Цель работы

Цель лабораторной работы – закрепление и углубление теоретических знаний, а также приобретение практических навыков выбора режимов резания при проектировании технологического процесса изготовления изделия.

Важной задачей является приобретение студентами навыков поиска и последующего использования справочной, руководящей нормативной и методической документации по выбору материала режущих инструментов, смазывающе-охлаждающих жидкостей.

* 2. 2 Подготовка и порядок выполнения лабораторной работы

Подготовка к лабораторной работе включает:

изучение теоретического материала по разделам учебной дисциплины, к которой относится лабораторная работа;

повторение теоретического материала из смежного курса по теме лабораторной работы ( материаловедение), подбор справочной литературы, необходимой для выполнения работы.

Для подготовки к выполнению лабораторной работы в методических указаниях приводится теоретическая часть и рекомендуемая литература. Контрольные вопросы к лабораторной работе обеспечивают возможность самоконтроля при теоретической подготовке. По указанию преподавателя ответы на вопросы могут быть даны в письменном виде.

При подготовке к лабораторной работе студент должен подобрать необходимую справочную литературу, которую следует иметь при выполнении лабораторной работы, оформить титульный лист, описать исходные данные и подготовить бланк таблицы с исходными данными. Подготовку к лабораторной работе студент выполняет самостоятельно во внеаудиторное время. Консультации проводятся по утвержденному на кафедре графику.

Студент допускается к работе при выполнении им вышеперечисленных требований и успешном прохождении собеседования с преподавателем. Студент, не имеющий достаточных теоретических знаний и не подготовивший исходные и справочные материалы, к выполнению лабораторных работ не допускается

Выполнение лабораторной работы занимает четыре часа аудиторного времени. Лабораторная работа выполняются бригадой студентов (2-3 человека), при этом каждый студент оформляет индивидуальный отчет в соответствии с требованиями подраздела 4.3.

Аудиторное время, отведенное для выполнения лабораторной работы, студент затрачивает на:

собеседование с преподавателем по теоретической части и получение допуска к выполнению задания;

согласование содержания задания;

выполнение задания;

оформление отчета;

получение отметки о выполнении работы;

заключительное собеседование с преподавателем по полученным при выполнении работы результатам.

Лабораторная работа будет зачтена при положительной оценке результатов собеседования и качества оформления отчета.

* 1. 3 Теоретическая часть
  2. 3.1 Основные элементы режимов резания

В процессе производства изделий применяют различные методы обработки.

Технологический метод обработки - это совокупность правил, определяющих последовательность и содержание действий при выполнении формообразования, обработки или сборки, перемещения, включая технический контроль, испытания в технологическом процессе изготовления ремонта, установленных безотносительно к наименованию, типоразмеру и исполнению изделия.

В машино- и приборостроении от 50% до 80% деталей получают, используя механическую обработку резанием.

Обработка резанием – это технологический метод обработки, заключающийся в образовании на исходной заготовке новых поверхностей отделением слоев материала (припуска) с образованием стружки.

Резание происходит путем внедрения в обрабатываемую заготовку клинообразного твердого тела – режущей части инструмента (лезвия резца, зуба фрезы, протяжки и т.д.), движение которого осуществляется от привода станка. В зоне соприкосновения режущего клина инструмента и срезаемого слоя заготовки происходит сложный физико-химический процесс пластического деформирования и разрушения материала, приводящий к образованию и последующему отделению от заготовки стружки, износу инструмента, выделению тепла и др.

Для осуществления резания необходимо относительное движение между заготовкой и режущим инструментом. Совокупность относительных движений инструмента и заготовки, необходимых для получения заданной поверхности при принятом технологическом методе обработки, называют кинематической схемой обработки.

Прямолинейное поступательное или вращательное движение инструмента или заготовки, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания, называют главным движением. Скорость главного движения обозначают рез (м/мин).

Прямолинейное поступательное или вращательное движение инструмента (или заготовки), скорость которого меньше рез , предназначенного для распространения отделения слоя материала на всю обрабатываемую поверхность, называют движением подачи S.

Подача – это отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки в направлении движения подачи, к соответствующему числу циклов другого движения.

Под циклом понимают оборот шпинделя, ход или двойной ход инструмента, например:

* подача на оборот S0 ,мм/об (при точении, сверлении);
* подача на двойной ход S2x ,мм/дв.ход (при шлифовании, долблении);
* подача на зуб Sz ,мм/зуб ( при фрезеровании).

Движение подачи может быть продольным, поперечным, круговым и др.

Качество обработанной поверхности определяется также глубиной резания t, мм.

**Глубина резания** определяется как расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки, измеренное перпендикулярно к последней.

Производительность обработки и качество обработанной поверхности зависят от:

* значений режимов резания;
* геометрических параметров режущей части инструмента;
* свойств материала режущей части инструмента (инструментального материала);
* смазывающе-охлаждающих технологических сред и способов их подачи в зону обработки;
* химического состава и физико-механических свойств обрабатываемого материала.
  1. 3.2 Геометрия режущей части инструмента

Трудоёмкость обработки поверхности детали, ее точность и качество в значительной степени определяются геометрией режущей части инструмента. От углов заточки режущей части, формы передней поверхности, зависит:

* стойкость инструмента, характеризуемая периодом стойкости Тмин (время между переточками инструмента);
* допустимые режимы резания и основное время на обработку,
* производительность;
* значения действующих сил и моментов резания;
* точность размеров и форма обрабатываемой поверхности;
* шероховатость поверхности;
* глубина наклёпанного слоя.

