

УДК621.915

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ВИБРАЦИОННОМ РЕЗАНИИ

*В.Г. КУПТЕЛЬ**(Белорусский национальный технический университет, Минск)*

*Проведены исследования стойкости инструмента при вибрационном точении. Установлено, что определяющее влияние на стойкость оказывает амплитуда автоколебаний, а зависимость периода стойкости инструмента от амплитуды имеет экстремальный характер. Получены оптимальные значения амплитуд автоколебаний, при которых стойкость инструмента максимальна.*

К числу наиболее острых проблем, возникающих при организации процесса резания пластичных металлов и сплавов в автоматическом режиме, относится проблема прогнозирования и управления формой стружки. Образование длинной сливной стружки приводит к сбою загрузочных и измерительных механизмов оборудования, снижению стойкости инструмента и качества обработанных деталей, а также часто является причиной поломок инструмента и препятствует механизации процессов уборки и транспортированию стружки. Известные в литературе рекомендации по выбору режимов резания и геометрических параметров передней поверхности инструмента базируются на использовании производственного опыта и имеют ограниченное применение.

Вибрационное резание является в настоящее время одним из наиболее эффективных способов дробления сливной стружки. Сущность процесса вибрационного резания заключается в том, что на принятую для операции кинематическую схему накладывается дополнительное направленное вибрационное движение инструмента относительно заготовки, источником которого может быть как специальный вибропривод, так и автоколебания, возникающие непосредственно в процессе резания. При правильном выборе направлений колебаний, их частоты и амплитуды использование вибрационного резания гарантирует стабильное стружкодробление, повышение производительности и улучшение условий труда, создаёт благоприятные возможности для механизации и автоматизации производства [2].

На основании проведенных исследований нами разработаны устройства, которые создают для инструмента в направлении движения подачи наименьшую регулируемую жесткость и позволяют возбуждать автоколебательный процесс необходимой интенсивности и направления для обеспечения надежного стружкодробления при обработке различных материалов.

Важным экономическим и технологическим показателем процесса механической обработки металлов является стойкость инструмента. Поэтому при применении вибрационного резания необходимо добиваться не только устойчивого дробления стружки, но и повышения стойкости инструмента или сохранения на уровне обычного резания.

Автоколебания, возникающие в процессе резания, как и специально вводимые в зону резания вынужденные колебания, приводят к облегчению пластической деформации, уменьшению коэффициента трения по передней и задней поверхностям инструмента, улучшению отвода стружки, к заметному снижению силы резания, уменьшению адгезионных явлений и к уменьшению интенсивности изнашивания инструмента и повышению его стойкости [1]. Однако циклическое нагружение с увеличением интенсивности колебаний вызывает усталостное разрушение участков материала инструмента, находящегося в контакте с изделием и сходящей стружкой, поэтому по достижении определенного уровня колебаний стойкость инструмента начинает резко снижаться. Также с повышением амплитуд колебаний существенно увеличивается длина пути, пройденная инструментом по изделию, и, следовательно, износ инструмента по задним и передним поверхностям. Результатом воздействия этих противоположных факторов и является наличие экстремальной зависимости. В зоне малых амплитуд превалирует положительное воздействие колебаний на облегчение процесса пластической деформации, а в зоне больших амплитуд – усталостное разрушение контактных слоев материала инструмента.

При исследовании зависимости стойкости инструмента от амплитуды автоколебаний практически не удается сохранить постоянной частоту автоколебаний. Однако частота является важнейшей характеристикой процесса колебаний, поэтому весьма важно знать, какое влияние она оказывает на стойкость инструмента совместно с амплитудой.

Зависимость стойкости инструмента от интенсивности автоколебаний можно исследовать как однофакторную [1], так как частота автоколебаний для каждого конкретного процесса обработки изменяется в малых пределах и весьма слабо влияет на стойкость инструмента. В то же время изменение частоты колебаний в больших пределах вызывает существенное изменение характера влияния ее на обрабатываемость [2].

