

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Методические указания

к лабораторным работам по курсам
«Теория резания» и «Резание материалов»
на темы «Исследование влияния режимных факторов
на пластические деформации при стружкообразовании»
и «Исследование сил резания при точении»
для студентов специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения» и
1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»
дневной и заочной форм обучения

Брест 2015

УДК 621.002 (075.8)

В методических указаниях изложены методики исследования влияния различных факторов на пластические деформации при стружкообразовании и силы резания. Методические указания предназначены для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной и заочной форм обучения.

Составители: А.В. Драган, к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения»
В.А. Сокол, ст. преп. кафедры «Технология машиностроения»
А.Н. Парфиевич, ст. преп. кафедры «Технология машиностроения»

Рецензент: Н.И. Усов, инженер по стандартизации и сертификации I-й категории
СП ОАО «Брестгазоаппарат»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМНЫХ ФАКТОРОВ НА ПЛАСТИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ СТРУЖКООБРАЗОВАНИИ

Цель работы: знакомство со способами измерения усадки стружки. Изучение методики расчёта физических параметров процесса резания. Выявление характера зависимости пластических деформаций металлов от условий резания.

Инструменты и принадлежности: токарно-винторезный станок «Куссон», комплект токарных резцов, обрабатываемая деталь, микрометр МК25 ГОСТ 6507-90.

Основные положения

Известно, что при превращении срезаемого слоя в стружку в результате пластических деформаций размеры стружки по длине, толщине и ширине (рисунок 1) отличаются от размеров срезаемого слоя, из которого стружка образовалась. Изменение размеров стружки по сравнению с размерами срезаемого слоя при стружкообразовании называется **усадкой стружки**.

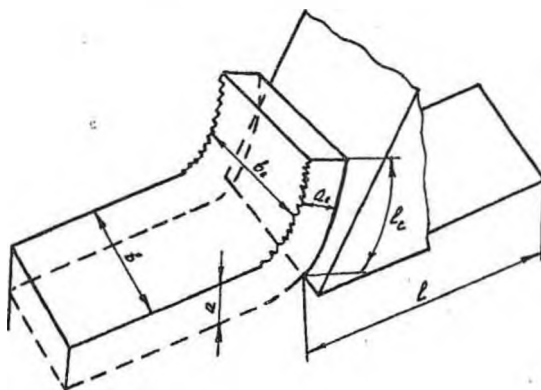


Рисунок 1 – Размеры срезаемого слоя и стружки

Величина усадки характеризуется тремя коэффициентами изменения формы: коэффициентом укорочения K_l , коэффициентом утолщения K_a и коэффициентом уширения K_b :

$$K_l = \frac{l}{l_c}; K_a = \frac{a_c}{a}; K_b = \frac{b_c}{b}; \quad (1)$$

где l, a, b – длина, толщина и ширина срезаемого слоя;

l_c, a_c, b_c – длина, толщина и ширина стружки.

Коэффициенты показывают, во сколько раз размеры стружки по длине, толщине и ширине меньше или больше соответствующих размеров срезаемого слоя.

Так как объем стружки равен объему срезаемого слоя, то:

$$l \cdot a = l_c \cdot a_c \cdot b_c, \quad (2)$$

Поэтому

$$K_1 = K_b \cdot K_c, \quad (3)$$

В большинстве случаев при резании ширина срезаемого слоя b значительно превосходит его толщину. При этом пластические деформации стружкообразования носят характер простого сдвига, поэтому ширина стружки почти не отличается от ширины срезаемого слоя, т.е. $K_b \approx 1$. Тогда формулу (3) можно представить как:

$$K_1 = K_c, \quad (4)$$

Из приведенных выше коэффициентов изменения формы на практике чаще всего используют K_1 .

Коэффициент укорочения можно определить следующими основными способами:

– по длине стружки и срезаемого слоя в соответствии с зависимостью (1).

Длину стружки l_c измеряют по прирезцовой поверхности гибкой нитью посередине ее ширины. Потом нить прикладывают к линейке и измеряют ее длину (рисунок 2).

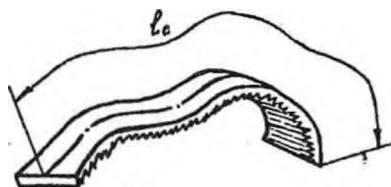


Рисунок 2 – Измерение длины стружки гибкой нитью

Длина срезаемого слоя l должна обеспечиваться автоматически. Например, при точении прорезают вдоль заготовки неглубокие пазы. Тогда длина срезаемого слоя будет равна длине дуги между пазами (рисунок 3):

$$l = \frac{\pi \cdot D \cdot \alpha}{360}, \quad (5)$$

где α – угол между пазами;

D – диаметр заготовки, мм.

