ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.833.002

DOI: 10.35211/1990-5297-2020-3-238-7-8

С. И. Агапов, С. Н. Олыштынский, А. Ф. Толстяков, А. С. Прохвятилов

ПРЕИМУЩЕСТВО СОСТАВНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКЕ

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: techmash@vstu.ru

Рассматриваются вопросы преимущества составных концентраторов при ультразвуковой обработке металлов и уменьшении их продольных размеров.

Ключевые слова: составные концентраторы, ультразвуковые колебания.

S. I. Agapov, S. N. Olshtynsky, A. F. Tolstyakov, A. S. Prokhvatilov

ADVANTAGE OF COMPOSITE CONCENTRATORS IN ULTRASONIC PROCESSING

Volgograd State Technical University

The advantages of composite concentrators in the ultrasonic treatment of metals and the reduction of its longitudinal dimensions are considered.

Keywords: compound concentrators, ultrasonic vibrations.

При выполнении операций, связанных с ультразвуковой лезвийной обработкой требуется передача интенсивного ультразвукового воздействия от пьезоэлектрических преобразователей к заготовке. Это осуществляется с помощью концентраторов. Значительный интерес представляют составные концентраторы, образованные соединением стержней постоянного и переменного сечения.

Составные концентраторы позволяют получать значительно большие коэффициенты усиления по сравнению с концентраторами простейших типов (при одинаковых размерах основания). Волноводно-излучательные системы со ступенчатыми концентраторами характеризуются узкой полосой рабочих частот и, следовательно, весьма ограниченной возможностью подстройки по частоте при изменении нагрузки. Особенно перспективными являются ступенчатые концентраторы с переходным экспоненциальным участком, который расширяет полосу частот, в пределах которой концентратор и инструмент могут работать с достаточной эффективностью, и ослабляет напряжения, воз-

никающие в месте сопряжения концентратора и заготовки. Как и обычные они позволяют при небольших размерах входного сечения получать высокие значения коэффициента усиления, однако, наличие переходного экспоненциального участка уменьшает концентрацию напряжений и обеспечивает наиболее благоприятные условия для распространения колебаний, улучшает их прочностные свойства и способность трансформировать нагрузку без существенного изменения резонансного режима в колебательной системе. При небольшой длине переходной части ее влияние сказывается в основном на резонансной части системы [1].

Некоторые преимущества экспоненциального концентратора перед ступенчатым выявляются также в результате исследования влияния реактивной нагрузки. Износ инструмента приводит к изменению реактивной нагрузки, а так как коэффициент пересчета для ступенчатого и конического концентратора выше, чем для экспоненциального, в первом и втором случаях происходит существенно большая расстройка колебательной системы, следовательно,

когда износ инструмента велик, не следует применять ступенчатые концентраторы, хотя они имеют большой коэффициент усиления по смещению.

Применение концентраторов с расчетными волновыми длинами в качестве рабочих частотопонижающих накладок составных пьезокерамических преобразователей дает ощутимый эффект при использовании высокочувствительной пьезокерамики с малыми диэлектрическими потерями или при работе концентратора на небольшую нагрузку. При этом уменьшаются потери в колебательной системе, что обуславливается несколькими причинами. Во-первых, поскольку пьезоэлемент смещается от узловой области преобразователя в сторону нерабочего торца, то продольный размер всего преобразователя, рассчитанного на ту же частоту, должен существенно сократиться, в результате чего длина накладки уменьшится почти вдвое. Соответственно снижаются и потери. Во-вторых, вся область максимальных потерь располагается теперь в материале с малым волновым сопротивлением и затуханием. Применение полуволновой системы оправдано лишь в случае, когда она не обеспечивает удобство работы из-за малых продольных размеров или когда велик коэффициент усиления [2].

Для характеристики технологического процесса обработки металлов резанием при возбуждении в зоне обработки ультразвуковых колебаний необходимо учитывать основные параметры, характеризующие рассматриваемый технологический процесс, следующие: акустические колебания в зоне резания; скорость, подача и глубина резания, температура, силы резания и стойкость режущего инструмента, качество обрабатываемой поверхности.

Для нас большой интерес представляют акустические параметры, позволяющие судить об ультразвуковых колебаниях (УЗК) в зоне резания. Последние являются существенно-нелинейными колебаниями, потому что на них большое влияние оказывают силы трения и пластической деформации. Отклонение УЗК от гармонических можно объяснить влиянием на них технологического процесса и особенно силовой реакции обрабатываемой детали, поэтому определение нелинейных искажений ультразвуковых колебаний позволяет непосредственно

оценить эффективность колебаний в процессах резания.

Определение колебаний до первой гармонической составляющей будем называть интегральной оценкой колебаний, а с учетом изменения синусоиды в течение одного периода – оценкой колебаний за цикл.

При интегральной оценке колебаний фиксируются следующие параметры:

1. Амплитуда смещений ультразвуковых колебаний в зоне резания – амплитуда колебания точки на заготовке по отношению к неподвижной координате в пространстве (например, по отношению к станине станка). В процессе обработки энергия ультразвуковых колебаний передается на обрабатываемую деталь, возбуждая в ней колебания. Амплитуда смещений не учитывает амплитуду относительных колебаний инструмента и детали.

2. Амплитуда колебаний заготовки по отношению к основанию приспособления, в отличие от амплитуды смещений, учитывает реакцию обрабатываемой детали. При этом предполагается, что колебания детали гармонические. В частности если процесс резания отсутствует амплитуда смещений детали (при возбуждении колебаний через деталь) равна их амплитуде колебаний инструмента по отношению к детали.

3. Амплитуды напряжений и смещений инструмента в колебательной системе распределены неравномерно. Причем максимуму (пучности) смещений обычно соответствует отсутствие узла напряжений, а узлу смещений соответствует пучность напряжений. Это положение будет справедливо только в том случае, если площадь поперечного сечения инструмента можно считать постоянной. Обычно колебания в зоне резания будут находиться в каком-то промежуточном состоянии между пучностью смещений и напряжений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агапов, С. И. Нарезание мелкозубчатых колес с использованием энергии ультразвуковых колебаний : монография / С. И. Агапов, Ю. И. Сидякин ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2018. – 295 с.
2. Менетнер, Ю. Х. Методы расчета и конструирования инструментов для ультразвуковой обработки / Ю. Х. Менетнер. – М. : ЭНИМС, 1963. – 59 с.