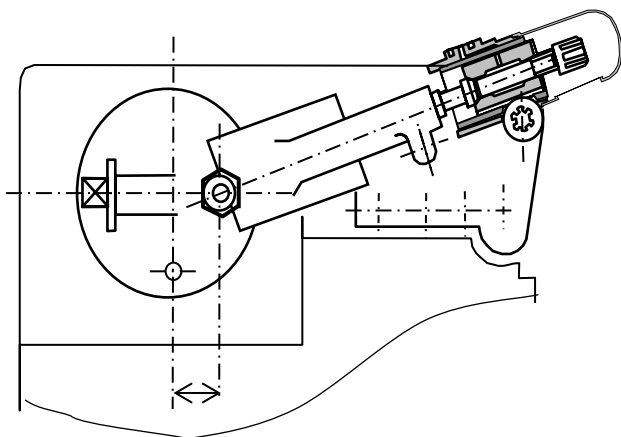


Рис. 2.42. Регулировка хода долбяка

От вала IV через цепную передачу VIII (звездочки 15 – 16) получает вращение вал IX, на котором находится 3-заходный червяк 17, зацепляющийся с червячным колесом 18. Вал X через коническую пару 19 – 21 (реверсивный механизм, меняющий направление вращения долбяка) приводит во вращение вал XI и через гитару круговых подач XII вращает вал XIII. Это вращение передается на шпиндель долбяка через червячную пару 22 – 23 и специальные направляющие втулки, установленные внутри делительного червячного колеса. Одна из этих втулок соединена с червячным колесом, а другая со шпинделем. При долблении прямых зубьев обе втулки имеют прямые направляющие, обеспечивающие прямолинейное, возвратно-поступательное движение долбяка. При долблении зубчатых колес с косыми зубьями устанавливаются втулки с винтовыми направляющими. Вследствие этого, при вертикальном ходе долбяк получает дополнительное вращательное движение вокруг своей оси. Долбяк при этом имеет также косые зубья.

Через конические пары 24 – 25, 26 – 27 и гитару деления XIV получает вращение вал XV, который через 1-заходный червя 29 и червячную шестерню 30 приводит в движение стол станка.

Качательное движение стола осуществляется кулачковым механизмом X11 коробки скоростей, кинематически связанными со столом станка системой рычагов.

Станок имеет автоматическое устройство, которое управляет механизмом врезания зубьев долбяка в тело нарезаемого зубчатого колеса. При достижении требуемой глубины врезания, автоматически включается радиальная подача и включается счетный механизм станка, контролирующий число полных оборотов шпинделя станка. Это число оборотов связано с кулачком XVII, который может быть одно-, двух-, и трех профилем. После поворота на указанное число оборотов, суппорт автоматически отводится от заготовки и станок останавливается.

Рассмотрим, как это осуществляется: ролик XVIII всегда прижимается к кулачку пружиной. В начале врезания ролик находится во впадине кулачка. При вращении кулачка ролик катится по его возрастающей кривой, перемещая вал XXI, а вместе с ним и суппорт вправо, т. е. врезая долбяк в заготовку. Кулачек получает вращение от вала IX через сменные зубчатые колеса 31 – 32, коническую передачу 33 – 34 и червяк 35, передается червячному колесу 36 с зубчатой муфтой на торце, свободно сидящей на валу XIX.

При включении муфты вправо, вращение передается червячной передаче 37 – 38 и кулачку XVII. Перед началом вращения рычаг, посредством которого перемещается муфта, должен быть переведен в правое крайнее положение под выступ фиксатора. Муфта включена. Одновременно с этим сухарь поднимает собачку 39 и удерживает ее от соприкосновения с храповым колесом 40. Как только кончится врезание, под действием пружины освободится рычаг, включит муфту и освободит собачку 39 храпового механизма, которая упадет под действием собственного веса, и храповое колесо 40 начнет поворачиваться вследствие качательного движения сектора XX, несущего собачку 39. При каждом качении собачки храповое колесо поворачивается на один зуб, и через вал XIX и червячную пару 37 – 38 передает вращение кулачку XVII. Качательное движение сектора XX сообщается от

эксцентрика на валу червяка делительной червячной передаче шпинделя стола.

После периода врезания ролик XVIII не будет перемещаться, так как радиус-вектор кривой кулачка останется постоянным, а, следовательно, и стол станка также не будет перемещаться.