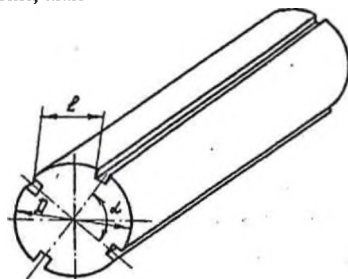


Рисунок 3 – Заготовка с пазами

Данный метод наиболее наглядный, позволяет определять K_1 в соответствии с его определением, однако не всегда удобен при получении тонкой завитой стружки.

— по толщине стружки.

При определении K_1 по толщине стружки используют зависимость (3) и допущение, что $K_b \approx 1$, т.е.:

$$K_1 \approx K_a = \frac{a_c}{a}, \quad (6)$$

Толщина стружки a_c измеряется микрометром, а толщина срезаемого слоя a — из выражения:

$$a = S \cdot \sin \varphi, \quad (7)$$

где S — подача, мм/об;

φ — главный угол в плане инструмента.

Достоинством данного метода является очевидная простота измерений, однако, его точность связана с величиной K_b , которая иногда может отличаться от единицы, что приводит к возникновению погрешности. Кроме того, при получении суставчатой стружки погрешность может возникнуть из-за того, что измеренная величина a_c не учитывает сплошность стружки.

— весовой метод.

Этот метод базируется на том, что объем V , а, следовательно, и масса m срезаемого слоя и полученной при этом стружки равны:

$$V = l \cdot a \cdot b = l_c \cdot a_c \cdot b_c, \quad (8)$$

$$m = V \cdot \rho, \quad (9)$$

где ρ — плотность обрабатываемого материала.

Тогда $m = l \cdot a \cdot b \cdot \rho$, откуда

$$l = \frac{m}{a \cdot b \cdot \rho}, \quad (10)$$

а K_1 в соответствии с зависимостью (1):

$$K_1 = \frac{m}{l_c \cdot a \cdot b \cdot \rho}, \quad (11)$$

Учитывая (7) и то, что $b = t/\sin \varphi$, получим:

$$K_1 = \frac{m}{l_c \cdot S \cdot t \cdot \rho}, \quad (12)$$

где t — глубина резания.

Масса кусочка стружки определяется на лабораторных весах, длина — с помощью гибкой нити по прирезцовой поверхности.

Данный метод наиболее совершенный, он позволяет избежать погрешностей, вносимых при использовании второго метода, не требует определения длины срезаемого слоя l , но не лишен недостатков первого метода, связанных с определением длины тонкой или завитой стружки.

Следует отметить, что коэффициенты, определяющие усадку стружки, сами по себе не могут полностью охарактеризовать пластические деформации стружкообразования, поскольку усадка – это лишь отображение деформаций, их результат. Примером тому может служить тот случай, когда $K_1 = 1$, при котором пластические деформации все же происходят, о чем свидетельствует наличие текстуры на стружке.

Однако, зная коэффициенты усадки стружки, геометрию режущего инструмента и, принимая допущение о том, что пластические деформации при стружкообразовании являются плоскими и представляют собой простой сдвиг, можно рассчитать такие важные физические параметры процесса резания, как угол и скорость сдвига, величину относительного сдвига, угол текстуры стружки и коэффициент трения на передней поверхности.

Угол сдвига:

$$\beta = \arctg \frac{\cos \gamma}{K_1 - \sin \gamma}, \quad (13)$$

где γ – передний угол инструмента.

Относительный сдвиг:

$$\varepsilon = \frac{K_1^2 - 2 \cdot K_1 \cdot \sin \gamma + 1}{K_1 \cdot \cos \gamma}, \quad (14)$$

Скорость сдвига:

$$v_s = v \cdot \frac{\cos \gamma}{\cos(\beta - \gamma)}, \quad (15)$$

где v – скорость резания, м/мин.

Угол текстуры стружки:

$$\psi = \arctg \frac{2}{\varepsilon + \sqrt{\varepsilon^2 + 4}}, \quad (16)$$

Коэффициент трения на передней поверхности инструмента:

$$\mu = \operatorname{ctg}(2 \cdot \beta - \gamma), \quad (17)$$

Методические указания

При увеличении переднего угла лезвия γ коэффициент укорочения стружки уменьшается. Это подтверждается рядом исследований, которые показывают, что при увеличении переднего угла лезвия уменьшается трение стружки о переднюю поверхность инструмента, что в свою очередь приводит к увеличению угла сдвига β . Известно, что чем больше угол β , тем меньше коэффициент укорочения стружки.

По этой же причине применение смазочно-охлаждающей жидкости также приводит к уменьшению усадки стружки.