Элементы лезвия можно показать на простейшем режущем инструменте – токарном резце (рисунок 1).

Для отсчета углов выбраны координатные плоскости:

-плоскость резания Pvc – касательная к поверхности резания на заготовке, проходит через точку А на режущей кромке, в ней лежит вектор скорости резания;

- основная плоскость Pnc – проходит через точку А по нормали к плоскости Pvc и поверхности резания на заготовке;

- главная секущая плоскость Prc – проходит через т.А перпендикулярно координатным плоскостям Pvc и Pnc.

Углы расположения элементов резания отсчитывают от координатных плоскостей или измеряют в этих (или параллельных им) плоскостях.

Влияние углов резания на качество обработки весьма существенно.

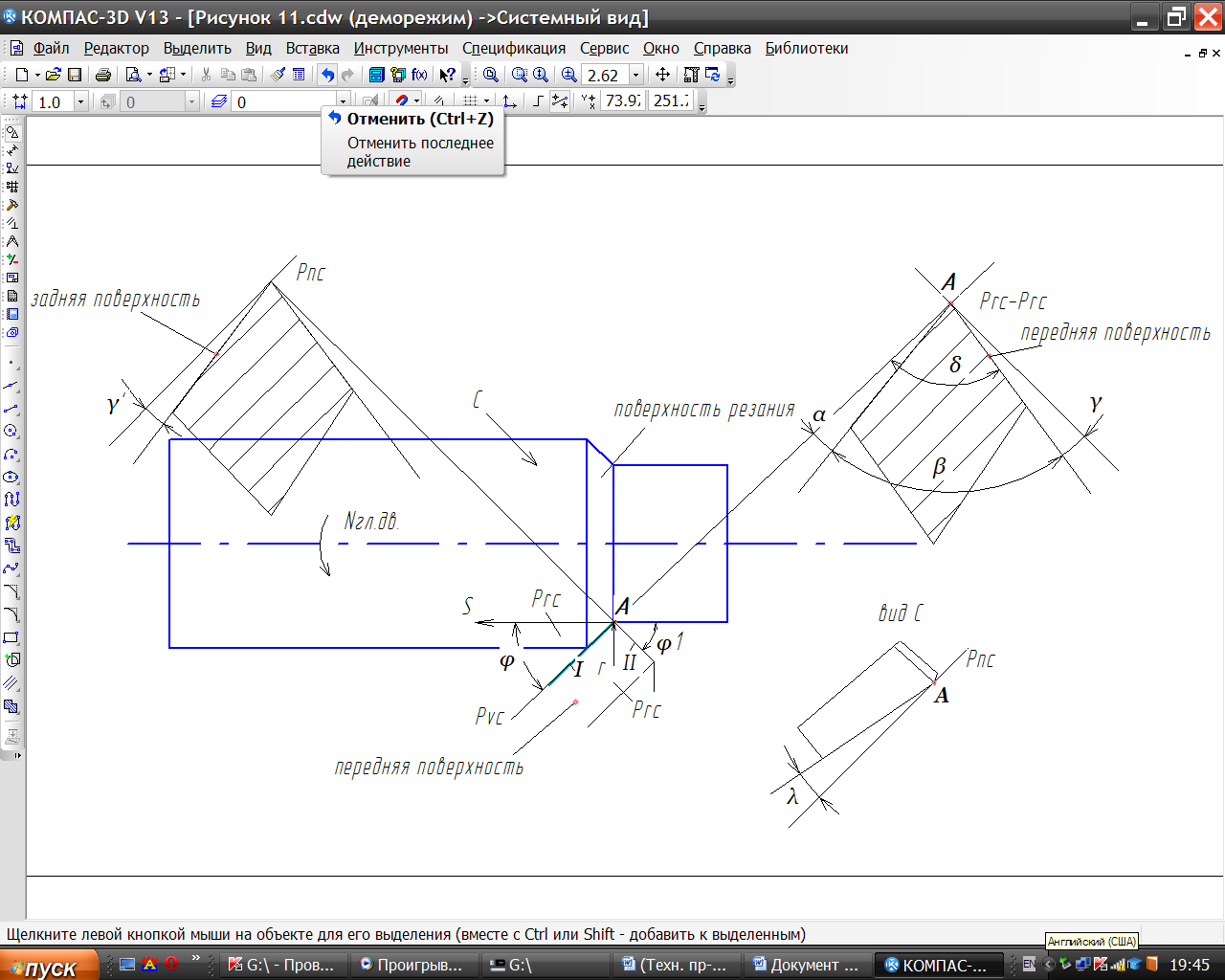


Рисунок 1 – Геометрия режущей части инструмента

**Передний угол**  может иметь положительное и отрицательное значение:

0 если α+β+=90

0 если α+β90

= 0 если α+β=90

От угла зависит степень пластической деформации, стойкость инструмента, механическая прочность лезвия, сила резания и мощность, качество обработанной поверхности. Перечисленные показатели улучшаются при увеличении угла , но при этом ухудшается прочность и стойкость инструмента.

Передний угол уменьшают и даже делают его значение отрицательным при обработке хрупких и твердых материалов. В зависимости от механических свойств обрабатываемого и инструментального материалов принимают равным 1025.

**Главный задний угол α** влияет на интенсивность трения задней поверхности резца о заготовку. С его увеличением уменьшается трение по задней поверхности, но одновременно снижается механическая прочность лезвия. Для различных условий обработки α=612.