По окончании полного цикла обработки ролик XVII снова упадет во впадину кулачка, переместится вместе с суппортом влево и, нажав на концевой выключатель, остановит станок.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ОКРУЖНОСТИ КОЛЕСА

Суммарная погрешность расположения делительной окружности зубчатого венца колеса относительно базового отверстия шестерни рассчитывается с помощью размерных цепей (рис. 2.43), в которой замыкающим звеном является искомый векторный параметр.

В общем виде суммарная погрешность расположения делительной окружности имеет вид:

$$\Delta_{\Sigma}^P = \Delta_y^P + \Delta_o^P,$$

где Δ_y^P – погрешность установки заготовки на станке;

Δ_o^P – остаточная погрешность, связанная с методом обработки.

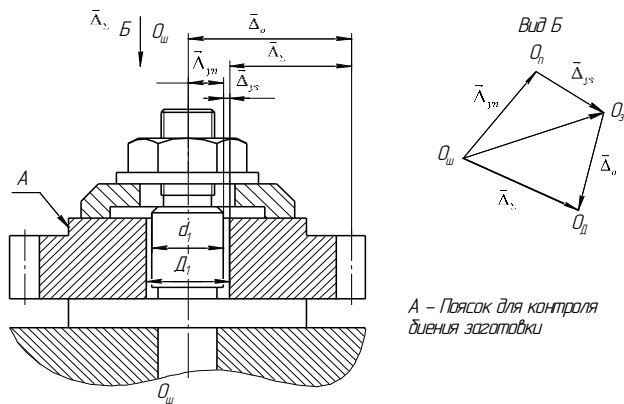


Рис. 2.43. Суммарная погрешность расположения делительной окружности заготовки

Погрешность установки () заготовки представляет собой смещение оси установочной поверхности заготовки (шестерни) относительно шпинделя станка.

$$\Delta_y^P = \Delta_{y,II}^P + \Delta_{y,3}^P$$

где $\Delta_{y,II}^P$ – погрешность расположения установочного элемента приспособления (установочной оправы) относительно оси шпинделя станка ОшОш;

$\Delta_{y,3}^P$ – погрешность расположения установочной поверхности заготовки относительно установочного элемента приспособления.

Погрешность установки заготовки определяется как разность диаметров отверстия в заготовке и диаметра оправки. При этом максимально возможный зазор между заготовкой и оправой будет иметь место при условии:

$$Z_{\max} = D1_{\max} - d1_{\min}.$$

где $D1$ – диаметр установочного отверстия заготовки;

$d1$ – диаметр установочного элемента оправки.

Остаточная погрешность, связанная с методом обработки зависит от множества причин. Например: от геометрической точности станка; от кинематической погрешности станка; от деформации технологической системы под действием усилия резания; от размерного износа режущего инструмента; от действия температурных явлений и других факторов. В данной лабораторной работе погрешности определяются расчетным и экспериментальным путем.

Суммарная ожидаемая расчетная погрешность определяется по формуле:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_o^2} \quad (2.51)$$

Погрешность установки заготовки определяется по формуле:

$$\Delta_y = \Delta_{y,II} + \Delta_{y,3} \quad (2.52)$$

Погрешность расположения установочной поверхности заготовки относительно установочного элемента приспособления (оправки) определяется как разность диаметров $D1$ и $d1$,

$$\Delta_{y,3} = D1 - d1. \quad (2.53)$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Протереть стол станка и оправку салфеткой.
2. Замерить диаметр d_1 оправки микрометром.
3. Проверить биение оправки B_0 относительно оси вращения шпинделя станка индикатором.

Проверку биения оправки необходимо производить при ускоренном вращении стола, которое осуществляется специальным электродвигателем ХХ11. Перед проверкой биения необходимо расцепить шестерни гитары деления, включить собачку храпового механизма и переключатель на пульте управления повернуть в положение «наладка».

4. Замерить диаметр установочного отверстия D_1 в заготовке (рис. 2.45).

5. Установить и закрепить заготовку на столе станка.

6. Замерить биение заготовки по специальному пояску A относительно оси вращения стола.

7. По формуле (2.53) подсчитать погрешность расположения установочных поверхностей заготовки относительно приспособления $\Delta_{у.п.}$.

8. По формуле (2.52) подсчитать погрешность установки заготовки $\Delta_{у.}$.

