

## Дополнительный материал к лекции № 7 для самостоятельного изучения

### Физическая природа износа инструментов

Износ и связанное с ним затупление режущего инструмента происходят в результате сложного взаимодействия механических, физических и химических явлений. Доминирование одного явления над другими приводит к изнашиванию режущего инструмента различных видов. На основании многочисленных экспериментальных исследований процесса резания материалов установлены четыре вида изнашивания режущих инструментов: абразивное, адгезионное, диффузионное и химическое (окислительное).

*Абразивное изнашивание* инструмента происходит за счет царапания его рабочих поверхностей стружкой (элементами стружки), частицами нароста, а также твердыми включениями, имеющимися в материале обрабатываемой заготовки. Возможность царапания рабочих поверхностей режущего инструмента, более твердых по сравнению с обрабатываемой заготовкой, обусловлена тем, что инструментальный материал по своей основе неоднороден. В связи с этим на его рабочих поверхностях имеются участки как большей, так и меньшей твердости. Поэтому под воздействием вышеуказанных факторов происходит удаление частиц инструментального материала с менее твердых участков, разрыхление поверхностных слоев с последующим их более интенсивным изнашиванием.

*Адгезионное изнашивание* заключается в молекулярном взаимодействии (схватывании) поверхностных слоев режущего инструмента и обрабатываемого материала и последующем вырывании частиц материала инструмента.

Природа данного явления обусловлена тем, что контактные поверхности режущего инструмента и обрабатываемого материала не являются идеально гладкими, то есть имеют вполне

определенную шероховатость. Поэтому их точками соприкосновения в процессе резания являются выступающие участки микрорельефа (рис. 1), что вызывает в местах контакта большие удельные нагрузки, разрушающие окисные пленки.

В результате такого контакта происходит образование «мостиков холодной сварки», которые разрушаются и вновь образуются вследствие движения деформируемого материала относительно режущего клина.

Причем процесс разрушения «мостиков» сопровождается вырыванием частиц инструментального материала и образованием адгезионных пятен. Данное явление активно проявляется, когда температура в зоне резания составляет более  $600^{\circ}\text{C}$ .

*Диффузионное изнашивание* инструмента происходит в результате взаимного растворения металла заготовки и материала инструмента. На активность процесса растворения оказывает влияние высокая температура ( $900...1200^{\circ}\text{C}$ ) контактного слоя, возникающая при высокой скорости резания. Процесс диффузионного изнашивания приводит к изменению химического состава и физико-химических свойств поверхностных слоев инструмента, снижению его износостойкости. Поэтому диффузионное изнашивание можно рассматривать как разновидность химического изнашивания.

*Химическое (окислительное) изнашивание* происходит за счет окисления при высоких температурах трущихся слоев благодаря высокой проникающей способности кислорода и ускоренного его соединения с ювенильными поверхностями стружки и инструмента. Образовавшиеся окисные пленки очень хрупки и поэтому легко

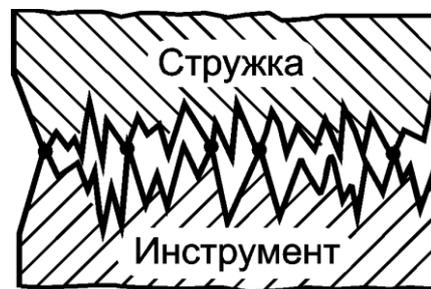


Рис. 1. Схема образования «мостиков холодной сварки»

разрушаются, оголяя нижеследующие слои, которые в свою очередь также окисляются и подвергаются разрушению.

Окислительное изнашивание наступает обычно при температуре резания, равной 700...900°C. У твердых сплавов наиболее быстро окисляется кобальтовая связка, при разрушении которой нарушается монолитность сплава, ослабляется связь между зернами карбидов титана и вольфрама. Окислительный износ можно существенно уменьшить или даже предотвратить за счет применения в качестве смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) инертных газов: азота, аргона и гелия.