**Главный угол в плане**  влияет на стойкость инструмента и шероховатость обрабатываемой поверхности. Эти показатели улучшаются при уменьшении угла , но при этом возрастает составляющая усилия резания, перпендикулярной оси заготовки, что приводит к её прогибу. Угол назначают от 30 до 90 в зависимости от вида обработки.

**Вспомогательный угол в плане**  служат для уменьшения трения о заднюю вспомогательную поверхность резца поверхности заготовки. С уменьшением улучшается шероховатость поверхности, увеличивается прочность резца (вершины лезвия) и снижается износ резца, но увеличиваются значения составляющих усилия резания.

При обработке жестких заготовок принимают меньшие значения , при обработке заготовок малой жесткости и работе с врезанием =3045.

**Угол наклона режущей кромки**  определяет направление схода стружки:

при **=0** стружка сходит в направлении главной секущей плоскости;

при **0** стружка сходит по передней поверхности лезвия к обрабатываемой поверхности заготовки, положительный угол способствует упрочнению режущей кромки, т.к. в момент врезания лезвия ударная сила приходится не на его вершину.

При чистовой обработке **0**, т.к. в противном случае стружка будет засыпать обработанную поверхность. При черновой обработке **0**.

Значение параметров режущей части обрабатывающего инструмента выбирают по нормативным таблицам в зависимости от вида обработки, типа обрабатывающего инструмента, физико-механических свойств инструментального и обрабатываемого материала.

* 1. 3.3 Рекомендации по выбору инструментального материала
  2. 3.3.1 Требования к инструментальным материалам

Инструментальным материалам в зависимости от метода обработки, вида обрабатывающего инструмента и условий обработки предъявляется целый ряд требований.

*Требования к прочностным характеристикам.* Для обеспечения необходимой стойкости инструмента соотношение между твердостью инструментального материала Hu и материала заготовки Hз должно составлять: Hu/Hз2,02,5.

Если обработка ведется при наличии высоких контактных циклических нагрузках, инструментальный материал должен иметь высокие значения пределов прочности на сжатие - сж, изгиб - u и циклические нагрузки -1.

Инструменты, работающие в условиях ударных нагрузок должны обладать высокой ударной вязкостью.

Для снижения интенсивности трения по поверхностям лезвия необходимо, чтобы инструментальный материал в паре с обрабатываемым обладал как можно меньшим коэффициентом трения и высокой износостойкостью.

*Требования к тепловым свойствам.* Чтобы противостоять высоким температурам, действующим на контактных площадках лезвия, инструментальный материал должен обладать:

* высокой теплостойкостью – температурой, при которой материал теряет свои первоначальные прочностные свойства;
* высокой теплопроводностью для эффективного отвода тепла в «тело» инструмента от наиболее нагретых контактных площадок лезвия.

***Требования к технологическим свойствам.*** Стоимость инструмента снижается, если инструментальный материал обладает хорошей обрабатываемостью при обработке его лезвийным и абразивным инструментами, а также при термической обработке. Хорошая обрабатываемость инструментальных сталей характеризуется:

* при термической обработке – высокой прокаливаемостью и отсутствием трещин при закалке;
* при обработке лезвийным инструментом – малой вязкостью, высокой теплопроводностью, низкой склонностью к взаимодействию с материалом инструмента и др.;
* при абразивной обработке – отсутствием «закаливания» абразивного круга обрабатываемым материалом, а также отсутствием прожогов и трещин при шлифовании (из-за высокой температуры резания в зоне резания).

***Экономические требования.*** С целью снижения стоимости инструментов, которая переносится в себестоимость обработанного изделия, инструментальный материал:

* не должен содержать дефицитных компонентов в исходном сырье;
* стоимость получения сырья и изготовления инструмента должна быть низкой.
  1. 3.3.2 Краткая характеристика инструментальных материалов

Обеспечить все перечисленные в п. 3.3.1 требования в одном инструментальном материале не представляется возможным, поэтому в промышленности разработан и продолжает разрабатываться широкий ассортимент инструментальных материалов, который в общем случае можно разбить на несколько групп:

* углеродистые инструментальные стали;
* низколегированные инструментальные стали;
* высоколегированные инструментальные стали (быстрорежущие стали);
* инструментальные твердые сплавы;
* минералокерамика;
* металлокерамика;
* сверхтвёрдые материалы.

***Углеродистые стали*** появились в середине века и более пятидесяти лет были единственным материалом для изготовления режущих инструментов. Содержание углерода, от которого зависят во многом свойства стали, составляет от 0,6%1,4%.

Для получения высокой твердости эти стали подвергаются закалке (нагревают до температуры 750-850С с последующей закалкой в воде и дополнительном отпуске для снятия внутренних напряжений, повышения прочности и вязкости) HRC 60-62.

Материалы являются самыми дешевыми и обладают высокой технологичностью.

Выпускают 2 группы углеродистых инструментальных сталей: качественные стали (У7, У13) и высококачественные (У7А, У13А). Недостатки:

* низкая прокаливаемость и, как следствие, закалка в воде с возможным появлением трещин;
* низкая теплостойкость 200-250С и, как следствие - низкие скорости резания 915 м/мин.

Стали У7-У9 имеют высокую ударную вязкость и используются для слесарных инструментов (керны, зубила и т.д.) и деталей вырубных штампов.

Стали У10-У12 – более хрупкие, используются для изготовления металлорежущих инструментов, работающих на низких скоростях (мелкие сверла, метчики, прошивки, развертки).

