

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра машиностроения и транспорта

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

« _____ » декабря 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МИКРОКОНТАКТНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

Б1.В.ДВ.07.01

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

**15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств**

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Технология машиностроения

Программа прикладного бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	5
4.3 Лабораторные работы.....	18
4.4 Семинары / практические занятия.....	18
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	18
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	19
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	20
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	20
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20
9.1 Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.....	21
9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта (курсовой работы), контрольной работы, РГР, реферата	22
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	23
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	23
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	24
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	27
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	28
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	29

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является – получение обучающимися представления об основах теории пластического деформирования при превращении срезаемого слоя в стружку, образования и формирования обработанной поверхности; трения, контактного взаимодействия, изнашивания и затупления.

Задачами изучения дисциплины являются:

- развитие способности использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий, осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов для их реализации.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	знать: - основные закономерности, действующие в процессе изготовления изделий машиностроения; уметь: - использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда; владеть: - навыками использования основных закономерностей в процессе изготовления изделий машиностроения.
ПК - 16	способность осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов для их реализации	знать: - современные технологии, системы и средства машиностроительных производств; уметь: - совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий; владеть: - навыками участия в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	
1.	Процесс образования стружки	28	3	16	9
1.1	Состояние материала в зоне резания и виды образующихся стружек	7	2	-	5
1.2	Усадка стружки	21	1	16	4
2.	Образование нароста и состояние материала под поверхностью резания	32	3	20	9
2.1	Механизм образование нароста	16	2	10	4
2.2	Условия для существования нароста	16	1	10	5
3.	Износ режущих инструментов	33	4	20	9
3.1	Общие положения	6,5	0,5	4	2
3.2	Характер износа режущих инструментов	7	1	4	2
3.3	Механизм изнашивания режущего инструмента	7	1	4	2
3.4	Зависимость стойкости режущего инструмента от скорости резания и причины ее немонотонности	7	1	4	2
3.5	Основной закон стойкости	5,5	0,5	4	1
4.	Роль внешней среды при резании металлов	15	4	-	11
4.1	Действия внешних сред в зоне резания	2,5	0,5	-	2
4.2	Проникновение внешней среды на поверхности контакта режущего инструмента с обрабатываемым материалом	3	1	-	2
4.3	Способы и техника применения технологических сред при резании металлов	3	1	-	2
4.4	Способы активации СОЖ	3	1	-	2
4.5	Нетрадиционные способы подачи СОЖ в зону резания и новые технологические среды	3,5	0,5	-	3
	ИТОГО	108	14	56	38

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Раздел 1. Процесс образования стружки

Тема 1.1. Состояние материала в зоне резания и виды образующихся стружек (лекция-дискуссия – 2 час.)

Конкретная задача процесса резания заключается в образовании новой поверхности. Поскольку прочность обрабатываемого материала соизмерима с прочностью материала инструмента, для обеспечения работоспособности инструмента его приходится упрочнять путем увеличения угла заострения до 90° и более. При такой конфигурации инструмента весь срезаемый слой припуска подвергается пластической деформации и превращается в стружку, а сам процесс резания по существу становится процессом пластической деформации всего срезаемого слоя припуска на обработку.

В процессе механической обработки в зависимости от свойств обрабатываемого материала, геометрических параметров режущего инструмента и величины элементов режима резания могут образовываться различные по своему виду стружки. По внешнему виду и может быть бесчисленное множество, которое подразделяется на три основных вида: стружки скалывания, сливные и стружки надлома.

Посмотрите на рис.1.1., где представлена микрофотография корня стружки скалывания в главной секущей плоскости и на рис.1.2. с микрофотографией корня сливной стружки. Обратите внимание на то, что в стружке скалывания четко видны ее отдельные элементы. В сливной стружке на рис.1.2. отдельные элементы трудно различимы.

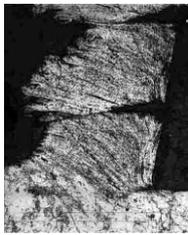


Рис. 1.1. Микрофотография корня стружки скалывания, полученного при резании коррозионнстойкой стали 12X18H10T.

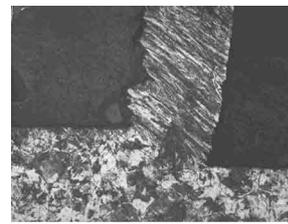


Рис. 1.2. Микрофотография корня сливной стружки, полученного при резании стали 40X.

Вид образующейся стружки зависит от многих факторов, таких как, например, свойства внешней среды, в которой осуществляется резание, величины переднего угла инструмента и других факторов.

При внимательном рассмотрении корня сливной стружки можно увидеть, что отдельные ее элементы, деформированы (вытянуты) в направлении, не совпадающем с положением плоскости скалывания, расположенной под углом β_1 . На рис.1.3. видно, что разрушение срезаемого слоя происходит по плоскости скалывания, а наибольшая пластическая деформация происходит в другом направлении, под углом к этой плоскости, под углом β_2 . Первое направление под углом β_1 принято называть направлением наибольших напряжений, второе направление под углом β_2 называют направлением наибольших деформаций.

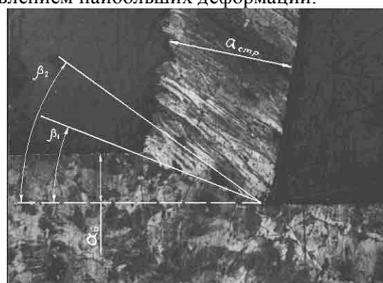


Рис.1.3. Микрофотография корня стружки, полученного при точении стали 45.

На фотографиях корней стружек можно видеть так же, что в прирезковой части стружки (особенно хорошо видно на рис.1.1.) деформация не имеет строго выраженного направления, прирезковые слои металла вытянуты в направлении, параллельном передней поверхности инструмента. Такая вторичная деформация срезаемого слоя происходит из-за сильного трения на передней поверхности, в зоне контакта ее с прирезковой поверхностью уже образовавшейся стружки.

При резании материалов средней пластичности на средних скоростях резания образуются стружки скалывания, при резании мягких пластичных материалов или тех же, но на больших скоростях резания образуются сливные стружки.

Процесс образования стружек скалывания происходит в описанной ниже последовательности (рис.1.4.).

Под действием силы P резец внедряется в обрабатываемый материал и производит смятие его в каком-то объеме. По мере перемещения резца длина площадки смятия $l_{см}$ увеличивается и на обрабатываемый материал, на его элементарный объем – элемент будущей стружки, действует все большая возрастающая сила. Увеличение этой силы идет до тех пор, пока не произойдет скалывание

элемента по плоскости 1-1 под углом β_1 . Эта плоскость называется плоскостью скалывания, а угол β_1 – углом скалывания.

Со стороны резца на элемент стружки действует сила $P_{см}$:

$$P_{см} = \sigma_{см} \cdot f_{см} = \sigma_{см} \cdot l_{см} \cdot b,$$

где $\sigma_{см}$ – предел прочности обрабатываемого материала на смятие,

b – ширина среза,

$l_{см}$ – длина площадки смятия.

Элемент удерживается силой $P_{ск}$:

$$P_{ск} = \tau_{ск} \cdot f_{ск} = \tau_{ск} \cdot l_{ск} \cdot b,$$

$$l_{ск} = \frac{a}{\sin \beta_1},$$

где $\tau_{ск}$ – предел прочности обрабатываемого материала на сдвиг (скалывание),

a – толщина среза.

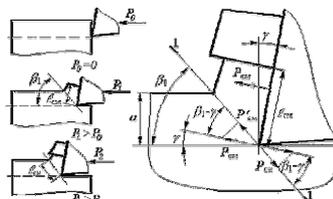


Рис. 1.4. Схема образования стружек скалывания.

Для скалывания элемента необходимо, чтобы:

$$P'_{см} = P_{см} \cdot \cos(\beta_1 - \gamma) \geq P_{ск},$$

$$\sigma_{см} \cdot l_{см} \cdot b \cdot \cos(\beta_1 - \gamma) = \tau_{ск} \cdot l_{ск} \cdot b,$$

$$l_{см} = \frac{\tau_{ск}}{\sigma_{см}} \cdot \frac{a}{\sin \beta_1} \cdot \frac{1}{\cos(\beta_1 - \gamma)}.$$

Отсюда видно, что размеры скалываемых элементов зависят от физико-механических свойств обрабатываемого материала, толщины среза, величины переднего угла и угла скалывания, величина которого сильно зависит от свойств внешней среды, в которой осуществляется резание.

Периодический характер образования стружки вызывает колебания силы резания, что делает процесс резания динамически неустойчивым.

Признаком стружек скалывания является наличие различных на глаз крупных элементов. Скалывание элементов не приводит к разрушению металла, стружка представляет собой прочное тело из крепко соединенных друг с другом элементов.

Сливная стружка представляет собой сплошную ленту, в которой отдельные ее элементы не вооруженным глазом трудно различимы и не просматриваются. В отличие от процесса образования стружек скалывания, в сливных стружках деформация смятия происходит одновременно со сдвигом элементов. Как только произойдет его сдвиг, на плоскости сдвига металл упрочнится и элемент остановится, прекратит свое движение по плоскости скалывания. При остановке он снова сминается движущимся инструментом, площадка смятия у основания элемента увеличивается, сила $P_{сж}$ становится больше $P_{ск}$ и элемент вновь сдвигается. И так происходит в течение всего времени образования стружки. Процесс образования стружки здесь не заканчивается в зоне сдвига. При образовании сливных стружек процесс формирования их продолжается в течение всего времени движения по передней поверхности режущего инструмента.

При резании хрупких металлов образуются стружки надлома. Резец, внедряясь в металл, не сдвигает его, а сжимает и вырывает сжатый надломленный элемент. Разрушение идет по поверхности, произвольно охватывающей напряженную зону, поэтому обработанная поверхность получается неровной.

Тема 1.2. Усадка стружки (лекция-дискуссия – 1 час.)

В связи с тем, что при механической обработке весь срезаемый слой припуска подвергается пластической деформации, форма и размеры срезаемого слоя изменяются. Ширина среза остается неизменной, а толщина стружки увеличивается по сравнению с толщиной среза. Поскольку объем стружки равен объему срезаемого слоя, ширина стружки равна ширине среза, а толщина стружки больше толщины среза, естественно, должно произойти уменьшение длины стружки по сравнению с длиной срезаемого слоя. Это явление уменьшения длины стружки по сравнению с длиной поверхности, по которой она срезана, называется усадкой.

Количественно усадка оценивается коэффициентом усадки стружки, который отражает величину пластической деформации, имевшей место при резании. Поэтому при исследовании влияния какого-либо фактора на процесс резания часто прибегают к оценке этого влияния по изменению величины коэффициента усадки стружки.

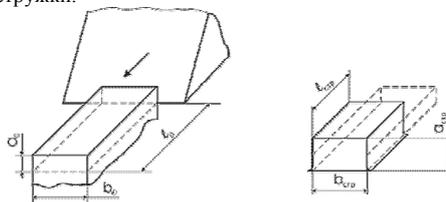


Рис. 1.5. Усадка стружки.

Явление усадки стружки поясняется схемой на рис.1.5. На схеме показано уменьшение длины стружки $l_{стр}$ по сравнению с длиной среза l_0 . Ширина стружки не изменяется, лишь на прирезочной ее стороне имеет место уширение тонкого прирезочного слоя. Этим уширением можно пренебречь, поскольку оно не распространяется на всю толщину стружки. Уменьшение длины стружки называется продольной усадкой, увеличение толщины стружки – поперечной усадкой. Соответственно и коэффициенты усадки называются коэффициентами продольной и поперечной усадки стружки. Количественно эти коэффициенты равны между собой.

