

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин – М.: Машиностроение, 1975. 2. Исследование путей интенсификации процессов дискретного формообразования профильных и прерывистых поверхностей при синтезе способов их обработки // Заключительный отчет; ПГУ; руководитель В.А. Данилов, отв. исполнитель В.А. Терентьев, ГБ 2097. Новополоцк, 1997. – 100 с.

УДК621.915

В.Г. Куптель

СТОЙКОСТЬ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ТОЧЕНИИ

*Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь*

При обработке высокопрочных сталей и жаропрочных сплавов образуется сливная стружка, вызывающая затруднения в работе оборудования и служащая источником производственного травматизма. Вибрационное резание является в настоящее время одним из наиболее эффективных способов дробления сливной стружки. Сущность процесса вибрационного резания заключается в том, что на обычно принятую для данной 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 надежное стружкодробление, повышение производительности и улучшение условий труда, создает благоприятные возможности для механизации и автоматизации производства.

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, по крайней мере, сохранения на уровне обычного резания.

Автоколебания, возникающие в процессе резания, так же 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, к уменьшению адгезионных явлений и, как результат этого, к уменьшению интенсивности изнашивания инструмента и повышению его стойкости. С другой стороны, циклическое нагружение инструмента при увеличении интенсивности колебаний, начиная с определенного предела, вызывает усталостное разрушение участков материала инструмента, находящегося в контакте с изделием и сходящей стружкой. Поэтому по достижении некоторого уровня колебаний стойкость инструмента начинает резко снижаться. Следует также учитывать, что при увеличении амплитуд колебаний существенно увеличивается длина пути, пройденная инструментом по изделию, а следовательно, и 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.

Такой характер зависимости стойкости инструмента от амплитуды колебаний, очевидно, справедлив для всех обрабатываемых и инструментальных материалов, т.к. материал любого лезвийного инструмента, как правило, прочнее материала заготовки. Положение точки экстремума, соответствующее оптимуму стойкости, зависит от условий резания и характеристик обрабатываемого и инструментального материалов.

При исследовании зависимости стойкости инструмента от амплитуды автоколебаний обычно 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.

Выполненный в работе [1] двухфакторный эксперимент, а также результаты проведенных исследований дают основание считать, что зависимость стойкости инструмента от интенсивности автоколебаний можно исследовать как однофакторную, 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 автоколебаниями, то весь диапазон частот можно разделить на три диапазона.

Первый диапазон (низких частот) с частотой колебаний $f=20-150$ Гц. При такой частоте оптимальные амплитуды колебаний $A_{\text{опт}}=30-150$ мкм. Улучшение обраба-

тываемости в этом диапазоне обеспечивается за счет дробления стружки и облегчения ее отвода, за счет улучшения подвода СОЖ к режущим лезвиям и повышения эффективности охлаждения инструмента. Колебания такой интенсивности облегчают процесс пластической деформации, не вызывая при этом разрушения и снижения стойкости инструмента.

Второй диапазон колебаний с частотами $f=150-3000$ Гц охватывает главным образом область автоколебаний. В этом диапазоне оптимальными являются колебания с амплитудами $A_{\text{опт}}=8-20$ мкм. Поддержание амплитуды на этом уровне значительно повышает 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 в себя ультразвуковые вынужденные колебания с частотами $f=15-35$ кГц. Здесь оптимальными являются колебания с амплитудами $A_{\text{опт}}=1-5$ мкм. Они улучшают обрабатываемость вследствие воздействия в первую очередь на несовершенства кристаллического строения обрабатываемого материала, особенно на скопления несовершенств в полосах скольжения. Ультразвуковые колебания, значительно увеличивая энергию дислокаций, вызывая значительный прирост необратимых микродеформаций, приводят к уменьшению зоны пластической деформации, увеличению углов сдвига, уменьшению усадки стружки и снижению интенсивности автоколебаний, ликвидации явлений наростообразования на инструменте.

Наименее исследованным является промежуточный диапазон колебаний с частотами $f=3-14$ кГц.