Если совместно рассмотреть результаты исследований по улучшению обрабатываемости введением в зону резания вынужденных низкочастотных и ультразвуковых колебаний с результатами исследований по автоколебаниям, то весь диапазон частот можно разделить на несколько диапазонов.

Первый диапазон с частотой колебаний ( $f$ ) 5...300 Гц, при которой амплитуды колебаний ( $A_{omn}$ ) составляют 30...150 мкм. Улучшение обрабатываемости в этом диапазоне обеспечивается за счет дробления стружки и облегчения ее отвода и улучшения подвода СОЖ к режущим лезвиям с повышением эффективности охлаждения инструмента. Колебания такой интенсивности облегчают процесс пластической деформации, не вызывая при этом разрушения и снижения стойкости инструмента.

Второй диапазон колебаний с частотами 500...3000 Гц охватывает главным образом область автоколебаний. В этом диапазоне оптимальными являются колебания с амплитудами ( $A_{omn}$ ) 8...20 мкм, при поддержании которых значительно повышается стойкость инструмента и качество обработанной поверхности. Улучшение обрабатываемости в этом диапазоне достигается за счет облегчения пластической деформации, снижения сил резания и трения, уменьшения адгезионных явлений на площадках контакта инструмента с заготовкой и сходящей стружкой. В то же время при таком уровне не наступает еще интенсивного изнашивания и разрушения инструмента.

Третий диапазон включает ультразвуковые вынужденные колебания с частотами 15000...35000 Гц. Здесь оптимальными являются колебания с амплитудами ( $A_{omn}$ ) 1...5 мкм, которые улучшают обрабатываемость, уменьшают зону пластической деформации, увеличивают угол сдвига и усадку стружки, а также приводят к ликвидации наростообразования на инструменте.

Колебания всех рассмотренных частот могут облегчать процесс резания, однако одновременно они воздействуют на материал инструмента, повышая его усталостное разрушение под действием высокочастотных переменных нагрузок, которые увеличиваются с ростом амплитуд и частот. Усталостное разрушение проявляется в виде разрыхления кобальтовой прослойки твердого сплава, выкрашивания режущих зерен карбидов, появления микро и макротрещин, поэтому для каждой из частотных зон колебаний существует уровень амплитуд, при котором более значительно облегчается процесс резания, но не наступает еще заметного усталостного разрушения инструмента. Этот уровень амплитуд колебаний по критерию стойкости является оптимальным. Как увеличение, так и уменьшение амплитуд по сравнению с ним будет вызывать ухудшение обрабатываемости. Этим объясняется экстремальный характер зависимости стойкости от амплитуды колебаний для всех исследованных процессов резания.

Экспериментальные исследования зависимости стойкости инструмента от амплитуды колебаний при вибрационном точении производили с возбуждением направленных колебаний в двух частотных диапазонах: низкочастотном ( $f = 10...300$  Гц) и высокочастотном ( $f = 1800...2100$  Гц). Обработывались заготовки из коррозионно-стойкой стали Х18Н9Т. Материал режущей части инструмента ВК8. За критерий притупления принимали износ по задней поверхности ( $h_z = 0,35$  мм). Величину износа определяли с помощью микроскопа. Обработка велась на режимах резания:  $t = 1,5$  мм;  $S = 0,25...0,35$  мм/об;  $V = 80...100$  м/мин без применения СОТС.

На рисунках 1 и 2 представлены экспериментальные зависимости стойкости инструмента от амплитуды автоколебаний для различных диапазонов частот. Как видно из графиков, наибольшая стойкость резцов наблюдается при амплитуде ( $A_{omn}$ ) 8...15 мкм в диапазоне частот 1800...2100 Гц, а в диапазоне частот 10...300 Гц – при амплитуде 40...60 мкм. Как увеличение, так и уменьшение амплитуды колебаний приводят к заметному снижению стойкости инструмента.

