

28.03.2023

ХКМ2/1

ОП.14 Технология обработки конструкционных материалов

Тема 3.1 Физико-механические основы обработки металлов резанием

План

1. Введение. Основные понятия, термины и определения теории резания материалов.
2. Физические основы резания металла. Виды стружки. Процесс стружкообразования.
- 3. Тепловые явления процесса резания. Износ и стойкость инструмента.**
4. Смазочно-охлаждающие технологические средства. Материалы для изготовления режущих инструментов.

Основная литература

1. Фетисов Г.П., Гарифуллин Ф.А. Материаловедение и технология металлов. Учебник (3 издание), - М.: Издательство Оникс, 2017.. -624с:ил.
2. Лахтин Ю.М. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1993

Дополнительная литература

1. Никифоров В.Н. Технология металлов и конструкционные материалы. Л.: Машиностроение, 1987.
2. Кузьмин Б.А., Самохоцкий А.И, Металлургия, материаловедение и конструкционные материалы. М.: Высшая школа, 1984.

Интернет – ресурсы:

1. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. Режим доступа: <http://fcior.edu.ru>
2. Электронная библиотека. Электронные учебники.-Режим доступа: <http://subscribe.ru/group/mehanika-studentam/>

3.Тепловые явления процесса резания. Износ и стойкость режущего инструмента.

Теплота является одним из основных факторов, влияющих на резание.

Теплообразование оказывает двойное воздействие на резание. С одной стороны, интенсивное тепловыделение облегчает деформирование материала срезаемого слоя, способствует образованию пограничного слоя на контактных поверхностях стружки и заготовки, вследствие чего уменьшается износ инструмента и повышается качество обработанной поверхности. С другой стороны, тепловое воздействие на режущее лезвие инструмента приводит к изменению структуры и физико- механических свойств инструментального материала (снижению его твердости).

Температура в зоне главной режущей кромки достигает 800-1000 °С. Это приводит к потере режущих способностей инструмента и ускоренному изнашиванию.

Кроме того, с повышением температуры инструмента увеличиваются его размеры, что вызывает снижение точности обработки. Нагрев жестко закрепленной обрабатываемой заготовки ведет к изменению ее размеров и деформациям, что также влияет на точность обработки.

Тепловыми явлениями при резании необходимо управлять так, чтобы выделяющаяся теплота облегчала резание и не снижала стойкости инструмента и точности обработки. Погрешности обработки заготовки, возникающие вследствие тепловыделения, необходимо учитывать при наладке станков, особенно автоматов и полуавтоматов. Для определения погрешностей нужно знать температуру инструмента и заготовки в процессе резания.

При резании вся механическая работа превращается в тепловую энергию. Количество теплоты Q , выделяющееся при резании в единицу времени (тепловая мощность), определяется по формуле:

$$Q = P_z \cdot V$$

, Дж,

где P_z - сила резания, V - скорость резания.

Образующееся в зоне резания тепло распределяется между заготовкой, стружкой, режущим инструментом и окружающей средой.

Причинами образования теплоты являются упругопластическое деформирование в зоне стружкообразования, трение стружки о переднюю поверхность инструмента, трение задних поверхностей инструмента о заготовку. Тепловой баланс процесса резания можно представить следующим тождеством:

$$Q = Q_d + Q_{п.п} + Q_{з.п.} = Q_c + Q_z + Q_{и} + Q_{л}$$

где: Q_d – количество теплоты, выделяющейся при упругопластическом деформировании обрабатываемого материала;

$Q_{п.п}$ – количество теплоты, выделяющейся при трении стружки о переднюю поверхность инструмента;

$Q_{з.п.}$ – количество теплоты, выделяющейся при трении задних поверхностей инструмента о заготовку;

Q_c – количество теплоты, отводимое стружкой;

$Q_{и}$ – количество теплоты, отводимое режущим инструментом;

$Q_{л}$ – количество теплоты, переходящее в окружающую среду (теплота лучеиспускания).

