ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени И.С. Тургенева

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ Н.Н. ПОЛИКАРПОВА

Кафедра машиностроения

А.А. Черепенько

ПРОЦЕСС И ОПЕРАЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ

Дисциплина – «Процессы и операции формообразования»
Специальность – 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов»
Направление – 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Орёл
ОГУ имени И.С. Тургенева
2019

Автор: д-р техн. наук, проф. каф. машиностроения А.А. Черепенько

Рецензент: д-р техн. наук, проф. каф. машиностроения Г.В. Барсуков

Методические указания по выполнению лабораторных работ позволяют студенту формулировать цели и задачи процессов и операций формообразования, участвовать в разработке проектов машиностроительных изделий и производств, разрабатывать обобщенные варианты решения проектных задач, анализировать и выбирать оптимальные решения, владеть методикой разработки функциональной, логической и технической организации процессов обработки, разрабатывать мероприятия по комплексному эффективному использованию сырья и ресурсов.

Предназначены для студентов очного отделения по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» и направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Редактор Л.Ю. Фроленкова
Технический редактор Т.Н. Шаблинская

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С.Тургенева»

Подписано к печати 14.01.2019 г. Формат 60×90 1/16.
Усл. печ. л. 3,1. Тираж 10 экз.
Заказ №____

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ОГУ имени И.С. Тургенева
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95.

© Черепенько А.А., 2019
© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019

Содержание

1. Лабораторная работа № 1 4
Деформация срезаемого слоя и силы резания при точении
2. Лабораторная работа № 2 15
Изучение геометрических параметров резцов
3. Лабораторная работа № 3 25
Геометрия спиральных сверл
4. Лабораторная работа № 4 35
Исследование влияния режимов резания и геометрии резца на процесс наростообразования
5. Лабораторная работа № 5 (расчётная) 42
Износ и стойкость резцов при точении
6. Лабораторная работа № 6 46
Силы резания при точении
Литература 50

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ДЕФОРМАЦИЯ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ И СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Целью работа является исследование коэффициента усадки стружки как качественного показателя степени пластической деформации срезаемого слоя и силы, потребной для осуществления резания,

Соответственно характеру работы её задачами также является приобретение навыков проведения исследования выявления соответствующих факторов, а именно:

- овладение навыками определения коэффициента усадки срезаемого слоя и измерения силы резания;
- освоение методики тарирования динамометра и построения тарировочных графиков;
- выявление влияния условий резания на величину коэффициента усадки стружки;
- ознакомление с типами стружек и выявление зависимости типа стружки от условий резания;
- исследование зависимости силы резания от условий резания.

2 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.1 Явления, происходящие в срезаемом слое

Под действием режущего клина инструмента в срезаемом слое металла возникает напряженное состояние, развиваются деформации. По мере возрастания напряжений упругие деформации переходят в пластические и наступает разрушение материала. Разрушение выражается в отделении от основной массы металла участка или элемента срезаемого слоя.

Характер деформации при резании зависит от условий резания: исходных физико-механических свойств металла, режимов резания, геометрических угловых параметров режущей части (главным образом переднего угла, угла в плане, радиуса при вершине резца, радиуса округления режущей кромки и формы передней поверхности), а также от действия смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Чем выше походная пластичность металла, меньше скорость резания и передние угол при работе без СОЖ, тем больше будет пластическая деформа-

ция. Деформация называется пластической, если она происходит с изменением формы тела. В процессе пластической деформации изменяются и механические свойства поликристаллического металла; уменьшение внутренних связей кристаллита приводит к повышению хрупкости (уменьшению пластичности) и твердости металла.

Процесс пластической деформации в срезаемом слое имеет ряд особенностей:

а) пластическая деформация распространяется в пределах определенного объема металла, области деформации, границы которой (в плоскости перпендикулярной направлению движения резца) раздвинуты при малых скоростях резания, и наоборот, сближаются с её увеличением;

б) в пределах этой области степень пластической деформации неодинакова, она уменьшается по мере удаления от контактной поверхности резца;

в) степень пластической деформации зависит от условий резания;

г) увеличение твердости и хрупкости металла (упрочнение) срезаемого слоя, являющееся следствием пластической деформации необратимо;

д) большая часть механической энергии, затраченной на все виды деформации, превращается в тепло

2.2 Стружкообразование

Свой металла, отделенный (срезанный) режущим клином инструмента от обрабатываемой заготовки, называется стружкой.

В зависимости от условий резания образуется стружка разных типов, причем тип стружки зависит от физико-механических свойств металла и условий резания. Различают три типа стружки:

а) стружка надлома - состоит из не связанных между собой бесформенных обломков металла;

б) стружка скалывания (элементная) - состоит из более или менее связанных между собой элементов трапецеидальной формы;

в) стружка сливная - имеет вид ленты с большей или меньшей степень) кривизны.

2.3 Усадка стружки

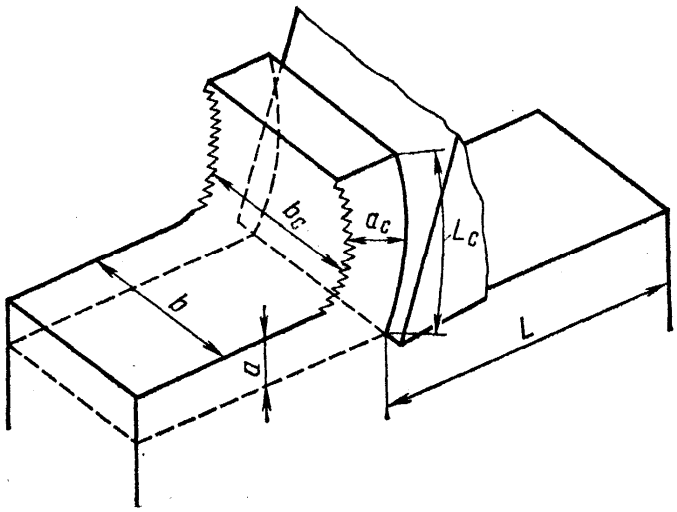
Срезаемый слой, превращаясь в стружку, изменяет свои размеры. Это явление называется усадкой.

В общем случае, изменение размере срезаемого слоя происходит по длине, толщине и ширине. Однако, изменение всех трех измерений объема происходит лишь при резании весьма пластичных металлов и сплавов (алюминий, медь, свинец и др.). При резании черных металлов (чугун, сталь) ширина срезаемого слоя практически не меняется. Таким образом, размеры стружки отличаются от размеров срезаемого слоя.(рис. 1).

Если обозначить длину пути резца (т.е. длину срезаемого слоя) в мм, толщину срезаемого слоя *а* мм и ширину срезаемого слоя *в* мм и, соответственно, для срезанной стружки L_c , a_c ,$в_c$, то выражения коэффициентов усадки стружки будут:

$$K_L = \frac{L}{L_c} \qquad (1)$$

где K_L - коэффициент укорочения



a - толщина срезаемого слоя;
b - ширина срезаемого слоя;
L - длина срезаемого слоя;
a_C - толщина стружки;
b_C - ширина стружки;
L_C - длина стружки
Рисунок 1 - Размеры срезаемого слоя и стружки.

K_a - коэффициент утолщения;

$$K_a = \frac{a_c}{a} \qquad (2)$$

$K_в$ - коэффициент уширения

$$K_b = \frac{b_c}{b} \qquad (3)$$

Усадка является следствием пластической деформации. Её величина может качественно характеризовать степень пластической деформации.

Изменяя параметры (условия) процесса резания, можно судить о том, как каждый из них влияет на усадку, а, следовательно, и на степень пластической деформации.

2.4 Силы резания

Чтобы осуществить процесс резания, нужно приложить к инструменту определенную внешнюю силу. Эта сила преодолевает сопротивление обрабатываемого металла, обеспечивает деформацию срезаемого слоя, превращение его в стружку, а также преодолевает трение сходящей стружки о переднюю поверхность инструмента и задней поверхности инструмента о поверхность резания.

Учитывая конкретные конструктивные особенности технологической системы обычно оперируют с проекциями силы резания на оси пространственной системы прямоугольных координат. Вершина этой системы помещается в точке приложения равнодействующей силы резания (обычно, это середина активной части режущей кромки) (рис.2)

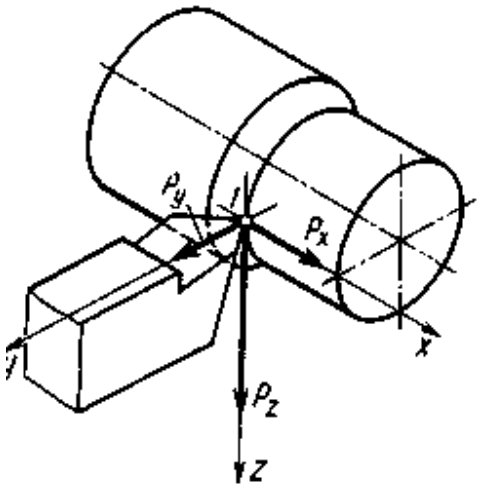


Рисунок 2 - Расположение сил резания на оси

Проекции называются:

P_z - тангенциальная составляющая, она наибольшая по величине;Py - радиальная составляющая, нормальная к плоскости резания;

P_x - осевая составляющая, усилие подачи, направление которой совпадает с направлением движения подачи. В процессе резания даже при неизменных условиях, силы резания не остаются постоянными.

Поэтому различают наибольшие, средние и мгновенные значения силы резания.

Величина силы резания будет меняться с изменениям условий(параметров) процесса резания, поскольку величина силы резания определяет энергетические затраты на процесс резания. Преимущественное влияние на силу резания оказывают физико-механические свойства обрабатываемого металла, геометрические угловые параметры режущего клина инструмента, подача и глубина резания. Скорость резания - значительно меньше.

3 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В соответствии с п.1 работа состоит из двух частей: выявления зависимости типа стружки и коэффициентов усадки стружки от условий резания и исследование аналогичных зависимостей для составляющих силы резания. Вся работа проводится в условиях свободного резания.

Первая часть работы, в свою очередь делится на два этапа:

- ознакомление со способами определения величины коэффициента усадки стружки и овладение техникой выполнения соответствующих измерений;
- выявление зависимости коэффициента усадки стружки от условий резания;
- одновременно выявление влияния условий резания на тип стружки.

Вторая часть работы исследование зависимости силы резания от условий резания проводится при тех же значениях факторов, которые приняты для определения коэффициента усадки стружки. Это позволяет проводить обе части работы одновременно, осуществляя измерения на едином процессе.

Сопоставление зависимостей для силы резания и коэффициента усадки стружки позволит также выявить связь между ними.

4 УСЛОВИЯ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЙ РАБОТЫ

4.1 Определение коэффициента усадки стружки может быть выполнено различными способами:

- Измерение усадки по длине

Для проведения используется заготовка в виде трубы с продольными прорезями, делящими окружность на равные отрезки. Тогда длина пути резца (один срез) будет:

$$L = \frac{\pi(d + d_1)}{2n} \qquad (4)$$

где: d и d_1 - наружный и внутренний диаметры трубы,

n - число прорезей.

Измерение длины стружки *Lc,* выполняется гибкой мерной лентой (рулетка) или стальной проволочкой с четкой фиксацией начала и конца отрезка.

Величину a_c измеряют в средней части по толщине стружки и принимает среднее 4...5 измеренных стружек.