Замеренные и подсчитанные величины записать в сводную таблицу отчета.

9. Нарезать зубья одной шестерни согласно технологической карте (рис. 2.46.). Число зубьев задается преподавателем.

10. Проверить биение делительной окружности нарезанной шестерни D_0 относительно оси шпинделя стола станка, не снимая шестерни с приспособления. Данные измерения записать в отчет.

Примечание:

а) Замеры биения произвести по всем впадинам шестерни индикатором с помощью ролика, диаметр (d_p) которого определяется по формуле:

$$d_p = S_x = D_0 \cdot \sin 90^\circ / z;$$

где S_x – толщина зуба по хорде делительной окружности в мм,

D_p – диаметр делительной окружности,

z – число зубьев нарезаемой шестерни.

Чертеж ролика представлен на рисунке 2.47;

б) погрешностями формы пренебрегаем;

в) проверку биения производить при расцепленных шестернях гитары деления и выключенной собачке храпового механизма.

Вращение шпинделя станка производить вручную с помощью рукоятки Р1, установленной на валу ХУ (см. рис.2.41).

Снять нарезанную шестерню с приспособления.

Замерить биение делительной окружности нарезанной шестерни относительно оси отверстия заготовки, т. е. суммарную погрешность делительной окружности зубчатого венца шестерни относительно оси отверстия колеса $\Delta\Sigma$ на горизонтальных центрах (см. рис.2.44. и рис. 2.48). Замеры производить аналогично описанному в пункте 2.

Показания индикатора записать в отчет.

Проанализировав значение $\Delta\Sigma$, установить наибольшее биение делительной окружности нарезанной шестерни относительно оси отверстия колеса.

Значение $\Delta\Sigma_{\max}$ записать в сводную таблицу отчета.

1. По формуле (2.1) подсчитать значение $\Delta\Sigma$ и записать его значение в сводную таблицу отчета.

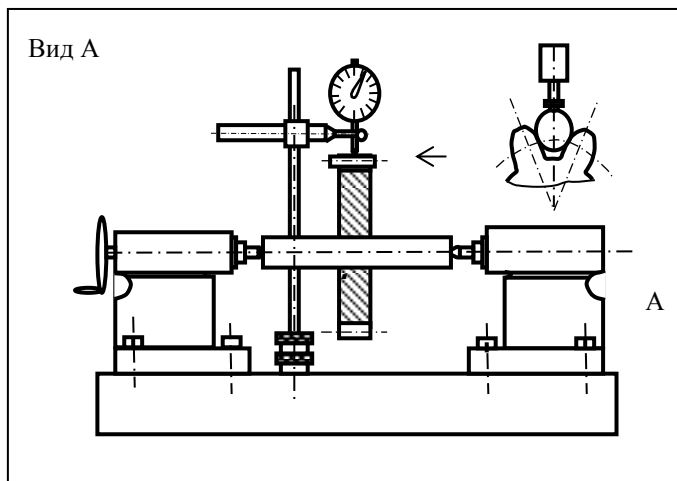


Рис. 2.44. Схема измерения суммарной погрешности на горизонтальных центрах

2. Замерить длину общей нормали (групповой размер) нарезанной шестерни зубомером или штангенциркулем. Размер L замерить через шесть зубьев по окружности колеса и данные записать в отчет. Проанализировать значения размеров L , установить наибольшее и наименьшее значения L .

3. По окончании работы тщательно убрать станок и сдать его лаборанту.

ОТЧЕТ

1. Сравнив значения замеренного на станке $\Delta u_{з.}$, рассчитанного по формуле (2.52) $\Delta u_{з.}$ и заданного в операционной карте δu (т.т. 1), дать заключение о погрешности установки заготовки в приспособлении и указать пути уменьшения этой погрешности.

2. Сравнив значения замеренного на горизонтальных центрах $\Delta \Sigma$ рассчитанного по формуле (2.51) $\Delta \Sigma$ и заданного в операционной карте $\delta \Sigma$ (т.т. 2), дать заключение о суммарной погрешности расположения делительной окружности нарезанной шестерни относительно оси отверстия колеса и указать пути уменьшения этой погрешности.

3. Сравнив значения замеренных L_{\max} и L_{\min} с заданными значениями в операционной карте L (TL), дать заключение о точности группового размера L нарезанной шестерни.