Поскольку объем стружки равен объему срезаемого слоя, можно записать, что:

$$a_0 \cdot b_0 \cdot l_0 = a_{стр} \cdot b_{стр} \cdot l_{стр},$$

$$b_0 = b_{стр},$$

поэтому:

$$a_0 \cdot l_0 = a_{стр} \cdot l_{стр},$$

$$\frac{l_0}{l_{стр}} = \frac{a_{стр}}{a_0},$$

но $\frac{l_0}{l_{стр}}$ есть коэффициент продольной усадки $K = \frac{l_0}{l_{стр}}$, а

$$\frac{a_{стр}}{a_0} \text{ — коэффициент поперечной усадки } K_a = \frac{a_{стр}}{a_0}.$$

Следовательно: $K_l = K_a = K$.

Величина коэффициента усадки стружки зависит от свойств обрабатываемого материала, геометрии режущего лезвия инструмента, свойств внешней среды, в которой осуществляется резание, и других факторов. Из элементов режима резания менее всего на усадку, величину коэффициента усадки, влияет глубина резания, сильнее – подача и наиболее сильно скорость резания: с увеличением скорости усадка уменьшается. При резании углеродистых сталей коэффициент усадки стружки находится в пределах 2 – 3. При резании трудно обрабатываемых материалов, таких как жаропрочные и титановые сплавы, коррозионостойкие стали и другие, иногда наблюдается «отрицательная» усадка, при которой толщина стружки меньше толщины срезаемого слоя. Пример такой усадки показан на рис.4.6. Здесь видно, что толщина среза a больше средней толщины стружки.

Раздел 2. Образование нароста и состояние материала под поверхностью резания.

Тема 2.1. Механизм образование нароста (лекция-дискуссия – 2 час.)

При резании металлов срезаемый слой в результате пластического деформирования приобретает повышенную физическую активность и, будучи плотно прижатым силами нормального давления к передней поверхности режущего инструмента, схватывается (сваривается) с ней.

Схватыванию обрабатываемого материала с материалом инструмента способствуют высокая температура в зоне резания и то обстоятельство, что при резании в контакт вступают вновь образованные ювенильные физико-химически чистые, свободные от каких-либо пленок поверхности. Первоначально на поверхности контакта стружки с передней поверхностью происходят точечные контакты с образованием наливов на передней поверхности. С течением времени число таких наливов растет и они покрывают площадь контакта сплошной тонкой пленкой из обрабатываемого материала, которая называется первослоем. Поскольку этот первослой обладает абсолютным сродством с обрабатываемым материалом, акты схватывания между ними происходят чаще и интенсивнее с образованием более крупных наслоений. Схватывание и наплавление микрообъемов обрабатываемого металла на переднюю поверхность инструмента приводит к образованию на ней слоя упрочненного микролегированного материала, прочно соединенного с инструментом. Процессы периодического схватывания и последовательного наплавления упрочненного материала стружки повторяются многократно, в результате на передней поверхности образуется новое довольно крупное тело, называемое наростом. Из представленной на рис.2.1. фотографии хорошо видно ярко выраженное слоистое строение нароста. Форма нароста зависит от свойств обрабатываемого материала, элементов режима резания и других конкретных условий обработки. Нарост состоит из основания и вершины. Вершина является неустойчивой

частью нароста, она, по мере увеличения высоты нароста, разрушается и уносится из зоны стружкообразования, сходящей по ней стружкой (как это видно на рис.2.1) или поверхностью резания обрабатываемой заготовки (см. рис.2.4)

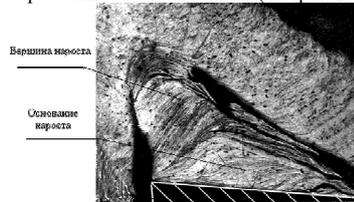


Рис.2.1. Строение нароста

Из параметров режима резания на интенсивность образования, размеры и форму нароста наиболее сильно влияет скорость резания. На очень малых скоростях резания нарост не удерживается на передней поверхности инструмента, из-за мелко-элементарной сыпучей стружки с увеличением скорости интенсивность образования нароста возрастает лишь до какого-то значения скорости, после которого интенсивность его образования и размеры начинают уменьшаться.

На рис.2.2. представлены корни стружки, полученные, при точении стали 45 с разными скоростями резания.

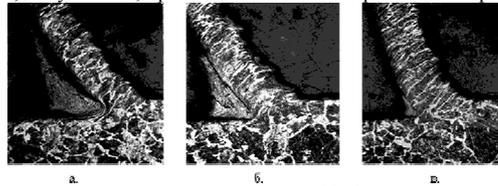


Рис.2.2. Корни стружки с наростом, полученные при точении, стали 45. Скорость резания: а. — 13, б. — 28 и в. — 55 м/мин.

Здесь видно, что скорость резания сильно влияет на размеры и форму нароста. Нарост наибольшей высоты образуется на скорости 13 м/мин. На скорости 28 м/мин. образуется нарост меньшей высоты и другой формы. На сравнительно большой скорости резания 55м./мин. нароста уже почти нет. Можно предположить, что на такой скорости температура в зоне резания выше температуры «отдыха» обрабатываемого материала, под влиянием которой материал нароста разупрочняется и не может противостоять истирающему действию обрабатываемого материала.

Поскольку нарост образуется из сильно деформированного металла, твердость которого намного больше твердости исходного обрабатываемого, то и нарост в целом имеет высокую твердость, в 2...3 раза превосходящую твердость обрабатываемого материала. Наличие высокой твердости позволяет наросту успешно противостоять воздействию стружки и выполнять работу самого режущего инструмента. Он служит продолжением инструмента и принимает на себя его функции. Химический и микроструктурный анализы нароста показали, что в составе нароста задерживается наиболее сильно упрочняющаяся перлитная структурная составляющая обрабатываемого материала, которая и обеспечивает высокую твердость нароста.

Тема 2.2 Условия для существования нароста (лекция-дискуссия – 1 час.)

Нарост на режущем инструменте образуется не всегда, а только в тех случаях, когда условия резания благоприятствуют этому. Необходимыми условиями существования нароста являются следующие:

1. Обрабатываемый материал должен обладать способностью упрочняться при пластическом деформировании.
2. Температура в зоне резания должна быть ниже той температуры, при которой происходит разупрочнение материала нароста.
3. Должна образовываться сливная стружка. При образовании стружек скалывания нарост не удерживается на передней поверхности вследствие прерывистости процесса резания.
4. Коэффициент трения в зоне контакта обрабатываемого материала с передней поверхностью должен быть больше единицы.

Если условия для существования нароста вполне подходящие, нарост образуется и существенно влияет на параметры процесса резания и состояние обработанной поверхности (рис. 2.3). Образование нароста изменяет фактическую геометрию инструмента, передний

угол увеличивается и становится больше переднего угла, приданного инструменту при его заточке ($\gamma_4 > \gamma_3$). Процесс резания происходит легче. Поверхность нароста, обращенная к стружке, становится продолжением передней поверхности инструмента. Изменение фактического угла резания вызывает изменение характера процесса образования стружки.

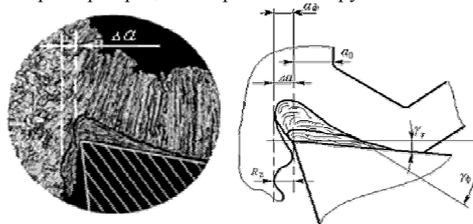


Рис. 2.3. Влияние нароста на величину переднего угла, толщину среза и шероховатость поверхности резания.

В случае свешивания вершины нароста над задней поверхностью инструмента изменяется фактическая толщина среза. Фактически толщина среза $\alpha_\phi = \alpha_0 + \Delta\alpha$. Сказанное, иллюстрируется, представленной на рис.2.3. схемой зоны резания с наростом и иллюстрируется представленной на рис.2.4. фотографией нароста, полученного, при резании коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т. На ней случайно, но очень удачно запечатлен момент разрушения вершины нароста, которая уносится из зоны

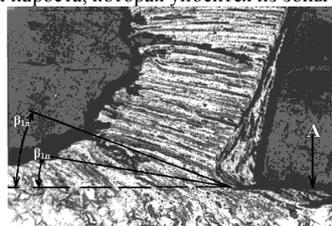


Рис. 4.4. Корень стружки с разрушающимся наростом.

образования стружки с поверхностью резания.

А – часть вершины нароста на поверхности резания,

$\beta_{д}$ – угол скалывания до разрушения нароста,

$\beta_{п}$ – угол скалывания после разрушения нароста.

Здесь надо обратить внимание на изменение положения плоскости скалывания. Вслед за разрушением нароста уменьшается угол

скалывания Δ и увеличивается толщина образующейся стружки. Нарост представляет собой тело твердое, но неустойчивое, он периодически разрушается, и фактическая толщина среза постоянно меняется вслед за изменением размера нароста. По этой причине обработанная поверхность получается неровной, со следами надиров и вырывов. Располагаясь на передней поверхности и свешиваясь над задней поверхностью, нарост закрывает главную режущую кромку и предохраняет ее от разрушения.

В некоторых случаях нарост бывает настолько устойчив, что в течение всего периода резания исключает контакт стружки с передней поверхностью инструмента. Так на рис.4.5 представлены фотографии быстрорежущего проходного упорного резца с наростом и после его удаления.

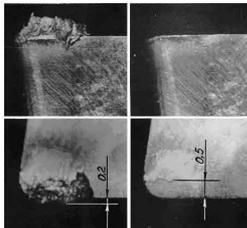


Рис.4.5. Фотографии проходного упорного резца со стороны главной задней поверхности (вверху) и со стороны передней поверхности (внизу), с наростом (слева) и после его удаления (справа).

После удаления нароста на передней поверхности резца «под наростом» обнаружились следы доводки передней поверхности порошком карбида бора.

Эти следы в виде мелких царапин стертые за пределами нароста, свидетельствуют о том, что нарост надежно защищал переднюю поверхность от действия стружки в течении всего времени резания.

Образование нароста, защищающего режущий инструмент от изнашивания, в этом смысле следовало бы признать полезным явлением. Однако, несмотря на это, явление образования нароста следует признать нежелательным, как неуправляемое.

Кроме образования нароста при срезании стружки происходит деформация материала под поверхностью резания. Обрабатываемый материал здесь подвергается упругопластической деформации. Это происходит по двум причинам. Во-первых, потому, что режущее лезвие всегда имеет какое-то округление радиусом ρ (рис. 2.6).

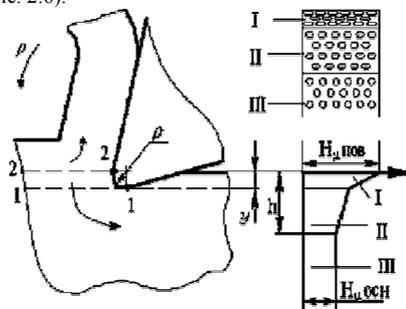


Рис. 2.6. Деформация и упругое последствие в зоне резания

По этой причине разделение металла происходит не по линии 1-1, а по линии 2-2. Металл под линией 2-2 проваливается под округленной частью режущего лезвия и пластически деформируется. Во-вторых, поскольку пластической деформации предшествует упругая деформация, восстанавливающаяся после прохождения инструмента, имеет место подъем поверхности резания на величину упругого последствия «У». Прижатый к задней поверхности материал трется об нее и еще раз пластически деформируется.

В силу этих причин материал под поверхностью резания оказывается пластически деформированным, в нем появляются остаточные напряжения, уравнивающиеся внутри объема металла под поверхностью резания.