***Низколегированные инструментальные стали.***Появились в конце века. Это углеродистые стали, легированные хромом, вольфрамом, ванадием, кремнием (до 1% каждого компонента) и содержанием углерода 0,71,3%.

Хром способствует глубокой прокаливаемости и повышению твердости, ванадий способствует образованию твердых и стойких карбидов и мелкозернистой структуры. Примером являются стали марок 7ХФ, 9Хс, ХВГ, ХВ5. После термической обработки имеют твердость HRC 6265, теплостойкость 250350С., скорость резания 1525м/мин имеют улучшенную прокаливаемость, можно калить в масле, что резко снижает вероятность появления закалочных трещин. Однако у этих сталей хуже обрабатываемость: при шлифовании и заточке может появляться прижог.

Применяют для изготовления слесарных ударных инструментов, металлорежущих инструментов, работающих на невысоких скоростях, имеющих более высокую стойкость, чем углеродистые стали.

***Высоколегированные инструментальные стали (быстрорежущие).***

Из этих сталей изготавливают около 60% всего лезвийного инструмента.

Различают быстрорежущие стали нормальной (группа А) и повышенной (группа Б) теплостойкости. Согласно классификации ИСО это HSS быстрорежущие стали обычной производительности. HSS-E – быстрорежущие стали повышенной производительности:

- группа А (HSS) – марки Р9, Р18, Р6М5 – для резцов, фрез, свёрл, зуборезного инструмента, теплостойкость сталей до 600С, могут работать на скоростях до 40 70м/мин, твердость после закалки HRC 6265;

- группа Б (HSS-E) – марки Р9Ф5, Р9К5, Р18Ф2 – применяют для изготовления инструментов, работающих в условиях прерывистого резания, вибраций, при чистовой обработке, при обработке труднообрабатываемых сталей и сплавов. Их теплостойкость 650С. Стойкость инструментов из быстрорежущих сталей по сравнению с углеродистыми выше более чем в 2 раза. Недостатки: хуже обрабатываемость резанием и при термической обработке; содержание дефицитных компонентов (вольфрам, ванадий, молибден, кобальт), высокая стоимость.

***Инструментальные твердые сплавы.*** Представляют собой твердый раствор карбидов вольфрама, титана, тантала в металлическом кобальте (в качестве связки может использоваться никель, молибден).

Твердые сплавы ввиду их высокой стоимости выпускают в виде пластинок, которые изготавливаются методом порошковой металлургии с последующим креплением к инструменту механическим способом или пайкой заготовок. Цельноспеченными из пластифицированных заготовок выпускают мелкоразмерные твердосплавные инструменты. Цифры в обозначении марок твердых сплавов обозначают процентные содержания кобальта, карбида титана, карбидов титана и тантала, остальные карбиды вольфрама.

Различают четыре группы инструментальных твердых сплавов, отличающихся как химическим составом, так и характеристиками:

* однокарбидные – группа ВК – вольфрамокобальтовые (ВК2, ВК3, ВК3М, ВК6В, ВК10ОМ). Буквы после последней цифры означают зернистость;
* двухкарбидные вольфрамо-титано-кобальтовые (Т5К10, Т15К6, Т30К4). Цифры означают процентные содержания составляющих;
* трёхкарбидрые вольфрамо-титано-тантало-кобальтовые (ТТ7К10, ТТ12К8), vрез=120-220 м/мин;
* безвольфрамовые – не содержат вольфрама, карбид вольфрама заменен карбидом титана с добавками молибдена, никеля. Они дешевле, обладают пониженной теплопроводностью и более высоким коэффициентом теплового линейного расширения, что приводит к снижению скоростей резания до 120-150 м/мин.

Сравнительная характеристика групп твердых сплавов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика твердых сплавов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Группа твердых сплавов | RA | | u, МПа | | Теплостойкость Q, С | сж, МПа | Применение | |  | | |  |
| ВК | | 84-91 | | 1000-2000 | | | | 800-850 | | 3330 | Для обработки чугунов, цветных сплавов, хрупких металлов | |
| ТК | | 87-92 | | 700-1150 | | | | 850-900 | | 4000 | Для обработки легиррованных и конструкционных сталей на чистовых операциях | |
| ТТК | | 87-89 | | 1400-1600 | | | | 750 | | - | Промежуточное положение между первыми группами | |
| Безвольфрамовые КНТ16, ТН20 и др. | | 86,5-89 | | 1200-1400 | | | |  | | - | Не рекомендуются для высокоточных работ | |

Для повышения эксплуатационных характеристик твердых сплавов на пластины наносят одно- и многослойные покрытия из карбидов, нитридов, силицидов тугоплавких металлов, что позволяет увеличить их износостойкость, термостойкость, снизить коэффициент трения рабочих поверхностей лезвия и повысить стойкость в 2-3 раза, а скорость резания на 25-30%.

***Минералокерамика (оксидная керамика).*** Прессованный материал на основе оксида алюминия (до 99%) с легирующими добавками окиси цинка, магния, марганца и др. имеет высокую твердость HRA 92-93, износостойкость и теплостойкость (до 1200єС), что дает возможность работать на скоростях резания по стали до 350 м/мин. Недостатки: низкая прочность на изгиб, малая ударная вязкость. Применяют на чистовых обработках при безударных нагрузках и без охлаждения, при высокой жесткости СПИД, преимущественно при точении крупных валов. Наибольшее распространение получили марки ЦМ-332, ВО-13, ВОК-63, ВШ75.