4. В выводах указать, соответствует ли точность нарезанной шестерни техническим условиям операционной карты.

В выводах по работе на основе сравнения экспериментальных, расчетных и заданных в операционной карте значений дать заключение о точности выполнения технических условий и группового размера L . Указать пути уменьшения погрешностей.

Карта «ЦДА»		Операционная карта		Изделие		Наименование детали		Номер детали	
3.49				ШЕСТЕРНЯ				Лист 1	
1		Количество деталей		№ чертёжа		Заготовка		Твёрдость	
1						Оливка		СЧ12-24	
						СТАНОК			
Тип		Завод изготовитель		Модель				3М14	
Удобольбашный		Харьковский завод агрегатных станков							
Циклобланше		Оправка с гайкой		Наименование операции					
№ операции		30		Нарезание зубьев					
№ перехода	Проходы	Пикрументы		Расчетные данные		Режимы работы			
		Режущий	Мерительный	Диаметр или ширина	Длина рабочего хода	Число проходов	Глубина	Скорость	
1	Установить заготовку по поверхности 1 с упором в торцы 2 и закрепить 3.								
2	Добить зубья, выдерживая размеры по эскизу.	Добить	Оправка для 32						
		Z = 34	Импактор 0,01 мм.	16	20	4	0,31	372	
		M = 2,25	Зубомер						
			Микромер						
Технические требования:									
1. Допустимое биение поверхности 4 относительно оси шпинделя стола станка не более 0,05 мм.									
2. Допустимое биение делительной окружности относительно поверхности 1 не более 0,18 мм									
3. Степень точности С7-7х ГОСТ 1643-81.									

Рис. 2.46. Технологическая карта



Рис. 2.47. Чертеж ролика



Рис. 2.48. Бие делительной окружности

2.10 Определение припусков и операционных размеров на обработку цилиндрических поверхностей

Цель работы: установление влияния схем обработки на неравномерность операционного припуска и его величину.

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Расчет припусков и операционных размеров на обработку поверхностей деталей является одним из наиболее ответственных этапов работы технолога при проектировании технологических процессов.

Операционные размеры должны определяться из условия обеспечения оптимальных величин припусков на каждой операции технологического процесса, гарантирующих заданное качество изготовления детали.

Уменьшение припусков на обработку является важной технико-экономической задачей, позволяющей повысить качество поверхности, снизить расход материала и уменьшить трудоемкость изготовления изделия.

Основными путями уменьшения припусков являются:

- приближение заготовки к виду готовой детали;
- повышение точности обработки и улучшение качества поверхностного слоя;
- рациональное применение технологических схем обработки поверхностей;
- применение расчетных (включая теоретико-вероятностных) методов определения припусков.

Расчет припусков на обработку наружных и внутренних цилиндрических поверхностей производится по формуле, соответствующей двухсторонней обработке:

$$Z_{\max} = 2(Rz + T) + \Delta' + \Delta'' + \Delta_H, \quad (2.54)$$

где Z_{\max} – максимальный припуск;

Rz и T – высота микронеровностей поверхности и глубина дефектного слоя, полученные в предшествующем переходе;

Δ' и Δ'' – поля рассеивания диаметральных размеров поверхностей в предшествующем и выполняемом переходах;

Δ_H – погрешность взаимного расположения (биение) поверхностей

в предшествующем и выполняемом переходах (неравномерность припуска).

Формулы для определения диаметральных размеров в предшествующем переходе для наружных и внутренних цилиндрических поверхностей имеют вид:

$$D'_{\max} = D''_{\min} + Z_{\max} \quad (2.55)$$

$$D'_{\min} = D''_{\max} - Z_{\max} \quad (2.56)$$

где D'' – диаметральный размер поверхности в выполняемом переходе.

Суммарная величина $(Rz + T)$ в формуле (2.54) принимается постоянной, поскольку ее поле рассеивания при обработке партии деталей весьма мало. Она представляет собой минимальный припуск (Z_{\min}) и для каждого метода обработки определяется по нормативам. Поля рассеивания Δ' и Δ'' размеров D' и D'' заменяются соответствующими допусками δ' и δ'' на эти размеры. Наибольший интерес в формуле (2.54) представляет неравномерность припуска $\bar{\Delta}_H$, определяемая с помощью векторной размерной цепи в системе СПИД.