Чем больше толщина срезаемого слоя металла, тем меньше коэффициент укорочения стружки, что также связано с изменением угла β .

Глубина резания t не оказывает влияния на коэффициент укорочения стружки.

С увеличением скорости резания происходит немонотонное изменение укорочения стружки. Такой немонотонный характер изменения K_1 объясняется изменением размеров нароста. Минимальный коэффициент укорочения стружки соответствует наибольшему размеру нароста.

Порядок выполнения работы

Экспериментальная часть лабораторной работы заключается в исследовании влияния скорости резания, подачи, глубины резания и переднего угла на коэффициент укорочения стружки K_1 . Изучение характера зависимости физических параметров от режимных параметров проводится методом однофакторного планирования эксперимента. При этом осуществляется 4 серии измерений, в каждой из которых переменным является лишь один исследуемый фактор.

В каждой серии необходимо провести не менее 3-4 экспериментов с различными значениями варьируемых факторов. Рекомендуемые интервалы варьирования:

$v - 50; 100; 150; 200$ м/мин

$S - 0,05; 0,1; 0,2; 0,3$ мм/об

$t - 0,5; 1; 2; 3$ мм

$\gamma - -10^\circ; 0^\circ; +10^\circ$

При проведении каждого из экспериментов устанавливают требуемые величины подачи, частоту вращения заготовки, глубину резания и резец с необходимым передним углом. Включают станок и отбирают образец стружки при установившемся процессе резания. Затем определяют коэффициент укорочения стружки одним из методов. Рассчитывают физические параметры процесса резания по приведенным выше формулам и заносят все исходные данные и результаты расчетов в таблицу 1.

По полученным расчетным данным строят графики зависимостей исследуемых характеристик пластических деформаций от режимов резания и переднего угла инструмента $K_1(v, S, t, \gamma)$, $\varepsilon(v, S, t, \gamma)$, $\psi(v, S, t, \gamma)$, $\beta(v, S, t, \gamma)$, $\mu(v, S, t, \gamma)$.

Содержание отчёта

1. Тему и цель лабораторной работы.
2. Перечень оборудования, инструментов и принадлежностей.
3. Формулы для расчета физических параметров.
4. Таблицу с исходными и расчётными данными.
5. Графики зависимости физических параметров процесса резания от режимов резания и геометрии инструмента.
6. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Какой вид деформации наблюдается при стружкообразовании?
2. Что такое усадка стружки?
3. Какими коэффициентами характеризуется усадка стружки?
4. Какие существуют методы определения коэффициента укорочения стружки?
5. Объяснить характер зависимости физических параметров процесса резания от изменения глубины резания t , подачи S , скорости резания v и переднего угла инструмента γ .

Таблица 1 – Результаты измерений и расчётов

N ш/п	Исходные данные						Результаты измерений *		Результаты расчётов					
	D, мм	n, мин ⁻¹	v, м/мин	S, мм/об	t, мм	γ , °	d, мм	d _с , мм	K _t	β , °	ϵ	v _{ср} , м/мин	ψ , °	μ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														

- * – название и содержание столбцов 8 и 9 зависят от выбранного метода получения K_t. В данном случае – по толщине стружки. Для метода «по длине стружки» – l и l_с. Для массового метода – m и l_с.
- в каждой серии эксперимента получить не менее 3 образцов стружки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

Цель работы: 1. Изучить принципы и методики измерения сил, действующих в процессе резания.

2. Исследовать основные закономерности влияния режимов резания на силы, возникающие при резании.

3. Освоить методику обработки экспериментальных данных и вывести эмпирические формулы зависимости сил резания от элементов режима резания.

Инструменты и принадлежности: токарно-винторезный станок «Куссон», токарный резец, заготовка, измерительный комплекс, динамометр СУРП-600, измерительные принадлежности.

Основные положения.

В процессе резания на лезвие инструмента действуют силы сопротивления его перемещению по траектории относительного рабочего движения. Результирующая этих сил называется силой резания. Силы сопротивления рабочему движению лезвия не стабильны: их значения могут колебаться на $\pm(5...10)\%$ от средней величины. По тем же причинам нестабильно и направление действия силы резания, которое изменяется одновременно с текущим значением силы резания.

Источники возникновения сил резания:

1) сопротивление обрабатываемого материала упругим и пластическим деформациям при стружкообразовании;

2) сопротивление пластически деформированных металлов разрушению в местах возникновения новых поверхностей;

3) силы трения между сходящей стружкой и передней поверхностью инструмента, а также между задней поверхностью и поверхностью резания;

4) упругое восстановление деформированной поверхности резания в результате возможного распространения деформаций зоны стружкообразования ниже линии среза, а также из-за наличия радиуса округления режущего лезвия резца.