Применяют в виде пластин, механически закрепляемых на токарных резцах и ножах торцевых фрез.

***Металлокерамика – оксидно-карбидная керамика*.** С целью повышения механической прочности в оксидную керамику добавляют различные тугоплавкие соединения (карбиды вольфрама, титана, молибдена, хрома и др.). Этот инструментальный материал называют еще керметами («карбонит», В3 и др.).

Применяют также оксидно-нитридную керамику марки «картинит» (оксид алюминия и нитрид титана), «силинит» (оксид аммония и нитрид кремния) с легированием оксидом иттрия, цирконием и др., применяют при фрезеровании отбеленных чугунов, труднообрабатываемых сталей и сплавов. Скорость резания при чистовых операциях на стали может достигать 900ч1000 м/мин.

***Сверхтвёрдые материалы.*** К ним относятся естественные и синтетические алмазы, кубический нитрид бора (КНБ).

Алмазный инструмент применяют для финишной обработки.

Природные алмазы (А) и синтетические алмазы (АС, баллас-АСБ, АСБ-6, АСПК-карбонадо и др.) применяют для оснащения лезвийных и абразивных инструментов.

Для лезвийных инструментов используют естественные алмазы величиной 0,3ч0,75 карата. Кристалл алмаза припаивают или зачеканивают во вставку, которую затем крепят к инструменту. Алмаз обладает высокой износостойкостью, хорошей теплопроводностью, низким коэффициентом трения, малой адгезионной способностью к металлам, кроме сплавов железо-углерод. Кристаллы природных алмазов обладают большой анизотропией и при надлежащей кристаллографической ориентации имеют очень высокую стойкость.

**Синтетические алмазы** имеют поликристаллическое строение и обладают изотропностью механических свойств. Применяют для обработки полупроводниковых материалов, керамики, стеклопластиков, пластмасс.

Балласы применяют для оснащения режущей части резцов, свёрл, фрез, а также для изготовления шлифовальных кругов, абразивных брусков.

Алмазная финишная обработка применяется взамен тонкого шлифования, обеспечивает высокую точность и качество поверхности. Твердость алмаза в 6-7 раз выше, чем у твердых сплавов, теплостойкость 700°С, скорость резания 250ч400 м/мин.

***Кубический нитрид бора (КНБ)*** – эльбор, боразон и др. Это искусственный кристаллический материал, который содержит около 44% бора и 56% азота. КНБ с добавками оксида алюминия – композит. Твердость КНБ составляет 8500-9400 кг/мм2, δu=1000Мпа, теплостойкость 1200-1300°С, однако теплопроводность в 3 раза ниже, чем у алмаза, работают на скорости ѵрез=250-600 м/мин по чугуну и сталям.

Применяется при чистовом точении, фрезеровании высокопрочных чугунов, закаленных сталей (60-120 м/мин). На обычных скоростях резания стойкость инструмента с КНБ в 30-40 раз твердосплавных. Эффективны при замене шлифования лезвийной обработкой закаленных сталей. Кристаллы КНБ запаивают в «тело» резца (вставки), а затем затачивают алмазным кругом.

* 1. 3.3.3 Влияние технологических сред на процесс резания

С целью оптимизации процесса резания на зону резания можно оказывать воздействие с помощью различных технологических сред. К ним относятся, прежде всего, смазочно-охлаждающие технологические среды (СОТС).

Назначение СОТС:

* Смазочное воздействие для снижения интенсивности трения в зоне контакта инструмента с заготовкой и стружкой;
* Охлаждающее действие для уменьшения негативных явлений в зоне обработки, вызванных повышением температуры;
* Моющее воздействие;
* Расклинивающее действие, выламывающее действие (хрупкие материалы), т.е. предразрушающее и пластифицирующее действие по отношению к материалу заготовки.

СОТС должны обладать следующими способностями: охлаждающими, смазочными, моющими. СОТС должны обладать антикоррозионными свойствами, антипенными свойствами, нетоксичностью, бактерицидной стойкостью, недефецитностью, низкой стоимостью.

По агрегатному состоянию СОТС различают:

* Твердые;
* Жидкие (смазочно-охлаждающие жидкости – СОЖ);
* Аэрозоли;
* Газообразные.

***Твердые СОТС*** выполняют только смазочные функции, их втирают на поверхность лезвия: графит кристаллический, дисульфит молибдена, деселенид вольфрама, твердые мыла (соли жирных кислот), воск, парафин, церезин (смесь твердых углеводородов парафинового ряда), твердые животные и синтетические мыла.

***Аэрозоли***. Воздушные аэрозоли СОЖ, в которых вещества находятся в дисперсном состоянии, в виде мелких капель, в струе воздуха, под давлением проникают в зазоры трущихся элементов, применяют при малом расходе.

***Газы***. Применяют для охлаждения и смазки. Иногда применяют обдув зоны резания воздухом, инертными газами, кислородом, парами сжиженных газов. Смазочную функцию выполняют химические пленки, образующиеся на поверхностях в зоне контакта при обдувке зоны резания.

***СОЖ*** различают по химическому составу, теплопроводности, способности растекаться по металлам, проникать в зазоры и микротрещины.

По виду основы СОЖ делят на водные и масляные.