- Весовой метод

Поскольку равны объемы срезаемого слоя и образованной на него стружки, равны и их массы. Это обстоятельство позволяет, взвесив стружку, выразить площадь её поперечного сечения:

$$G = \frac{F_1 L_c \rho}{10^3} \qquad (5)$$

где ρ- плотность обрабатываемого металла в г/см^3 (для углеродистой стали ρ=7,87г\см^3)

Очевидно

$$F_1 = \frac{10^3 G}{\rho L_c} \qquad (6)$$

Величина коэффициента усадки стружки

$$K_L = \frac{G10^3}{L_c \rho St} \qquad (7)$$

При определении коэффициента усадки по этому методу берутся стружки произвольной длины (определить не менее чем по трем отрезкам); измерение длины выполняется, как описано ранее.

Для взвешивания стружки можно пользоваться весами, при условии точности взвешивания в пределах 10,0 мг.

Результаты всех измерений и среднее их значение заносятся в

отчет, также как вычисленная величина усадки стружки. Предусмотренное описанием количество повторных измерений соблюдаются только для первого определения величины усадки. Если определение коэффициента усадки стружки производится неоднократно, повторяемость измерений для определения среднего значения величины уменьшается по указанию преподавателя (в зависимости от метода определения усадки и других условий выполнения работы).

4.2 Влияние условий резания на величину коэффициента усадки стружки и силу резания

В процессе выполнения работы нужно опытным путем получить зависимости:

$K_L = f(v,s,t,\gamma, \varphi,HB)$;

$P_{z(y,x)} = f(v,s,\gamma,\varphi,HB)$;

Работа проводится без СОТЖ

Данные для получения первой зависимости получают путем измерения коэффициента усадки стружки K_L. Вторая зависимость выявляется как результат прямых измерений силы P_z, P_y, P_x динамометром и обработкой показаний динамометра. Обе зависимости определяются параллельно, по данным одних и тех же экспериментов.

При измерении силы резания данные получают за время непрерывного резания в течение 30...40 C^0. В отчет заносится устойчивая наибольшая величина силы резания (исключая случайные пики силы).

Исследование зависимостей осуществляется только в пределах. заданных изменяемых параметров.

4.3 Порядок выполнения работы

Все этапы работы отражаются в отчете работы установленной формы.

Часть исходных данных (факторы процесса резания *V, S, t*) задаются преподавателем численно, другие вещественно (инструмент, обрабатываемый металл). Поэтому для заполнения всех граф отчета и для выполнения работы нужны предварительные действия.

К числу предварительных действий относятся:

- выявление исходных механических свойств обрабатываемого металла;
- измерение геометрических угловых параметров (γ, α, φ, λ) рез-

ца, которое осуществляется на приборе Симона или при помощи угломера другой конструкции;

- ознакомление со станком, на котором производится работа, с его паспортными данными (особенно ряды чисел оборотов и подач) со способом закрепления заготовки, управлением станком.

- ознакомление с правилами техники безопасности на данном станке.

ВНИМАНИЕ! СТУДЕНТАМ ЗАПРЕЩАЕТСЯ САМОСТОЯТЕЛЬНО ВКЛЮЧАТЬ СТАНОК, ЭТО ДЕЛАЕТСЯ ТОЛЬКО ПО РАЗРЕШЕНИЮ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ И ПОД НАБЛЮДЕНИЕМ ЛАБОРАНТА.

Срезание слоя металла для определения коэффициента усадки стружки и измерение силы резания следует производить одновременно.

Чтобы не спутать стружки, полученные в условиях данного опыта с другими, их собирают на лист бумаги, положенный на плоскость суппорта или направляющие станины .Затем эту стружку перекладывают на соответствующую клетку другого листа бумаги с обозначенными номерами опытов.

Под такими же номерами записывают соответственные показания динамометра.

Каждый из студентов рабочей группы (3...6 чел.) должен определить влияние одного-двух изменяемых факторов процесса, но не менее, чем при 4...6 их значениях (эксперименты каждой рабочей группой проводятся с одним обрабатываемым материалом).

Вся получаемая информация, начиная от исходных данных, должна фиксироваться в отчете. Составляется индивидуальный отчет каждого студента с данными, полученными по заданным ему факторам. Кроме того, на каждую рабочую группу составляется сводный отчет, отражающий совокупность полученных данных, т.е. общие зависимости.

После завершения всех экспериментов, предусмотренных программой работа и заполнения соответствующих граф отчета, производится обработка полученных данных, отдельно каждым членом рабочей группы. Общий отчет рабочей группы выполняется в одном из индивидуальных отчетов.

Примечание:

1.В общий отчет сводятся данные индивидуальных отчетов.

2 Отчеты членов группы представляются совместно.

5 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

1) Типы стружек выявляются в соответствии с принятой классификацией при каждом из значений изменяемых параметров. В журнале помещается эскиз стружки (безразмерный) и название типа, к которому она принадлежит. Эскизы приводятся при каждом значительном изменении вида стружки.

2) Результаты исследований зависимостей величины усадки и силы резания срезаемого слоя от изменяемых факторов обрабатываются графическим методом, т.е. путем построения кривых каждой из зависимостей в объединенной прямоугольной системе координат (абсцисса - изменяемый фактор, ордината - величина коэффициента усадки стружки и величина силы резания). Ординату нужно снабдить двумя шкалами; одна для величины коэффициента усадки, другая - для силы резания. Начало координат не обязательно должно соответствовать нулевым значениям величин, удобно принимать его лишь несколько меньшим минимальных величин в диапазоне изменяемых и полученных значений.

Полученные кривые зависимостей (особенно для усадки) должны сопровождаться комментарием с объяснением характера.

3) Результаты исследования силы резания обрабатываются также аналитическим методом для получения соответствующего уравнения с значениями постоянной величины и показателей степени. При этом используются средние величины измерений силы резания, полученные каждым из членов группы при всех значениях изменяемого параметра (см. соответствующие графы журнала исследования). Имея ввиду, что в общем виде эмпирическая формула силы резания имеет вид:

$$P_z = Cp_z \; S^y \, t^x \, V^n \, \gamma^u \, \varphi^w \qquad (8)$$

и соответственно частные зависимости от каждого изменяемого параметра:

$$P = C_s \, S^y \; ; \; P = C_t \, t^x ; \; P = C_v \, V^n ; \; P = C_\gamma \, \gamma^u ; \; P = C_\varphi \, \varphi^w \qquad (9)$$

Для получения каждой частной зависимости воспользуемся уравнениями, вытекающими из метода наименьших квадратов [1/]

$$\lg C_{p_z} = \frac{\sum \lg P \sum \lg^2 x - \sum \lg x \sum \lg x \lg P}{n \sum \lg^2 x - \left(\sum \lg x\right)^2} \qquad (10)$$

$$K_{p_z} = \frac{n \sum \lg P \lg x - \sum \lg x \sum \lg P}{n \sum \lg^2 x - \left(\sum \lg x\right)^2} \qquad (11)$$

где: C_{Pz} - постоянная величина в формуле при данном изменяемой параметре

K_{Pz} - показатель степени при параметрах;

Σ - сумма всех значении логарифма силы и параметра т.е. Σ

n - число опытов (т.е. число принятых значений изменяемого параметра).

В результате получится выражение типа:

$$P_z=C_x X^{k1} \qquad (12)$$

И аналогично для другого изменяемого параметра:

$$P_z= C_y Y^{k2} \qquad (13)$$

4) Групповая работа состоит из получения на основе частных зависимостей обобщенной экспериментальной зависимости для силы P_z

Общая для двух параметров Х и У формула (при условии, что все остальные факторы процесса одинаковы):

$$P_z= C_{xy} X^{k1} Y^{k2} \qquad (14)$$

Остается определить постоянную *Cxy* . Это становится возможным, если вместо любого значения одного из изменяемых параметров подставить то частное постоянное его значение, при котором производились опыты по исследованию второго из рассматриваемых параметров.

Тогда, например:

$$C_x= C_{xy} Y^k \text{const} \qquad \text{и} \qquad C_{xy_1} = \frac{C_x}{Y^k \text{const}} \qquad (15)$$

Аналогично: $C_{xy_2} = \dfrac{C_y}{X^k \text{const}}$

Для уменьшения влияния погрешностей опытов значение постоянной принимается как среднее из двух (в данном примере, а при большем чем два числа измеряемых параметров как среднее из всех подсчитанных).

$$C_{xy} = \frac{C_{xy_1} + C_{xy_2}}{2} \qquad (16)$$

Таким же путем обрабатывают все частные зависимости, полученные рабочей группой. А именно: пользуясь частными зависимостями, полученными членами группы и указаниями раздела 3 руководства, последовательно определить

C_{Pz} - общий для всех изменяемых факторов и получить уравнение типа:

$$P_Z=C_{Pz}\ t^{Xpz}\ S^{Ypz}\ V^{npz}\ \gamma^{upz}\ \varphi^{wpz} \qquad (17)$$

Сравнить C_{Pz}, X_{Pz}, Y_{Pz}, n_{Pz}, u_{Pz}, W_{Pz}, с данными литературы или нормативов режимов резания и дать заключение.

Примечание:-Листы с необходимыми для п. расчетами вложить в отчет.

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ РАБОТЫ

6.1 Организация работы

1) Студенты разделяются на рабочие группы, численность которых (3...6 чел.) определяется исходя из количества изменяемых параметров и возможности исследования каждым членом группы влияния одного-двух изменяемых параметров. В каждой группе назначается старший.

2) Началу лабораторного практикума предшествует изучение правил техники безопасности работа на данном станке. Знание этих правил проверяется. Факт инструктажа и проверки фиксируется в специальном журнале и подтверждается подписями проводившего инструктаж и каждого студента проведшего инструктаж.

3) Началу работы предшествуют: проверка знаний студентами этого руководства (за исключением раздела б); беседа преподавателя, руководящего лабораторным практикумом о распорядке работ, распределение заданий и т.п.

4) Для обеспечения должной четкости и эффективности действий групп студентов заранее составляется и вывешивается план-график выполнения этапов работа, включающий распределение рабочих групп по задействованным станкам и приборам, закрепление их за преподавателем и учебным мастером (лаборантом).

5) Заранее готовятся комплекты для проведения работ, включающие : задание (исходные данные, изменяемые параметры с распределением их между исследователями); набор необходимых резцов для данного задания; заготовка, подготовленная к проведению работы; набор средств для выполнения необходимых измерений; инструкция и тарировочный график к динамометру; угломер для измерения геометрических угловых параметров резцов; калькулятор.

Комплект для проведения работы выдается старшему группы под расписку в специальном журнале. По окончании работы комплект принимается, о чем делается соответствующая пометка.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЦОВ

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Ознакомление о основными типами и геометрическими параметрами металлорежущих инструментов на примере токарных резцов.

ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ РЕЖУЩИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

ИНСТРУМЕНТЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

- набор токарных резцов различных типов;
- универсальный угломер конструкции ПМТ;
- штангенциркуль;
- линейка металлическая;

2 ПОВЕРХНОСТИ ПРИ РЕЗАНИИ.

В процессе обработки на детали различают характерные поверхности (рис. 1 и 2):

1 - обрабатываемая поверхность - срезаемая часть заготовки (припуск);

2 - обработанная поверхность - образовавшаяся после снятия припуска;

3 - поверхность резания (переходная между первыми двумя – исчезает после окончания обработки) образуемая лезвиями инструмента в процессе резания.

При строгании переходная поверхность - плоскость. При продольном точении переходная поверхность - конволютная винтовая поверхность.

Реальная форма обработанной поверхности отличается от идеальной - заданной чертежом детали.