Замыкающим звеном этой цепи является линия, связывающая поверхности с диаметральными размерами D' и D'' . Число составляющих звеньев цепи зависит от принятой технологической схемы обработки.

Исследованием установлены 4 такие схемы:

1 – поверхности обрабатываются в предшествующем и выполняемом переходах в одну установку на некоторой (любой) установочной базе;

2 – обрабатываемая поверхность в выполняемом переходе является установочной базой;

3 – поверхности в предшествующем и выполняемом переходах обрабатываются на одной установочной базе, но с различных установок;

4 – поверхности в предшествующем и выполняемом переходах обрабатываются на разных базах.

Геометрическая интерпретация этих схем в системе СПИД представлена на рисунке 2.49.

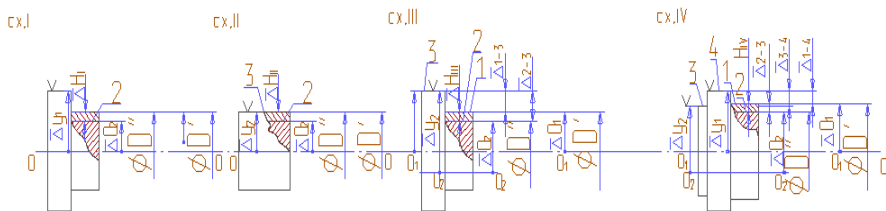


Рис. 2.49. Технологические схемы обработки поверхности в предшествующем и выполняемом переходах:
 V – установочная база детали; ОО – ось вращения шпинделя

Используя технологические размерные цепи в системе СПИД и условие независимости погрешностей составляющих звеньев, получим для каждой схемы обработки:

$$\begin{aligned}
 1. \Delta_{H1}^p &= \Delta_{01}^p + \Delta_{02}^p; \\
 2. \Delta_{H2}^p &= \Delta_{y2}^p + \Delta_{02}^p = \Delta_{2-3}^p; \\
 3. \Delta_{H3}^p &= \Delta_{y1}^p + \Delta_{01}^p + \Delta_{y2}^p - \Delta_{02}^p = \Delta_{1-3}^p + \Delta_{2-3}^p; \\
 4. \Delta_{H4}^p &= \Delta_{y1}^p + \Delta_{01}^p + \Delta_{3-4}^p - \Delta_{y2}^p + \Delta_{02}^p = \Delta_{1-4}^p - \Delta_{3-4}^p + \Delta_{2-3}^p.
 \end{aligned}$$

Здесь Δ_y^p и Δ_0^p – погрешности расположения (биение) поверхностей, зависящие соответственно от установки детали и метода обработки (остаточное биеение).

Заменяв модули погрешностей расположения поверхностей соответствующими допусками (ρ) и приняв для первой схемы $\Delta_{01} = \Delta_{02} = 0$ (вследствие их малости), получим:

$$\begin{aligned}
 1. \rho_{H1} &= 0; \\
 2. \rho_{H2} &= \rho_{2-3}; \\
 3. \rho_{H3} &= \rho_{1-3} + \rho_{2-3}; \\
 4. \rho_{H4} &= \rho_{1-4} + \rho_{3-4} + \rho_{2-3}.
 \end{aligned}$$

Произведя замену составляющих формулы (2.54), получим ее в виде, удобном для определения припусков с помощью технологической поддетальной размерной цепи:

$$Z_{\max} = 2Z_{\min} + \delta' + \delta'' + \rho_H \quad (2.57)$$

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Работа состоит из двух частей: расчетной и экспериментальной.

В первой части студент определяет припуски Z_{\min} и операционные размеры D_1 для 4-х схем обработки наружных цилиндрических поверхностей с установкой деталей в трехкулачковом патроне токарно-центрового станка.

Дано: $\delta' = 0,2$ мм; $\delta'' = 0,1$ мм; $\rho_{2-3} = 0,2$ мм¹;

$\rho_{1-3} = 0,3$ мм (сх.3); $\rho_{1-4} = 0,3$ мм; $\rho_{3-4} = 0,5$ мм;

$Z_{\min} = 0,5$ мм .

D'' – задается лаборантом².

Результаты расчета записываются в ответ, и делается заключение с рациональности применения различных схем обработки.

Во второй части работы студент на примере обработки образцов оценивает величины снимаемых припусков и их неравномерность и убеждается в правильности выполненных им расчетов.