**Водные СОЖ** делят на:

* Электролиты (химические соединения NaCl, BaCl и другие, в которые добавляют ингибиторы коррозии, например, NaNO3);
* Синтетические и полусинтетические.
* Синтетические СОЖ – это растворы органических поверхностно-активных веществ – ПАВ – в виде органических полимеров с невысокой молекулярной массой – Аквол IOM.
* Полусинтетические СОЖ – жидкости с растворимыми в воде маловязкими минеральными и синтетическими маслами, водорастворимыми полимерами, их изготавливают в виде концентратов, которые растворяют в воде с концентрацией 2…15%;
* Эмульсии – грубодисперсные смеси взаимонерастворимых компонентов воды и капелек масла, поставляются в виде концентрата (эмульсола), который растворяется воде с концентрацией 3-10% ив основе своей содержат масла, эмульгаторы, противозадирные и антифрикционные присадки, ингибиторы коррозии и другие присадки (укрикол, Э2, ЭГ2 и др.);
* Масляные СОЖ - минеральные индустриальные масла с различными присадками (МР8, Л3 и др.).

Вид СОЖ выбирают по справочным таблицам в зависимости от вида обработки, марки материалов заготовок и инструмента, скорости резания, условий обработки, подачи и глубины резания.

* 1. 3.3.4 Методика определения режимов резания и основного времени

Определение оптимальных значений элементов режимы резания является актуальной задачей при технологическом проектировании.

Цель установления оптимальных технологических режимов – обеспечение требуемого качества обработки при минимизации времени и средств на обработку изделия.

Режимы резания могут устанавливаться различными методами.

*Расчетно-аналитический метод* базируется на использовании эмпирических зависимостей режимов резания от значения первичных технологических факторов, полученных на основе обработки результатов многочисленных экспериментальных исследований. Аналитические зависимости и числовые значения величин, приведенных в этих формулах, даются в нормативных таблицах, при этом учитываются условия выполнения рабочего перехода.

*Табличный метод* базируется на определении элементов режимов резания по нормативным таблицам. Причем табличные значения элементов режимов резания обязательно корректируются с учетом отклонений реальных условий обработки от тех, для которых разработаны нормативные таблицы.

Алгоритм определения режимов резания следующий:

* Определяется **глубина резания**. Глубина резания принимается равной максимальному значению припуска (на сторону) для данного рабочего перехода. Величина глубины резания не должна превышать значения, допустимые для данного станка и инструмента (по прочности). Если толщина припуска больше рекомендуемой глубины резания, этот припуск следует удалять за несколько рабочих ходов, при этом за первый рабочий ход удаляется 60-70% припуска.

**Пример:** обтачивается цапфа оси ш5h11 из заготовки в виде круглого проката ш15мм за один рабочий переход. Припуск для обточки заготовки до ш5h11 с заданной шероховатостью определен расчетным путём: Zmax=0,5 мм. Общий фактический максимальный припуск на рабочий переход составляет:

Z0=0,5(dзаг-dдет)

Z0=0,5(15-5)=5мм.

Обработку проводим за три рабочих хода:

* За первый рабочий ход удаляем припуск Z=0,7%=0,7\*5=3,5мм;
* За второй рабочий ход удаляем Z2=Z0-Z1-Z3

Z2=5-3,5-0,5=1мм

* За третий рабочий ход удаляем припуск Z3=Zmax=0,5мм.

Глубина резания при выполнении рабочего перехода за три рабочих хода: t11=3,5мм, t12=1,0мм , t13=0,5мм.

Расчет усилия резания и мощности на данный рабочий переход необходимо выполнять учетом глубины резания t11=3,5мм, соответствующей наиболее нагруженному рабочему ходу.

При выборе глубины резания можно воспользоваться рекомендациями таблицы 2.

Таблица 2 – Рекомендации по назначению глубины резания при точении

|  |
| --- |
| Вид точения |
| Точность обработки, квалитет | Требуемая шероховатость Rz, мм | | Рекомендуемая макс.глубина резания t, мм |  | |  | |  |
| Черновое | | 12-14 | | | 40 | | 7-9 | |
| Получистовое | | 9-11 | | | 20-40 | | 2-5 | |
| Чистовое | | 7-8 | | | 6-20 | | 0,5 | |
| Тонкое | | 5-6 | | | 1,6-3,2 | | 0,05-0,2 | |

* **Назначение подачи.** Подачу назначают по рекомендациям нормативов и справочников [1], [2], [3], [4].

Подача выбирается с учетом вида обработки, глубины резания, шероховатости и размеров обрабатываемой поверхности. В общем случае выбранную подачу необходимо проверить по нескольким прочностным критериям механизма станка и обрабатывающего инструмента.

Табличные значения подачи **Sтабл мм/об (Sтабл мм/зуб)** корректируется с использованием поправочных коэффициентов, учитывающих реальные условия обработки:

Sрасч=Sтабл\*Ki, мм/об.

Расчетные значения подачи следует корректировать по паспорту, принимая для дальнейших расчетов:

*Sпасп≤Sрасч.*

* **Назначение периода стойкости**. Назначение периода стойкости **Т, мин**, производят по нормативным таблицам с учетом условий обработки, материала режущей части инструмента и обрабатываемой заготовки.
* **Определение скорости резания**. Табличное значение скорости резания **vтабл** выбирают по нормативным таблицам с учетом условий обработки, затем корректируют vтабл c учетом реальных условий обработки, отличающихся от приведенных в таблице для выбора скоростей:

vрасч=vтабл\*Kvi , м/мин.

где Kvi–корректирующий коэффициент

m – количество учитываемых факторов.