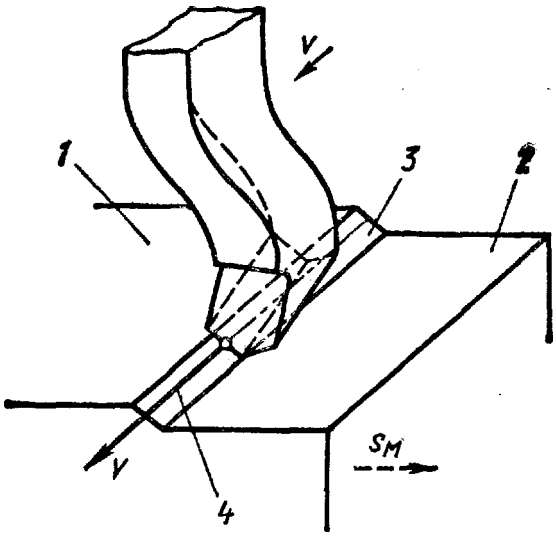


Рисунок 1 - Схема строгания

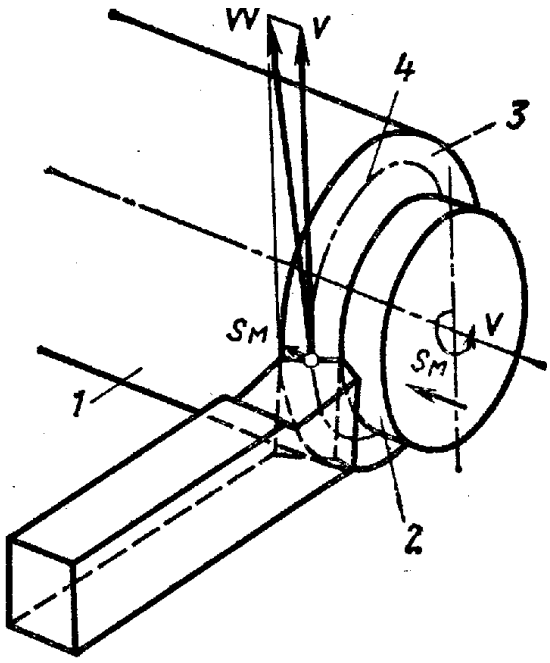


Рисунок 2 - Схема точения.

3 КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИНСТРУМЕНТА

Любой из режущих инструментов включает рабочую часть и зажимную, или соединительную часть в виде державки или корпуса.

Режущая часть состоит из одного (токарный резец) или нескольких конструктивно обособленных (фрезы, протяжки) режущих элементов (зубьев), которые могут работать одновременно или последовательно, непрерывно или с перерывами, вступая в работу друг за другом.

Соединительная или зажимная часть необходима для закрепления инструмента на станке или удержания его в руках рабочего. Конструкции соединительных частей инструмента могут быть различными. Однако, большое разнообразие форм соединительных частей нецелесообразно, т.к. это усложняет производство инструментов и их эксплуатацию. Поэтому на практике используется несколько способов закрепления инструментов и соответствующих им конструкций зажимных частей.

Инструменты типа резцов имеют зажимную часть в форме призмы квадратного или прямоугольного поперечного сечения.

Инструменты малых размеров - спиральные сверла, зенкеры - крепят с помощью конического или цилиндрического хвостовика.

Насадные фрезы, дисковые шеверы и долбяки, круглые фасонные резцы снабжаются базовым цилиндрическим или коническим отверстием насаживаются на цилиндрическую или коническую оправку.

4 РЕЖУЩАЯ ЧАСТЬ ИНСТРУМЕНТОВ

Режущая часть любого металлорежущего инструмента, как указывалось выше, представляет собой один или несколько режущих зубьев.

Зуб инструмента - это клинообразное тело, ограниченное передней и одной или несколькими задними поверхностями, одна из которых называется главной задней поверхностью, остальные - вспомогательными. Поверхность режущего клина, по которой при резании сходит стружка, называется передней поверхностью. Задние главная и вспомогательная поверхности обращены в сторону поверхности резания и обработанной поверхности.

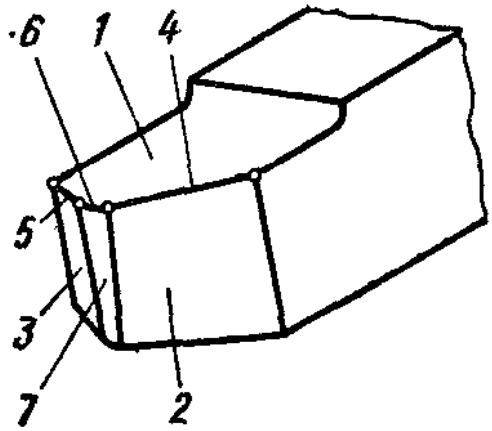


Рисунок 3 - Рабочая часть резца.

Характерные поверхности инструмента

Для осуществления режущим инструментом процесса резания, его режущая часть должна быть очерчена определенными поверхностями. На рис. 3 в качестве примера представлен резец, где:

1 - передняя поверхность (по ней в процессе резания сходит стружка);

2 - задняя поверхность (примыкает к поверхности резания);

3 - вспомогательная задняя поверхность (обращена, к обработанной поверхности);

4 - главное лезвие (пересечение передней и задней поверхности);

5 - вспомогательное лезвие (пересечение передней и. вспомогательной задней поверхностей);

6 - переходное лезвие (расположено между главным и вспомогательным лезвием и образовано пересечением передней поверхности с переходной задней);

7 - переходная задняя поверхность.

На переходном лезвии (6) вершиной инструмента является та точка лезвия, которой инструмент коснется детали при его установке на станке.

У некоторых инструментов переходное лезвие (6) отсутствует и тогда главное и вспомогательное лезвия пересекаются в точке "вершина инструмента" (в отрезном резце две вершины, а в осевой цилиндрической фрезе вершины нет),

Если в работе участвует только одно главное лезвие (4), то резание называется свободным, а если кроме главного лезвия принимает участие переходное (6) и вспомогательное (5), то резание несвободное.

5 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ

Положение передних и задних поверхностей, главных и вспомогательных режущих кромок. Образующих режущие элементы (зубья), определяется системой угловых размеров, называемых геометрическими параметрами. Конкретные числовые значения геометрических параметров проставляются на рабочих чертежах таким образом, чтобы по ним можно было, во-первых, изготовить режущие элементы (зубья) заданной формы и, во-вторых, проверить точность изготовления всех углов универсальными или специальными контрольно-измерительными инструментами и приборами.

Углы, под которыми поверхности и лезвия инструмента распо-

ложены в пространстве, называются геометрическими параметрами.

Геометрические параметры включают:

- статические углы или углы заточки;

- в процессе резания - рабочие углы или углы движения;

- статические углы.

При изготовлении резцов лезвие режущей части ориентируют относительно прямоугольного трехгранника, образованного тремя взаимно перпендикулярными плоскостями I, II, III (рис. 4):

При этом резец положен на опорную (основную) плоскость I, его боковая сторона совмещена с боковой плоскостью П и вершина касается плоскости Ш.

Положение главного лезвия определяют главным углом в плане φ - угол между проекцией главного лезвия на опорную плоскость I и плоскостью Ш (перпендикулярной опорной и боковой).

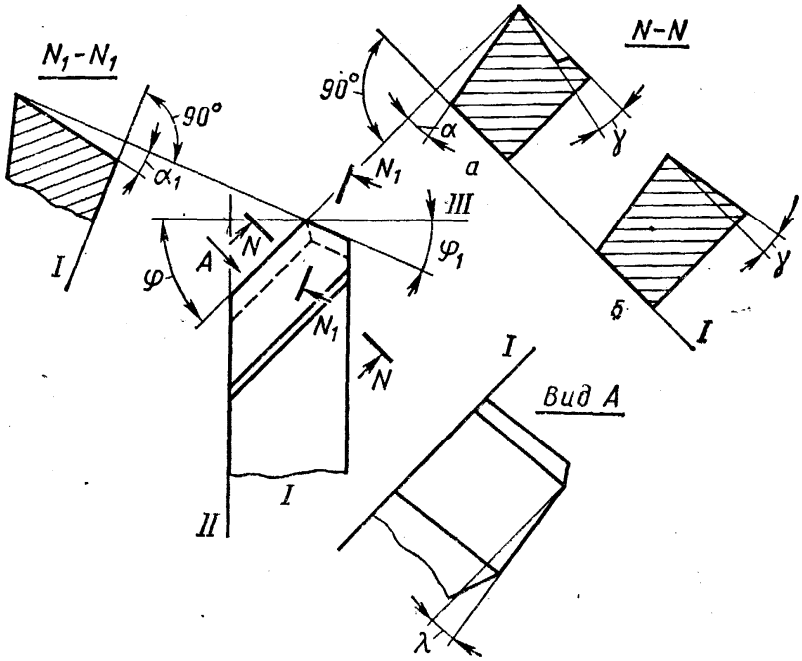
Положение вспомогательного лезвия определяют вспомогательным углом в плане φ_1 - угол между проекцией вспомогательного лезвия на опорную плоскость I и плоскостью Ш.

Для изображения положения передней и задней поверхностей резец рассекают плоскостью N - N ,называемой главной секущей плоскостью,

Главная секущая плоскость N - N перпендикулярна проекции главного лезвия на опорную плоскость.

Положение передней поверхности определяют **передним углом** γ - угол между передней поверхностью или плоскостью, к ней касательной, и плоскостью, параллельной опорной плоскости. Передний угол характеризуется абсолютной величиной и знаком, если угол γ расположен вне тела инструмента - положительный (сечение (а) рис. 4), а если в теле инструмента (сечение (б))- отрицательный.

Положение задней поверхности определяют **задним углом** α - угол между задней поверхностью или плоскостью, к ней касательной, и плоскостью проходящей через главное лезвие перпендикулярно опорной плоскости, α всегда положительный, в ином случае лезвие резца не коснется поверхности резания.



I - опорная плоскость, совпадающая с плоскостью чертежа;
П - боковая плоскость, перпендикулярная опорной плоскости;
Ш - плоскость, перпендикулярная опорной и боковой
Рисунок 4 - Геометрические параметры резца

Для изображения положения задней поверхности резец рассекают плоскость N_1 - N_1 называемой **вспомогательной секущей плоскостью.**

Вспомогательная секущая плоскость N_1 - N_1 перпендикулярна к проекции вспомогательного лезвия на опорную плоскость.

Положение вспомогательной задней поверхности определяют **вспомогательным задним углом α_1** угол между вспомогательной задней поверхностью или плоскостью, к ней касательной, и плоскостью, проходящей через вспомогательное лезвие перпендикулярно опорной плоскости.

Положение главного лезвия относительно опорной плоскости определяют углом наклона главного лезвия λ между главным лезвием или касательной к нему и плоскостью, параллельной опорной плоскости, характеризуется также величиной и знаком. Если вершина резца является наинизшей точкой главного лезвия то λ - положительный, а если наивысшей, то λ - отрицательный.

Углом заострения β называется угол между касательными к передней и задней поверхностям, проведенными через рас-

сматриваемую точку режущего лезвия.

Углом резания δ называется угол между плоскостью резания и касательной к передней поверхности, проведенной через рассматриваемую точку лезвия.

Между геометрическими параметрами в главной секущей плоскости, существуют следующие зависимости:

$$\alpha+\beta\pm\gamma=90^0$$
$$\alpha+\beta=\delta \qquad (1)$$
$$\delta \pm \gamma =90^0$$

6 ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ РЕЗЦОВ

Изменение геометрических параметров, заложенных при заточке, может происходить по следующим причинам:

1) В результате погрешностей установки и закрепления инструмента на станке относительно положения, предусмотренного рабочим чертежом: при этом угловые размеры, как проставлены на чертеже, так и получаются при установке с погрешностью, рассматриваются в статике и являются статическими угловыми параметрами.

