

ВИБРАЦИОННОЕ ТОЧЕНИЕ – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь*

Применение в промышленности высокопрочных сталей и сплавов, а также интенсификация процессов резания выдвигают вопросы обработки металлов резанием, связанные с вибрациями. При этом принято выделять два направления, по которым ведут исследования в этой области. Первое направление связано с применением средств, обеспечивающих высокую жесткость технологической системы СПИЗ, устойчивость движения резания и гашения вредных вибраций, появляющихся при механической обработке в результате действия непредусмотренных явлений и ведущих к снижению качества поверхности, точности обработки и стойкости инструмента, что особенно важно при обработке деталей из высокопластичных материалов, процесс резания которых характеризуется повышенной склонностью к возникновению вибраций.

Второе направление связано с освоением и внедрением на практике методов и устройств вибрационного резания, которые основаны на использовании таких положительных свойств, как:

- дозированное и стабильное стружкодробление, благоприятствующее автоматизации процессов обработки и повышению производительности;
- изменение температурного режима работы режущего инструмента, снижение сил резания, улучшение условий проникновения СОЖ на режущее лезвие, что приводит к повышению периода стойкости инструмента, улучшению качества обработанной поверхности, снижению энергоемкости процесса резания.

Существующие способы вибрационного резания металлов классифицированы по двум основным признакам: по виду вибраций режущего инструмента или обрабатываемой детали, который устанавливает частоту колебаний и их направление, и по типу вибропривода, который определяет конструктивные особенности устройства для формирования вибраций [1,2].

В частотном диапазоне, используемом при вибрационной обработке, можно выделить три основные зоны. Зона низкочастотных колебаний с частотой до 300 Гц и амплитудой 30-150 мкм применяется для дробления стружки, облегчения ее отвода из зоны резания, улучшения условий проникновения смазочно-охлаждающей жидкости на режущее лезвие с повышением эффективности охлаждения инструмента. Колебания такой интенсивности облегчают процесс пластической деформации, не вызывая при этом выкрашивания режущих кромок и снижения стойкости инструмента. Зона высокочастотных колебаний с частотами 500-3000 Гц охватывает область автоколебаний. В этом диапазоне оптимальными являются колебания с амплитудами 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. Ультразвуковые колебания с частотами 15000-35000 Гц и амплитудой 1-6 мкм оказывают существенное влияние не только на обрабатываемость материалов, но и на высоту микронеровностей, микротвердость поверхностного слоя, остаточные напряжения [3].

Как известно [1,2], вибрации при токарной обработке в зависимости от направления периодического движения инструмента подразделяются на осевые, тангенциальные и радиальные. Вибрации в осевом направлении обеспечивают эффективное и надежное стружкодробление, удовлетворительную шероховатость, повышение стойкости инструмента. Радиальные вибрации, используемые на операциях с осевой подачей, ухудшают шероховатость поверхности, способствуют повышенному износу режущих кромок и значительно влияют на точность обработки, однако они являются эффективным средством дробления стружки на операциях с поперечной подачей. Вибрации в тангенциальном направлении существенно улучшают обрабатываемость, повышают точность обработки и качество получаемых поверхностей, особенно при обработке деталей из вязких

и других труднообрабатываемых материалов, обработка которых традиционными методами затруднена.

Вибрационное резание обеспечивается с помощью возбудителей колебаний различных типов: электрические, гидравлические, механические, пневматические, комбинированные, а также приводов, в которых возбуждение колебаний заготовки или инструмента осуществляется рабочим телом (жидкостью или газом). Среди них наибольшее распространение получили механические вибраторы из-за простоты конструкции и эксплуатации, надёжности, невысокой стоимости.