Взаимодействие режущего инструмента с обрабатываемым материалом осуществляется через контактные площадки, расположенные на передней и задней поверхностях лезвия. Обрабатываемый материал, оказывая сопротивление рабочему движению инструмента, воздействует на контактные площадки неравномерно распределенной нагрузкой p . Закон распределения давления p по передней поверхности показан на рисунке 4. Наибольшее давление p_{max} действует вблизи главной режущей кромки (точка 1). По мере удаления от нее давление p убывает, и в точке 2, в которой прекращается контакт сбегающей стружки с лезвием, давление $p = 0$. Ширина 1-2 контактной площадки при обработке хрупких металлов, например чугуна, равна или не намного больше толщины срезаемого слоя. При обработке пластичных металлов ширина контактной площадки в 1,5...3 раза больше толщины срезаемого слоя.

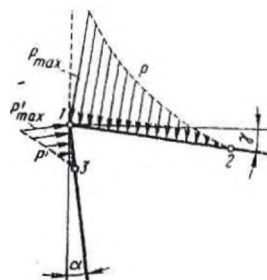


Рисунок 4 – Распределение давления на передней и задней поверхностях лезвия резца

На заднюю поверхность лезвия также действует неравномерно распределенная нагрузка p' , максимальное значение которой наблюдается у главной задней кромки и уменьшается до нуля в точке 3 прекращения контакта задней поверхности лезвия с поверхностью резания и обработанной поверхностью на заготовке (рисунок 4). Такие закономерности распределения давления поперек передней и задней контактных поверхностей лезвия сохраняются вдоль всей ширины срезаемого слоя b .

Заменяя распределённую нагрузку сосредоточенными силами, получим систему сил, возникающих при свободном резании (рисунок 5, а). На переднюю поверхность резца давит стружка с силой R_n , которая является равнодействующей нормальной силы N_n и силы трения стружки о переднюю поверхность F_n , т.е. $R_n = N_n + F_n$. В то же время на заднюю поверхность резца вблизи режущей кромки действует нормальная сила упругого противодействия обрабатываемого материала N_z и сила трения о заднюю поверхность инструмента F_z . Они дают результирующую силу R_z . Так как задний угол α мал, а при наличии площадки износа на некотором участке задней поверхности он равен нулю, в расчетной схеме принимаем направление сил F_z и N_z , как показано на рисунке 5, б, т.е. направление F_z противоположно вектору скорости резания v . Для осуществления процесса резания или сохранения равновесия резца к нему извне должна быть приложена сила, равная по величине и противоположная по направлению силе $R = R_n + R_z$ (рисунок 5, в).

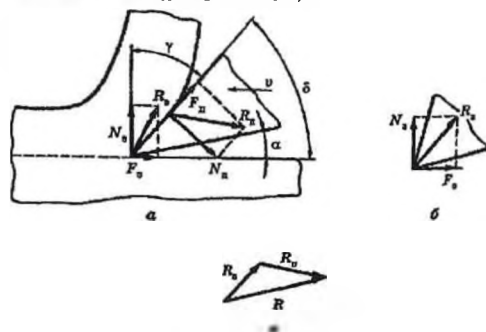


Рисунок 5 – Система сил, действующих при свободном резании

В общем случае вектор результирующей силы R в зависимости от комплекса условий резания имеет различные значения и направления действия. Для решения ряда теоретических и практических задач, например для определения мощности, затрачиваемой на резание, крутящего момента, прогиба и точности диаметра при обработке нежёстких валов требуется знание, как значения, так и направления её действия.

Рассмотренные силы можно рассчитать теоретически, на основе теории пластичности и теории упругости. Теоретические уравнения сложны и предполагают ряд допущений, что снижает точность расчётов. Поэтому на практике чаще всего силы определяют экспериментальным путём, производя измерение сил в определённых направлениях.

Вектор равнодействующей силы R может быть спроецирован на оси x , y и z в пространственной декартовой координатной системе xuz . В резании металлов приняты следующие принципы ориентации системы координат. Начало системы координат принято совмещать с вершиной резца, установленной на высоте оси вращения заготовки. Ось x располагается горизонтально, параллельно оси вращения обрабатываемой заготовки. Ось y горизонтальна и перпендикулярна оси вращения заготовки (параллельно оси y обычно располагают геометрическую ось державки резца). Ось z вертикальна и направлена вниз.