2) В результате кинематических особенностей относительных движений инструмента и заготовки: эти параметры существуют непосредственно в процессе резания и называются кинематическими угловыми параметрами,

3) В результате износа контактных поверхностей главного режущего лезвия: при этом вызванные изменения имеют возрастающий и необратимый характер и могут быть устранены только при переточке режущей части.

7 ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЦА

Геометрические параметры резца измеряются универсальными угломерами - приборами, служащими для измерения отдельных геометрических параметров (абсолютный метод), и шаблонами (относительный метод).

Одним из наиболее распространенных приборов для измерения геометрических параметров резцов является универсальный угломер

ЛМТ (рис.5) - конструкция Ленинградского механического техникума.

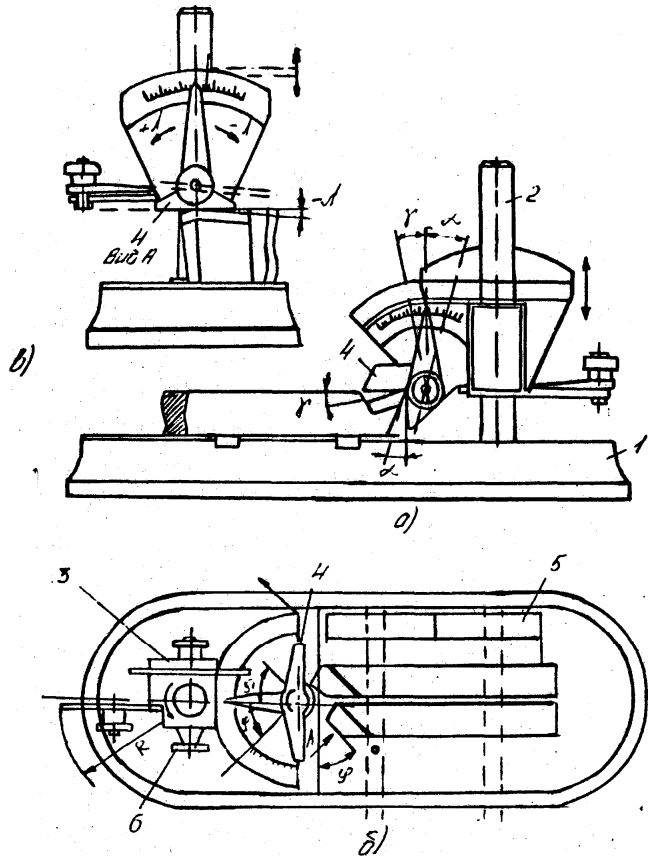
Универсальный угломер ЛМТ предназначается для измерения основных углов резца – переднего γ, заднего α , главного и вспомогательного в плане φ и φ_1, наклона главной режущей кромки λ.

Плита I (основание) угломера (рис.5) служит основной плоскостью. На вертикальной стойке 2 перемещается устройство, состоящее из блока 3 и трех шкал с измерительными линейками 4 (ножами). Шкальное устройство направляется на стойке по шпоночному пазу и при необходимости (после ослабления фиксатора 6) может поворачиваться вокруг оси стойки и фиксироваться в любом положении по высоте. Измерительные ножи шкальных устройств снабжены винтами, позволяющими фиксировать требуемое положение ножей по отношению к измеряемой поверхности. Основная плоскость угломера снабжена направляющей линейкой 5, служащей для правильной ориентации резца при измерении углов φ и φ_1.

Рис.5 иллюстрирует методы измерения углов токарного проходного прямого правого резца прибором типа ЛИТ. Для измерения переднего угла γ измерительная линейка шкального блока настраивается "на глаз" перпендикулярно главной режущей кромки до соприкосновения с передней поверхностью резца. При этом указатель измерительной линейки, отклоняясь влево от нуля показывает положительное значение угла γ. При отрицательном значении γ отсчет угла производится вправо от нуля.

Задний угол измеряется аналогично переднему. В этом случае измерительная линейка доводится до полного контакта в главной задней поверхностью (постоянный световой просвет). Значение угла α отсчитывается вправо от нуля.

Для измерения главного и вспомогательного углов φ к φ_1 резец устанавливается на плите до соприкосновения о направляющей линейкой, а шкальное устройство поворачивается на стойке в требуемое положение до соприкосновения измерительной линейки в первом случав (для измерения φ) с главной, а во втором - со вспомогательной режущей кромкой (для измерения φ_1). Значения угла φ отсчитываются влево от нуля, а угла φ_1 вправо от нуля



а) углов γ и α;

б) углов φ и φ_1;

в) угла λ

Рисунок 5 - Универсальный угломер ПМТ, применяемый для измерения:

Для измерения угла наклона главной режущей кромки λ шкальное устройство поворачивается на стойке в требуемое положение до соприкосновения с вершиной резца. При этом положение главной режущей кромки устанавливается параллельно вертикальной плоскости измерительного ножа. При повороте измерительной линейки до соприкосновения с главной режущей кромкой указатель фиксирует значение угла наклона λ. Отсчет угла λ вправо от нуля характеризуется его отрицательным значением, а влево от нуля - положительным (для правого резца, для левого - наоборот).

8 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1) Изучение теоретического материала метод указаний.

2) Ознакомление с основными типами токарных резцов по имеющимся в лаборатории экземплярам.

3) Выполнение рабочего чертежа заданного резца с указанием всех угловых параметров.

4) Определение рабочих углов для данного резца при определенных условиях обработки.

5) Выводы.

9 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Назвать характерные поверхности при процессе стружкообразования?

2 Назвать конструктивные элементы инструментов?

3 Назначение и конструкции зажимных частей инструментов?

4 Назвать поверхности режущей части инструмента на примере токарного резца?

5 Назвать исходные координатные плоскости для определения геометрических параметров?

6 Дать определение основных углов инструмента ($\alpha;\gamma;\lambda;\varphi;\varphi_1;$)?

7 Назвать основные причины изменения геометрии режущей части резца?

8 Чем определяется положение плоскости резания в динамике?

9 Как влияет погрешность установки резца на величины рабочих углов ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ГЕОМЕТРИЯ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

1 ВВЕДЕНИЕ

Наиболее распространенным методом получения отверстий в сплошном металле является сверление стандартными быстрорежущими сверлами, которые обеспечивают обработку отверстий с точностью 11-13-го квалитета с параметрами шероховатости обработанной поверхности R_z= 40 ÷ 80 мм./ Сверла с пластинками из твердого сплава, работающие на более высоких скоростях резания, обеспечивают обработку отверстий с точностью 8-11-го квалитета с параметром шероховатости R_z= 20 ÷ 40 мм. /

В промышленности применяются следующие основные типы сверл: спиральные, перовые, пушечные, ружейные, для кольцевого сверления, центровочные, специальные. Обозначения сверл по ОКП [общесоюзный классификатор продукции] приведены в [I].

Наиболее широкое распространение получили спиральные сверла, входящие в большинство видов сверл классификатора. Поэтому главным содержанием настоящей работы является изучение геометрии спиральных сверл, составление рабочего чертежа сверла, ознакомление с инструментом и приборами для измерения геометрических параметров сверл, а также ознакомление с ГОСТами на сверла.

2 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Работа знакомит с основными типами и геометрическими параметрами сверл.

3 МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1 Конструктивные элементы спирального сверла

На рис. 1 представлено спиральное сверло с обозначением всех основных частей: режущей, направляющей, хвостовой и соединительной. Режущая и направляющая части в совокупности составляют рабочую часть сверла, снабженную двумя винтовыми канавками.

Режущая часть - основная часть сверла. Условия работы сверла определяются главным образом конструкцией режущей части.

Резание происходит двумя главными режущими кромками, а также поперечной кромкой, расположенной у вершины сверла рис. 2.

Главные режущие кромки представляют собой линии пересечения передней и задней поверхностей; поперечная режущая кромка - линия пересечения задних поверхностей

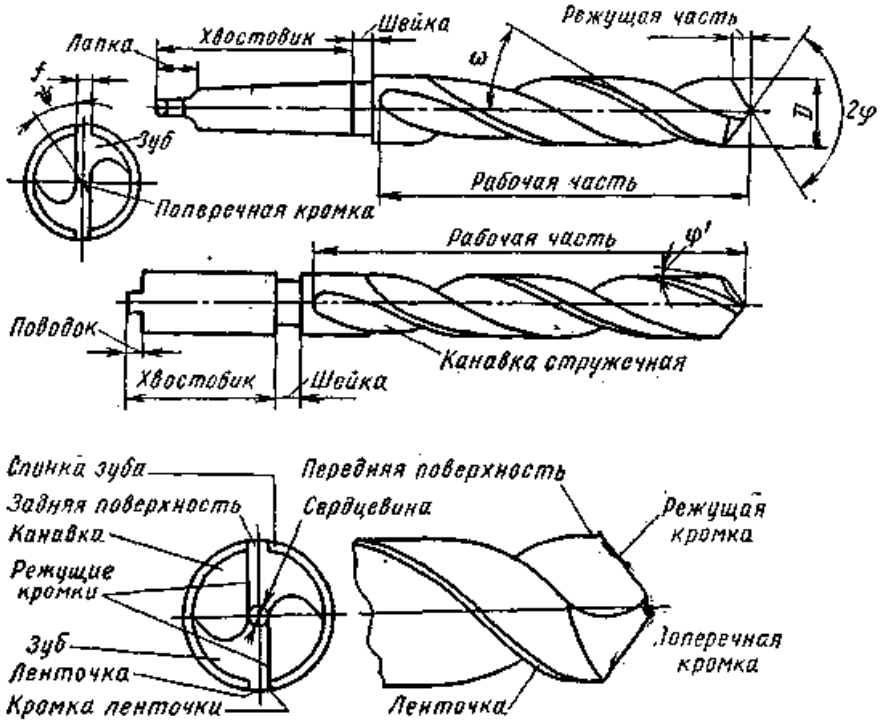


Рисунок 1 - Части и элементы спирального сверла

Передние поверхности сверла - участки канавок, примыкающие к режущим кромкам, осевые передние углы равны углам наклона канавок в данной точке. Задние поверхности образуются заточкой, обеспечивают требуемые значения задних углов и спад затылка, могут быть плоскими, коническими, винтовыми, цилиндрическими. Затылок сверла можно сравнить с задней поверхностью однолезвийного инструмента.

Расстояние между главными режущими кромками называется толщиной перемычки. Перемычка придает сверлу большую жесткость.

Режущие кромки сверла должны быть прямолинейными. Это условие обеспечивается соответствующей формой стружечных канавок и величиной угла при вершине. При больших изменениях угла при вершине режущей кромки могут становиться вогнутыми или выпуклыми. Ошибки в технологии заточки могут вызывать искривление режущих кромок, которое в свою очередь усложнит геометрию инструмента.

Направляющая часть сверла необходима для создания направ-

ления при работе инструмента, поэтому на каждом пере сверла имеется направляющая винтовая ленточка. Образующаяся при сверлении стружка перемещается вдоль винтовых канавок. Следует отметить, что кромки, расположенные на периферии сверла не являются режущими, за исключением небольших участков длинной S_0/z . Эти участки соответствуют вспомогательной режущей кромке токарного резца. Угол наклона винтовой канавки является важным параметром, определяющий наклон передней поверхности сверла. При слишком большом угле наклона винтовой канавки может быть ослаблено режущее лезвие.