По данным многих исследований, количество теплоты, отводимое стружкой, составляет (25- 85)% всей выделяющейся теплоты, заготовкой (10-50)%, режущим инструментом (2-8)%. Количественное распределение теплоты зависит главным образом от скорости резания (рис.3.1). С увеличением скорости резания отводимое стружкой тепло увеличивается, а заготовкой, инструментом, окружающей средой – уменьшается.

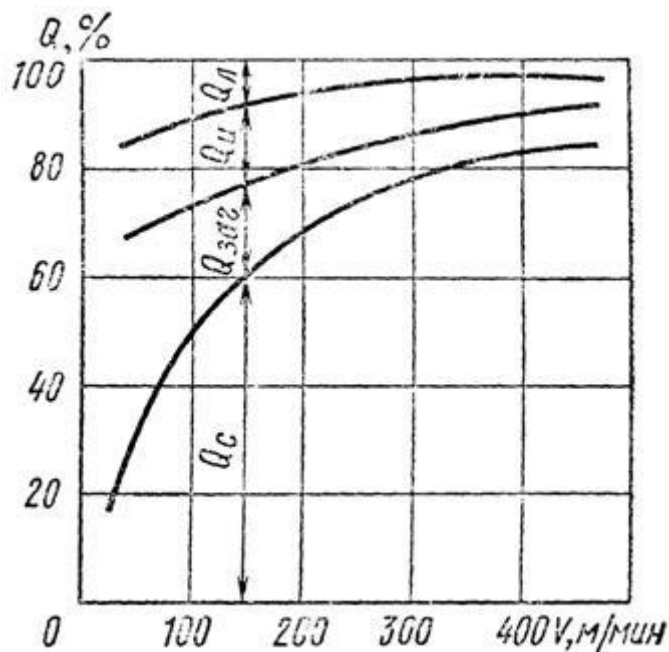


Рисунок 3.1- Распределение теплоты резания в зависимости от скорости резания

Соотношение членов в уравнении теплового баланса не постоянны и изменяются в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала, условий резания и материала инструмента, условий обработки и др.

Увеличение подачи S повышает температуру в зоне резания, но менее интенсивно, чем при увеличении скорости резания V . Еще меньшее влияние на температуру оказывает глубина резания t .

Теплообразование отрицательно влияет на процесс обработки. Обработка должна производиться без перегрева режущего инструмента. Так для работы инструмента из углеродистой стали температура в зоне резания не должна превышать $(200-250)^{\circ}\text{C}$, из быстрорежущей стали $(550-600)^{\circ}\text{C}$, инструментом, оснащенным твердыми сплавами – $(800-1000)^{\circ}\text{C}$, а минералокерамикой – $(1000-1200)^{\circ}\text{C}$; абразивными материалами – $(1800-2000)^{\circ}\text{C}$. Нагрев инструмента выше указанных температур вызывает структурные превращения в материале, из которого инструмент изготовлен, снижение его твердости и потерю его режущих способностей. Также происходит изменение геометрических размеров инструмента, что влияет на точность размеров и геометрическую форму обработанных поверхностей. Нагрев заготовки вызывает изменение ее геометрических размеров. Вследствие жесткого закрепления заготовки на станке она начинает деформироваться. А это приведет к снижению точности обработки.

Для уменьшения отрицательного влияния теплоты на процесс резания обработку следует вести в условиях применения смазочно-охлаждающих сред (СОЖ).

Температура в зоне резания зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, режимов резания, геометрических параметров режущего инструмента и применяемой СОЖ (смазочно-охлаждающая жидкость).

При обработке стали теплоты выделяется больше, чем при обработке чугуна. С увеличением прочности и твердости обрабатываемого материала температура в зоне резания повышается и при тяжелых условиях работы может достигать $1000...1100^{\circ}\text{C}$.

При увеличении подачи температура в зоне резания также повышается, но менее интенсивно, чем при увеличении скорости резания. Глубина резания оказывает наименьшее (по сравнению со скоростью и подачей) влияние на температуру в зоне резания.