Колебания всех рассмотренных частот могут облегчать процесс резания, так как всякой пластической деформации по природе присущи колебания. Однако одновременно колебания 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 микра 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 ($f=8-100$ Гц) и высокочастотном ($f=1800-2100$ Гц). Обработывались заготовки из коррозионно-стойкой стали Х18Н9Т. Материал режущей части инструмента ВК8. За критерий затупления принимали износ по задней поверхности $h_3=0,4$ мм. Величину износа определяли с помощью микроскопа. Обработка велась на режимах резания: $t=1,5$ мм; $S=0,25-0,35$ мм/об; $V=70-80$ м/мин без применения СОТС.

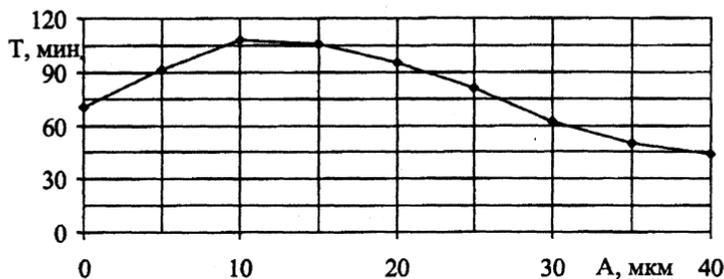


Рис. 1. Зависимость стойкости инструмента T от амплитуды автоколебаний A при частотах 1800–2100 Гц.

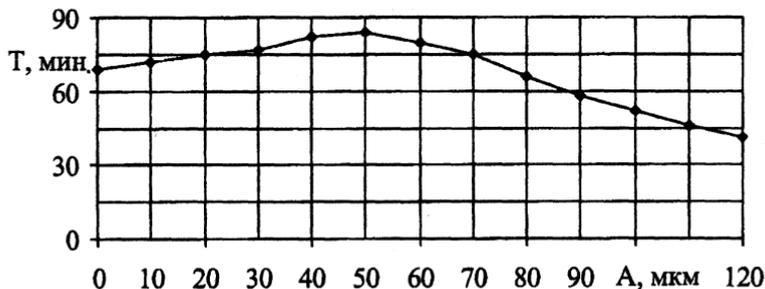


Рис. 2. Зависимость стойкости инструмента T от амплитуды автоколебаний A при частотах 8–100 Гц.

На рис. 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

$A_{\text{отг}} = 8-15$ мкм в диапазоне частот $f=1800-2100$ Гц и при амплитуде 40–60 мм и частотах $f=8-100$ Гц. Как увеличение, так и уменьшение амплитуды колебаний приводит к заметному снижению стойкости инструмента.

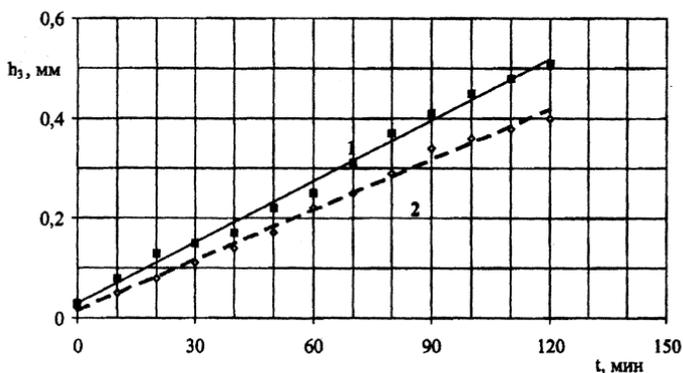


Рис. 3. Зависимость ширины площадки износа по задней поверхности h_3 от времени обработки t : 1 – обычное точение; 2 – точение с направленными автоколебаниями.

На рис. 3 представлены результаты сравнительных исследований износа резцов при обычном точении и с возбуждением автоколебаний в направлении подачи. Обрабатывались заготовки из стали 45 резцами с материалом режущей части T15K6 на режимах резания: $t=1,5$ мм; $S=0,25$ мм/об; $V=80-100$ м/мин. без применения СОТС. Результаты испытаний показали, что стойкость резцов при вибрационном точении с направленными колебаниями повышается на 20–30% (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.