В условиях несвободного резания при точении равнодействующую силу R раскладывают на 3 составляющих (рисунок 6):

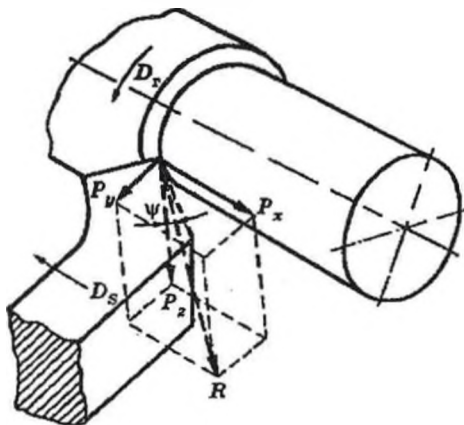


Рисунок 6 – Разложение силы резания при точении

P_x – осевая составляющая – равна сопротивлению обрабатываемого металла презанию резца в направлении подачи S и действующих в этом направлении сил трения. Значение осевой составляющей P_x необходимо знать при расчетах на прочность опор шпинделя и механизма подачи станка.

P_y – радиальная составляющая силы резания – направлена по радиусу к траектории главного движения резания, изгибает обрабатываемую заготовку в горизонтальной плоскости, что может служить причиной снижения точности об-

работки длинных заготовок, а также вызывает нежелательные вибрации. Силу P_y принимают за основу при определении прогиба детали, прочности и жёсткости элементов станка.

P_z – вертикальная (главная) составляющая силы резания – действует в направлении скорости главного движения. Равна суммарному действию сил сопротивления металла срезаемого слоя пластической деформации стружкообразования, изгиба стружки и сил трения, действующих в данном направлении. По P_z производят расчёты прочности и жёсткости резца, а также мощности, необходимой на осуществление резания.

Конструкции приборов для измерения сил резания весьма разнообразны, однако все они изготовлены по одной принципиальной схеме – измерение малых линейных перемещений или деформаций инструмента по направлению действия составляющих силы резания.

Одним из наиболее простых и надёжных методов измерения сил резания является тензометрирование. В нашем случае в качестве первичных измерительных преобразователей для измерения сил резания используются тензометрические резисторы с номинальным сопротивлением 100 Ом.

В основе принципа действия тензорезисторов лежит явление тензоэффекта, заключающееся в изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников при их механической деформации. Сопротивление R резистора, выполненного в виде проволоки длиной l , определяется известным выражением.

$$R = \rho \cdot l / S, \quad (18)$$

где ρ – удельное сопротивление материала проволоки;

S – площадь поперечного сечения проволоки.

Устройство наиболее распространённого типа наклеиваемого проволочного тензорезистора изображено на рисунке 7. На полоску тонкой бумаги или лаковой плёнки 1 наклеивается так называемая решётка из зигзагообразно уложенной тонкой проволоки 2 диаметром 0,02-0,05 мм. К концам проволоки присоединяются (пайкой или сваркой) выводные медные проводники 3. После высыхания слоя клея сверху преобразователь покрывается защитным слоем лака 4. Если такой преобразователь наклеить на поверхность испытуемой детали, то он будет воспринимать деформации её поверхностного слоя. Измерительной базой преобразователя является длина детали, занимаемая проволокой.

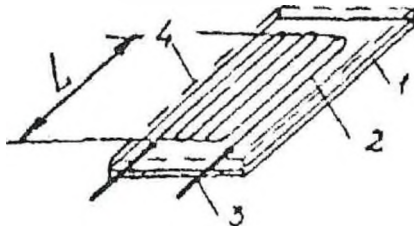


Рисунок 7 – Устройство проволочного тензорезистора

Данные измерительные преобразователи установлены в универсальном деформомере СУРП-600 (рисунок 8, а).

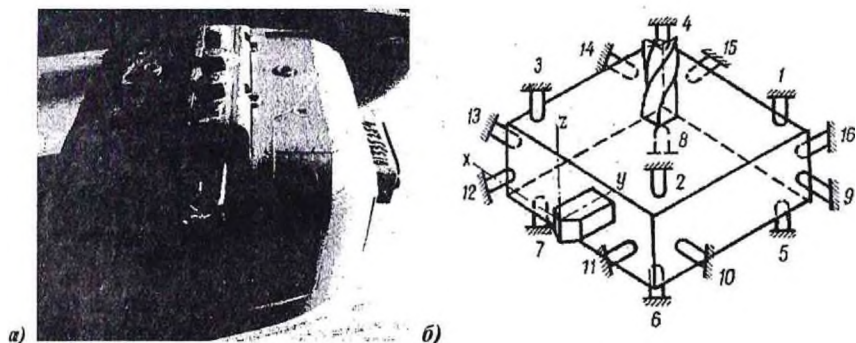


Рисунок 8 – Общий вид и принципиальная схема универсального динамометра СУИР-600

Он позволяет измерять составляющие силы резания при точении, фрезеровании, шлифовании, осевую силу и крутящий момент при сверлении, зенкеровании, развертывании, нарезании резьбы метчиком, и рассчитан на максимальное значение P_z , равное 6 кН.