При увеличении угла резания δ и главного угла в плане ϕ температура в зоне резания возрастает, а при увеличении радиуса r скругления режущей кромки — уменьшается. Применение СОЖ существенно уменьшает

температуру в зоне резания.

Износ режущего инструмента значительно отличается от износа деталей машин, поскольку зона резания, в которой работает инструмент, характеризуется высокой химической чистотой трущихся поверхностей, высокими температурой и давлением в зоне контакта. Механизм износа инструмента при резании металлов включает в себя абразивный, адгезионный и диффузионный износ.

Удельное влияние каждого из них зависит от свойств материала, инструмента и детали, а также условий обработки (прежде всего скорости резания).

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

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

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

Чем выше механические свойства обрабатываемого материала и содержание в нем углерода, хрома, вольфрама, титана, молибдена, тем интенсивнее износ инструмента. Наибольшее влияние на интенсивность износа оказывает скорость резания, наименьшее — подача и глубина резания.

Как правило, инструмент изнашивается по задней и передней поверхностям. За критерий износа обычно принимают допустимый износ h_3 по задней поверхности инструмента (рис. 2, а). Например, для твердосплавных резцов при черновой обработке заготовок из стали $h_3 = 1,0... 1,4$; из чугуна — $h_3 = 0,8... 1,0$ мм, а при чистовой обработке заготовок из стали $h_3 = 0,4... 0,6$ мм; из чугуна — $h_3 = 0,6... 0,8$ мм. Преобладающий износ

по задней поверхности обычно наблюдается при обработке с низкими скоростями резания заготовок из стали с малой (не более 0,15 мм) толщиной среза, а также при обработке заготовок из чугуна.

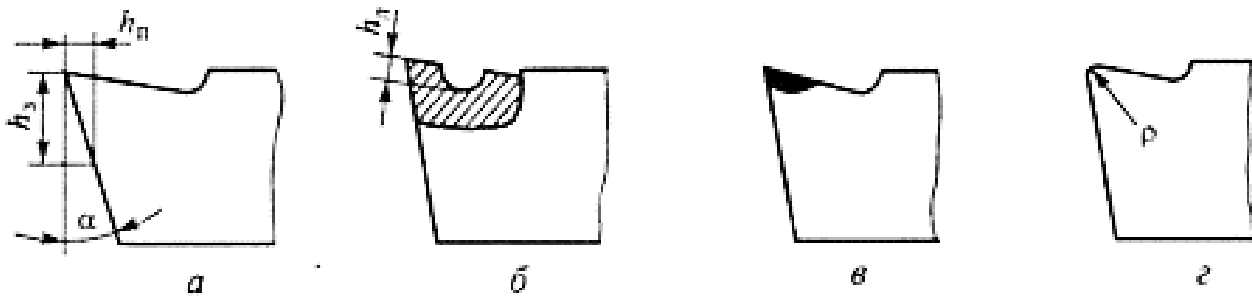


Рисунок 3.2- Геометрические формы износа резца

где: а – износ по задней и передней поверхностям: h_z – износ по задней поверхности; α – главный задний угол;

б – лунка износа по передней поверхности: h_n – глубина лунки износа;

в – полный или катастрофический износ, износ по передней поверхности;

г – скругление режущей кромки: r – радиус скругления режущей кромки

Преобладающий износ по передней поверхности резца наблюдается при большом давлении и при высокой температуре в зоне резания. Такие условия возникают при обработке с высокими скоростями резания и без охлаждения заготовок из стали с большой (более 5 мм) толщиной среза. При износе резца по передней поверхности h_n на последней образуется лунка (рис. 2, б), ширина и глубина которой непрерывно увеличиваются. При этом ширина перемычки между лункой и режущей кромкой непрерывно уменьшается, и когда перемычка исчезает, наступает полный, или катастрофический, износ (рис.3. 2, в).