Кроме того, важным классификационным признаком для вибрационного резания является вид связей кинематической или силовой цепи, соединяющей источник колебаний и инструмент. В вибраторах с геометрическими связями колебательное движение инструмента совершается по определенному закону, независимо от действующей нагрузки, что является одной из причин снижения стойкости инструмента. В вибраторах с динамическими связями жесткая связь между источником колебаний и инструментом или деталью отсутствует, что позволяет повысить стойкость инструмента, т.к. условия резания при этом устанавливаются в зависимости от сопротивления резания. Вместе с тем вибраторы с динамическими связями по простоте конструкций или габаритным размерам не уступают вибраторам с геометрическими связями, поэтому при выборе вибропривода им следует отдавать предпочтение.

Наличие собственного источника энергии позволяет регулировать режимы вибраций в широком диапазоне, задавать интенсивность колебаний вне зависимости от свойств обрабатываемого материала и режимов обработки, однако при этом усложняется конструкция устройства для вибрационного резания и возникает необходимость изменений в конструкции станка. Более целесообразным является использование автоколебаний, обусловленных непосредственно процессом резания, путем рационального изменения упругой системы СПИЗ, за счет специальных устройств, обеспечивающих автоколебательный процесс необходимой интенсивности и направления.

Таким образом, в зависимости от поставленной цели для достижения требуемых технологических показателей работы инструментов вибрационного точения необходимо обеспечить: правильный выбор направления ввода колебаний в зону резания; оптимальную частоту возбуждаемых вибраций при данном виде обработки; соответствие амплитуды колебаний выбранной подаче; устойчивость вибрационного процесса и минимальное количество мест регулирования в колебательной системе при изменении условий резания.

Одним из наиболее эффективных и перспективных способов дробления сливной стружки при обработке высокопластичных материалов является вибрационное точение, при котором на обычно принятую для данной операции кинематическую схему накладывается дополнительное направленное вибрационное движение инструмента относительно заготовки в осевом направлении, источником которого может быть как специальный вибропривод, так и автоколебания, возникающие непосредственно в процессе резания. При соблюдении вышеперечисленных условий использование вибрационного точения гарантирует стабильное дозированное стружкодробление, повышение производительности и улучшение условий труда, создаёт благоприятные возможности для автоматизации производства, а также возможность управления параметрами точности и качества обработанной поверхности.

Необходимость проведения дальнейших исследований в области вибрационного точения обусловлена тем, что природа возникновения и развития вибраций при резании весьма сложна, а имеющиеся результаты теоретических и экспериментальных исследований, посвященные отдельным схемам устройств, не дают ответа на вопрос о целесообразности широкого применения способов вибрационного точения в металлообработке. Особенно это актуально для токарной обработки деталей из высокопластичных материалов, когда при черновой обработке снимается большой слой металла, и образование сливной стружки приводит к значительному увеличению трудоемкости за счет необходимости периодической остановки станка для ее удаления из зоны резания, а также к резкому снижению периода стойкости инструмента. Кроме того, возникновение неуправляемой сливной стружки при получистовой и чистовой обработке таких деталей ведет к ухудшению шероховатости обработанной поверхности и затрудняет работу автоматизированного оборудования. При этом возможность обеспечить устойчивое и дозированное стружкодробление в широком диапазоне режимов резания обычными методами часто ограничена технологическими возможностями оборудования и номенклатурой режущего инструмента, находящегося в распоряжении предприятия. Применение же большинства известных устройств вибрационного резания ограничено из-за громоздкости конструкций, сложности настройки для достижения требуемого эффекта, ограниченного диапазона режимов резания; отсутствия динамической связи между источ-

ником колебаний и режущим инструментом, низкой стойкости инструмента, большой требуемой мощности привода; недостаточной изученности вопросов обеспечения заданной точности и качества обработанной поверхности.