Верхние слои металла оказываются сильно разрушенными. Анализ состояния металла под поверхностью резания (см. рис.2.6) показывает, что там обнаруживаются 3 зоны: I – зона больших пластических деформаций; II – зона наклепанного металла; III – зона исходного металла. Состояние материала под поверхностью резания в целом оценивается: 1-глубиной проникновения пластической деформации h и степенью упрочнения его поверхностных слоев C . Степенью упрочнения называется отношение твердости упрочненного поверхностного слоя к твердости основного (недеформированного) металла:

$$C = \frac{H_{\text{упрочненный}}}{H_{\text{исходный}}}$$

Степень упрочнения и глубина деформации зависят от толщины среза, скорости резания, геометрии режущего инструмента, свойств обрабатываемого материала и других факторов.

Раздел 3. Износ режущих инструментов

Тема 3.1. Общие положения (лекция-дискуссия – 0,5 час.)

Режущий инструмент в процессе резания воздействует на обрабатываемый материал и вызывает образование стружки и формирование новой поверхности, однако сам при этом подвергается воздействию со стороны обрабатываемого материала и интенсивно изнашивается. Режущие инструменты работают в чрезвычайно тяжелых условиях действия громадных давлений на поверхностях контакта и высокой температуры, в условиях трения чистых, вновь образованных ювенильных поверхностей. По этим причинам интенсивность изнашивания режущих инструментов в тысячи и десятки тысяч раз превосходит интенсивность изнашивания трущихся деталей машин. Так, согласно результатам проведенных в Грузинском Политехническом Институте исследований износ трущихся поверхностей деталей машин, например шеек коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания, до предельно допустимой величины происходит после пути трения $10^6 - 10^8$ метров, а износ режущих инструментов до установленной нормативной величины износа, наблюдается уже после пути трения всего лишь $10^3 - 10^4$ метров. Путь трения при резании легко определяется умножением скорости резания (м/мин) на величину стойкости (мин). Так, например, при скорости резания 100 м/мин и нормативной стойкости 30 мин, путь, пройденный режущим инструментом по поверхности резания, составит:

$$l_{\text{тр}} = 100 \text{ м/мин} \cdot 30 \text{ мин} = 3000 \text{ метров} = 3 \cdot 10^3 \text{ метров},$$

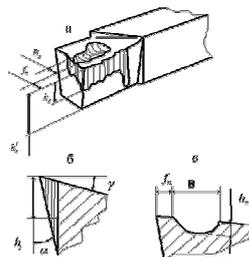
что подтверждает сказанное выше сравнение интенсивности изнашивания трущихся деталей машин и режущих инструментов.

В результате изнашивания режущее лезвие инструмента теряет свою первоначальную форму и, как следствие, режущую способность. Для восстановления режущей способности инструмента производится затачивание его рабочих поверхностей. В процессе затачивания инструмента с его рабочей части срезаются довольно большие слои дорогостоящего инструментального материала. Кроме того, на смену затупившегося инструмента затрачивается время, которое увеличивает продолжительность операции механической обработки, а следовательно и ее стоимость; срезаемый при затачивании абразивным инструментом дорогостоящий инструментальный материал

переводится в шлам и безвозвратно теряется. В целом все это существенно удорожает механическую обработку и ограничивает ее эффективность. Поэтому, задача уменьшения интенсивности изнашивания режущих инструментов и увеличения срока его службы была и остается одной из главных задач металлообработки.

Тема 3.2. Характер износа режущих инструментов (лекция-дискуссия – 1 час.)

Характер износа режущего инструмента, то есть распределение его по рабочим поверхностям инструмента, зависит от многих конкретных условий, в которых производится резание. Износ режущего инструмента выражается в появлении лунки на передней поверхности, площадок износа на главной и вспомогательной задних поверхностях и в уменьшении вылета вершины реза или режущего лезвия иного инструмента.



а- общий вид режущей части инструмента со следами износа;
б- износ по задней поверхности;
в- износ по передней поверхности.

Рис. 3.1 Распределение износа по поверхностям инструмента:

Износ режущего инструмента только по задней поверхности наблюдается при обработке хрупких материалов, при резании которых образуется стружка надлома, не представляющая собой сплошного прочного тела. Износ по задней поверхности является также преобладающим в случае резания с малыми толщинами среза, при малых значениях задних углов и при обработке сталей и сплавов, обладающих ярко выраженным упругим последствием и сильным обработочным упрочнением.

Износ режущего инструмента только по передней поверхности происходит в случае обработки вязких металлов с большими сечениями среза, когда образуется устойчивый нарост, исключающий контакт задней поверхности с обрабатываемым материалом. В большинстве же случаев практики резания металлов инструмент изнашивается как по передней, так и по обеим задним поверхностям (рис. 3.2 и рис.3.3).

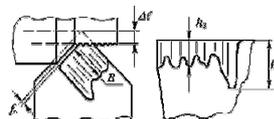


Рис. 3.2 Параметры износающего инструмента.

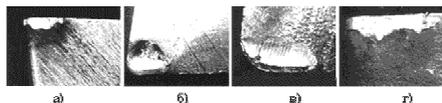


Рис.3.3. Износ резов из быстрорежущей стали Р18 при точении стали 40Х: (а) по задней, (б) передней поверхностям; твердого сплава ВК8 при точении коррозионно-стойкой стали: (в) по задней, (г) передней поверхностям.

Изнашивание передней поверхности происходит, как правило, на некотором удалении от главной режущей кромки. Образующаяся лунка с течением времени работы реза углубляется и незначительно расширяется в сторону от режущей кромки. Износ инструмента полностью характеризуется указанными ниже параметрами.

Ширина фаски на задней поверхности h_b , исключая период начального изнашивания, растет пропорционально времени резания. Ширина лунки B изменяется очень мало, а ширина полки f_n на передней поверхности уменьшается. Установлено, что работоспособность режущего инструмента в значительной мере определяется наличием полки на его передней поверхности. Разрушение ее приводит к потере режущей способности инструмента и его катастрофическому разрушению – посадке. На рис.3.4 показаны наиболее характерные зависимости величины износа реза из быстрорежущей стали от времени резания при точении стали 40Х



Рис.3.4 Характерные зависимости износа режущего инструмента от времени резания. Глубина резания – 1,5 мм, подача – 0,25 мм/об, скорость резания – 35 м/мин.

Критериями затупления инструмента и необходимости его переточки наряду с указанными также могут быть: ухудшение качества обработанной поверхности, образовании фаски износа на задней поверхности инструмента, появление на ней светлых полос, вибрации, увеличение потребляемой мощности и другие.

Обычно за критерий затупления принимается величина (ширина) площадки износа на задней поверхности режущего инструмента как наиболее легко обнаруживаемая и измеряемая

При выполнении различных исследований или оценке эффективности какого-либо технического мероприятия износ режущего инструмента может оцениваться в относительных единицах величиной относительного износа. Относительный износ выражается величиной износа по любому из перечисленных выше критериев, отнесенной к показателю выполненного объема работы: пройденному при заданном режиме пути резания, площади обработанной поверхности, объему или весу срезанного материала. Наиболее часто относительный износ выражают отношением величины износа по задней поверхности (h_b) к величине пройденного (L) пути резания.

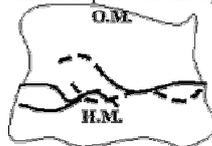
Время работы режущего инструмента до затупления по выбранному и принятому критерию называется стойкостью, или периодом стойкости, обозначаемыми прописной буквой T латинского алфавита.

Тема 3.3. Механизм изнашивания режущего инструмента (лекция-дискуссия – 1 час.)

Рабочие поверхности режущего инструмента изнашиваются как от механического воздействия на него обрабатываемого материала, так и в результате молекулярно-термических процессов происходящих в зоне резания на поверхностях контакта инструмента с обрабатываемым материалом. Инструмент может подвергаться различным по своей природе, видам изнашивания: абразивному, адгезионному, химическому, диффузионному, электроэрозионному и другим. В процессе резания все эти виды изнашивания могут иметь

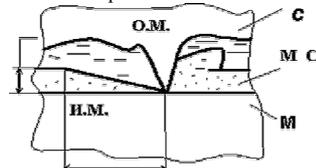
место, но в зависимости от конкретных условий один из них является доминирующим, определяющим интенсивность изнашивания и стойкость режущего инструмента.

Абразивное изнашивание. Происходит по причине царапания поверхностей инструмента твердыми включениями обрабатываемого материала. Твердые включения при этом как микрорезцы скоблят поверхность инструмента.



О.М.- обрабатываемый материал; И.М. — инструментальный материал.

Рис. 3.5 Абразивное изнашивание:



М- инструментальный материал, С- среда,

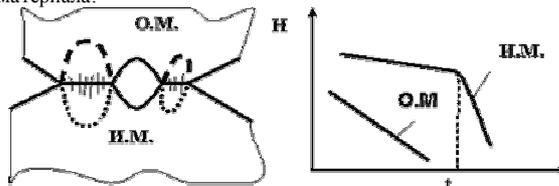
$M \times C$ — пленка химического соединения толщиной δ , τ - время восстановления пленки до толщины δ .

Рис. 3.6 Абразивно-химическое изнашивание

Частицы инструментального материала, вырываемые стружкой или частицы периодически разрушающегося нароста, обладающего твердостью, близкой к твердости инструментального материала, проволочиваясь по контактным поверхностям, уносят некоторый объем инструментального материала и оставляют следы в виде царапин. При резании твердым сплавом абразивный износ происходит путем выскабливания мягкой кобальтовой связки и механического вырывания твердых зерен карбидов.

При резании в химически активных средах возможен абразивно-химический износ в результате интенсивного образования, соскабливания и уноса образующихся мягких пленок соединений элементов среды с материалом инструмента.

Адгезионное изнашивание. Совершается путем отрыва силами адгезии мельчайших частиц инструментального материала. Поскольку при резании на поверхностях контакта действуют колоссальные давления и в контакт приходят вновь образованные ювенильные поверхности, свободные от каких-либо пленок, создаются благоприятные условия для интенсивной адгезии контактирующих материалов. При сближении их на расстояние примерно 100 ангстрем проявляются силы молекулярного взаимодействия и образуются так называемые «мостики холодного сваривания». Разрушение может проходить как в объеме инструментального материала, так и по объему менее прочного обрабатываемого материала. В этом случае образовавшийся на поверхности инструмента налип вызывает осложнение перемещения стружки, дополнительное ее деформирование и локальное повышение температуры, которое приводит к ослаблению сил металлической связи инструментального материала.



А- мостики холодного сваривания,

Б- зависимость твердости обрабатываемого (О.М.) и инструментального (И.М.) материалов от температуры.

$t_{кр}$ — температура красной точки инструментального материала

Рис. 3.7. Адгезионное изнашивание.

Приблизительно закономерность адгезионного изнашивания выражается зависимостью:

$$v \cdot T = L = \left(\frac{H_{И.М.}}{H_{О.М.}} \right)^2,$$

Где $H_{И.М.}$ - твердость инструментального материала; $H_{О.М.}$ - Твердость обрабатываемого материала; L- путь, пройденный инструментом до полного затупления в течении всего периода стойкости.

Диффузионное изнашивание. При резании на высоких скоростях, когда в зоне резания развивается температура порядка $1000^{\circ}C$, обрабатываемый материал сильно размягчается, а соотношение твердостей $H_{И.М.}$ и $H_{О.М.}$ становится очень большим, износ режущего инструмента, однако, не только не уменьшается, но еще больше возрастает. Дело здесь в том, что при высокой температуре становится ощутимым процесс взаимного диффузионного растворения инструментального и обрабатываемого материалов. Известно, что при комнатной температуре процесс диффузии идет неощутимо медленно, но при температурах, близких к температурам плавления, скорость процесса диффузии возрастает в миллионы раз. Поскольку при резании время контакта обрабатываемого материала с инструментальным исчисляется сотыми и тысячными долями секунды, градиент концентрации постоянно велик и диффузионный износ протекает весьма интенсивно.