Для выполнения экспериментальной части работы необходимо иметь:

- станок токарно-центральной;
- патрон трехкулачковый с сырыми вставками;
- резец проходной правый;
- индикатор настольный;
- микрометр с диапазоном измерения 0...50 мм;
- образцы для обработки по 1-й и 4-й схемам (по 2 – 3 шт. на эксперимент, рисунок 2.52);
- контрольные валики для проверки допустимого биения кулачков (рисунок 2.53);
- призму для проверки биения поверхностей образцов;
- набор ключей и др. инструментов, необходимых для работы на станке.

¹ ρ_{2-3} – берется из чертежа на деталь;

² Из минимального размера деталей, подлежащих обработке, округленного до десятых долей миллиметра, вычитается 2 мм. Полученный размер D'' задается студенту.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Студент производит проверку припуска и его неравномерности путем обточки 2–3 образцов по 1-й и 4-й схемам (рисунок 2.50 и рисунок 2.51).

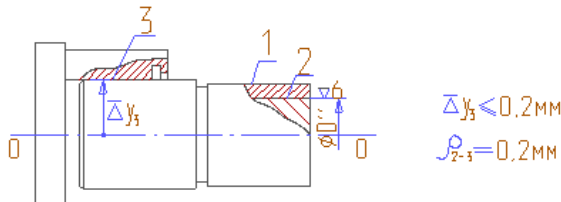


Рис. 2.50. I схема обработки

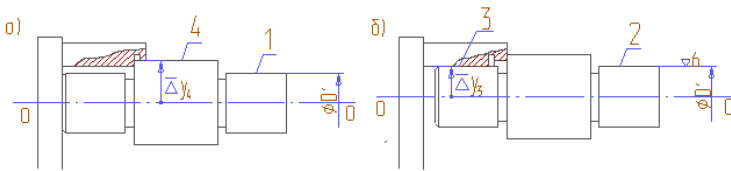


Рис. 2.51. IV схема обработки

а) предшествующий переход; б) выполняемый переход

Настройку станка производит лаборант:

$$n = 250 \text{ об/мин}; S = 0,1 \dots 0,2 \text{ мм/об.}$$

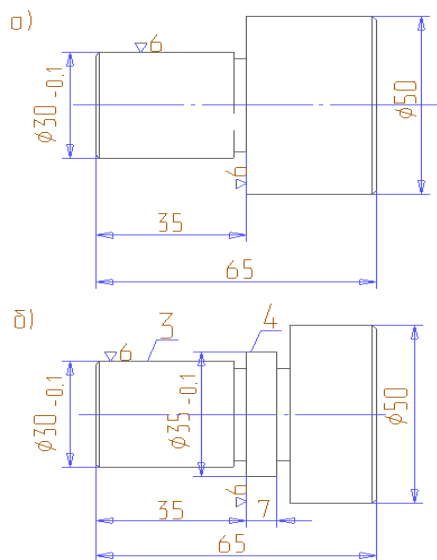
Для обеспечения допусков на расположение поверхностей $\rho_{2-3}=0,2\text{мм}$ и $\rho_{1-4}=0,3 \text{ мм}$ биения установочных поверхностей при установке деталей принимаются соответственно $\Delta y_3 \leq 0,2 \text{ мм}$ и $\Delta y_4 \leq 0,3 \text{ мм}$. Это допущение возможно, поскольку величины Δ_{02} и Δ_{01} пренебрежимо малы. Желательно, чтобы при проведении эксперимента действительные значения Δy_3 и Δy_4 были ближе к верхнему пределу. Установку резцов на размер для каждого перехода D' и D'' студент производит методом пробных стружек с помощью лимба, выдерживая D'_{\min} и D''_{\max} .

Это необходимо, чтобы убедиться в том, что припуска достаточно, даже при наихудшем сочетании предельных размеров D' и D'' и наибольших величинах Δy .

Неравномерность припуска r_H при обработке определяется замером биения поверхности 1 непосредственно перед отточкой ее в выполняемом переходе. Проверка заданного допуска на расположение поверхностей $r_{2,3}$ производится с помощью призмы и индикатора. Наличие “черновин” на обработанной поверхности обнаруживается визуально. Полученные данные заносятся в отчет. Отчет должен дополняться необходимыми эскизами, поясняющими установку детали, обработку и измерение.

