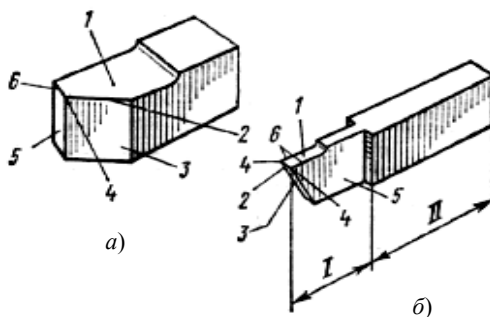


## ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СТОЙКОСТЬ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ

Развитие машиностроения как отрасли невозможно без применения качественного режущего инструмента, обладающего такими свойствами, как экономичность, прочность, жесткость, стойкость и быстросменность. Современный режущий инструмент является основным элементом механической системы, которая осуществляет формообразование без участия физического труда человека и приводящая этот труд к минимуму. Различные способы обработки металлов резанием основаны на применении режущего инструмента. В основе обработки резцом лежит работа режущего клина. Основные части резца, режущие кромки и поверхности резца показаны на рис. 1. Передней поверхностью *1* резца называется поверхность, по которой сходит стружка. Главная задняя поверхность *3* обращена к обрабатываемой детали в направлении подачи. Задняя поверхность резца делится на главную и вспомогательную. Вспомогательная задняя поверхность *5* направлена к обрабатываемой детали в противоположном направлении подачи.

Главная режущая кромка *2* образуется пересечением передней и главной задней поверхностей и выполняет основную работу резания. Вспомогательная режущая кромка *б* – это пересечение передней и вспо-



**Рис. 1. Конструктивные параметры резцов:**  
*а* – проходной прямой; *б* – отрезной

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора М. В. Соколова.

могательной задней поверхности, которая осуществляет вспомогательное резание.

Вершиной резца 4 является место сопряжения главной и вспомогательной режущей кромки. Вершина резца может быть острой, но обычно ее закругляют для большей стойкости резца и для повышения чистоты обработанной поверхности.

К основным факторам, влияющим на стойкость режущего инструмента, относятся: скорость резания, свойства обрабатываемого материала, геометрические параметры режущей части, материал режущей части, глубина резания, подача, применение системы охлаждения (СОЖ или др.), а также жесткость станка, режущего инструмента и заготовки. Выделяют следующие виды износа режущего инструмента:

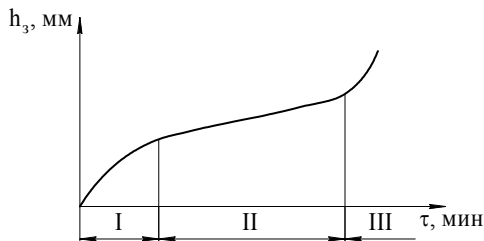
- абразивное действие, оказываемое обрабатываемым материалом (абразивный износ);
- адгезионное взаимодействие между инструментальным и обрабатываемым материалом (адгезионный износ);
- химические процессы, происходящие на передней и задней поверхности режущего инструмента (окислительный износ);
- диффузионное растворение инструментального материала в обрабатываемом материале (диффузионный износ);

Износ резцов из твердого сплава и быстрорежущей стали происходит только по передней или задней поверхностям или по обоим одновременно, что зависит от условий обработки. У спиральных сверл изнашивается передняя и задняя поверхности, ленточка и поперечная кромка.

За время работы инструмента возрастание износа происходит неравномерно. Характерная зависимость изменения износа во времени приведена на рис. 2. Для рассмотренной зависимости характерны три периода: I – период приработки; II – период нормального изнашивания; III – период катастрофического изнашивания. В течение всего времени происходит возрастание площадки износа. Это сопровождается ростом температуры и механическим напряжением на контактных поверхностях [1].

В период III значения температуры и напряжений превышают критические значения для определенного инструментального материала. Продолжение работы инструмента в период III может привести к разрушению инструмента.

Изменением основных факторов, влияющих на стойкость режущего инструмента, можно повлиять на уменьшение его износа во времени. Рассмотрим изменение геометрических параметров режущего инструмента как одного из основных факторов.