Для того чтобы снизить силы трения между сверлом и стенками отверстия, тело сверла занижено по диаметру на большей части окружности, за исключением ленточки. Кроме того, сверло имеет некоторое уменьшение диаметра по длине / обратная конусность /

Направляющая часть сверла служит запасом для переточек инструмента.

Хвостовик - часть сверла, предназначенная для закрепления сверла на станке. Обычно хвостовики имеют цилиндрическую или коническую форму. Концевая часть конического хвостовика имеет лапку, служащую упором при выбивании сверла из конического отверстия шпинделя станка. Концевая часть цилиндрического хвостовика может иметь поводок для дополнительной передачи крутящего момента при резании.

Рабочая часть и хвостовик соединяются сваркой. Цилиндрическая часть между хвостовиком и телом сверла, содержащим рабочую часть называется шейкой. Наиболее часто рабочая часть сверла изготавливается из быстрорежущей стали / PI8, P9, P6M3, P9K5 и др./, а хвостовик из стали 45. В промышленности используются также твердосплавные сверла, режущая часть которых оснащается пластинками твердого сплава, либо твердосплавными коронками.

3.2 Поверхности обрабатываемой детали

На рис. 2 показаны поверхности обрабатываемой детали:

- обрабатываемая поверхность - поверхность просверленного отверстия;

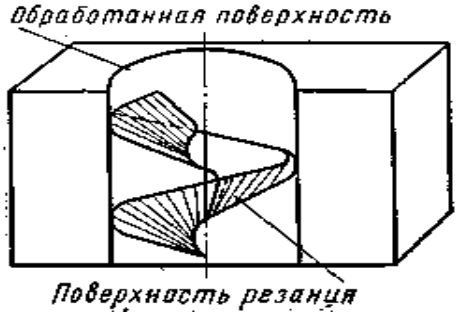


Рисунок 2 - Поверхности обрабатываемой детали

- поверхность резания - поверхность, образуемая режущей кромкой при ее винтовом движении в процессе резания;

- плоскость резания - плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через рассматриваемую точку режущей кромки.

3.3 Геометрия режущей части спирального сверла

Сверло характеризуется следующими основными углами:

передним углом γ , задним углом α, углом наклона винтовой канавки ω углом наклона поперечной кромки ψ и углом при вершине сверла 2φ

Передний угол γ рис.3 - угол между касательной и передней поверхностью в рассматриваемой точке режущей кромки и нормалью в той же точке к поверхности вращения режущей кромки вокруг оси сверла.

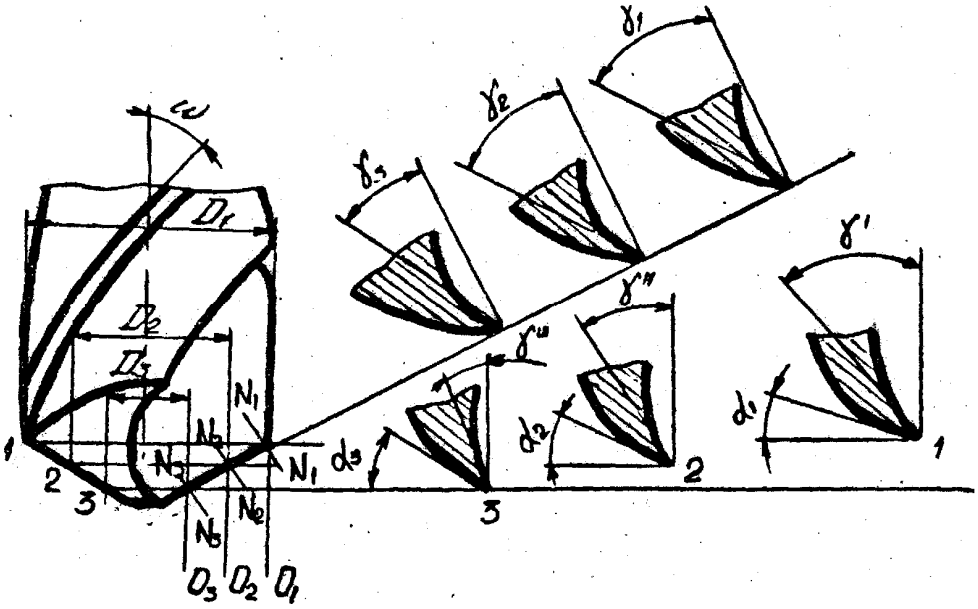


Рисунок 3 – Передние и задние углы спирального сверла

Наибольшее значение угол γ имеет на периферии сверла, где в плоскости, параллельной оси сверла, он равен углу наклона винтовой канавки ω, наименьшее значение передний угол γ имеет у вершины сверла.

Задний угол заточки α рис.3 - угол между касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и касательной в той же точке к окружности ее вращения вокруг оси сверла.

Для того, чтобы иметь практически одинаковое сечение зуба сверла вдоль всей длинны режущей кромки, задний угол заточки делается так же, как и передний, переменным. На периферии он меньше, а у сердцевины больше.

Угол наклона винтовой канавки ω рис.4 - угол, заключенный между направлением оси сверла и касательной к ленточке, или иначе - угол между осью сверла и развернутой винтовой линией кромки ленточки.

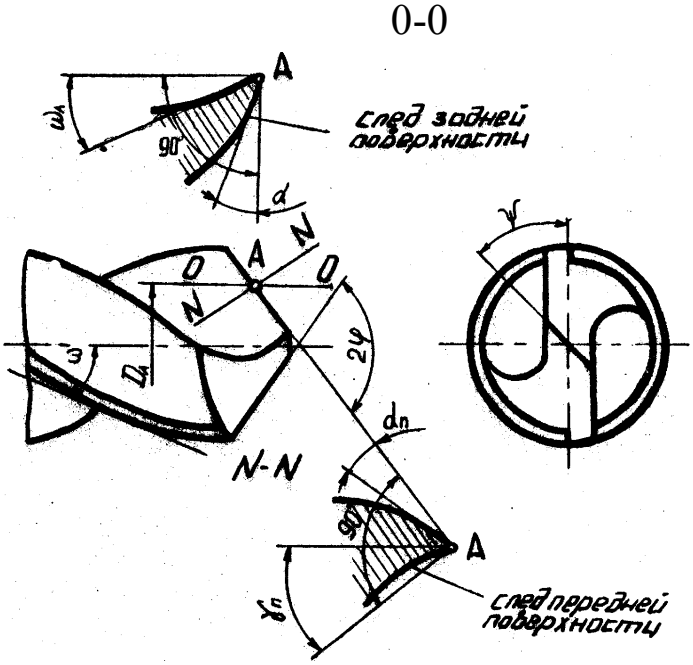


Рисунок 4 - Углы режущей части спирального сверла

Угол наклона поперечной кромки ψ рис.4 - острый угол между проекциями поперечной и режущей кромок на плоскость перпендикулярную оси сверла.

Угол при вершине сверла 2φ - угол между главными режущими кромками. Этот угол можно сравнить с главным углом в плане токарного резца, так как он обеспечивает вход инструмента в заготовку, влияет на направление схода стружки и изменяет силы резания.

3.4 Составление рабочего чертежа спирального сверла

Рабочий чертеж рис.5 составляется на сверло, указываемое преподавателем.

На рабочем чертеже деется все необходимые проекции и сечения, а также проставля ются измеренные значения габаритных размеров и угловых параметров

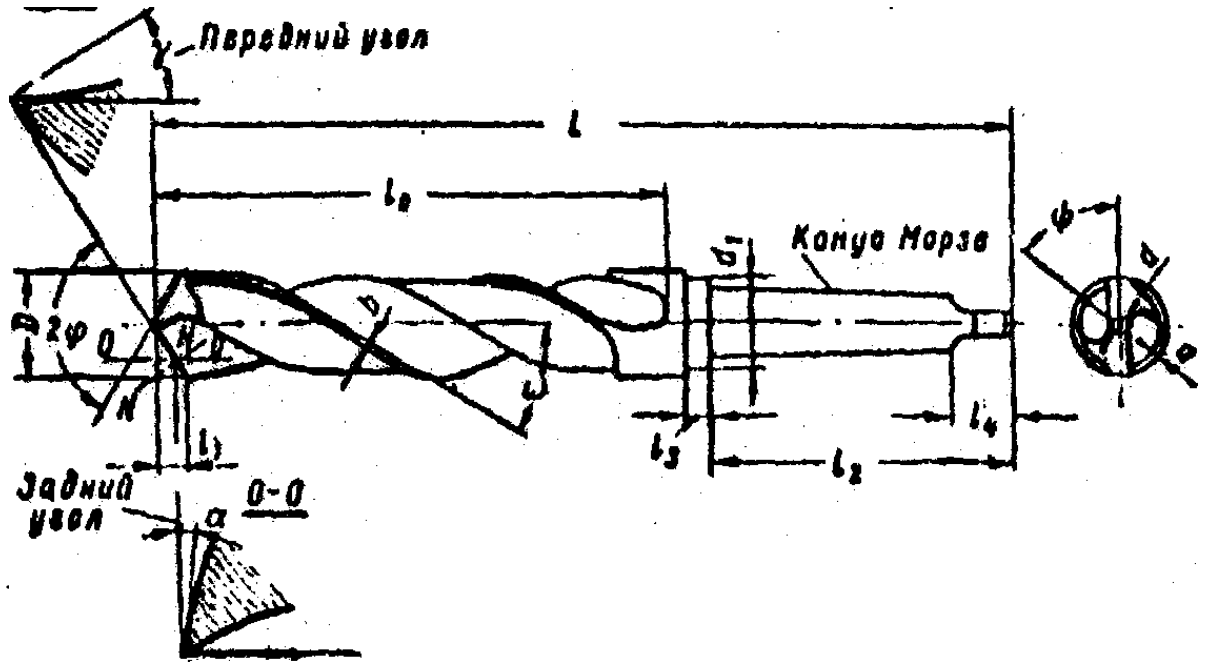


Рисунок 5 - Пример выполнения рабочего чертежа сверла.

Диаметры сверла на рабочей части измеряются с помощью микрометра или штангенциркуля рис.5.

Толщина сердцевины у вершины сверла измеряется с помощью микрометра со специальными вставками или кронциркулем.

Длина сверла L ,длина рабочей части l_0 .размеры хвостовой части l_1 и l_2 ширина ленточки С измеряются масштабной линейкой.

Определение угла наклона винтовой канавки ω производится развертыванием винтовой ленточки сверла на плоскость. Развертывание осуществляется прокатыванием сверла через копировальную бумагу. Величина угла ω измеряется между линией отпечатавшейся от развертки винтовой ленточки и прямой, перпендикулярной к торцу развертки и параллельной направлению оси сверла. Определение угла про изводится с помощью транспортира или подсчитывается по формуле:

$$\omega = \mathrm{arct}\,\frac{a}{b} \qquad (1)$$

где *а* и *в* - катеты произвольно взятого прямоугольного треугольника, мм.