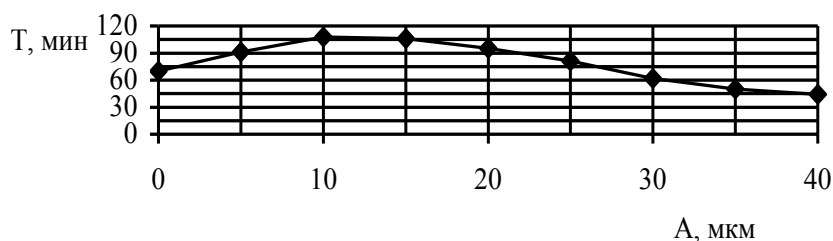


Рис. 1. Зависимость стойкости режущего инструмента от амплитуды автоколебаний ( $f = 1800...2100$  Гц)

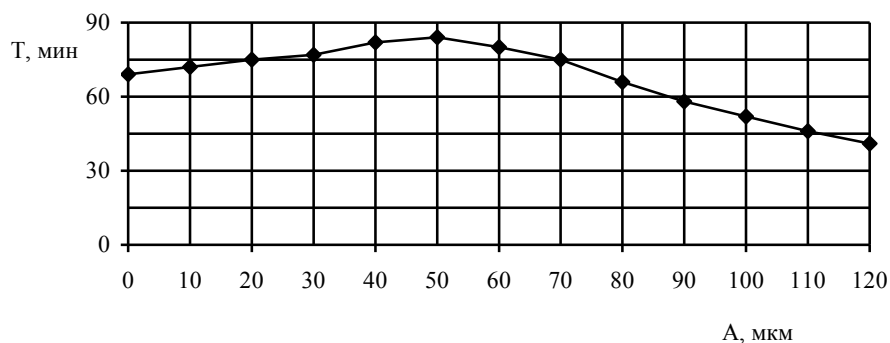


Рис. 2. Зависимость стойкости режущего инструмента от амплитуды автоколебаний ( $f = 10 \dots 300$  Гц)

На рисунке 3 представлены результаты сравнительных исследований износа резцов при обычном точении и с возбуждением автоколебаний в направлении подачи. Обрабатывали заготовки из Стали 45 резцами с материалом режущей части Т15К6 на режимах резания:  $t = 1,5$  мм;  $S = 0,25$  мм/об;  $V = 90 \dots 120$  м/мин без применения СОТС.

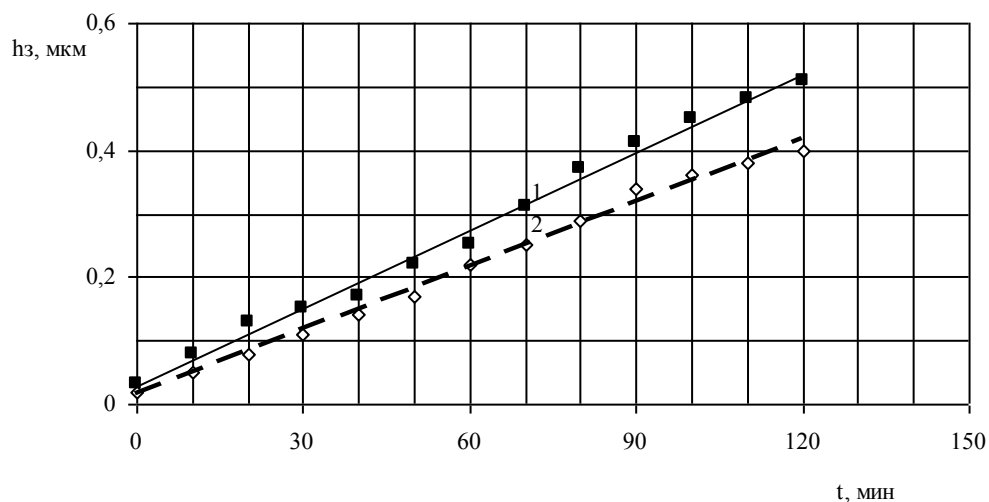


Рис. 3. Износ инструмента при точении:  
1 – вибрационное резание; 2 – обычное резание

Результаты испытаний показали, что стойкость резцов при вибрационном точении с направленными колебаниями повышается на 10...15 % (при работе с оптимальной амплитудой).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. – Л.: Машиностроение, 1986. – 184 с.
2. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями. – М.: Машиностроение, 1970. – 352 с.