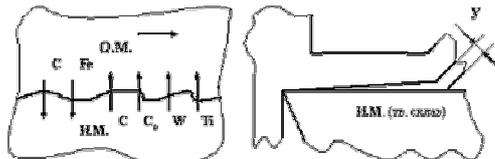


Рис. 3.8. Диффузионное изнашивание режущих инструментов. у-толщина диффузионного слоя.

Количество вещества одного компонента, выраженное в молях, продиффундировавшее в другой компонент, выражается уравнением:

$$dM = -D \frac{dC}{dx} \cdot dV \cdot d\tau,$$

где: D- коэффициент диффузии;

M – количество вещества;

dC/dx- градиент концентрации;

dV- площадь, через которую идет диффузия;

d τ - время диффузии.

$$D = A_0 \cdot e^{-\frac{Q}{RT}}$$

где: A_0 — предэкспоненциальный множитель, формально равный коэффициенту диффузии при температуре, равной бесконечности;

Q — энергия разрыхления, необходимая для ослабления связей между атомами кристаллической решетки до возможности их миграции;

R — газовая постоянная;

T — абсолютная температура.

Интенсивность диффузионного изнашивания может быть выражена толщиной диффузионного слоя, который зависит от времени и коэффициента диффузии. Зависимость эта подчиняется закону параболы:

$$y^2 = D \cdot \tau$$

где: y — толщина слоя диффузионной пленки; τ — время диффузии.

В результате диффузии в поверхностных слоях твердого сплава образуется железо-вольфрамовый карбид Fe_2W_6C , пластичная кобальтовая связка превращается в хрупкую фазу, представляющую собой двойной карбид $Co_2W_8C_2$. Охрупчивание связки твердого сплава приводит к тому, что в процессе резания наряду с диффузионным растворением происходит хрупкое разрушение материала связки и унос целых блоков зерен твердого сплава. В двухкарбидных сплавах карбиды титана, растворяясь медленнее, образуют выступы и впадины, которые заполняются материалом стружки. Время диффузии в этих условиях увеличивается, и в результате резкого уменьшения градиента концентрации, диффузия и износ уменьшаются.

Электроэрозионное изнашивание. Происходит в результате действия электрического тока, образующегося под влиянием термоэлектродвижущей силы (ТЭДС). В связи с тем, что инструмент и обрабатываемый материал контактируют в отдельных точках с разной температурой, в каждой точке действует ТЭДС разной величины. В результате в зоне резания образуется сложная система электрических цепей (контуров), при разрыве которых происходит перенос капли одного из материалов на поверхность другого в зависимости от знака заряда поверхности. При переносе капли обрабатываемого материала на поверхность инструмента она приваривается к поверхности инструмента и образует порог, который выламывается вместе с объемом инструментального материала. Кроме того твердая затвердевшая капля проволочиваясь между обрабатываемым материалом и инструментом царапает поверхность последнего и усиливает абразивное изнашивание. Такой механизм изнашивания, надо полагать, значительно усиливает изнашивание твердосплавных инструментов, работающих при больших скоростях резания, при которых в зоне резания развиваются ТЭДС до нескольких десятков милливольт, а температура находится в пределах $1000^\circ C$. Твердая частица в этом случае легко выскабливает размягченную и выдавленную на поверхность кобальтовую связку, недостаток которой ослабляет соединение твердых карбидных зерен твердого сплава. Выкрашивание их приводит к лавинообразному развитию изнашивания инструмента.

Тема 3.4. Зависимость стойкости режущего инструмента от скорости резания и причины ее немонотонности (лекция-дискуссия – 1 час.)

Многочисленными исследованиями, проведенными к настоящему времени, установлено, что зависимость стойкости от скорости резания носит экстремальный характер. При обработке разных материалов эта зависимость имеет различный вид. Наиболее типичной является зависимость с двумя максимальными значениями стойкости при разных скоростях резания. Такая зависимость показана на рис.9.1.

Здесь стойкость T имеет максимальные значения при скоростях резания v_1 и v_2 .

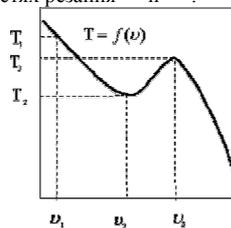


Рис. 3.1. Зависимость стойкости T режущего инструмента от

скорости резания v в широком диапазоне ее изменения ($v_1 < v_2 < v_3$).

Несмотря на богатый экспериментальный опыт многочисленных стойкостных испытаний, причины такой немонотонной зависимости $T=f(v)$ оставались не вполне ясными в течение длительного времени.

В настоящее время существование «переломов» на кривых зависимости стойкости от скорости резания объясняется изменением природы и интенсивности преобладающего вида износа. Как было отмечено выше, наиболее типичной для резания металлов является зависимость с двумя максимумами стойкости. Эти максимумы стойкости в зависимости от свойств инструментального и обрабатываемого материалов могут смещаться в сторону больших или меньших скоростей. Экстремальный характер зависимости $T-v$ обусловлен наличием адгезионного и диффузионного процессов изнашивания и изменением их интенсивности при изменении скорости и температуры резания. Только эти два вида изнашивания конкурируют между собой по интенсивности и преобладанию. Интенсивность других видов изнашивания (абразивно-механического, электроэрозионного и др.) слабо зависит от температуры и, следовательно от скорости резания.

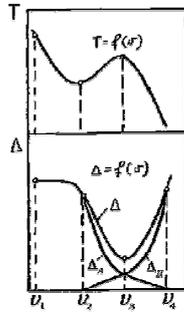
Поэтому относительный износ Δ (износ приходящийся на единицу пути резания) можно представить как сумму адгезионного Δ_A и диффузионного Δ_D изнашивания.

$$\Delta = \Delta_A + \Delta_D$$

При увеличении скорости резания от v_1 до v_2 температура в зоне резания возрастет и соотношение твердостей инструментального и обрабатываемого материалов увеличится настолько, что интенсивность адгезионного изнашивания, подчиняющегося закону:

$$v \cdot T = \left(\frac{H_{н.м.}}{H_{с.м.}} \right)^2,$$

резко снизится и относительный износ за счет этого уменьшится, и будет далее уменьшаться с ростом скорости до v_3 .



Δ - суммарный относительный износ, Δ_A - доля адгезионного износа, Δ_D - доля диффузионного износа.

Рис. 3.2. Зависимость стойкости режущего инструмента T и его относительного износа Δ от скорости резания.

Однако, начиная со скорости v_2 , начинает проявляться диффузионное изнашивание. При дальнейшем увеличении скорости резания диффузионный износ интенсифицируется и начиная со скорости v_3 становится преобладающим. Адгезионный износ уменьшается и не играет существенной роли в интенсивности суммарного износа. Суммарный износ Δ увеличивается за счет резкого увеличения интенсивности диффузионного изнашивания. Стойкость режущего инструмента при этом, естественно, уменьшается. Такой приближенной схемой описывается немонокотный характер зависимости стойкости режущего инструмента от скорости резания.

Безусловно, эта схема требует дальнейшей проработки и количественных оценок интенсивности того и другого видов изнашивания.

Требуется количественное сопоставление Δ_A и Δ_D в различных диапазонах скоростей резания, но в настоящее время еще нет для этого необходимых экспериментальных данных, не хватает еще накопленной, экспериментальной подтвержденной, достоверной информации. Представленная схема в какой-то мере объясняет причины немонокотной зависимости стойкости режущего инструмента от скорости резания и определяет направление дальнейших исследований в этой области.

Тема 3.5 Основой закон стойкости (лекция-дискуссия – 0,5 час.)

Немонотонная зависимость T - v наблюдается при изменении скорости резания в широком диапазоне. Однако, если учесть, что каждый инструментальный материал предназначен для работы в определенном диапазоне скоростей резания, свойственных этому материалу, то можно эту зависимость для ограниченного диапазона скоростей считать и представить монотонной.

Действительно, на скоростях, свойственных резанию быстрорежущим инструментом, твердый сплав не используется, из-за низкой эффективности, а на скоростях порядка сотен метров, свойственных резанию твердосплавным инструментом, быстрорежущие инструменты не применяются из-за недостаточной температуры краснотойкости быстрорежущих сталей. На таких скоростях быстрорежущие инструменты работают не могут.

Таким образом, в ограниченном диапазоне скоростей резания зависимость стойкости режущего инструмента от скорости резания является монотонной, графически выражающейся прямой линией в логарифмических координатах.

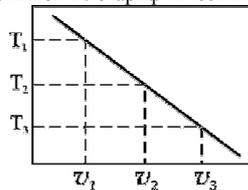


Рис.3.1. Зависимость стойкости режущего инструмента от скорости резания.

Такая зависимость представлена на рис.10.1. Здесь видно, что при приятых значениях скорости резания v_1, v_2, v_3 соответствующие им значения стойкости режущего инструмента будут T_1, T_2, T_3 . Эта зависимость стойкости режущего инструмента от скорости резания может быть представлена выражением

$$T_1^m \cdot v_1 = T_2^m \cdot v_2 = T_3^m \cdot v_3 = Const,$$

$$\text{откуда } v = \frac{C}{T^m} \text{ или } T = \sqrt[m]{\frac{C}{v}},$$

где: v – скорость резания (м/мин), соответствующая стойкости режущего инструмента T;

T – стойкость режущего инструмента, мин;

C – константа, зависящая от свойств обрабатываемого материала;

m – показатель относительной стойкости.

Величина показателя относительной стойкости изменяется в узких пределах (от 0,15 до 0,35) в зависимости от свойств инструментального материала и вида обработки.

Представленная выше зависимость

$$v = \frac{C_r}{T^m};$$

называется основным законом стойкости. Эта зависимость является основной частью, а лучше сказать – основой, всех эмпирических формул, по которым производится расчет скорости резания для всех видов механической обработки металлов резанием. Оптимальной скоростью резания называется скорость, которая обеспечивает максимальную производительность при наименьшей стоимости обработки.

Формулы, по которым производится расчет этой оптимальной скорости резания для разных видов обработки резанием имеют различный вид, поскольку в них кроме основного закона стойкости входят остальные (кроме скорости резания) элементы режима резания и другие показатели, характерные для данного вида обработки. В качестве примеров ниже приведены формулы для разных видов механической обработки резанием.

Точение:

$$v = \frac{C_r}{T^m \cdot s^x \cdot s^y} \cdot K_r;$$

Здесь в формулу введены глубина резания t, подача s и коэффициент K_r , учитывающий конкретные условия резания.

$$\text{Сверление: } v = \frac{C_r \cdot D_m^x}{T^m \cdot s^y} \cdot K_r;$$

$$v = \frac{C_v \cdot D_{фр}^i}{T^m \cdot s_z^j \cdot B^k \cdot z^l} \cdot K_v$$

Фрезерование:

В формулу для расчета скорости резки при фрезеровании введены диаметр фрезы $D_{фр}$, подача на зуб s_z , ширина фрезерования B и число зубьев фрезы z .

Посмотрите внимательно на эти формулы, и вы увидите, что основой всех этих различных по внешнему виду формул является основной закон стойкости, с него начинается написание всех формул, по которым рассчитываются величина оптимальной скорости резания для всех видов механической обработки, всех видов резания металлов.

Раздел 4. Роль внешней среды при резании металлов

Тема 4.1 Действия внешних сред в зоне резания (лекция-дискуссия – 0,5 час.)