Рекомендуется выполнить расчет скорости резания по аналитической зависимости, приведенной в [1], [2], [3], [4], [5].

* **Определение частоты вращения шпинделя*.*** Расчетное число оборотов шпинделя (главного движения) определяют по известной зависимости:

nрасч=1000\*vрасч/\*d, об/мин

где d – диаметр заготовки (сверла, фрезы) в мм.

Расчетное значение числа оборотов корректируют по паспорту станка, принимают

nпасп≈nрасч, об/мин,

затем рассчитывают фактическую скорость резания:

vфакт=\*d\*nпасп/1000, м/мин

Фактическое значение скорости резания не должно превышать расчетное более чем на 20%, т.е.:

*vфакт≤1,2\*vрасч*

Следует сравнить значения скорости, полученные расчетным и табличным методами.

* **Расчет сил резания. Выполняется по аналитическим зависимостям с учетом вида обработки (точение, сверление, зенкерование, фрезерование и др.).**

Pz, Py, Px. [1], [2], [3], [5].

* **Расчет крутящего момента – Мрез***,* выполняется по нормативным таблицам и аналитическим зависимостям с учетом условий и вида обработки.
* **Расчет необходимой мощности станка Nрасч.** Выполняется по аналитическим зависимостям или нормативным таблицам, приведенным в справочной литературе [1], [2], [3], [5].

Полученное значение Nрасч должно находиться с следующем соотношении с мощностью двигателя станка с учетом коэффициента потерь в механических передачах от двигателя к шпинделям станка - η:

*1,3\*Nглрасч≤Nдв\*η.*

В общем случае расчетная мощность привода станка определяется с учетом мощности, затрачиваемой на главное движение Nгл.дв. и на подачу Nп, т.е.:

*Nрасч=Nгл.дв+Nп.*

Если необходимо использовать станок заданной модели, а его мощности недостаточно, необходимо сделать перерасчёт скорости резания, а затем и корректировку nпасп:

vрез=Nдв\*η/Pz ,

где Nдв, Вт; PZ, Н

* 1. 3.3.5 Определение основного времени

Расчет основного времени осуществляют при нормировании труда, то есть при определении технически обоснованной нормы времени на выполнение каждой технологической операции.

Основное время выполнения операции затрачивается на качественные изменения объекта труда. В общем случае основное время – Т**0** идет на снятие припуска при формообразовании, на получение заданной формы заготовки при формовании, на изменение структуры материала и, как следствие, физико-механических свойств при термообработке и т.д.

В общем случае основное время на операцию, состоящую из одного рабочего перехода, который, в свою очередь, состоит из одного или нескольких рабочих ходов, определяется следующим образом:

*To=Lpx\*i/Sмин,* мин

где Lрх, мм – длина рабочего хода обрабатывающего инструмента с рабочей подачей;

Sмин – скорость перемещения инструмента (или заготовки) в единицу времени, минутная подача, в мм/мин.

Существуют методы, когда при обработке заготовки используется несколько движений подачи, совершаемых заготовкой и инструментом; все они должны быть учтены при определении основного времени, расчетные формулы усложняются.

Основное время выполнения операции, состоящей из нескольких последовательно выполняемых (непрекрываемых) рабочих переходов, определяется таким образом:

*To=ΣkiToi ,*

где T0i – время выполнения i-го рабочего перехода;

k – количество непрерываемых рабочих переходов.

Минутная подачаопределяется по паспортным значениям подачи S0 (Sмин) и частоты nпасп вращения шпинделя при назначении режимов резания. Для обработки с главным вращательным движением:

*Sмин = S0пасп·nпасп* , мм/мин

При обработке деталей на фрезерных станках применяют паспортное значение, ближайшее к *Sмин = S0·nпасп = SZ·Z·nпасп* ,

Sмин Sмин.пасп,

где SZ – подача на зуб;

Z – число зубьев фрезы.

Длина рабочего хода – Lрх в общем случае определяется:

*Lpx=вр+Lобр+пер ,мм*

где Lобр – длина (глубина отверстия) обрабатываемой поверхности;

вр – величина перемещения инструмента (или заготовки) с рабочей подачей, обеспечивающая плавность врезания инструмента в обрабатываемый материал;

пер – величина перебега инструмента с рабочей подачей.

Величины вр, пер определяются по нормативным таблицам в зависимости от параметров обрабатываемой поверхности, формы и размеров обрабатывающего инструмента, глубины резания. В справочной литературе даются формулы для определения вр, пер. [1], [2], [3], [4], [5].

В тех случаях, когда на рабочем переходе одновременно обрабатывается несколько заготовок, закрепленных в многоместном приспособлении, основное время рассчитывают с учетом того, что инструмент обрабатывает последовательно m-заготовок; при этом основное время для обработки пакета заготовок:

Tm0=Lpx/Sмин=(вр+m\*Lобр+пер)/S0\*n

Для обработки одной детали:

T0=Tm0\* /m.

При определении Lобр необходимо учитывать не только длину обрабатываемой поверхности детали, но и размеры установочных элементов, разделяющих обрабатываемые детали.