На практике инструмент изнашивается по задней и передней поверхностям одновременно, при этом радиус r скругления режущей кромки увеличивается (рис. 3.2, г). Преобладание одного из этих видов износа над другими зависит от режима обработки.

Геометрические формы износа сверла показаны на рисунке 3.3. Для сверл из быстрорежущей стали при обработке заготовок из чугуна $h_z = 0,5...1,2$ мм; из стали $h_z < 1,1$ мм, а для сверл, оснащенных пластинами из твердого сплава, для заготовок из чугуна и стали $h_z = 0,4...1,3$ мм. Большие значения износа допустимы для сверл большего диаметра.

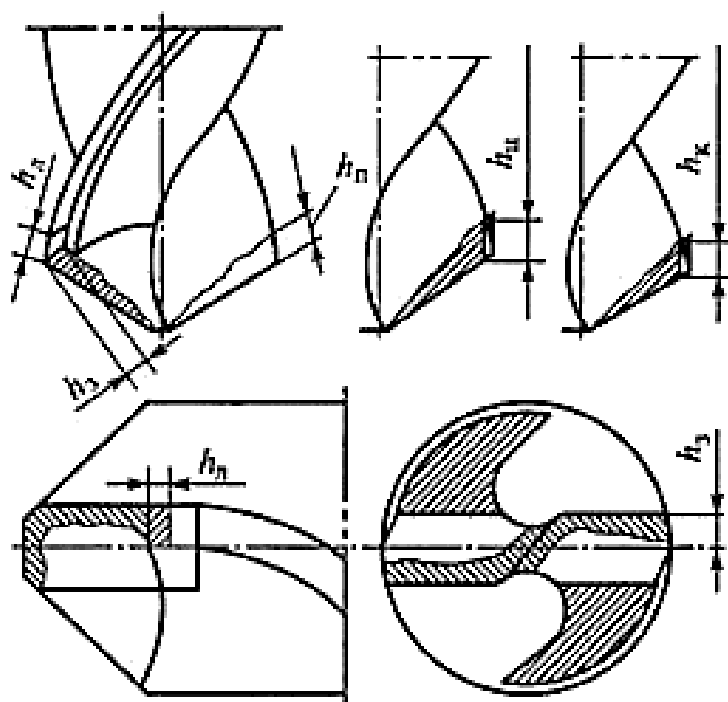


Рисунок 3.3 - Геометрические формы износа сверла

где: $h_з$ – износ по задней поверхности;

$h_л$ – износ по ленте;

$h_п$ – износ по передней поверхности;

$h_ц$ – износ цилиндрического участка;

$h_к$ – износ конического участка

Наиболее распространен износ сверла по задней поверхности у периферийной части режущей кромки. Он возникает вследствие увеличения температуры в зоне резания. Износ перемычки сверла наиболее часто возникает при обработке твердых материалов или при высокой скорости резания. Наиболее значителен износ сверла по передней поверхности при глубоком сверлении. Износ участка ленточки примыкающего к режущей части сверла зависит от деформации и увода сверла, а также от других факторов.

При чистовой обработке деталей за технологический критерий износа инструмента принимают допустимый износ, при превышении которого точность получаемых размеров и шероховатость обработанной поверхности не удовлетворяют заданным (по техническим требованиям). Так, технологическим мерным инструментам для обработки отверстий (например, разверток) является износ по задней поверхности, при котором размер или качество поверхности обрабатываемого отверстия не соответствуют заданному допуску.

Стойкость инструмента характеризуется его способностью без переточки длительное время обрабатывать заготовки в соответствии с техническими требованиями. Стойкость определяется временем непосредственной работы инструмента (исключая время перерывов) между переточками; это время называется периодом стойкости инструмента или стойкостью инструмента. Наибольшее влияние на стойкость инструмента оказывает скорость резания. Так, повышение скорости резания на 50 % снижает стойкость инструмента примерно на 75 %, в то время как аналогичное увеличение подачи снижает стойкость на 60 %.