Для решения этих задач кафедра «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета проводит исследования по проектированию и разработке конструкций инструментов, воспроизводящих автоколебательное движение режущей кромки, источником энергии которого является непосредственно процесс резания. На основании выполненных исследований, выявлен механизм управления процессом стружкодробления, основанный на принципе возбуждения и поддержания в технологической системе СПИЗ автоколебаний необходимой интенсивности и разработаны запатентованные устройства [4,5], которые создают для инструмента в направлении движения подачи наименьшую регулируемую жесткость. В результате чего созданы конструкции токарно-расточных режущих инструментов автоколебательного вибрационного резания, обладающих повышенной стойкостью, простых по конструкции и надежных в эксплуатации (рис.1).

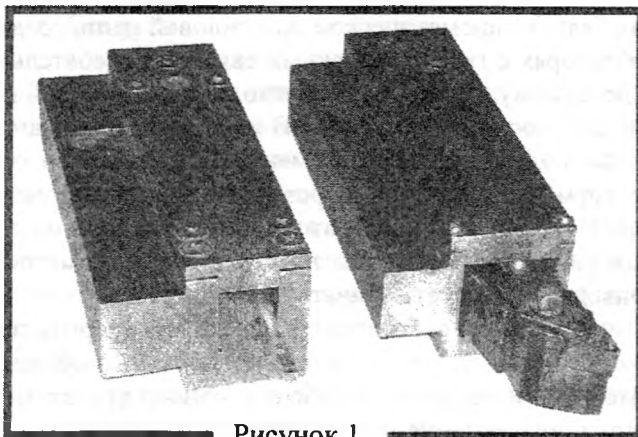


Рисунок 1.

Испытания разработанных инструментов в производственных условиях проводились на ряде машиностроительных предприятий Республики Беларусь при обработке деталей из сталей марок 30, 40Х, 40ХН, Х18Н9Т на токарных станках с ЧПУ и полуавтоматах. В качестве режущей части использовались сменные неперетачиваемые пластины из твердого сплава Т15К6 с геометрическими параметрами: $\varphi=95^\circ$, $\varphi_1=5^\circ$, $\alpha=8^\circ$, $\gamma=12^\circ$, $\lambda=8^\circ$, $r=0,8$ мм. Обработка осуществлялась с подводом в зону резания смазочно-охлаждающей жидкости. Выявление возможностей дробления стружки при резании с вибрациями и без них проводились в широких диапазонах режимов резания (глубина резания $t=1,5-4,0$ мм, подача $S=0,15-0,6$ мм/об, скорость резания $V=80-140$ м/мин). Вначале исследовали возможность дробления стружки, параметры точности и шероховатости, а также стойкость инструмента при обработке деталей обычными инструментами на принятых для данной технологической операции режимах резания. В тех случаях, когда при обработке возникала сливная стружка, и добиться ее дробления наиболее распространенными методами не удавалось, для сравнения в резцедержатель станка устанавливались разработанные конструкции инструментов, воспроизводящих автоколебательное движение режущей кромки. При этом для установки инструментов в резцедержателях не требовалось конструктивных изменений в конструкции станка, применения дополнительных источников энергии и специальных устройств обеспечения вибрационного движения инструмента. По результатам экспериментов для различных технологических условий обработки и диапазонов режимов резания выявлены собственные частоты и оптимальные амплитуды колебаний, обеспечивающие стабильное и дозированное стружкодробление, получены зависимости амплитуды и частоты вибраций от режимов обработки; точности и шероховатости обработанной поверхности, а также стойкости инструмента от интенсивности колебаний при вибрационном резании [6,7].

В результате экспериментов установлено, что точность обработки при точении с направленными осевыми автоколебаниями не снижается по сравнению с обычным резанием, и определенных зависимостей овальности и конусности от интенсивности колебаний выявить не удалось, несмотря на большое количество замеров.

Влияние интенсивности колебаний на шероховатость поверхности определяли при обработке заготовок из стали 40ХН и Х18Н9Т с постоянной глубиной резания $t=2$ мм и подачей $S=0,25$ мм/об. Результаты исследований показали, что с повышением амплитуды колебаний отмечается заметное ухудшение параметров шероховатости, но при возбуждении колебаний в направлении движения подачи с амплитудами $A \leq 30$ мкм шероховатость поверхности несколько улучшается по сравнению с обычным резанием.