Принципиальная схема динамометра изображена на рисунке 8, б. Основой его является квадратная пластина, установленная в корпусе динамометра на упругих опорах 1...16, на которых наклеены тензометрические преобразователи. Опоры имеют трубчатую форму и обладают высокой жесткостью вдоль оси и малой жесткостью в направлении, перпендикулярном к оси (рисунок 9). На вертикальные опоры, воспринимающие силы, направленные по оси z , наклеено по одному преобразователю; на горизонтальные опоры, воспринимающие силы, действующие вдоль осей x и y , и крутящий момент, – по два. Первые преобразователи служат для измерения горизонтальных сил, а вторые – крутящего момента. Преобразователи соединены между собой таким образом, что сигнал на выходе измерительной схемы является алгебраической суммой реакции опор. Это обеспечивает независимость показаний динамометра от вылета резца. В результате деформаций датчиков происходит изменение их сопротивления и, соответственно, силы тока по каждому из трёх каналов, соответствующих составляющим силам резания P_z , P_y , P_x .

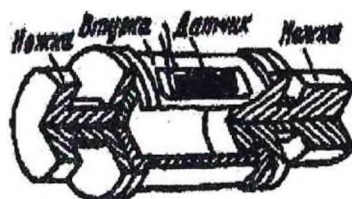


Рисунок 9 – Схема конструкции опор

В качестве регистрирующего прибора, фиксирующего выходной сигнал используется аппаратно-программный комплекс ВИКМА-2 (рисунок 9).

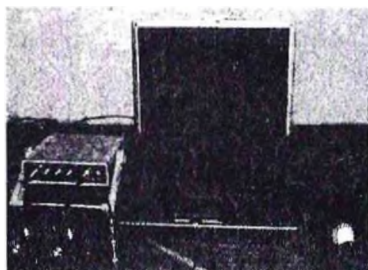
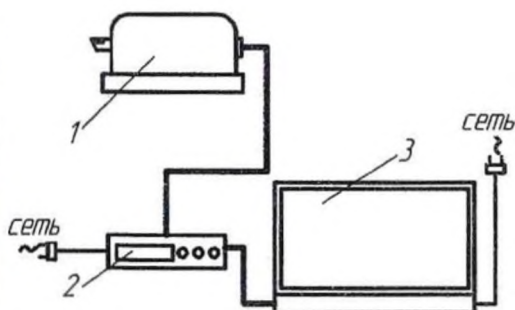


Рисунок 10 – Общий вид аппаратно-программного комплекса ВИКМА-2

Данный аппаратно-программный комплекс позволяет преобразовать измерительную информацию в цифровой вид, воспринимаемый ПЭВМ. Задачей последней в данном случае является обработка получаемой цифровой информации в соответствии с алгоритмами, заложенными при разработке программного обеспечения, а также управление аппаратными средствами в соответствии с командами, задаваемыми пользователем.



1 – универсальный динамометр СУРП-600; 2 – измерительное устройство; 3 – компьютер

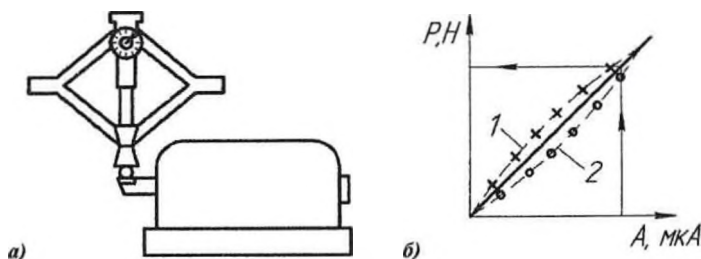
Рисунок 11 – Общий вид подключения измерительных средств к аппаратно-программному комплексу и принципиальная схема подключения:

Независимо от компоновки используемого прибора измеряются фактически не силы, а характеристики тока, изменение которых происходит из-за возникновения этих сил. Поэтому должна быть предусмотрена процедура тарирования, которая заключается в установлении зависимости изменения величины силы тока от действующей на резец нагрузки.

Тарирование следует производить на тарировочном стенде в следующей последовательности:

- 1) установить динамометр на тарировочный стенд;
- 2) подготовить динамометр к работе согласно инструкции;
- 3) нагрузить динамометр эталонной нагрузкой отдельно по каждой измеряемой составляющей силы резания (рисунок 12, а) и зафиксировать показания динамометра по этой же составляющей.

В пределах диапазона измерения динамометра дают 3...4 различных значения эталонной нагрузки. По данным тарирования строят тарировочные графики (рисунок 12, б).