Существуют различные методы измерения температуры в зоне резания: калориметрический, термопар (искусственных, полуискусственных, естественных), термокрасок, цветов побежалости, оптический, радиационный и др.

Наиболее распространенным и точным является метод термопар, впервые предложенный в 1912 г. Я. Г. Усачевым. Спай искусственной термопары (рис.3.4, а) вставляют в просверленное в определенном месте инструмента отверстие и располагают его возможно ближе к источникам теплоты. Термопар изолируют от стенок отверстия в инструменте слюдой или стеклянной трубкой.

Возникающую в цепи термоэлектродвижущую силу, пропорциональную разности температур места спая и холодных концов проволок, измеряют регистрирующим прибором. Для перевода электродвижущей силы в градусы термопару тарируют.

При измерениях методом полуискусственной термопары одним элементом является инструмент (рис.3.4, б), другим - изолированная проволока, которую расклепывают на задней или передней поверхности инструмента.

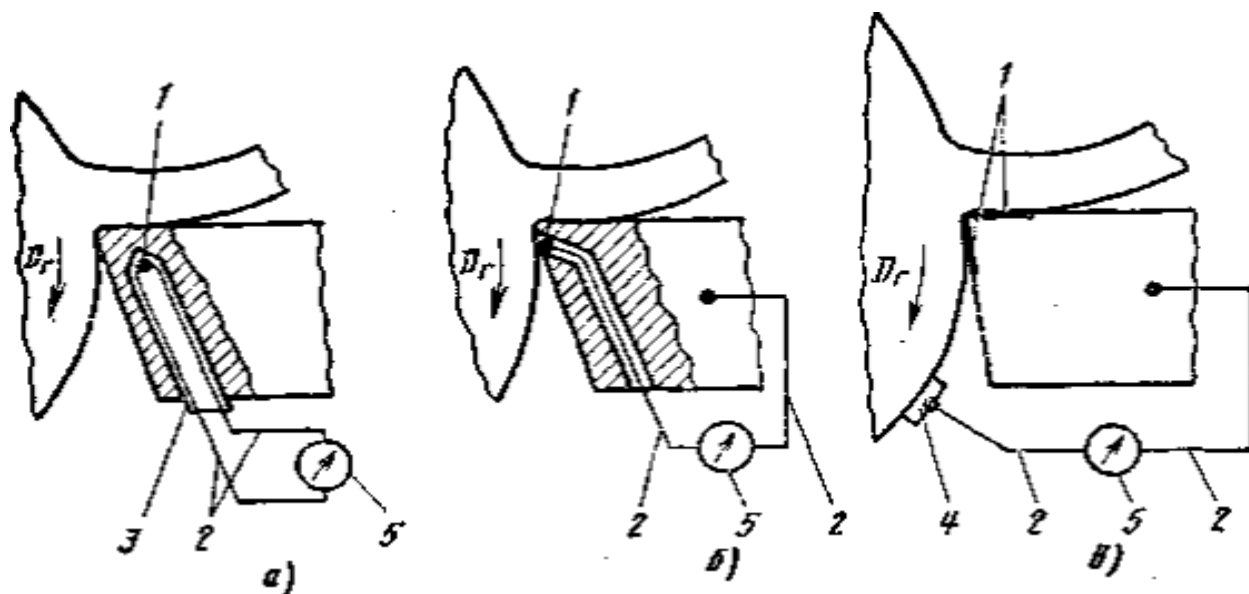


Рисунок 3.4- Схемы термопар:

а) искусственной; б) полуискусственной; в) естественной;

где: 1 – спай термопары;

2 – проволока; 3 – изоляционная трубка; 4 – токосъемник; 5 – регистрирующий прибор

В настоящее время для температурных исследований широко применяют естественные термопары, состоящие из инструмента и детали. Спаем, термопары является область контакта режущего клина с металлом заготовки (рис.3. 4, в). Для повышения точности показаний инструмент и заготовку изолируют от узлов станка. Для передачи термотока с вращающейся заготовки регистрирующим приборам применяют специальные токосъемники: скользящие контакты, ртутные ванночки, гибкие валики и т. п. Так как в разных точках контакта инструмента с заготовкой температура различна, естественная термопара измеряет некоторую усредненную температуру.