Измерение угла при вершине сверла измерение угла наклона поперечной кромки производится универсальным угломером Определение величины вспомогательного угла в плане производится по формуле:

$$\varphi_1 = \mathrm{arctg}\frac{d_н - d_к}{2l_к} \qquad (2)$$

где d_H- диаметр сверла у вершины, мм

d_k - диаметр сверла у конца, мм

l_k - длина рабочей части сверла, мм

3.5 Определение задних и передних углов сверла

Задний угол сверла может быть измерен с помощью специального индикаторного приспособления рис.5, устанавливаемом на настольном токарном станке. Прибор состоит из патрона, на котором устанавливается лимб I с делениями в градусах. По лимбу производится отсчет угла поворота сверла. На суппорте станка 2 устанавливается индикатор 3,служащий для отсчета величины падения кривой задней поверхности сверла при контактировании штифта индикатора 5 с этой поверхностью на различных её участках. Винт 4 осуществляет настройку индикатора на требуемые диаметры задней поверхности сверла. Измерение углов у сверла производится в следующем порядке:

- устанавливаются диапазоны исследуемых диаметров по конической поверхности сверла рис.6
- настраивается измерительный штифт индикатора на требуемый диаметр исследуемой поверхности сверла;
- подводится измерительный штифт индикатора до контакта с задней поверхностью сверла;
- поворачивается сверло на требуемый угол поворота;
- регистрируются показания индикатора в отношении величины падения затылка *К* .

Величина заднего угла определяется по формуле:

$$\mathrm{tg}\alpha_x = \frac{K \cdot 360}{\pi \cdot d_x \cdot \tau_x} \qquad (3)$$

где K - падение кривой задней поверхности сверла в миллиметрах на

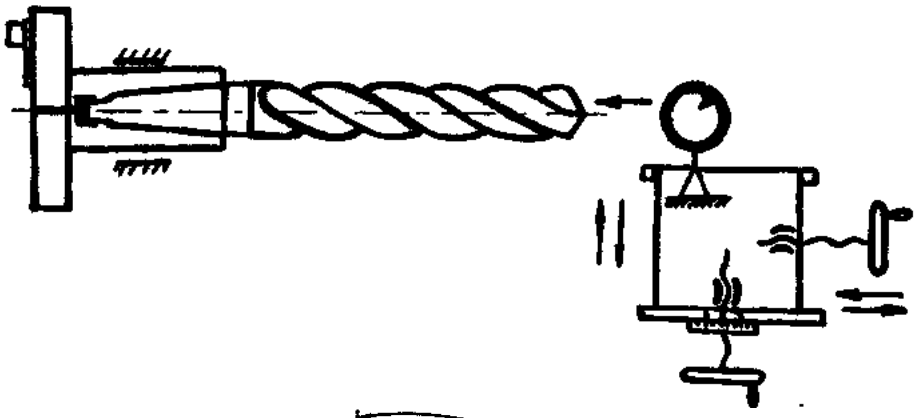
угле поворота τ_x в градусах.

Передний угол сверла γ измеряется в плоскости, перпендикулярной к режущей кромке. Для разных сечений угол γ определяется по формуле:

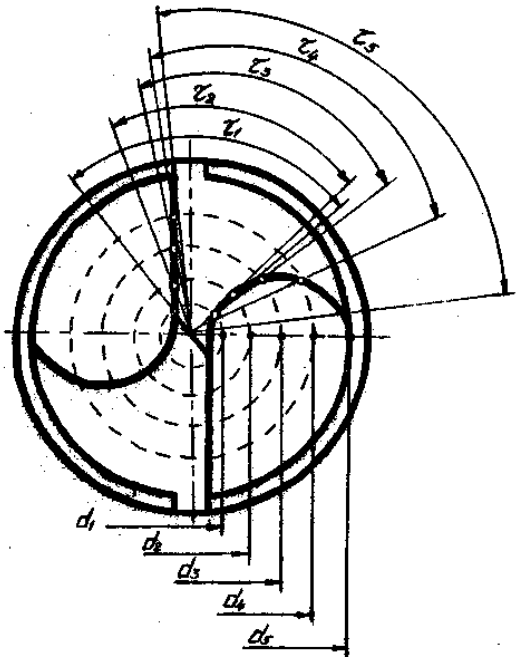
$$tg\gamma_i = \frac{tg\omega_i}{\sin\varphi} \qquad (4)$$

Для определения угла γ в выбранных точках режущей кромки сверла необ

Для наружного диаметра сверла D угол ω измеряется на угломере.



а)



б)

а) схема прибора;

б) схема исследования углов.

Рисунок 6 - Прибор для определения величины заднего угла сверла контактным методом:Для подсчета углов *ωi* в промежуточных

сечениях вначале определяется шаг спирали по соотношению:

$$H = \frac{\pi D}{tg\omega} \qquad (5)$$

а затем при постоянном значении H определяется угол ω_I по формуле:

$$tg\omega_i = \frac{\pi d_x}{H} \qquad (6)$$

где d_x - диаметр соответствующий выбранной точке l.

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1) После ознакомления с имеющимися конструкциями сверл и изучения принципа действия измерительного инструмента каждый студент получает сверло и измеряет все конструктивные параметры. Результаты измерений заносятся в таблицу .

Таблица 1 – Результаты измерений

№ n\m	№ сверла	Диаметр сверла в мм		Диаметр сердцевины в мм		Длина поперечной кромки l в	Ленточка в мм		Угол наклона винтовой канавки ω, в град	Угол наклона поперечной кромки ψ,в град	Угол между режущими кромками 2φ,в град
		У хвоста D_x	У вершины D	У хвоста $d_x b$	У вершины d		Высота a	Ширина в			

2) Произвести измерения задних углов для одного сверла в нескольких сечениях и построить зависимость изменения заднего угла от диаметра. Результаты измерений и подсчетов заносят в таблицу 2

Таблица 2 – Измерение задних углов

Диаметр сверла D (номинальный) в мм	Диаметр d_x, на котором производится измере-	Показание индикатора и лимба		tgα	Измеренный задний угол α, в град
		k	τ_x		

3) Выполнить расчет передних углов для разных сечений одного сверла и установить закономерность изменения передних углов для разных диаметров. Результаты измерений заносят в таблицу 3.

Таблица 3 – Измерение передних углов

Диаметр сверла D (номинальный) в мм	Диаметр d_x на котором производится подсчет переднего угла, в мм	Угол между режущими кромками 2φ В град.	Угол наклона винтовой канавки ω, в град	Шаг спирали H мм	tg ω_i	Действит. передний угол	
						$tg\gamma_i$	γ_i

4) На основании результатов измерений и подсчетов, приведенных в таблицах 2 и 3, строят графические зависимости изменения углов α и γ от диаметра d_x.

5) На одно сверло составить рабочий чертеж со всеми необходимыми проекциями и сечениями, предварительно уточнив размеры по справочнику [1].

5 ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1) Сверла спиральные разных диаметров;
2) Микрометр.
3) Линейка металлическая.
4) Микрометр со специальными вставками для измерения толщины сердцевины.
5) Нониусный универсальный угломер.
6) Прибор для измерения заднего угла у сверл.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Исследование влияния режимов резания и геометрии резца на процесс наростообразования

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

1) Ознакомиться с процессом и механизмом наростообразования.

2) Изучить влияние элементов режима резания и геометрии резца на процесс наростообразования.

2 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ, ИНСТРУМЕНТ И МАТЕРИАЛЫ:

Токарно-винторезный станок, заготовки из стали, чугуна, бронзы и других материалов , резцы с различными углами заточки, инструментальный микроскоп.

3 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Резанию большинства конструкционных материалов при определённых условиях сопутствует явление, называемое наростообразованием. Наростом называют клиновидную, неподвижную часть материала обрабатываемой заготовки, расположенную у лезвия инструмента на его передней поверхности (рис.1) . Нарост образуется из обрабатываемого материала и его окисных плёнок. Вследствие явления наклёпа материал нароста упрочняется и его твёрдость повышается в 2,5…3 раза по сравнению с обрабатываемым материалом. Форму и размеры нароста можно характеризовать тремя основными параметрами: высотой H, шириной подошвы l и фактическим передним углом $\gamma ф$ (см. рис.1). С помощью высокочастотной киносъёмки было установлено, что нарост не является стабильным, а постоянно и очень быстро меняет свои размеры. В сотые доли секунды нарост возникает, увеличивается до максимального размера, а затем частично или полностью разрушается. Частота срывов нароста растёт с увеличением скорости резания и при V = 40...60 м/мин составляет 3000...4000 циклов в минуту.

Процесс образования нароста схематически можно представить следующим образом. На ювенильных (химически чистых) поверхностях стружки и инструмента при определённых температуре и давлении создаются условия для адгезионного (межмолекулярного) схва-

тывания материалов стружки и инструмента

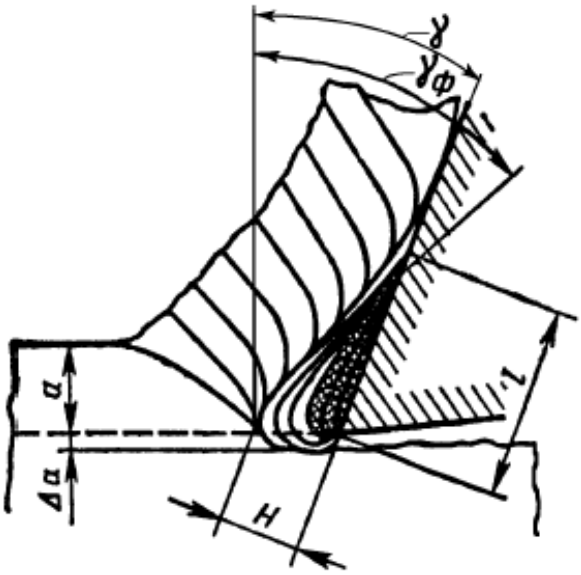


Рисунок 1 - Схема строения нароста

В результате происходит прочное присоединение контактного слоя стружки к передней поверхности и образование заторможенного слоя, служащего фундаментом для нароста. При скольжении стружки по заторможенному слою происходит аналогичное схватывание и образование следующего слоя нароста, приводящее к увеличению его высоты. Высота нароста растёт до тех пор , пока его прочность становится недостаточной для восприятия нагрузки со стороны стружки, и нарост разрушается. Разрушению нароста способствует и то, что после достижения им определённой высоты нарост свешивается за лезвие инструмента, в результате чего тело нароста перестаёт находиться в условиях всестороннего сжатия. Обычно нарост разрушается не весь, а только его верхняя, менее прочная область. Одна часть разрушенного нароста уносится стружкой, а вторая – обработанной поверхностью. После разрушения нарост вновь возрастает и т.д.

На размеры нароста основное влияние оказывают род и механические свойства обрабатываемого материала, скорость резания, толщина срезаемого слоя (подача), передний угол инструмента и род применяемой смазывающе-охлаждающей жидкости.

Все материалы можно разделить на материалы склонные к наростообразованию и не склонные. К первой группе относятся конструкционные, углеродистые и большинство легированных сталей , серый

чугун, алюминий, силумин. Ко второй – медь, латунь, бронза, олово, свинец, большинство титановых сплавов , белый чугун, закалённые стали, легированные стали с большим содержанием хрома и никеля. Если материал склонен к наростообразованию, то размеры нароста возрастают при уменьшении твёрдости и повышении пластичности материала.

Наиболее сложно на размеры нароста влияет скорость резания (рис.2).