По окончании работы оборудование, оснастка и инструмент приводятся в надлежащий вид и сдаются лаборанту.

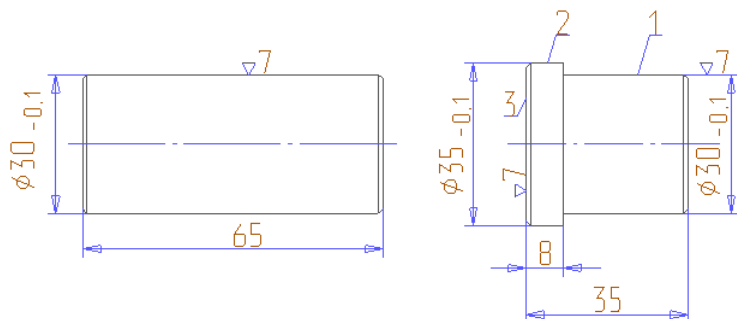
Отчет оформляется с выводами по работе и сдается руководителю.



Материал – сталь

Т.У. Биение поверхности 4 относительно поверхности 3 не более 0,5 мм

Рис. 2.52. Образцы:
а) для I схемы обработки; б) для IV схемы обработки



Материал – сталь $R_{c \geq 58}$

Т.У. Биение поверхностей 1 и 3 относительно поверхности 2 не более 0,02 мм

Рисунок 2.53. Контрольные валики

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1969.
2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962.
3. Гжиров Г.И., Серебницкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ. Справочник.– Л.: Машиностроение, 1990.
4. Древаль А.Е., Скороходов Е.А., Агеев А.В. Краткий справочник металлиста / под ред. А.Е. Древаля, Е.А. Скороходова.– 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005.
5. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приспособлении: Справочник: В 2 т. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство стандартов, 1989.
6. Иващенко И.А. Проектирование технологических процессов производства ДЛА.М.: Машиностроение, 1981.
7. Корсаков В. С. Основы технологии машиностроения. – М., Высшая школа, 1974.
8. Малов А.Н. Справочник технолога-машиностроителя. М.: Машиностроение, 1972.
9. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]; под общ. ред. В.Г. Сорокина. –М.: Машиностроение, 1989.
10. Маталин А.А. Технология машиностроения: учебник для машиностроительных вузов по специальности – «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» – СПб.: Машиностроение, 1985.
11. Общемашиностроительные нормативы режимоврезания: 0-28 Справочник. В 2 т. / А.Д. Локтев, И.Ф. Гущин, Б.И. Балашев [и др.] – М.: Машиностроение, 1991.
12. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филипов, А.Н. Шевченко [и др.]; под общ. ред. И.А. Ординарцева. – СПб.: Машиностроение. 1987.
13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. Т.2.

14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. /под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. Т.1.
15. Технология машиностроения : учебник для вузов. В 2 т. Основы технологии машиностроения / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский [и др.]; ред. Дальского А.М. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. Т. 1.
16. Технология технического контроля в машиностроении: Справочное пособие/ под общ. ред. В.Н. Чупырина. –М.: Изд-во стандартов, 1990.
17. Фираго В. П. Основы проектирования технологических процессов и приспособлений. Методы обработки поверхностей. – М.: Машиностроение, 1973.

Учебное издание

*Смирнов Геннадий Владиславович,
Проничев Николай Дмитриевич,
Смелов Виталий Геннадьевич,
Агаповичев Антон Васильевич,
Кондратьев Александр Игоревич,
Хаймович Александр Исаакович,
Курбатов Валерий Павлович,
Сурков Олег Станиславович,
Балякин Андрей Владимирович
Вдовин Роман Александрович,
Жидяев Алексей Николаевич,
Чемпинский Леонид Андреевич,
Болотов Михаил Александрович,
Печенин Вадим Андреевич,
Нехорошев Максим Владимирович,
Сотов Антон Владимирович
Алексеев Вячеслав Петрович*

ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ДЛА

Учебное пособие

Редактор Н.С. Куприянова
Компьютерная вёрстка И.И. Спиридоновой

Подписано в печать 19.11.2018. Формат 60 × 84 1/16.
Бумага офсетная. Печ. л. 8,25.
Тираж 25 экз. Заказ . Арт. – 13(Р4У)/2018.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, САМАРА, МОСКОВСКОЕ ШОССЕ, 34.

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