### **Особенности изнашивания режущих инструментов по передней и задней поверхностям. Критерии изнашивания (затупления).**

Износ инструмента происходит по определенным закономерностям. В самом общем виде, независимо от вида изнашивания и типа режущего инструмента, зависимость его износа от времени работы может быть представлена в виде графика, показанного на рис. 2.

На данной графической зависимости можно выделить три характерные зоны:

$I$  – зона начального износа или зона приработки инструмента ( $h_I \sim 0,05...0,1$  мм). В этой зоне инструмент подвергается в основном абразивному износу;

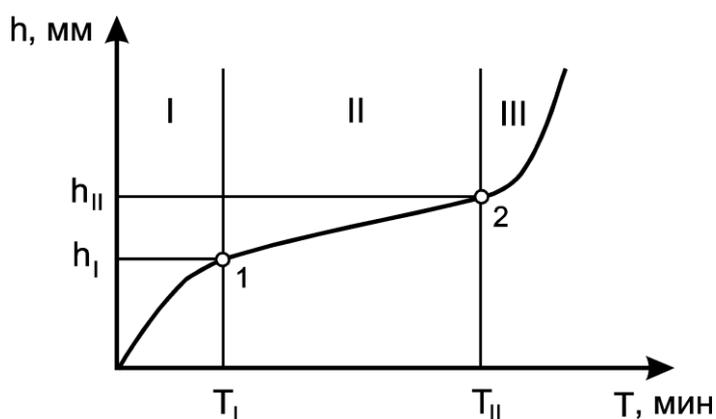


Рис. 2. Зависимость износа инструмента от времени работы

*II* – зона нормального износа. Значение износа  $h_{II}$ , соответствующее точке 2 перегиба на кривой износа, называется величиной допустимого износа, которая может составлять 1...2 мм. В этой зоне доминирующим является, как правило, адгезионный износ.

*III* – зона катастрофического износа. Если не допускать работу инструмента в зоне III, то срок его службы значительно увеличится. В этой зоне превалирует диффузионный износ.

В процессе работы режущего инструмента происходит сложное взаимодействие инструмента и обрабатываемого материала, в результате которого инструмент изнашивается. В зависимости от условий обработки характер изнашивания режущего инструмента может быть разным:

- преимущественно изнашивается передняя поверхность и незначительно задняя;
- преимущественно изнашивается задняя поверхность и незначительно передняя;
- затупление (скругление) режущего лезвия инструмента.

Изнашивание по передней поверхности инструмента происходит при резании пластичных материалов, когда задняя поверхность предохраняется от изнашивания образующимся

наростом ( $v = 20...40$  м/мин, а величина переднего угла  $\gamma$  имеет небольшое

положительное или отрицательное значение), а также в том случае, когда температура на площадках контакта передней поверхности значительно больше, чем задней, например, при обработке титановых сплавов.

При этом на передней поверхности инструмента образуется лунка, которая характеризуется длиной  $l_l$ , шириной  $b_l$  и глубиной  $h_l$  (рис. 3). В начальный момент времени лунка образуется на некотором расстоянии  $f$  от режущей кромки, а затем постепенно развивается по направлению к этой кромке с увеличением своих геометрических параметров.

Изнашивание по задней поверхности инструмента происходит при резании малопластичных и хрупких материалов, обладающих значительным упругим восстановлением после обработки, а также при работе с малыми задними углами  $\alpha$  и представляет собой площадку износа шириной  $h_3$  с задним углом  $\alpha = 0^\circ$  (рис. 4).