**Рис. 2. Зависимость износа по времени от времени его работы**

**Передний угол  $\gamma$**  резцов обеспечивает оптимальное стружкообразование в процессе резания, передний угол изменяется от  $-20$  до  $+25^\circ$ . Изменение переднего угла до  $+25^\circ$  при обработке металлов, дающих сливную стружку, приводит к тому, что стружка легко завивается и отводится из зоны резания. Изменение значения переднего угла  $+8...-15^\circ$  необходимо при обработке бронзы. При обработке сталей угол  $\gamma$  изменяется до  $-20^\circ$ . Уменьшение значений переднего угла  $\gamma$  способствует упрочнению и уменьшению износа режущей кромки.

**При изменении главного заднего угла  $\alpha$**  резцов обеспечивается свободное взаимное перемещение резца и обрабатываемой детали в процессе обработки. Угол  $\alpha$  принимается равным  $6...12^\circ$ . Изменение угла  $\alpha$  от  $6...12^\circ$  приводит к увеличению срока службы резца за счет снижения сил трения задней поверхности и способствует снижению силы резания  $P_2$ . Высокая прочность материала режущей части резца позволяет изменять задний угол до максимальных значений. Задний угол оказывает влияние на величину и форму участков износа задней поверхности токарных резцов. С уменьшением заднего угла до  $6^\circ$  площадка износа задней поверхности увеличивается, а при увеличении до  $12^\circ$  она уменьшается. При увеличении заднего угла уменьшается угол заострения и снижается прочность лезвия резца, ухудшается теплоотвод в тело резца. При уменьшении заднего угла увеличивается трение об обрабатываемую поверхность, что приводит к увеличению силы резания, и увеличивается износ резца.

**Изменение главного угла в плане  $\phi$ .** Уменьшение угла  $\phi$  повышает прочность вершины резца, что приводит к улучшению теплоотвода, повышению стойкости и увеличению силы резания и трения об обрабатываемую поверхность. При увеличении угла  $\phi$  стружка становится толще и лучше ломается. Главный угол в плане следует изменять до  $90^\circ$ .

**Изменение угла наклона режущей кромки.** Резцы, у которых вершина является низшей точкой режущей кромки, т.е. угол  $\lambda$  положительный, получают более прочными и стойкими. Такие резцы хорошо обрабатывают твердые металлы и прерывистые поверхности, создающие ударную нагрузку. При обработке таких поверхностей твердосплавными резцами угол наклона главной режущей кромки доводят до  $20...30^\circ$ . Резцы, у которых вершина – высшая точка режущей кромки, т.е. угол  $\lambda$  отрицательный, рекомендуется применять для обработки мягких металлов. Меняя величину и знак угла наклона режущей кромки  $\lambda$ , можно управлять направлением схода стружки с передней поверхности резца и условиями контакта резца и заготовки. Поэтому увеличение или уменьшение углов токарных резцов значительно влияет на точность обработки, качество обработанной поверхности, силу резания и величину износа.

**Поочередная замена резцов Р6М5К5 на резцы ВК8 при обработке материала на станке.** Быстрорежущие стали отличаются тем, что в их составе присутствует значительное количество вольфрама, молибдена и ванадия. Такой состав сталей обеспечивает повышение их теплостойкости. Промышленное применение быстрорежущих сталей определено высокими характеристиками прочности, износостойкости и теплостойкости. Быстрорежущие инструментальные стали применяют для широкого спектра обрабатываемых материалов.

**Твердые сплавы.** Твердые сплавы являются тугоплавкими металлическими соединениями, которые сохраняют режущие свойства при температуре до  $900...1000^\circ\text{C}$ .

Сплавы имеют в рабочем состоянии твердость более высокую, чем инструментальные стали. Твердые сплавы характеризуются очень высокой твердостью и хорошей износостойкостью. Основой твердых сплавов являются карбиды тантала, титана, вольфрама. Наряду с ними, в состав входят бориды, нитриды, карбиды металлов IV, V и VI групп периодической системы элементов. Твердые сплавы делят на три подгруппы:

- 1) вольфрамкобальтовую ВК;
- 2) титановольфрамкобальтовую ТК;
- 3) титанотанталокобальтовую ТТК.