Напряженность процесса резания, интенсивность изнашивания режущего инструмента и качество обработанной поверхности зависят от свойств той внешней среды, в которой осуществляется резание. Окружающий зону резания атмосферный воздух является активной естественной внешней средой, благотворно влияющей на процесс резания. Кислород воздуха активно участвует в образовании пленок оксидов на поверхностях инструмента и обрабатываемого материала. Эти пленки экранируют силы молекулярного взаимодействия и предотвращают адгезионное схватывание и образование мостиков холодного сваривания инструментального и обрабатываемого материалов. Резание в вакууме, без кислорода, практически невозможно, вместо образования привычного вида стружки происходит комкование срезаемого слоя металла на передней поверхности инструмента; резание происходит неустойчиво с большими колебаниями силы резания, рывками и грубой вибрацией. Для улучшения трибологической обстановки в зоне резания применяют искусственные технологические среды. Направленное изменение свойств этих сред является одним из путей управления процессом резания и изнашивания режущих инструментов. Искусственно вводимые в зону резания среды могут быть жидкими, твердыми или газообразными.

Наиболее часто в качестве внешних сред, благотворно влияющих на процесс резания и изнашивания режущих инструментов, издавна применяются различные смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Первые исследования влияния смазочно-охлаждающих жидкостей на процесс резания и качество обрабатываемой поверхности проведены в нашей стране в начале 20-го века. По своему составу и виду основы смазочно-охлаждающие жидкости подразделяются на три группы: масляные жидкости, водные эмульсии минеральных масел и синтетические жидкости.

Масляные СОЖ представляют собой минеральные масла, в которые добавлены антифрикционные, антиадгезионные, противозадирные и другие присадки и ингибиторы коррозии. Активными (режущими) присадками служат масла и жиры растительного и животного происхождения и вещества, содержащие фосфор, хлор, серу. Общий объем присадок в масляных СОЖ может достигать до 40%.

Водные эмульсии минеральных масел приготавливаются из воды и эмульсолов. Содержание эмульсола в воде обычно бывает от 2 до 10%, в зависимости от вида выполняемой операции и напряженности режима резания. В состав эмульсолов входят: минеральное масло, эмульгаторы, ингибиторы коррозии, бактерицидные, антиизносные, антипенные и другие присадки. При смешивании эмульсола с водой образуется непрозрачная эмульсия молочно-белого цвета.

Синтетические СОЖ представляют собой водные растворы водорастворимых полимеров, поверхностно-активных веществ (ПАВ) и ингибиторов коррозии.

Смазочно-охлаждающие жидкости, подаваемые в зону резания, оказывают смазочное, охлаждающее и моющее действия. Роль и значение каждого из этих действий зависят от вида операции механической обработки и свойств обрабатываемого и инструментального материалов.

Моющее действие СОЖ заключается в образовании на мелких частицах стружки, нароста и продуктах износа адсорбционных пленок, препятствующих их слипанию. В результате частицы легко уносятся струей СОЖ, что приводит к уменьшению абразивного износа режущего инструмента. Охлаждающее действие СОЖ проявляется, как в поглощении уже выделившейся теплоты, так и в устранении или уменьшении причин ее выделения. Уменьшение температуры в зоне резания и охлаждение режущего инструмента способствуют сохранению режущих свойств инструмента и износостойкости инструментального материала.

Смазочное действие СОЖ заключается в образовании на трущихся поверхностях различных по своей физико-химической природе пленок, уменьшающих силы трения и износ контактирующих поверхностей путем предотвращения или ограничения явлений адгезии и схватывания обрабатываемого материала с материалом режущего инструмента.

В настоящее время мнение большинства исследователей склоняется к тому, что смазочное действие СОЖ является их основным и наиболее значимым действием во всем возможном диапазоне скоростей и температуры резания.

Работами академика П.А. Ребиндера и его школы установлено, что совместно с внешнесмазочным действием адсорбционных пленок смазочно-охлаждающие жидкости в определенных условиях могут оказывать “внутреннее смазочное действие”. Поверхностно-активные вещества, входящие в состав смазочно-охлаждающих жидкостей, проникают в зону деформации по плоскостям скольжения в отдельных зернах обрабатываемого металла и тем самым облегчают процесс пластической деформации срезаемого слоя. Продукты распада адсорбированных поверхностно-активных веществ внедряются в кристаллическую решетку наиболее деформированных зерен металла, переводя его в более хрупкое состояние. Такое охрупчивание приводит к уменьшению величины предельной пластической деформации срезаемого слоя перед разрушением и уменьшению работы резания.

Тема 4.2. Проникновение внешней среды на поверхности контакта режущего инструмента с обрабатываемым материалом (лекция-дискуссия – 1 час.)

Проявление благотворного влияния технологических сред на процесс резания и изнашивания режущего инструмента возможно лишь при условии проникновения их на поверхности контакта режущего инструмента с обрабатываемым материалом. При низких скоростях резания контакт режущего инструмента и обрабатываемого материала не сплошной и вся зона его испещрена мельчайшими порами – капиллярами размером от долей микрометра до нескольких их десятков.

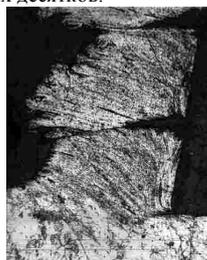


Рис.4.1. Микрофотография корня стружки скалывания, полученного при точении стали 12Х18Н10Т.

Периодическое торможение и остановка отдельных объемов срезаемого слоя металла на поверхности инструмента вызывают образование вакуумных полостей, способствующих проникновению смазочной жидкости или иной технологической среды в зону резания и образованию смазочных слоев на поверхностях контакта режущего инструмента с обрабатываемым материалом. Сказанное иллюстрируется микрофотографией корня стружки на рис.4.1., полученной при точении коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т резцом из быстрорежущей стали Р18. Посмотрите на эту уже знакомую вам фотографию с новой позиции оценки возможности проникновения среды в зону резания и на поверхности контакта инструмента с обрабатываемым материалом. Здесь видно, что отдельные элементы типичной стружки скалывания разделены между собой капиллярами, насквозь пронизывающими стружку на всю ее толщину, с прирезцово-й стороны

стружки рядом с каждым элементом видны вакуумные полости, ширина которых составляет примерно треть – четвертую часть ширины основания элемента стружки.



Рис.4.2. Микрофотография сливной стружки стали 12X18H10T.

При образовании сливной стружки отдельные элементы ее слабо различимы, но капилляры в ней видны достаточно четко, например, на фотографии рис.4.2. Вакуумные полости образуются также в результате частичного разрушения нароста.



Рис.4.3. Корень стружки с наростом.

Справа от основания нароста видна часть вершины нароста. Между основанием нароста, в передней его части, и обрабатываемым материалом образовалась вакуумная полость.

На рис.4.3. и 4.4. представлены микрофотографии корней стружки с наростом. Здесь видны вакуумные полости, образовавшиеся при отрыве или разрушении части вершины нароста сходящей по нему стружкой. Представленные фотографии убедительно показывают, наличие капилляров и полостей, которые образуются в процессе резания и, естественно, заполняются окружающей зону резания технологической средой. Среда таким путем поступает на поверхность контакта инструмента с обрабатываемым материалом.



Рис.4.4. Нарост с разрушенной вершиной.

Кроме того, при резании металлов низкочастотные колебания заготовки не совпадают по фазе с высокочастотными колебаниями инструмента, в результате чего поверхность контакта его с обрабатываемым материалом периодически становится открытой для проникновения внешней среды на поверхности контакта режущего инструмента с обрабатываемым материалом. Это предположение

поясняется схемой на рис.4.5. Согласно этой схеме в какой-то текущий момент, например, t_1 заготовка 1 и инструмент 2 в своих колебаниях движутся навстречу друг другу, их контакт уплотняется, при этом условия проникновения внешней среды ухудшаются.

Однако, в какой-то следующий момент t_2 заготовка и инструмент идут в разные стороны, а в момент t_3 они перемещаются в одну сторону, но с разными скоростями. Эти примеры показывают, что в разные моменты времени плотность контакта инструмента с обрабатываемым материалом различна и достаточно велика вероятность полного нарушения контакта и образования открытых каналов для проникновения в них окружающей среды и образования смазочных слоев.

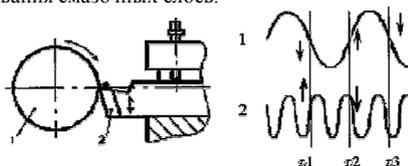


Рис.4.5. Схема колебательных движений заготовки 1 и режущего инструмента 2 в процессе резания.

Хотя механизм проникновения технологических сред в зону резания до настоящего времени остается предметом обсуждения, установленным является тот факт, что СОЖ и другие среды, несмотря на громадные давления, проникают на поверхности контакта и существенно влияют на процесс резания и изнашивания режущего инструмента. Поскольку температура в зоне резания почти всегда выше $100\text{ }^\circ\text{C}$, жидкость попадает на поверхности контакта не в обычном своем агрегатном состоянии, а в виде паров и отдельных частиц – молекул, их радикалов или ионов.

Путем применения СОЖ можно существенно повысить экономичность механической обработки. В некоторых случаях применение эффективной технологической среды является единственным техническим средством, обеспечивающим возможность нормального резания. Решение вопросов применения СОЖ и других сред при резании металлов осуществляется двумя путями: синтезированием эффективных смазочно-охлаждающих жидкостей и разработкой новых способов подачи их в зону резания, путем создания новых технологических сред.

Эффективность какой-либо технологической среды может оцениваться коэффициентом увеличения стойкости инструмента K_T , представляющим собой отношение стойкости режущего инструмента $T_{ТС}$, при применении какой-то технологической среды или выбранного какого-то способа ее подачи, к стойкости режущего инструмента на той же технологической операции и при том же режиме резания, в среде атмосферного воздуха $T_{возд}$.

$$K_T = \frac{T_{ТС}}{T_{возд}}$$

Здесь видно, что чем эффективнее среда или метод ее подачи, тем больше значение этого коэффициента.

Применение СОЖ обычно обеспечивает увеличение стойкости режущего инструмента в 1,5 – 2,0 раза. Соответственно этому и коэффициент увеличения стойкости имеет значения $K_T = 1,5 - 2,0$ в зависимости от химического состава, смазочно-охлаждающей жидкости и способа ее подачи в зону резания.

Тема 4.3 Способы и техника применения технологических сред при резании металлов (лекция-дискуссия – 1 час.)

Смазочно-охлаждающие жидкости и другие средства могут подаваться в зону резания различными способами, различными устройствами в разном своем агрегатном состоянии: твердого тела, жидкости или газа.

Подача смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания поливом свободно падающей струей.

В практике машиностроения наиболее часто СОЖ подается в зону резания поливом в виде свободно падающей струи. На рис.4.5. представлен пример практической реализации схемы подачи СОЖ на токарном станке (вид сзади)

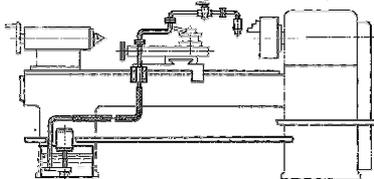


Рис.4.5 Система подачи СОЖ на токарном станке.

Смазочно-охлаждающая жидкость из емкости в левой тумбе станка насосом через гибкий шланг подается в трубопровод с пробковым краном и сопловым насадком. Из соплового насадка СОЖ подается свободно падающей струей на режущий инструмент и обрабатываемую деталь.

Количество подаваемой в зону резания СОЖ регулируется с помощью пробкового крана. Использованная СОЖ стекает в корыто и сливается в емкость, к насосу. Давление жидкости в магистрали ее подачи должно быть достаточным для подъема жидкости до уровня положения соплового насадка. Обычно оно находится в пределах от 0,02 до 0,05 МПа и обеспечивается насосом. Количество подаваемой в зону резания СОЖ зависит от вида ее основы (водная или масляная), вида выполняемой операции и напряженности режима резания. На универсальных станках весом до 10 т жидкость подается в количестве от 2 до 20 л/мин. В некоторых случаях механической обработки (на многошпиндельных автоматах, зубообрабатывающих станках и других) поток СОЖ используется одновременно и для уноса стружки. Количество СОЖ для этих случаев рассчитывается по опытно-статистическим формулам.