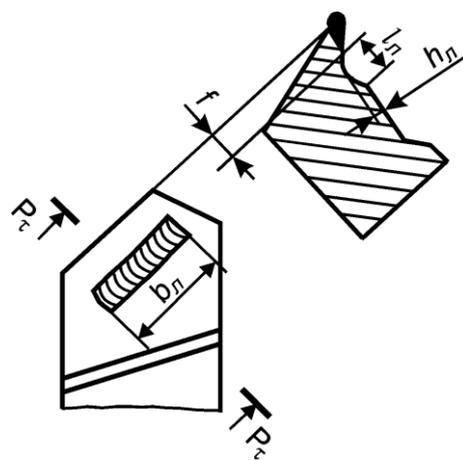


Рис. 3. Износ по передней поверхности резца

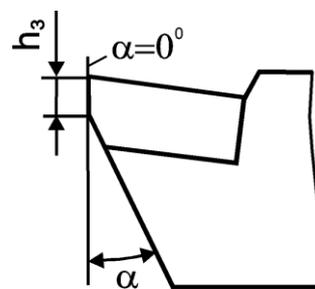


Рис. 4. Износ по задней поверхности резца

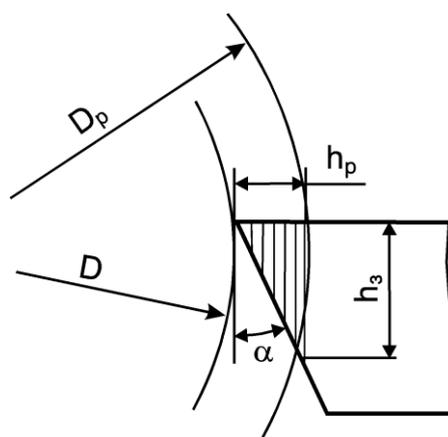


Рис. 5. Схема влияния износа на точность обработки заготовки

Износ по задней поверхности влияет на получение точных размеров обрабатываемой заготовки, что видно на рис. 5.

Для обеспечения заданной точности размера заготовки необходимо, чтобы выполнялось условие  $h_p \leq \frac{\delta}{2}$  или  $\delta \geq 2h_p$ , где  $h_p$  – радиальный износ резца в процессе обработки;  $\delta$  – допуск на заданный размер заготовки.

Как видно из рис. 5,  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_p}{h_3}$ , отсюда  $h_3 = \frac{h_p}{\operatorname{tg} \alpha}$ . Учитывая выражение для  $h_p$ , получим:  $h_3 = \frac{\delta}{2\operatorname{tg} \alpha}$ .

Затупление (скругление) режущего лезвия инструмента происходит при чистовой обработке материалов, обладающих малой теплопроводностью, при глубине резания  $t \leq 1$  мм.

В производстве большое значение имеет установление критерия изнашивания режущего инструмента, так как было бы неправильно доводить режущие кромки до полного разрушения. В связи с этим устанавливается определенный (условный) критерий изнашивания, по достижении которого инструмент снимается со станка и перетачивается.

Наиболее удобно с точки зрения контроля рассматривать износ по задней поверхности инструмента. Поэтому чаще всего за критерий изнашивания принимают величину допустимого износа (см. рис. 5) по задней поверхности  $h_3$ .

При черновой обработке сталей величина допустимого износа по задней поверхности у резцов из быстрорежущих сталей составляет 1,5...2 мм, а у твердосплавных резцов – 1...1,4 мм.

Представленные в справочной литературе величины допустимого износа по задней поверхности для условий черновой обработки даны для инструментов, работающих с экономическим (нормативным) периодом стойкости. При выполнении чистовых операций на первый план выступают требования по обеспечению

точности и шероховатости поверхности. Поэтому в качестве критерия изнашивания принимают величину, соответствующую 0,5 от значения допустимого износа. Этот критерий изнашивания получил название «технологический критерий изнашивания».

В производственных условиях для определения износа пользуются *критериями затупления*.

*Визуальные критерии.* При значительном износе резца по задней поверхности возрастают силы трения и на поверхности резания появляется блестящая полоска или темные пятна, слышен характерный скрип.

*Критерии, связанные с измерением инструмента.* Момент прекращения работы инструмента определяется путем измерения величины площадок и лунок износа, например при помощи лупы Бринелля.

*Технологические критерии.* Момент достижения инструментом соответствующего критерия затупления связан с проявлением косвенных признаков затупления инструмента: увеличение эффективной мощности резания, появление вибраций, изменение размеров обрабатываемой заготовки и т.д.