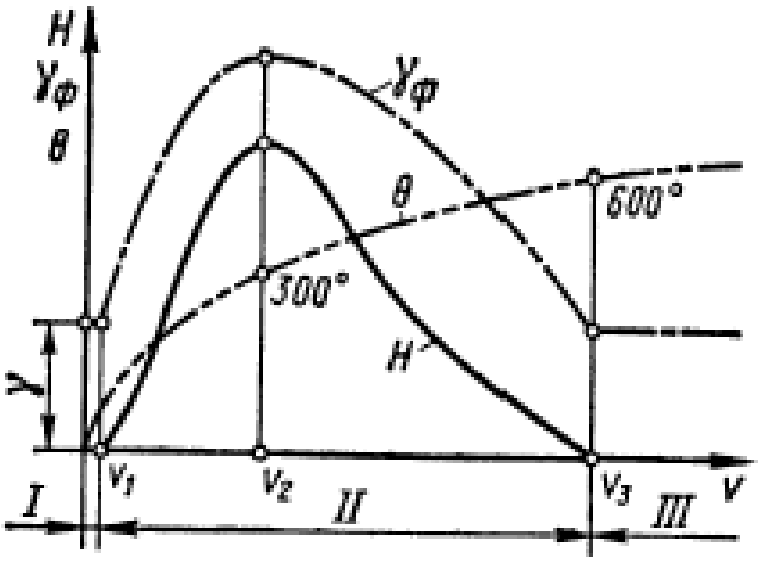


Рисунок 2 - Схема влияния скорости резания на высоту нароста Н, фактический

передний угол γф и температуру резания Θ

При очень малых скоростях резания (зона I) нароста нет. При повышении скорости резания от *V*1 до *V*2 высота нароста растёт, достигая максимума, а затем при дальнейшем повышении скорости до *V*3 – уменьшается (зона II). В зоне III нарост отсутствует. Для среднеуглеродистых конструкционных сталей величины скоростей имеют следующие значения : *V*1 = 0.5...1 м/мин, *V*2 = 15...30 м/мин, *V*3 = 80...100 м/мин. Интересный результат получается при сопоставлении величины нароста и температуры в зоне резания. Экспериментально установлено, что при наиболее распространённых условиях резания сталей нарост имеет максимальную высоту при таком значении скорости резания, при котором температура в зоне резания θ = 300 C^0, и исчезает при значении скорости, при которой температура θ = □600C^0 (см.рис.2). Это объясняется значительным снижением сопротивления материала нароста пластическому сдвигу при температурах

более 300 C^0.

На рис.3 представлено влияние скорости резания на высоту нароста при различных передних углах (рис. 3,а) и толщинах срезаемого слоя (подачах) (рис. 3,б). Все кривые *H=f(V)* имеют горбообразную форму, но при меньших углах □и больших толщинах срезаемого слоя высота кривых больше, а основание – меньше. Также, чем меньше передний угол и больше толщина срезаемого слоя, тем меньше величины скоростей *V*2 и *V*3. Это легко объяснить, вспомнив зависимость величины нароста от температуры.

Действительно, при уменьшении угла □и увеличении толщины срезаемого слоя силы резания и степень деформации срезаемого материала увеличиваются и поэтому температура в зоне резания достигает значений 300 C^0 и 600 C^0 уже при меньших скоростях резания . Если передний угол $\gamma > 40...45^0$, то при любых условиях обработки нарост не образуется. Всё, что уменьшает силы адгезии на передней поверхности инструмента, уменьшает размеры нароста

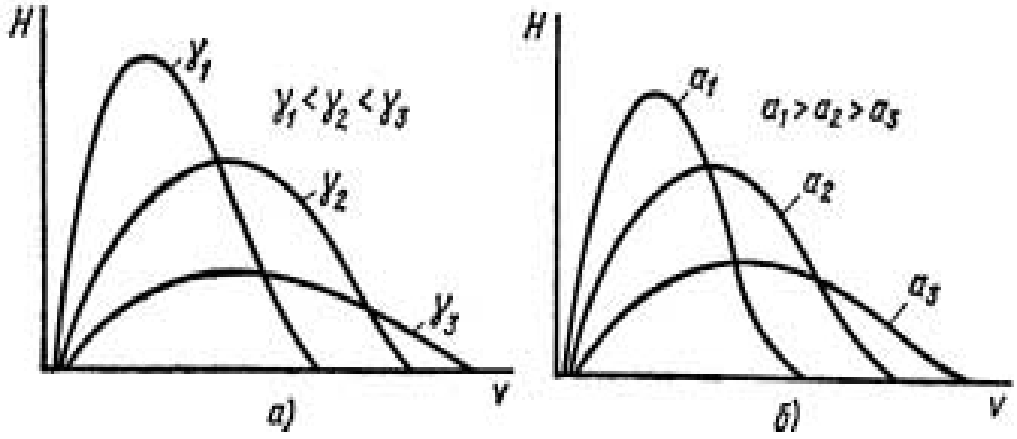


Рис. 3. Схема влияния скорости резания на высоту нароста при различных передних

углах γ и толщинах а срезаемого слоя

Поэтому при применении смазывающе-охлаждающих жидкостей, образующих на материале инструмента прочные смазочные плёнки и снижающих коэффициент трения, высота нароста становится меньше. Возникновение нароста изменяет условия работы инструмента.

Вследствие высокой твёрдости и клиновидной формы нарост выполняет функцию режущего клина. При этом инструмент работает с фактическим передним углом $\gamma_Ф$ значительно большим, чем угол заточки γ □(см.рис.1 и рис.2). Это уменьшает степень деформации сре-

заемого слоя и силы резания. Нарост также выполняет защитные функции по отношению к инструменту. Перемещаясь по наросту, стружка меньше изнашивает переднюю поверхность.

Однако образование нароста имеет и отрицательную сторону. Из-за того, что вершина нароста свешивается за лезвие инструмента, действительная толщина срезаемого слоя становится больше (на Δ□а, см.рис.1). Нарост увеличивает шероховатость обработанной поверхности. При периодическом разрушении вершины нароста на обработанной поверхности образуются надрывы и борозды, а часть нароста внедряется в обработанную поверхность (рис.4). Таким образом, при чистовой обработке нарост не допустим. При росте и разрушении нароста происходит периодическое изменение фактического переднего угла инструмента и, как следствие, периодическое изменение силы резания. Это может привести к возникновению вынужденных колебаний технологической системы (вибрации инструмента и детали). Поэтому нарост может быть не желателен не только при чистовой, но и при черновой обработке. Так как процессы деформации обрабатываемого материала в зоне стружкообразования имеют одну и ту же физическую основу не только при токарной, но и при остальных методах обработки резанием, то нарост образуется и на рабочих лезвиях других режущих инструментов . Так, обработку конструкционных сталей фасонными резцами обычно ведут со скоростями резания V = 30…50 м/мин и подачами S = 0.02…0.05 мм/об, что соответствует зоне устойчивого наростообразования (зона II, см. рис.2). То же касается и развёрток, которые работают со скоростями резания V = 10…30 м/мин. Экспериментально установлено образование весьма развитого нароста при протягивании (обычно скорость резания при протягивании составляет V = 1…10 м/мин). Киносъёмка процесса резания протяжками показывает, что нарост образуется и при срезании лезвиями инструмента исключительно тонких слоёв металла (0.003…0.008 мм).

4 ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1) Получить образцы корней стружек при различных режимах резания и углах заточки резца. Рекомендуются следующие серии опытов и примерные значения варьируемых параметров :

а) при различных скоростях резания (Vрез= 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 м/с);

б) при различных подачах (S = 0.1; 0.2; 0.3; 0.4 мм/об);

в) при различных передних углах резца (□□= 5; 10; 15; 20 □).

В каждой серии опытов варьируется только один параметр. Остальные элементы режимов резания и заточки резца остаются постоянными.

2) Рассмотреть нарост с помощью инструментального микроскопа и измерить его величину для каждого полученного образца. Результаты измерений занести в таблицу.

3) Построить графики зависимости величины нароста от режимов резания и геометрии резца. Проанализировать полученные результаты.

4) Оформить отчёт по работе.

5 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1) Что называется наростом? Какими параметрами характеризуются

его форма и размеры? Как зависит нарост от времени?

2) Механизм образования нароста.

3) Как влияют на размеры нароста ?:

а) физико-механические свойства обрабатываемого материала;

б) скорость резания;

в) передний угол резца;

г) толщина срезаемого слоя;

д) СОТЖ?

4) Как влияет нарост на процесс резания, на качество обработанной поверхности?

5) Процесс наростообразования при различных видах обработки металлов резанием.

ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

К выполнению лабораторных работ допускаются только студенты, прошедшие инструктаж по охране труда и мерах пожарной безопасности. Лабораторные работы проводятся только под наблюдением преподавателя или учебного мастера.

Отчёт о проделанной работе выполняется в соответствии с требованиями стандарта (СТП 71.4-84. Общие положения, структура, требования и правила оформления отчётов о лабораторных работах).

Отчёт должен содержать :

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- основы теории,
- схемы и краткое описание работы;
- результаты измерений и вычислений;
- необходимые графические зависимости;
- выводы.

Результаты измерений и вычислений необходимо оформить в виде таблицы, форма которой разрабатывается студентом. При этом следует исходить из следующих рекомендаций:

1) В таблицу включать только параметры, изменяющиеся в процессе эксперимента, все постоянные данные (например марка станка, материал заготовки и т.д.) записываются перед таблицей;

2) Каждая строка таблицы имеет номер;

3) таблица должна состоять из двух частей : сначала идут столбцы, содержащие сведения о параметрах, задаваемых при эксперименте (подача, скорость резания и т.д.), затем идут столбцы, содержащие измеряемые и вычисляемые величины.

Лабораторная работа № 5 (расчётная)

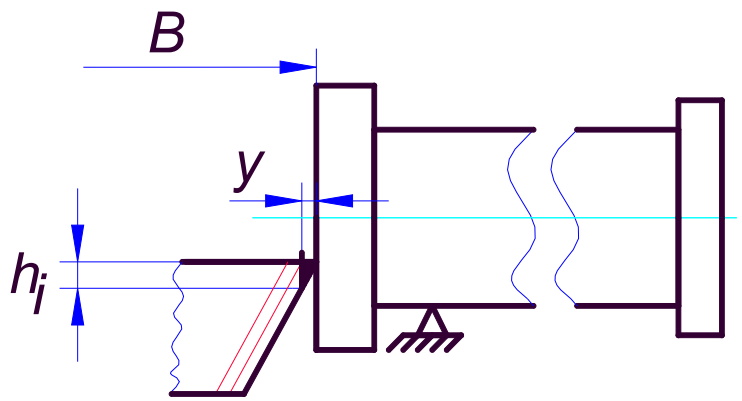
Износ и стойкость резцов при точении

Цель работы: изучить характер и закономерности износа резцов в зависимости от времени работы. Определить оптимальный износ резца по задней поверхности, при котором общая (суммарная) стойкость будет наибольшей. Определить соответствующую этому износу оптимальную стойкость резца.

Практическая задача: определить величину оптимального износа и соответствующую этому износу стойкость резца.

Исходные данные:
токарно-винторезный станок 16К20;
n_{min}=12,5 мин$^{-1}$, n_{max}=1600 мин$^{-1}$;
S_{min}=0,05 мм/об, S_{max}=2,8 мм/об;
заготовка: чугун СЧ15, НВ 140..160, D=100 мм;
инструмент: резец специальный проходной отогнутый, с механическим креплением пластин, режущая часть Р6М5;
измерительный инструмент: штенген-циркуль, лупа Бренеля.

Схема измерения износа.



Расчет базового режима

t=1 мм – глубина резания; S=0.3мм/об – подача;
m=0.3, x_v=0.15, y_v=0.3, Ku=1; Km=1.51 - коэффициенты
T=10 мин – время.

$$\mathbf{V_1} = \frac{24{,}7 \times \mathbf{Ku} \times \mathbf{Km}}{\mathbf{T^m} \times \mathbf{t^{x_v}} \times \mathbf{S^{y_v}}} \quad ; \qquad V_2=2V_1; \qquad V_3=3V_1;$$

$$\mathbf{n_1} = \frac{1000\mathbf{V_1}}{\boldsymbol{\pi} \times \mathbf{D}}; \qquad n_2=2n_1; \qquad n_3=3n_1.$$

V_1=26,825 м/мин; V_2=53,65 м/мин; V_3=80,475 м/мин
n_1=85,386 об/мин; n_2=170,772 об/мин; n_3=256,159 об/мин.