Кроме температуры, важным для теории и практики обработки резанием является разработка методов расчета температурного поля в зоне резания. Под температурным полем подразумевают совокупность различных значений температур во всех точках определенного участка деформированного слоя или инструмента в определенный момент времени. Температурное поле в зоне резания можно получить измерением (например, термопарой), моделированием процесса на аналоговых счетно-решающих устройствах и расчетом на основе теории теплообмена в твердых телах. На рис.3.5 приведены изотермы температурного поля в зоне деформирования

при точении без охлаждения резцом из твердого сплава Т14К8 стали ШХ15 на режиме: $v = 80$ м/мин, $t = 4,1$ мм, $S = 0,5$ мм/об. Наибольшая температура у места контакта стружки с передней поверхностью инструмента.

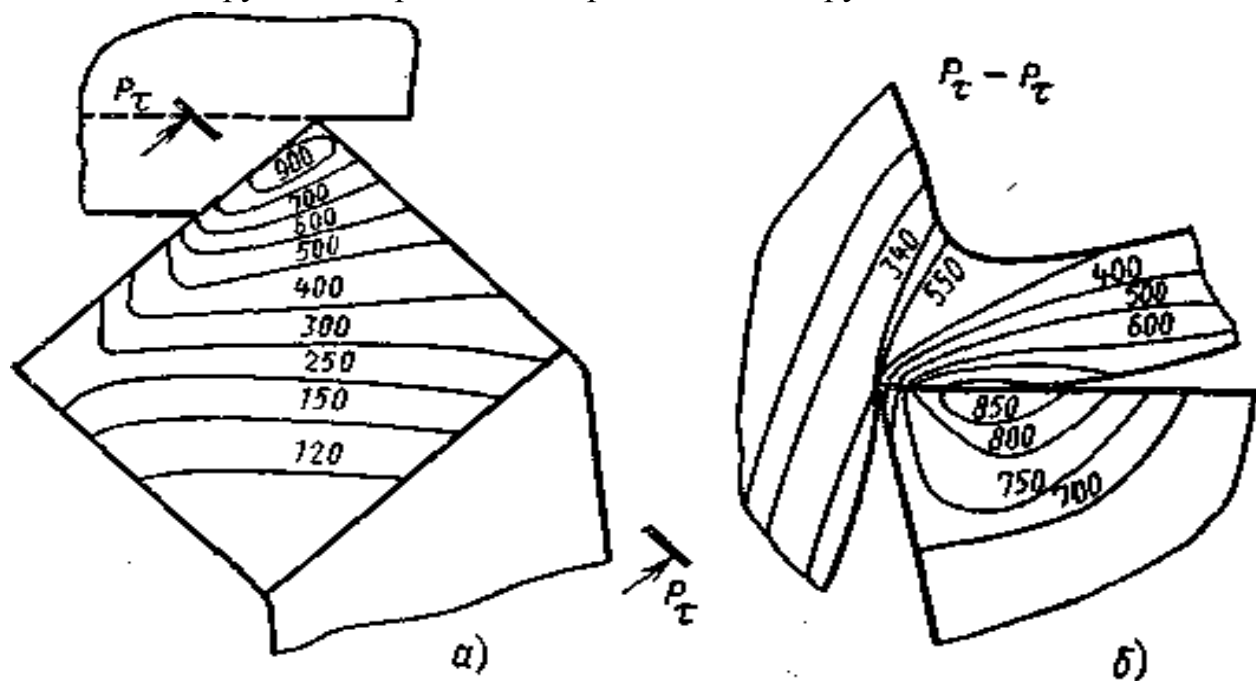


Рисунок 3.5- Температурное поле резца и стружки:

а) на передней поверхности; б) в главной секущей плоскости