Зависимость периода 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. Обрабатывались заготовки из

стали X18H9T на режимах резания $t=1,5$ мм; $S=0,25-0,35$ мм/об; $V=80-100$ м/мин. Экспериментально установлено, что наибольшее влияние на период стойкости инструмента оказывает амплитуда автоколебаний, а экстремальный характер такой зависимости позволил выявить оптимальные значения амплитуд автоколебаний, при которых стойкость инструмента максимальна: $A_{opt}=8-15$ мкм в диапазоне частот 1800-2100 Гц, $A_{opt}=40-60$ мкм в диапазоне частот 10-300 Гц. Увеличение и уменьшение амплитуды колебаний приводят к снижению периода стойкости инструмента на 15-20% [7].

Для определения оптимальных конструктивных и технологических параметров инструментов вибрационного точения и расширения их области применения в различных отраслях машиностроения нами разрабатывается динамическая модель оценки величины параметров упругих элементов, обеспечивающих возникновение и поддержание в зоне резания вибрационного движения режущей кромки инструмента. Компьютерное моделирование механизмов формообразования стружки при вибрационном точении позволит определять необходимое направление ввода колебаний в зону резания и устанавливать их форму для различных способов обработки, выявлять как собственные, так и резонансные частоты колебательных систем, без их изготовления, что даст возможность не только управлять процессом стружкодробления, но и параметрами точности, качества поверхности и стойкостью инструмента при обработке различных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями. - М.: Машиностроение, 1970. - 352 с.
2. Кумабэ Д. Вибрационное резание: Пер. с яп. С. Л. Масленникова / Под ред. Портнова И. И., Белова В. В. - М.: Машиностроение, 1985. - 424 с.
3. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. - Л.: Машиностроение, 1986. - 184 с.
4. Пат. 1294 Респ. Беларусь, МПК⁵ B23B29/04. Резцовая державка / Присевков А.Ф. [и др.]. – Оpubл. 16.09.96.
5. Пат. 3046 Респ. Беларусь, МПК⁶ B23B29/034. Резцовая державка / Куптель В.Г. [и др.]. – Оpubл. 30.09.99.
6. Куптель В.Г. О влиянии параметров вибрационного точения на показатели качества обработанной поверхности // Горная механика. -2005. -№4. -с. 62-65.
7. Куптель В.Г. Исследование стойкости инструмента при вибрационном резании // Вестник ПГУ. № 6. Серия В. Прикладные науки. – Новополюцк: ПГУ. -2006. – с. 38-41.

УДК 621.9.91 (035)

Шелег В.К., Присевков А.Ф., Клавсутъ П.Н.

ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ФРЕЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

*Белорусский Национальный Технический Университет
Минск, Беларусь*

Прогресс в изготовлении формообразующей технологической оснастки (пресс-формы, литейные формы, штампы) в значительной мере связан с ростом производительности механической обработки, обеспечивающей при повышении точности и чистоты также существенное снижение трудозатрат на финишную слесарную обработку (включая пригонку и сборку). Основным конструкционным материалом изделий технологической оснастки является высоколегированная сталь, а преобладающий объем механической обработки представляет собой фрезерование на станках (обрабатывающих центрах) с ЧПУ.

При фрезерной обработке сложных поверхностей в модельных и инструментальных производствах преимущественно используются фрезы из быстрорежущей стали. Характерные для них скорости резания (~10-40 м/мин) для основных типоразмеров фрез обеспечиваются станками, имеющими скорость вращения шпинделя (обороты шпинделя) менее 2000-2500 мин⁻¹ и рабочие подачи до 500 мм/мин [1].

Фактором, обусловившим возможность повышения производительности фрезерования, стало существенное увеличение скорости резания сталей (на порядок и более) у современного фрезерного инструмента.