* 1. 4 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ
  2. 4.1 Исходные данные

Исходные данные должны быть получены при выполнении задания на предшествующую самостоятельную работу: вид обработки, наименование операции, содержание рабочих переходов в структуре операции. Исходные данные необходимо представить в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Исходные данные для лабораторной работы

|  |
| --- |
| **Наименование операции** |
| **Содержание рабочих переходов** | **Тип станка** | | | **Тип обрабатывающего инструмента, размеры** |  | |  | | | |  |
|  | | | 1.  2. | | |  | | |  | | |
| **Тип приспособления** | | |
|  | | |
| **Марка СОЖ** | | |
|  | | |
| **Модель станка** | | | | | | | | | | **Паспортные данные станка** | |
| **Ряд частот, об/мин** | | | **Ряд подач, мм/об** | | | **Ряд подач, мм/мин** | | |
|  | | | nпасп | | | S0пасп | | | Sмин пасп | | |
| **Мощность двигателя** Nдв, КВт | | |  | | |  | | |  | | |
| **Эскиз обработки** | | | | | | | | | | **Данные по заготовке** | |
| (инструмент показать в начале обработки и после ее завершения, дать схему базирования и закрепления, указать размеры обрабатываемой поверхности) | | Марка материала | | | | | |  | | | |
| Предел прочности в | | | | | |  | | | |
| Твердость HB | | | | | |  | | | |
| Вид исходной заготовки | | | | | |  | | | |
| Припуск (на сторону) на обработку | | | | | |  | | | |

* 1. 4.2 Порядок выполнения работы

1. Выбрать материал режущей части инструмента с указанием марки материала и его основных характеристик.
2. Выбрать углы заточки режущей части инструмента (с обоснованием): **, , , , , r.**
3. Выбрать смазочно-охлаждающую жидкость (марку, ТУ или ГОСТ). Необходимые данные занести в таблицу;
4. Обосновать глубину резания **t** на каждом рабочем переходе;
5. Выбрать подачу **Sтабл**, **Sрасч** скорректировать по паспортным данным ***Sпасп*** ;
6. Назначить период стойкости инструмента **T** (с обоснованием);
7. Выбрать табличное значение скорости резания **vтабл**, рассчитать значение скорости с учетом корректирующих коэффициентов **vрасч**. Рассчитать **vрез** по эмпирическим зависимостям, сравнить с табличным значением
8. Рассчитать число оборотов шпинделя **nрасч** и выбрать ближайшее **nпасп;**
9. Рассчитать фактическую скорость резания, проверить правильность корректировки **nрасч**;
10. Рассчитать силы резания **Px, Py, Pz;**
11. Рассчитать момент резания;
12. Рассчитать мощность, необходимую на резание, сравнить полученное значение с табличным;
13. Сделать выводы, подтверждающие обоснованность выборы инструмента и станка;
14. Рассчитать основное время на выполнение операции;
15. Дать рекомендации по сокращению Т0.
    1. 4.3 Требования к оформлению отчёта по лабораторной работе.

Отчет должен содержать:

- титульный лист;

- цель лабораторной работы;

- описание исходных данных ( таблицу);

- расчеты.

-выводы и рекомендации.

Титульный лист отчета оформляется в соответствии с приложением A.

Формулы для расчетов приводят в символическом виде с пояснением и размерностью входящих в них величин, а затем в численном виде.

Отчет выполняется на листах формата А4 (210×297).

Рисунки и таблицы оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95. Рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и иметь соответствующие названия, страницы отчета также нумеруются.

* 1. Контрольные вопросы

1. Дайте определение «метод обработки резанием».
2. Назовите углы заточки режущей части инструмента. Каков характер влияния углов заточки на качество и производительность обработок?
3. Какие группы инструментальных материалов Вам известны?
4. Назовите группы инструментальных сталей.
5. Назовите группы и области использования инструментальных твердых сплавов.
6. Назовите виды современных сверхтвердых инструментальных материалов и область их применения.
7. Назовите смазочно-охлаждающие технологические средства, применяемые при обработке резанием. Каково их назначение?
8. Какие виды смазочно-охлаждающих жидкостей применяют при обработке?
9. Назовите элементы режимов резания.
10. Назовите методы определения режимов резания.
11. Дайте определение основного времени.
12. Как устанавливается основное время на технологическую операцию?
13. Каковы пути сокращения основного времени?
    1. Литература

1Общемашиностроительные режимы резания. Справочник: в 2-х т.: Т.1 / А.Д. Локтев, И.Ф. Гущин, В.А. Батуев и др.-М. : Машиностроение, 1991.- 640 с.

2 Режимы резания металлов: Справочник/ Под ред. Ю. В. Барановского.- М.: М., 1972.

3 Нефедов Н. А., Осипов К. К. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Уч. пособие для техникумов.- М.: М., 1990.- 448 с.

4 Жигалко Н.И., Яцура Е.С. Обработка материалов: Станки и инструменты. Учеб. Пособие для ВУЗов спец..0531, 0533, 0651, 0652/ под ред. Ю.М. Соломенцева. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск.: Высш. школа;1984. – 373 с.

5 Краткий справочник металлиста /Под общей редакц. П.Н. Орлова, Е.Н. Скороходова – 3-е изд., испр. и доп. - М.: Машиностроение, 1996. – 960 с., ил.

6 Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х томах, т.2 – / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова - М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

7 Справочник технолога-приборостроителя. В 2-х т., Т.1 - 2-е изд. Перераб. и доп. – Под ред. Сыроватченко - М.: Машиностроение, 1980. – 607 с.

8 Марков, В.В. Расчёт режимов резания. Курсовое и дипломное проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие / В.В. Марков, А.В. Сметанников, П.И. Кискеев, Л.И. Лебедева, Д.А. Ветчинников. – Орёл: Госуниверситет-УНПК, 2011. – 131 с.