а – схема нагружения, б – тарировочный график;

1 – нагрузка; 2 – разгрузки

Рисунок 12 – Схема тарировки динамометра СУРП-600

Тарировочные графики динамометра строят в следующих координатах: по горизонтали откладывают показания динамометра в единицах отсчетного прибора А (мкА), а по вертикали – величину действующей составляющей силы резания Р (Н). Данная зависимость выражается, как правило, линейной функцией:

$$P = K A, \quad (19)$$

где К – тарировочный коэффициент, равный тангенсу угла наклона прямой тарировочного графика.

Методические указания

Проведение эксперимента для определения составляющих силы резания в каждом конкретном случае экономически и технически нецелесообразно. Поэтому на основе результатов экспериментальных исследований, накопленных за годы развития теории резания, выведены эмпирические формулы для расчета составляющих силы резания. Например, при точении они имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} P_z &= C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot v^{-z_{P_z}}, \\ P_f &= C_{P_f} \cdot t^{x_{P_f}} \cdot S^{y_{P_f}} \cdot v^{-z_{P_f}}, \\ P_x &= C_{P_x} \cdot t^{x_{P_x}} \cdot S^{y_{P_x}} \cdot v^{-z_{P_x}}. \end{aligned} \quad (20)$$

где C_{P_z} , C_{P_f} , C_{P_x} – постоянные множители, зависящие от свойств обрабатываемого материала и условий обработки;

x_{P_z} , y_{P_z} , z_{P_z} , ..., z_{P_x} – показатели степени, величины которых показывают, насколько тот или иной режим резания влияет на составляющую силы резания.

Наиболее существенно на силу резания влияет глубина резания t , определяющая ширину срезаемого слоя. Это происходит потому, что с её увеличением в одинаковой мере возрастает объем срезаемого материала.

пению пластических деформаций. Поскольку температура, а значит и коэффициент трения стружки о переднюю поверхность, слабо зависят от ширины среза, то можно считать, что рост силы резания пропорционален увеличению глубины резания, т.е. X_p приблизительно равен единице.

С увеличением подачи S пропорционально возрастает толщина срезаемого слоя. Это вызывает увеличение нагрузки на единицу длины режущего лезвия. В связи с этим увеличивается температура резания, что приводит к уменьшению сил трения. Кроме того, пластические деформации и напряжения распределяются по толщине стружки неравномерно. Они значительно больше в слоях, прилегающих к передней поверхности. Тогда увеличение толщины среза приводит к относительному уменьшению слоя с максимальными деформациями. Поэтому показатель степени Y_p в формуле (19) меньше единицы.

Изменение скорости резания приводит к соответствующему изменению степени деформации, температуры и коэффициента трения. Поэтому увеличение скорости резания, как правило, снижает, силу. При обработке материалов, склонных к наростообразованию, зависимость силы резания от скорости, может иметь и немонотонный характер.

Порядок выполнения работы

В лабораторной работе предусматривается проведение экспериментальных исследований зависимости составляющих силы резания от режимов: глубины резания t , подачи S , и скорости резания v .

На основе полученных экспериментальных данных необходимо получить эмпирические формулы вида (20).

Для выполнения работы предлагается следующий порядок действий:

1. Изучить конструкцию и работу измерительных средств. Зарисовать в отчёте схему измерений.
2. Для выявления зависимости составляющих силы резания от режимных параметров необходимо провести три серии экспериментов:
 - в первой серии опытов определяется зависимость составляющих силы резания от глубины t при неизменных величинах подачи и скорости резания;
 - во второй – зависимость составляющих силы резания от подачи S при других неизменных параметрах;
 - в третьей – зависимость составляющих силы резания от скорости v при неизменных величинах подачи и глубины резания.

Для этого предварительно необходимо определить режимы, при которых будут производиться измерения, и занести их в таблицу 2.

3. Провести тарирование и полученные значения сил для каждого из режимов занести в таблицу.

4. Построить графики зависимости $P_z(t, S, v)$, $P_y(t, S, v)$, $P_x(t, S, v)$.

5. Вывести эмпирические формулы для расчета составляющих силы резания P_z , P_y , P_x . Для этого можно использовать графоаналитический метод, с помощью которого необходимо определить показатель степени и постоянные множители:

– построить в двойной логарифмической системе координат графики зависимости составляющих силы резания от элементов режимов резания (для главной составляющей пример на рисунке 12). Построенные точки на графике необходимо аппроксимировать линейной зависимостью. Тангенсы углов наклона полученных прямых представляют собой показатели степени при соответствующем режимном параметре в эмпирической формуле (22);

$$\begin{aligned} X_{P_z} &= \operatorname{tg} \varphi_t, \\ Y_{P_z} &= \operatorname{tg} \varphi_s, \\ Z_{P_z} &= \operatorname{tg} \varphi_v. \end{aligned} \quad (21)$$

Показатели степени для других составляющих силы резания определяются аналогично.