Обозначение ВК8 показывает, что в нем 8% кобальта и 92% карбидов вольфрама. Сплавы группы ВК при одинаковом содержании кобальта обладают более высоким показателем ударной вязкости и пределом прочности при изгибе и лучшей тепло- и электропроводностью. Стойкость резца зависит в первую очередь от качеств материала, из которого он изготовлен. Наиболее стойкими являются резцы, которые изготовлены из материала, допускающего наиболее высокую температуру нагрева без значительной потери твердости.

Наибольшей стойкостью обладают резцы твердого сплава (BK8), а значительно меньшей стойкостью резцы из быстрорежущей стали (P6M5K5).

**Влияние применяемого материала при обработке и поочередная замена материала заготовки стали 40X на БрАЖ9-4 на работу резцов.** Твердость материала БрАЖ9-4, сплав мягкий НВ 10–1 = 100 – 120 МПа. Твердость материала сталь 40X НВ 10–1 = 179 МПа. Так как сталь 40X – более твердый обрабатываемый материал, то стойкость резцов будет уменьшаться, а при обработке БрАЖ9-4 более мягкого материала, чем сталь 40X, стойкость резцов будет увеличиваться.

**Замена СОЖ масла И-20 на масло марки МР-7 оказывает влияние на стойкость резцов.** Применение СОЖ благоприятно воздействует на процесс резания металлов:

1) в зоне контакта инструмента и обрабатываемого материала образуется смазочная пленка, что уменьшает силы трения, тепловыделения, повышается стойкость режущего инструмента;

2) происходит отвод теплоты от нагретых контактных площадок режущего инструмента и стружки;

3) уменьшается наростообразование у режущей кромки инструмента, что улучшает отвод стружки и абразивных частиц из зоны резания.

Масло И-20А обладает высокой стойкостью окисления и сохраняет работоспособность при температуре от –5 до 70 °С. Масло И-20А изготовлено на основе остаточных масел из малосернистой нефти при помощи селективной очистки и оно не содержит присадок.

Смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) МР-7 активного типа содержит жировые добавки, противоизносные и антикоррозионные присадки. Применение МР-7 позволяет, по сравнению с промышленным маслом (И-20 А), увеличить на 15...30% скорость резания, повысить стойкость режущего инструмента, снизить шероховатость обработанных поверхностей. Данная марка масла подходит для обработки широкого спектра материалов и более экономична по цене, чем другие. Замена масла И-20 на масло марки МР-7 увеличивает стойкость токарных резцов и улучшает качество изготавливаемых деталей.

**Изменение значений скорости, глубины резания и подачи оказывает влияние на стойкость резцов.** Между скоростью резания  $v$  и стойкостью  $T$  (периодом стойкости) существует прямая зависимость, заключающаяся в том, что с повышением скорости резания стойкость снижается, которая наглядно изображена на рис. 3.

Увеличение глубины резания и подачи приводит к увеличению выделяемого тепла, что приводит к снижению стойкости токарных резцов.

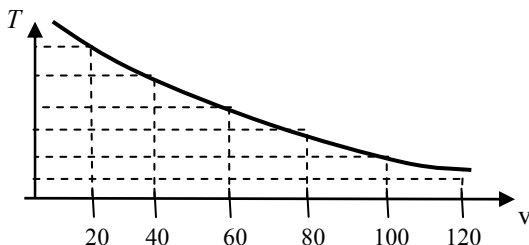


Рис. 3. Зависимость скорости резания и периода стойкости

Изменение значений переднего угла, заднего угла и угла наклона винтовой канавки сверл также оказывает влияние на стойкость инструмента. Передний угол  $\gamma$  изменяется от  $+15$  до  $-30^\circ$ . Задний угол  $\alpha$  задается в зависимости от размеров сверла и условий обработки. Задний угол  $\alpha$  равен  $14 \pm 3^\circ$ . Угол наклона винтовых канавок сверла  $\omega$  оказывает влияние на прочность, жесткость и стружкоотвод сверл. Для обработки бронзы необходимо изменять данный угол от  $10$  до  $16^\circ$ , а для обработки стали – от  $25$  до  $35^\circ$ .