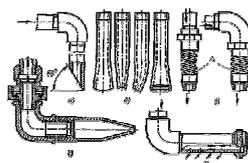


Рис.4.6. Сопловые насадки для подачи СОЖ поливом.

На разных технологических операциях в зависимости от вида, размеров и конструкции используемого инструмента и желаемой ширины охвата зоны резания струей СОЖ применяются сопловые насадки различного вида. Особенности их конструкций показаны на рис.12.2. Сопловые насадки системы подачи СОЖ на токарных станках представляют собой металлическую трубку с конусным концом на выходе для формирования струи СОЖ и уменьшения ее разбрызгивания. Насадки для сверлильных станков (рис.12.2.а) имеют обращенный в сторону режущего инструмента косой срез, обеспечивающий подачу СОЖ на инструмент вдоль его оси. Насадки для фрезерных и зубообрабатывающих станков (рис.12.2.б и г) обеспечивают подачу СОЖ плоской широкой струей. При многошпиндельной обработке применяются сопловые насадки (рис.12.2.в) с гибкой частью "А" позволяющей изменять положение насадка и направление струи СОЖ относительно режущего инструмента. Для подачи СОЖ в зону обработки шириной более 100 мм применяются сопловые насадки (рис.12.2.д) в виде трубки с расположенными на одной линии боковыми отверстиями диаметром 5...6 мм.

При необходимости более интенсивного охлаждения режущих инструментов применяется их внутреннее охлаждение, заключающееся в пропускании СОЖ по внутренним каналам в теле инструмента. Наиболее часто внутреннее охлаждение применяется в осевых инструментах типа сверл, зенкеров, разверток, протяжек, метчиков и иных подобных инструментах, но может применяться и в любых других инструментах. На рис.12.3. показаны резцы с

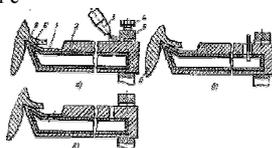


Рис.12.3. Резцы с внутренним охлаждением.

внутренним охлаждением. В теле 1 резца имеется полость, поверхность которой покрыта пористым материалом (рис.12.3.а), смоченным охлаждающей жидкостью. При резании жидкость в режущей части резца испаряется и конденсируется в "холодной" зажимной части резца. По пористому материалу 2 она вновь поступает к режущей части. Резцы могут иметь замкнутую (рис.12.3. б) и проточную (рис.12.3.в) полости.

Тема 4.4. Способы активации СОЖ (лекция-дискуссия – 1 час.)

Эффективность действия СОЖ зависит от их химического состава, путем изменения которого можно регулировать взаимодействие СОЖ с инструментальным и обрабатываемым материалами. К настоящему времени наработано множество составов СОЖ, эффективно действующих при резании различных групп металлов и материалов. Другим путем повышения эффективности действия подаваемых поливом СОЖ является их активация внешними энергетическими воздействиями.

Механическая активация может осуществляться путем интенсивного перемешивания СОЖ в течении установленного времени или путем пропускания ее через ультразвуковой активатор.

Термическая активация заключается в нагревании жидкости до температуры близкой к температуре ее кипения, в результате которого уменьшается вязкость жидкости и увеличивается ее проникающая и реакционная способность. Недостатком этого способа является необходимость нагревания СОЖ в ходе выполнения технологической операции, непосредственно на рабочем месте, что требует повышенных мер предосторожности и ухудшает санитарно-гигиенические условия работы оператора.

Облучение СОЖ ультрафиолетовыми лучами производится под ртутно-кварцевыми лампами, в тонком слое жидкости, стекающей по лотку. В результате облучения СОЖ улучшаются ее смачивающие свойства, усиливается ее способность к образованию прочных смазочных слоев на поверхностях трения.

Магнитная активация происходит при протекании СОЖ через магнитное поле постоянных магнитов или электромагнитов. Такому виду активации подвергаются жидкости на водной основе.

Электрохимическая активация гальваническими элементами осуществляется с помощью специального соплового насадка, устанавливаемого на выходе СОЖ из системы ее подачи. Насадок представляет собой трубку с установленными в ней перфорированными дисками из разнородных металлов. Такому виду активации могут подвергаться жидкости на водной основе, обладающие свойствами электролита. Способ не требует подвода электроэнергии и изменения системы подачи СОЖ. Насадок прост по своему устройству и легко устанавливается на станке. Активация СОЖ происходит в результате образования в ней перекиси водорода под влиянием электролитического выделения кислорода из воды и насыщения ее ионами металла анода.

Пропускание электрического тока через жидкость приводит к ее нагреванию и термической активации, насыщению ее кислородом и ионами металла анода. Производится в сопловом насадке с одной или несколькими парами электродов.

Тема 4.5. Нетрадиционные способы подачи СОЖ в зону резания и новые технологические среды (лекция-дискуссия – 0,5 час.)

Способ подачи СОЖ поливом свободно падающей струей прост и удобен, привычен и традиционно широко применяется при обработке материалов на металлорежущих станках. Однако, в практике машиностроительного производства есть много случаев где применение СОЖ поливом неудобно или недостаточно эффективно и обработка резанием ведется “всухую”. Так, например, полив СОЖ не применяется на тяжелых продольно-строгальных, карусельных, продольно-фрезерных и других станках из-за вымывания смазки с их направляющих. При обработке по разметке полив не применяется, так как струя СОЖ закрывает разметку. При обработке чугуновых заготовок образующая стружка сильно загрязняет рабочее место и слеживаясь затрудняет ее уборку. Анализ работы машиностроительных предприятий показывает, что число операций, где резание ведется “всухую”, в массовом производстве составляет 10...30%, в серийном производстве 30...40%, в индивидуальном – 40...60%, а на предприятиях тяжелого машиностроения – до 90% от общего числа операций механической обработки. Поиски путей повышения эффективности механической обработки привели к разработке новых более эффективных или удобных способов подачи СОЖ и новых технологических сред.

В 1952 году предложена подача СОЖ в виде пены, которая образуется в результате продувания объема СОЖ сжатым воздухом и подается в зону обработки тем же путем, что и жидкость при ее поливе. Пена действует в зоне резания менее эффективно, чем струя СОЖ, коэффициент повышения стойкости находится в пределах 1,2 – 1,5. Пена не растекается так свободно по поверхностям обрабатываемой заготовки и деталей станка, не разбрызгивается и потому меньше загрязняет рабочее место. Этот метод рекомендуется применять при обработке несимметричных деталей, выступающие части которых отбрасывают или сбивают подаваемую поливом струю СОЖ, или в других случаях, где применение более эффективных способов подачи СОЖ неудобно или невозможно по каким-либо причинам.

В начале 50-х годов разработан и исследован способ охлаждения и смазки зоны резания высоконапорной струей жидкости. При этом способе СОЖ подается в зону резания со стороны задней поверхности резца в виде тонкой струи под давлением 20 – 30 атмосфер. Первые работы по исследованию эффективности этого метода показали, что он позволяет многократно повысить стойкость режущего инструмента по сравнению с резанием при поливе СОЖ. Дальнейшие исследования этого метода были посвящены изучению влияния скорости истечения струи, расхода жидкости, ее температуры и других параметров, на стойкость режущего инструмента. Были установлены зависимости скорости струи, расхода жидкости и стойкости режущего инструмента от диаметра отверстия сопла и давления в подводящей системе. Метод охлаждения высоконапорной струей СОЖ оказывается особенно эффективным при резании трудно обрабатываемых материалов и сплавов. Так, стойкостные испытания показали, что при прерывистом точении сплава ЭИ437 стойкость быстрорежущих резцов при подаче в зону резания высоконапорной струи СОЖ увеличивается более чем в 6 раз по сравнению с резанием при поливе СОЖ; аналогичные результаты были получены при прерывистом точении сплава ЭИ766. Метод охлаждения и смазки высоконапорной струей жидкости является весьма эффективным, достаточно изученным и разработанным методом, однако он до настоящего времени не получил широкого применения в промышленности из-за весьма серьезных присущих ему недостатков. Одной из причин, сдерживающих применение метода, является сильное разбрызгивание упругой и опасной струи жидкости, выходящей из сопла под большим давлением со скоростью 50 – 80 м/с. Другой причиной является трудность обеспечения герметичности подвижных соединений магистралей для подвода жидкости, работающих под давлением 20 – 30 атмосфер. По этим причинам метод применяется в настоящее время только при обработке трудно обрабатываемых материалов и в других случаях, где крайне необходимо повышение стойкости инструмента любыми техническими средствами.

Менее эффективным по сравнению с высоконапорным струйным методом охлаждения, но более удобным, технологичным и перспективным является способ охлаждения и смазки зоны резания распыленной жидкостью. Он был впервые предложен в 1944 году новосибирским инженером Г.И. Покровским. В своей статье автор, отметил, что этот способ “... несомненно, заслуживает большого внимания”. Однако, в то трудное военное время методу не было уделено должного внимания и только лишь спустя десятилетие он был вновь изучен, разработан и взят в арсенал средств повышения эффективности резания металлов.

Сущность метода охлаждения и смазки распыленной жидкостью заключается в том, что СОЖ распыливается в специальном распыляющем устройстве сжатым воздухом и подается в зону резания в виде воздушно-жидкостной смеси. Для образования воздушно-жидкостной смеси используются специальные распылительные установки разных конструкций.

Наиболее удачной и работоспособной оказалась установка типа УР-3 (рис.12.4.) с двойным смешиванием жидкости с воздухом, предназначенная для распыливания смазочно-охлаждающих жидкостей на водной основе. Сжатый воздух из заводской сети, пройдя пробковый кран или вентиль, поступает через фильтр 1 в редукционный клапан 2, предназначенный для снижения давления воздуха и поддержания его на постоянном уровне во время работы.

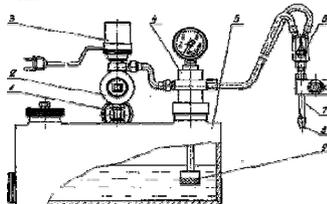


Рис.4.6. Установка УР-3 с двойным смешиванием жидкости с воздухом.

Из редукционного клапана 2 сжатый воздух через электромагнитный клапан 3 направляется в распределитель (первичный смеситель) 4. В распределителе образуется богатая жидкостью смесь ее с воздухом. Эта смесь подается во вторичный смеситель 6, где смешивается с сухим воздухом и далее по трубке 7 через сопло 8 направляется в зону резания. Воздушно-жидкостная смесь выходит из сопла с высокой скоростью. Движение воздушно-жидкостной смеси относительно охлаждаемых поверхностей с такой большой скоростью интенсифицирует теплообменные процессы в зоне резания. Более сильному теплообмену способствует также и то, что температура воздушно-жидкостной смеси при выходе ее из сопла понижается до 4—10 °С. Поскольку смазочное действие СОЖ осуществляется путем проникновения на поверхности трения мельчайших частиц и паров жидкости, распыливание СОЖ делает ее более подготовленной к проявлению этого действия. При распыливании расходуется небольшое количество СОЖ (около 300 г/час), жидкость не разбрызгивается и не требует устройств для ее сбора, а зона резания остается всегда открытой для наблюдения.

Распыленные жидкости действуют в зоне резания более эффективно, чем подаваемая поливом жидкость благодаря подаче в зону резания кислорода сжатого воздуха и электризации капель распыленной жидкости. Описанные распылительные установки автоматизированы. Автоматизация заключается в применении на этих установках устройств, автоматически включающих подачу в зону резания распыленной жидкости во время рабочего хода станка и прекращающих подачу ее с прекращением работы станка.

Целесообразность такой автоматизации заключается в следующем.

Исключается расход сжатого воздуха в период, когда не производится резание.