Протокол эксперимента

V, м/мин	Время работы резца T, мин			Износ h_3, мм	кол-во переточек	общ. срок службы
	фактическое	расчетное	суммарное			
26,8	0,8	0,8	0,8	0,1	46	36,8
	0,8	0,8	1,6	0,25	39	62,4
	1,6	1,6	3,2	0,4	34	108,8
	1,6	1,6	4,8	0,7	27	129,6
53,6	0,4	4	8,8	0,8	25	220
	0,4	4	12,8	1,1	21	268,8
	0,4	4	16,8	1,2	20	336
80,5	0,25	9,69	26,49	1,5	17	450,3
	0,25	9,69	36,18	2	14	506,52
	0,1	3,88	40,06	3,5	9	360,5

Определим расчетное время для 2-ой и 3-ей серии опытов.

$\mathbf{T_{p2}} = \mathbf{T_{ф2}} \times (\frac{\mathbf{V_2}}{\mathbf{V_1}})^{\frac{1}{\mathbf{m}}}$; $\mathbf{T_{p3}} = \mathbf{T_{ф3}} \times (\frac{\mathbf{V_3}}{\mathbf{V_1}})^{\frac{1}{\mathbf{m}}}$, глее $T_{ф2}$ и $T_{ф3}$ – соответственно фактическое

время для 2 и 3 серии опытов.

T_{p2} =4,032 мин $\qquad \mathbf{T_{p3}} = (\frac{9.735}{3.894})$ мин.

Определим количество переточек по формуле:

$\mathbf{k} = \frac{0.7\mathbf{B}}{\mathbf{h_3 tg\alpha} + \Delta}$, где B=15 мм – ширина пластинки;

$\alpha=15^0$ – главный задний угол; Δ=0,2 мм – допуск на заточку.

$$\mathbf{k} = \begin{pmatrix} 46.297 \\ 39.328 \\ 34.182 \\ 27.092 \\ 25.340 \\ 21.223 \\ 20.133 \\ 17.444 \\ 14.268 \\ 9.228 \end{pmatrix}$$

- количество перезаточек.

Построим графики зависимости износа резца от продолжительности его работы и общего срока службы от величины износа.

График зависимости $h_з$ от T

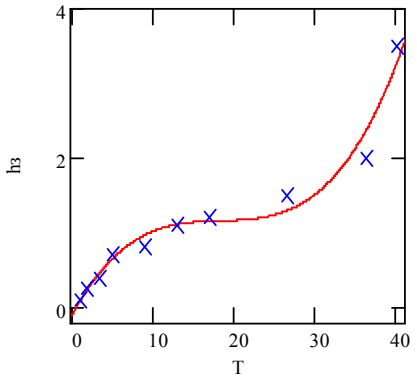
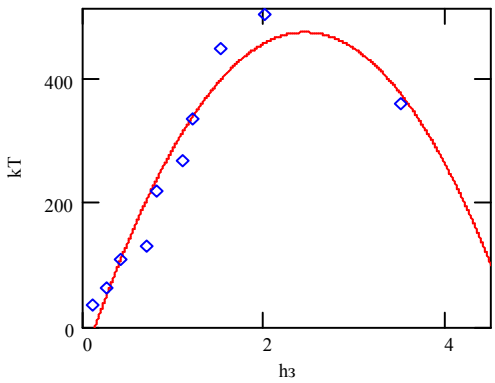


График зависимости кT от $h_з$



По графикам кТ=f($h_з$) и $h_з$= f(T) определили, что **величина оптимального износа**

$$\mathbf{h_{з\ опт} = 2{,}448\ мм,}$$

а соответствующая оптимальная **стойкость**

$$\mathbf{T_{орт} = 36{,}769\ мин.}$$

Лабораторная работа №6

Силы резания при точении

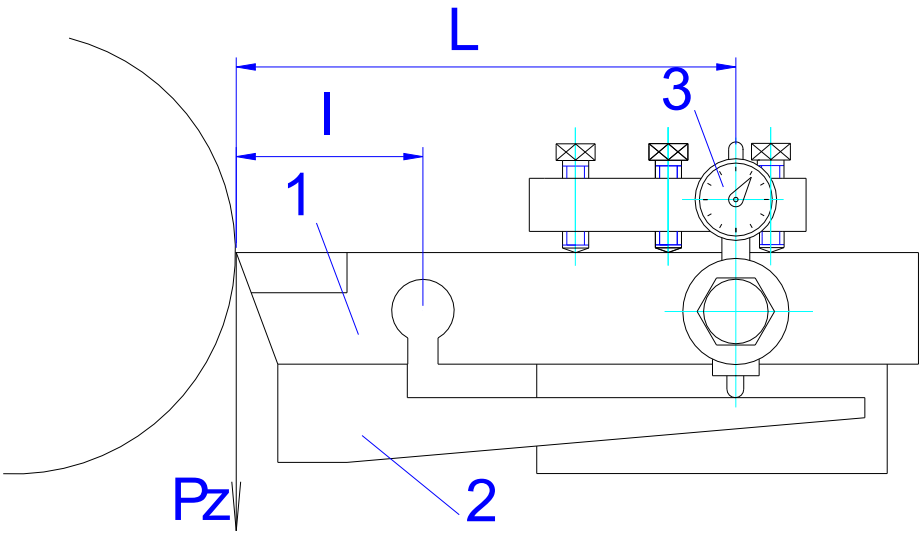
Цель: освоить методику экспериментальных исследований силовых зависимостей при точении.

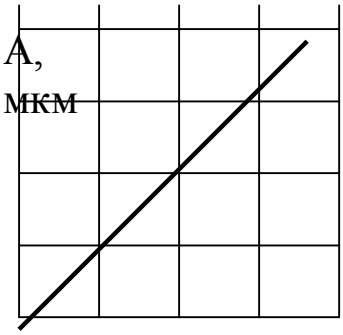
Практическая задача: получить эмпирическую формулу вида $P = \frac{C_{P_Z} \times t^{x_{PZ}} \times S^{y_{PZ}}}{V^{z_{PZ}}}$, т.е. определить конкретные значения x_{pz}, y_{pz}, z_{pz}, C_{pz}.

Исходные данные:

токарно-винторезный станок 16К20;
n_{min}=12,5 мин$^{-1}$, n_{max}=1600 мин$^{-1}$;
S_{min}=0,05 мм/об, S_{max}=2,8 мм/об;
заготовка: сталь 45, НВ 190, D=50 мм;
инструмент: резец проходной отогнутый с МНП (Т5К10)

Схема рычажного динамометра.





Тарировочный график

150

100

50

0

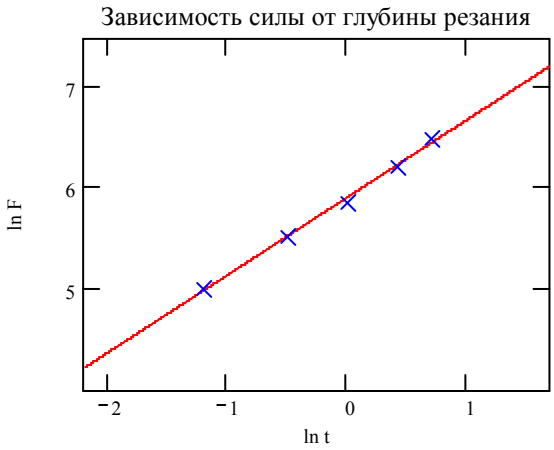
150 300 450 P,H

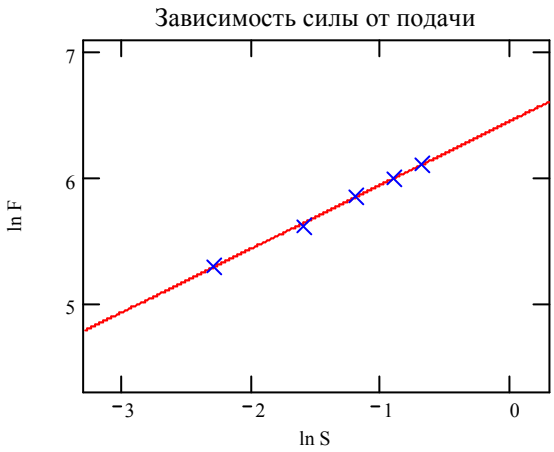
Протокол испытаний.

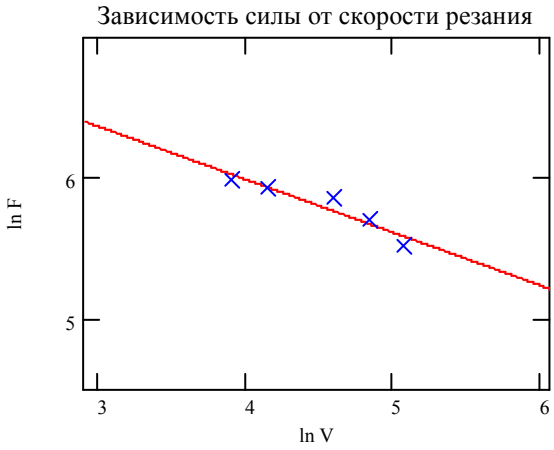
№ опыта	№ серии	режимы резания				показан. прибора	сила резания P_z, Н
		t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, $мин^{-1}$		
1	1	0,3	0,3	98,9	630	3	150
	2	0,6				5	250
	3	1,0				7	350
	4	1,5				10	500
	5	2,0				13	650
2	1	1,0	0,1	98,9	630	4	200
	2		0,2			5,5	275

	3		0,3			7	350
	4		0,4			8	400
	5		0,5			9	450
3	1	1,0	0,3	49,5	315	8	400
	2			62,8	400	705	375
	3			98,9	630	7	350
	4			125,6	800	6	300
	5			157	1000	5	250

По результатам проведенных испытаний построим графики зависимости силы резания от скорости, подачи и глубины резания.







Графики зависимости представляют собой прямые, тангенсы углов наклона которых соответственно равны

x_{pz}=0.78 **y_{pz}=0.58** **z_{pz}=0.54**

С помощью полученных коэффициентов и экспериментальных данных определим коэффициент C_{pz} по формуле**:**

$$C_{Pz} = \frac{P_Z V^{Z_{PZ}}}{t^{X_{PZ}} S^{Y_{PZ}}}.$$

C_{PZ1}=8359, C_{PZ2}=8409, C_{PZ3}=8005.

$$C_{Pz} = \frac{C_{Pz1} + C_{Pz2} + C_{Pz3}}{3} = \mathbf{8258.}$$

Следовательно, искомая эмпирическая формула имеет вид:

$$P = \frac{8258 \times t^{0.78} \times S^{0.58}}{V^{0,54}}.$$

Вывод: сила резания прямопропорционально зависит от подачи и глубины резания, и обратнопропорционально от скорости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аршинов В.А., Алексеев Г.А. Резание металлов и режущий инструмент. – М.: Машиностроение, 2008.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Т.2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 2008.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Т.2. Под ред. А.А. Малова . – М.: Машиностроение, 1972.
4. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. – М.: Машиностроение, 2007.
5. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 2. – М.: Машиностроение, 1967.
6. Справочник по обработке металлов резанием. Абрамов Ф.Н. и др. – К.: Техника, 1983.
7. Справочник нормировщика-машиностроителя: в 2 т./Под ред. Е.М. Стружестраха. – М.: ГОСИздат, 1961. – Т,2. – 892 с.