**Поочередная замена сверл из быстрорежущей стали марки Р6М5 на сверла марки ВК8 при обработке материалов способствует увеличению стойкости инструмента.** В Советское время сталь Р18 использовали очень широко для изготовления металлорежущего инструмента, однако после 1970-х годов запасы вольфрама истощились, и она была заменена на сталь с более низким содержанием вольфрама Р6М5. Обозначение Р6М5 показывает, что Р – это быстрорежущая сталь, 6 – это 6% вольфрама и 5 – это 5% молибдена. Обозначение ВК8 показывает, что в нем 8% кобальта и 92% карбидов вольфрама. Наиболее стойким будет сверло, которое изготовлено из материала, допускающего наиболее высокую температуру нагрева без значительной потери твердости. Наибольшей стойкостью обладают сверла твердого сплава (ВК8), а значительно меньшей стойкостью – сверла из быстрорежущей стали (Р6М5).

**Влияние применяемого материала при обработке и поочередная замена материала заготовки стали 40Х на БрАЖ9-4 на работу сверл.** Твердость материала БрАЖ9-4, сплав мягкий НВ  $10-1 = 100 - 120$  МПа. Твердость материала сталь 40Х НВ  $10-1 = 179$  МПа. Так как сталь 40Х – более твердый обрабатываемый материал, то стойкость сверл будет уменьшаться, а при обработке БрАЖ9-4 – более мягкого материала, чем сталь 40Х, стойкость сверл будет увеличиваться.

**Замена СОЖ масла И-20 на масло марки МР-7 оказывает влияние на стойкость сверл.** Применение МР-7 позволяет, по сравнению с индустриальным маслом (И-20 А), увеличить на  $15 \dots 30\%$  скорость резания, повысить стойкость режущего инструмента, снизить шероховатость

обработанных поверхностей. Данная марка масла подходит для обработки широкого спектра материалов и более экономична по цене, чем другие. Замена масла И-20 на масло марки МР-7 увеличивает стойкость токарных сверл и улучшает качество изготавливаемых деталей.

Изменение значений скорости, глубины резания и подачи оказывает влияние на стойкость сверл аналогично резцам.

Таким образом, эффективное и правильное изменение основных факторов, влияющих на увеличение стойкости режущего инструмента, приводит к увеличению его работоспособности и надежности. При грамотном изменении одного или всех факторов можно добиться увеличения стойкости режущего инструмента, что положительно скажется на сокращении затрат при производстве.

Повышение стойкости режущего инструмента – это одна из главных задач, решение которых необходимо для развития машиностроения как отрасли. Современный режущий инструмент, способный долго сохранять свою стойкость при различных воздействиях, является главным элементом металлообработки в будущем.

На кафедре «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» активно развивается следующее направление научной деятельности: получение и обработка композиционных материалов, выбор и создание новых интеллектуальных САПР-ТП, а также адаптация систем автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки и сборки [3], [4].

### Список литературы

1. *Режущий инструмент* : учебное пособие / А. А. Рыжкин и др. – Ростов н/Д. : Феникс, 2009. – 405 с.
2. *Фельдштейн, Е. Э.* Режущий инструмент. Эксплуатация : учебное пособие / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2012. – 256 с.
3. *Пестрецов, С. И.* Применение систем автоматизированного проектирования процессов резания при создании управляющих программ для станков с числовым программным управлением / С. И. Пестрецов, А. М. Муравьев, М. В. Соколов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Вып. 1(50). – С. 146 – 152.
4. *Алтунин, К. А.* Концепция создания информационной системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения : монография / К. А. Алтунин, М. В. Соколов – Тамбов : Студия печати Павла Золотова, 2015. – 112 с.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*