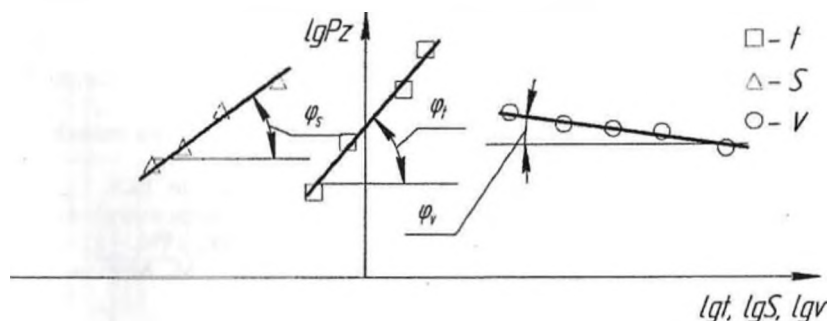


Рисунок 12 – Графики зависимости главной составляющей силы резания от режимных параметров в двойной логарифмической системе координат

– величины постоянных множителей определяют по известным исходным и экспериментальным и полученным показателям степени методом средних:

$$C_{P_z} = \frac{P_{z1}}{t_1^{X_{P_z}} \cdot S_1^{Y_{P_z}} \cdot v_1^{Z_{P_z}}} + \frac{P_{z2}}{t_2^{X_{P_z}} \cdot S_2^{Y_{P_z}} \cdot v_2^{Z_{P_z}}} + \dots + \frac{P_{zn}}{t_n^{X_{P_z}} \cdot S_n^{Y_{P_z}} \cdot v_n^{Z_{P_z}}} \quad (22)$$

где n – количество произведённых измерений.

Постоянные множители для других составляющих силы резания определяются аналогично.

6. Проанализировать полученные эмпирические формулы и сформулировать вывод.

Содержание отчёта

1. Название, цель работы, оборудование, инструменты принадлежности.
2. Схема измерительной установки.
3. Таблица с исходными данными и результатами измерений.
4. Графики зависимостей составляющих силы резания от режимов резания в натуральной и двойной логарифмической системах координат.

5. Расчеты показателей степени и постоянных множителей в эмпирических формулах.
6. Эмпирические формулы в окончательном виде.
7. Заключение.

Контрольные вопросы

1. Перечислите факторы, влияющие на возникновение сил при резании.
2. Назовите составляющие силы резания.
3. Устройство и принцип действия динамометра СУРП-600
4. Зачем выполняется процедура тарирования?
5. Объяснить характер зависимости сил резания от изменения глубины резания t , подачи S , скорости резания v .

Список использованных источников

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. - М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
2. Коженкова Т.И., Фельдштейн Е.Э. Лабораторные работы по резанию металлов. – Минск: Высшая школа, 1985. – 176 с.
3. Ящерицын П.И. и др. Теория резания – Мн.: Новое знание, 2006.
4. Ящерицын П.И. и др. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учеб. для вузов. – Мн.: Выш. шк., 1990. – 512 с.
5. Г.И. Грановский, В.Г. Грановский Резание металлов. – М.: Машиностроение, 1985.

Таблица 2 – Исходные данные и результаты измерений

№ п.п	Исследуемый режим	D, мм	n, мин ⁻¹	Режимы обработки			Составляющие силы резания					
				L, мм	S, мм/об	V, м/мин	A _x , мкА	P _x , Н	A _y , мкА	P _y , Н	A _z , мкА	P _z , Н
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Глубина резания t											
2												
3												
4												
5	Поддача S											
6												
7												
8												
9	Скорость резания v											
10												
11												
12												

Учебное издание

Составители:

Александр Вячеславович Драган

Виктор Александрович Сокол

Андрей Николаевич Парфиевич

Методические указания

к лабораторным работам по курсам
«Теория резания» и «Резание материалов»
на темы «Исследование влияния режимных факторов
на пластические деформации при стружкообразовании»
и «Исследование сил резания при точении»
для студентов специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения» и
1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»
дневной и заочной форм обучения

Текст печатается в авторской редакции

Ответственный за выпуск: Сокол В.А.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.

Подписано к печати 16.03.2015 г. Формат 60х84 ¹/₁₆. Гарнитура Times New Roman.
Бумага «Performer». Усл. п. л. 1,16. Уч. изд. 1,25. Заказ № 304. Тираж 50 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.