1. Оснащение станков автоматизированными установками не вызывает дополнительных затрат времени на их обслуживание, в частности, на включение и выключение подачи распыленной жидкости во время холостых ходов, промеров, подвода инструмента, смены деталей и выполнения других рабочих приемов. Кроме того, оснащение станков автоматизированными установками не увеличивает психологическую нагрузку на рабочего.

2. Известно, что недостатком метода является шум, создаваемый воздушной струей, который особенно заметен, когда станок не работает. Автоматическое выключение установки в момент остановки станка в известной мере устраняет этот недостаток. При одновременном начале работы станка и установки шум от работы установки становится менее заметным.

3. Предполагая применение охлаждения и смазки зоны резания распыленными жидкостями на автоматах и полуавтоматах, вопрос автоматизации работы установок встает еще более остро, так как нелегко представить оснащение автоматических станков устройствами, требующими ручного обслуживания.

Распыленные жидкости могут быть успешно применены на большинстве тех технологических операций, где полив в силу присущих ему недостатков не применяется и обработка производится всухую. Метод охлаждения и смазки распыленной жидкостью следует рассматривать как дополнение к существующим методам, как средство, расширяющее возможности применения смазочно-охлаждающих жидкостей, позволяющее значительно сократить число технологических операций, выполняющихся всухую.

Особую группу представляют способы подачи СОЖ при шлифовании. При шлифовальных работах весьма эффективными оказываются способы подачи СОЖ через поры абразивного круга, поэтапным и гидроаэродинамическим способами, путем применения СОЖ в замороженном состоянии в виде твердых брусков льда, прижимаемых собственным весом к обрабатываемой поверхности заготовки. Прижимающаяся к заготовке поверхность бруска замороженной СОЖ подтаивает и образует пленку жидкости, которая и обеспечивает смазочно-охлаждающее действие в зоне резания.

Поиски путей повышения эффективности действия внешних сред привели к созданию новых, на первый взгляд совершенно неожиданных, и крайне противоположных технических решений, как, например, резание в среде расплавленного металла и с применением замороженных СОЖ, в среде холодных охлаждающих газов и в среде СОЖ, нагретых до парообразного состояния.

В связи с тем, что некоторые эффективные компоненты жидкости, типа четыреххлористого углерода, под действием высокой температуры образуют газообразные вещества вредные или опасные для здоровья человека, было предложено подавать их в зону резания в капсулированном виде. Позднее этот способ был усовершенствован путем введения в оболочку капсул магнетита и придания им за счет этого свойства магнитовосприимчивости, обеспечивающего миграцию микрокапсул в зону резания под действием естественного магнитного поля. Капсулы могут содержать в себе минеральное масло, активные присадки или активные газы.

Новые способы подачи СОЖ привели к образованию новых технологических сред, которые полностью охватывают зону резания и изолируют ее от окружающего атмосферного воздуха. Резание при этом ведется в **новой** технологической среде.

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем лабораторных работ</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Экспериментальное определение усадки стружки и ее взаимосвязь с режимами резания	16	-
2	2.	Исследование деформации срезаемого слоя по текстуре в зоне резания	20	-
3	3.	Влияние режимов резания на стойкость режущего инструмента	20	-
ИТОГО			56	-

4.4. Семинары/ практические занятия

Учебным планом не предусмотрено.

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Учебным планом не предусмотрено.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>				
		<i>1</i>	<i>16</i>				
1. Процесс образования стружки	28	+	+	2	14	Лк, ЛР, СР	Зачет
2. Образование нароста и состояние материала под поверхностью резания.	32	+	+	2	16	Лк, ЛР, СР	Зачет
3. Износ режущих инструментов	33	+	+	2	16,5	Лк, ЛР, СР	Зачет
4. Роль внешней среды при резании металлов	15	+	+	2	7,5	Лк, СР	Зачет
<i>всего часов</i>	108	54	54	2	54	-	-

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Обработка материалов резанием: учебное пособие / И.Н. Шепелева, С.В. Гиннэ, А.П. Руденко, Л.И. Земляков; Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет». - Красноярск: СибГТУ, 2011. - Ч. 1. - 119 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428884>.

2. Проектирование технологических операций металлообработки: учебное пособие / Л.А. Чупина, А.И. Пульбере [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2010. - 636 с.

3. Лобанов, Д.В. Металлорежущий инструмент : лабораторный практикум / Д.В. Лобанов, А.С. Янюшкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГУ, 2010. - 138 с.

4. Янюшкин, А.С. Теория резания металлов: лабораторный практикум / А.С. Янюшкин, Н.Р. Лосева, В.И. Межецкий. - Братск: БрГУ, 2001. - 69 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование издания	Вид занятия	Кол-во экз. в библ., шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
Основная литература				
1.	Обработка материалов резанием: учебное пособие / И.Н. Шепелева, С.В. Гиннэ, А.П. Руденко, Л.И. Земляков; Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет». - Красноярск: СибГТУ, 2011. - Ч. 1. - 119 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428884 .	Лк, СР	ЭР	1
2.	Проектирование технологических операций металлообработки: учебное пособие / Л.А. Чупина, А.И. Пульбере [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2010. - 636 с.	Лк, СР	10	1
Дополнительная литература				
3.	Янюшкин, А.С. Теория резания металлов: лабораторный практикум / А.С. Янюшкин, Н.Р. Лосева, В.И. Межецкий. - Братск: БрГУ, 2001. - 69 с.	Лк, ЛР, СР	23	1
4.	Лобанов, Д.В. Металлорежущий инструмент : лабораторный практикум / Д.В. Лобанов, А.С. Янюшкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГУ, 2010. - 138 с.	Лк, ЛР, СР	48	1

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.

2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .

7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/> .

8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендуемый режим и характер учебной работы по проработке лекционного материала заключается в освоении на практике и совершенствовании знаний в области технологии машиностроения и методик расчета оптимальных режимов резания.

При оформлении отчётов по лабораторным работам следует особое внимание обращать на принципы и задачи проектирования, классификацию технологических процессов и этапы проектирования технологических процессов.

Желательно обладать навыками применения полученных знаний про проектировании технологических процессов машиностроительных производств. Следует использовать научные результаты и известные научные методы и способы для решения новых научных и технических проблем, и оптимизации конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств.

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

Лабораторная работа №1

Экспериментальное определение усадки стружки и ее взаимосвязь с режимами резания

Цель работы:

Изучение срезаемого слоя металла, экспериментальное определение усадки стружки и ее взаимосвязи с режимами резания.

Задание:

1. Изучить приборы и материалы, необходимые для проведения лабораторной работы.
2. Прочитать теоретические сведения необходимые для проведения данной работы.
3. Произвести все необходимые измерения.
5. Оформить отчет.

Порядок выполнения:

1. Проработать все пункты задания.
2. Внести все пункты задания в отчет.
3. Ответить на вопросы самопроверки.
4. Оформить и защитить отчет.

Форма отчетности: отчет по лабораторным работам должен содержать: цель работы, решаемые в ней задачи, матрица проведения экспериментальных исследований и метод расчета коэффициентов функции, список использованных источников.

Задания для самостоятельной работы:

1. Стальной образец в виде пластины зажать в тисках поперечно-строгального станка.
2. Провести серию опытов с изменением скорости резания (Значение скорости резания взять у преподавателя).
3. Провести серию опытов с изменением подачи (Значение подачи взять у преподавателя)
4. Провести серию опытов с изменением значения переднего угла (Значение переднего угла взять у преподавателя).
5. Результаты каждого опыта занести в таблицу.
6. По полученным данным построить зависимости $K_L=f(V)$, $K_a=f(V)$, $K_L=f(S)$, $K_a=f(S)$, $K_L=f(\gamma)$, $K_a=f(\gamma)$.
7. Сформулировать выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Лабораторная работа выполняется на базе информации по выбранной тематике исследования, собранной обучающимся самостоятельно. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Основная литература

1. Лобанов, Д. В. Металлорежущий инструмент : лабораторный практикум / Д. В. Лобанов, А. С. Янюшкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГУ, 2010. - 138 с.

Дополнительная литература

2. Янюшкин, А. С. Теория резания металлов : лабораторный практикум / А. С. Янюшкин, Н. Р. Лосева, В. И. Межецкий. - Братск: БрГУ, 2001. - 69 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Виды усадки стружки.
2. Методы определения усадки стружки.
3. Влияние различных факторов на усадку стружки.

Лабораторная работа №2

Исследование деформаций срезаемого слоя по текстуре в зоне резания

Цель работы:

Изучение влияния элементов режимов резания на характеристики текстуры в зоне резания (угол сдвига, угол текстуры, коэффициент искажения зерна).

Задание:

1. Изучить приборы и материалы, необходимые для проведения лабораторной работы.
2. Прочитать теоретические сведения необходимые для проведения данной работы.
3. Произвести все необходимые измерения.
5. Оформить отчет.

Порядок выполнения:

1. Проработать все пункты задания.
2. Внести все пункты задания в отчет.
3. Ответить на вопросы самопроверки.
4. Оформить и защитить отчет.

Форма отчетности: отчет по лабораторным работам должен содержать: цель работы, решаемые в ней задачи, матрица проведения экспериментальных исследований и метод расчета коэффициентов функции, список использованных источников.

Задания для самостоятельной работы:

1. Заточить резцы и измерить их геометрию с помощью угломера или на инструментальном микроскопе.
2. Измерить твердость, диаметр, и толщину стенки заготовки. Полученные данные занести в протокол.
3. Установить и закрепить в патрон станка заготовку с минимальным биением.
4. Установить резец в приспособление для мгновенного прерывания процесса резания, закрепляемое в суппорте станка.
5. Осуществляя резание, для каждого опыта получить корень стружки. После остановки процесса резания отвести резец, не повредив корень.
6. Отрезать торцевую часть заготовки с корнем стружки на длиннее 3-4 мм.
7. Положить корень стружки на подготовленную поверхность на стеклянную пластину, установить металлическую трубку и и заполнить ее само отвердевающей массой.
8. После затвердевание массы подготовить шлифа полученных образцов.
9. Протравить полученные шлифы и проверить качество травления на микроскопе.
10. При помощи металлографического микроскопа получите фотографии полученных образцов с увеличением 70-100 раз.
11. На фотографии нанесите линии границы стружкообразования АО, и касательную к поверхности резания ОВ. При помощи угломера измерить угол между ними.
12. От вершины отпечатка или от вершины нароста провести линию ОС в направлении наибольшей вытянутость зерен и измерить угол текстуры.
13. Построить график зависимости углов сдвига и текстуры от элементов режимов резания.
14. Сформулировать выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Лабораторная работа выполняется на базе информации по выбранной тематике исследования, собранной обучающимся самостоятельно. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Основная литература

1. Лобанов, Д. В. Металлорежущий инструмент : лабораторный практикум / Д. В. Лобанов, А. С. Янюшкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГУ, 2010. - 138 с.

Дополнительная литература

2. Янюшкин, А. С. Теория резания металлов : лабораторный практикум / А. С. Янюшкин, Н. Р. Лосева, В. И. Межецкий. - Братск : БрГУ, 2001. - 69 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое корень стружки и как он получается?
2. Как образуется сливная стружка.
3. Что из себя представляет зона стружкообразования.
4. Как можно определить коэффициент усадки стружки и относительный сдвиг?
5. Что такое нарост?
6. Какие особенности трения при резании металла?
7. От каких параметров зависит средний коэффициент трения?
8. Какие факторы, как и почему влияют на процесс наростообразования и высоту нароста.

Лабораторная работа №3

Влияние режимов резания на стойкость режущего инструмента

Цель работы:

Экспериментально определить влияние скорости, подачи и глубины резания на период стойкости режущего инструмента.

Задание:

1. Изучить приборы и материалы, необходимые для проведения лабораторной работы.
2. Прочитать теоретические сведения необходимые для проведения данной работы.
3. Произвести все необходимые измерения.
5. Оформить отчет.

Порядок выполнения:

1. Проработать все пункты задания.
2. Внести все пункты задания в отчет.
3. Ответить на вопросы самопроверки.
4. Оформить и защитить отчет.

Форма отчётности: отчёт по лабораторным работам должен содержать: цель работы, решаемые в ней задачи, матрица проведения экспериментальных исследований и метод расчета коэффициентов функции, список использованных источников.

Задания для самостоятельной работы:

1. Установить марку и физико-механические свойства обрабатываемого материала, материал и геометрию инструмента, технические характеристики станка..
2. Провести опыты по определению износа резца в зависимости от режимов резания и согласно планированию экспериментов.
3. Построить графики зависимости износа от времени по экспериментальным данным.
4. Выбрать критерий износа и определить стойкость по каждому опыту.
5. Построить графики зависимости стойкости резца от режимов резания в логарифмических координатах.
6. Графоаналитическим способом обработать данные, получить уравнение вида:
$$C = TV^m S^p f^l$$
7. Сформулировать выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Лабораторная работа выполняется на базе информации по выбранной тематике исследования, собранной обучающимся самостоятельно. Полученные результаты обсуждаются и согласовываются с ведущим преподавателем.

Основная литература

1. Лобанов, Д. В. Металлорежущий инструмент : лабораторный практикум / Д. В. Лобанов, А. С. Янюшкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГУ, 2010. - 138 с.

Дополнительная литература

2. Янюшкин, А. С. Теория резания металлов : лабораторный практикум / А. С. Янюшкин, Н. Р. Лосева, В. И. Межецкий. - Братск : БрГУ, 2001. - 69 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назовите виды износа инструмента.
2. Назовите критерии затупления инструмента.
3. Каково влияние различных факторов на износ инструмента?
4. Объясните зависимость износа инструмента от скорости, подачи, и глубины резания.
5. Раскройте понятия оптимальной и технологической стойкости инструмента.
6. Предложите способы повышения стойкости инструмента.

9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта (курсовой работы), контрольной работы, РГР, реферата

Учебным планом не предусмотрено.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) используются для:

- получения информации при подготовке к занятиям;
- создания презентационного сопровождения занятий;
- работы в электронной информационной среде.

Стандартное лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Imagine Premium: Microsoft Windows Professional 7.
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level.
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
4. Adobe Reader.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лк, ЛР, ПЗ</i>
Лк	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	-
ЛР	Лаборатория Технологии машиностроения	Учебная мебель; Токарно-винторезный станок 1К62; Строгальный станок 7Б11.	ЛР № 1...3
СР	Читальный зал № 1	Учебная мебель; 10-ПК i5-2500/Н67/4Gb (мониторTFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	1. Процесс образования стружки 2. Образование нароста и состояние материала под поверхностью резания. 3. Износ режущих инструментов 4. Роль внешней среды при резании металлов	1.1. Состояние материала в зоне резания и виды образующихся стружек 1.2. Усадка стружки 2.1. Механизм образование нароста 2.2 Условия для существования нароста 3.1. Общие положения 3.2. Характер износа режущих инструментов 3.3. Механизм изнашивания режущего инструмента 3.4. Зависимость стойкости режущего инструмента от скорости резания и причины ее немонотонности 3.5 Основной закон стойкости 4.1 Действия внешних сред в зоне резания 4.2. Проникновение внешней среды на поверхности контакта режущего инструмента с обрабатываемым материалом. 4.3 Способы и техника применения технологических сред при резании металлов 4.4. Способы активации СОЖ. 4.5. Нетрадиционные способы подачи СОЖ в зону резания и новые технологические среды.	Вопросы к зачету
ПК - 16	способность осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудованию, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов для их реализации			

2. Вопросы к зачету

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1.	ОПК-1	способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	1. Состояние материала в зоне резания 2. Виды образующихся стружек 3. Усадка стружки 4. Механизм образование нароста 5. Условия для существования нароста 6. Износ режущего инструмента. 7. Характер износа режущих инструментов 8. Механизм изнашивания режущего инструмента 9. Зависимость стойкости режущего инструмента от условий обработки. 10. Основной закон стойкости 11. Действия внешних сред в зоне резания 12. Проникновение внешней среды на поверхности контакта режущего инструмента с обрабатываемым материалом. 13. Способы и техника применения технологических сред при резании металлов 14. Способы активации СОЖ. 15. Нетрадиционные способы подачи СОЖ в зону резания и новые технологические среды.	1. Процесс образования стружки 2. Образование нароста и состояние материала под поверхностью резания. 3. Износ режущих инструментов 4. Роль внешней среды при резании металлов измерения размеров поверхностей
2.	ПК - 16	способность осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудованию, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов для их реализации		

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
Знать: <i>ОПК-1</i> - основные закономерности, действующие в процессе изготовления изделий машиностроения; <i>ПК-16</i> - современные технологии, системы и средства машиностроительных производств; Уметь: <i>ОПК-1</i> - использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда; <i>ПК-16</i> - совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий; Владеть: <i>ОПК-1</i> - навыками использования основных закономерностей в процессе изготовления изделий машиностроения. <i>ПК-16</i> - навыками участия в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования.	зачтено	- даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы; - ответы изложены грамотно, уверенно, логично, последовательно; - опираясь на усвоенные знания, четко увязывает научные положения с практической деятельностью; - свободно владеет основными понятиями дисциплины.
	не зачтено	- допускает существенные ошибки и неточности при ответе на поставленные вопросы; - испытывает трудности в практическом применении полученных знаний; - не может аргументировать научные положения; - не владеет системой основных понятий дисциплины.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Микроконтактные процессы при резании металлов направлена на ознакомление обучающихся представлению о бедующей профессии, наук, которые необходимо изучать для ее освоения, объектах и целях изучаемых дисциплин, о роли и месте специальности в правовом государстве, знакомство с основами профессиональной деятельности.

Изучение дисциплины Микроконтактные процессы при резании металлов предусматривает:

- лекции;
- лабораторные работы;
- самостоятельную работу;
- зачет.

В ходе освоения раздела 1 Процесс образования стружки студенты должны уяснить типы стружек образующиеся в процессе обработки. Влияние различных факторов на процесс стружкообразования. Разобраться с терминами усадки стружки.

В ходе освоения раздела 2. Образование нароста и состояние материала под поверхностью резания студенты должны уяснить основные причины возникновения нароста, факторы влияющие на наростообразование и влияние нароста на процессы резания металлов.

В ходе освоения раздела 3. Износ режущих инструментов студенты должны уяснить термин износостойкость. Изучить факторы влияющие на износостойкость металлорежущего инструмента и рассмотреть методы повышения износостойкости инструмента.

В ходе освоения раздела 4 Роль внешней среды при резании металлов студенты должны

уяснить номенклатуру современных технологических сред, механизмы их влияние на процессы резания и способы доставки в зону резания.

Необходимо овладеть навыками и умениями применения полученных знаний для подготовки и проведения организационной работы в области качественной обработки поверхностей, применения тех или иных технологических решений в конкретных ситуациях.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется обратить внимание на научные проблемы в области инструментального машиностроения. Овладение ключевыми понятиями, терминами и определениями в обработке металлов является необходимым для корректного оперирования общепринятыми терминами научного сообщества при подготовке выпускной квалификационной работы.

При подготовке к зачету рекомендуется особое внимание уделить вопросам, связанным с качественной составляющей поверхностного слоя металлорежущего инструмента.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления о процессах протекающих при обработке металлов в технологии машиностроения.

Самостоятельную работу необходимо начинать с ознакомления с основными понятиями, терминами и определениями в области обработки металлов; определения основных задач, решаемых при проектировании технологических процессов.

В процессе консультации с преподавателем обсуждаются и согласовываются полученные результаты, уточняются и корректируются отчёты по лабораторным работам.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и в Интернете.

АННОТАЦИЯ
рабочей программы дисциплины
Микроконтактные процессы при резании металлов

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является – получение обучающимися представления об основах теории пластического деформирования при превращении срезаемого слоя в стружку, образования и формирования обработанной поверхности; трения, контактного взаимодействия, изнашивания и затупления.

Задачами изучения дисциплины являются:

- развитие способности использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий, осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов для их реализации.

2. Структура дисциплины

2.1. Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекции – 14 часов; лабораторные работы – 56 часов; самостоятельная работа – 38 часов.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов, 3 зачетные единицы.

2.2. Основные разделы дисциплины:

1. Процесс образования стружки.
2. Образование нароста и состояние материала под поверхностью резания.
3. Износ режущих инструментов.
4. Роль внешней среды при резании металлов.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 – способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда;

ПК-16 – способность осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов для их реализации.

4. Вид промежуточной аттестации: Зачет.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры ТМ № ____ от «__» _____ 20 ____ г.,

Заведующий кафедрой _____

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	1. Процесс образования стружки	1.1. Состояние материала в зоне резания и виды образующихся стружек	Конспект лекций
			1.2. Усадка стружки	Конспект лекций; Отчет по ЛР №1
ПК - 16	способность осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов для их реализации	2. Образование нароста и состояние материала под поверхностью резания.	2.1. Механизм образование нароста	Конспект лекций; Отчет по ЛР №2
			2.2. Условия для существования нароста	
		3. Износ режущих инструментов	3.1. Общие положения	Конспект лекций; Отчет по ЛР №3
			3.2. Характер износа режущих инструментов	
			3.3. Механизм изнашивания режущего инструмента	
			3.4. Зависимость стойкости режущего инструмента от скорости резания и причины ее немонотонности	
			3.5. Основной закон стойкости	
		4. Роль внешней среды при резании металлов	4.1. Действия внешних сред в зоне резания	Конспект лекций
			4.2. Проникновение внешней среды на поверхности контакта режущего инструмента с обрабатываемым материалом.	
			4.3. Способы и техника применения технологических сред при резании металлов	
4.4. Способы активации СОЖ.				
4.5. Нетрадиционные способы подачи СОЖ в зону резания и новые технологические среды.				

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать: ОПК-1 - основные закономерности, действующие в процессе изготовления изделий машиностроения; ПК-16 - современные технологии, системы и средства машиностроительных производств;</p> <p>Уметь: ОПК-1 - использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда; ПК-16 - совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий;</p> <p>Владеть: ОПК-1 - навыками использования основных закономерностей в процессе изготовления изделий машиностроения. ПК-16 - навыками участия в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования.</p>	зачтено	<p>- даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы;</p> <p>- ответы изложены грамотно, уверенно, логично, последовательно;</p> <p>- опираясь на усвоенные знания, четко увязывает научные положения с практической деятельностью;</p> <p>- свободно владеет основными понятиями дисциплины.</p>
	не зачтено	<p>- допускает существенные ошибки и неточности при ответе на поставленные вопросы;</p> <p>- испытывает трудности в практическом применении полученных знаний;</p> <p>- не может аргументировать научные положения;</p> <p>- не владеет системой основных понятий дисциплины.</p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств от 11 августа 2016 г № 1000

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413,

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» октября 2016 г. № 684,

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125,

для набора 2018 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018г. № 130.

Программу составил:

Кузнецов А.М., доцент кафедры МиТ, канд. техн. наук. _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МиТ от «11» декабря 2018 г., протокол № 6

И.о. заведующего кафедрой МиТ _____ Е.А. Слепенко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего выпускающей кафедрой МиТ _____ Е.А. Слепенко

Директор библиотеки _____ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета МФ от «14» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии факультета МФ _____ Г.Н. Плеханов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник учебно-методического управления _____ Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____