

Г. Режущие инструменты, оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами, и их применение: Справочник /В.П.Жедь, Г.В.Боровский, Я.А.Музыкант, Г.М.Ипполитов. М.: Машиностроение, 1987. 320с

УДК 621.951.7

В.Н. Самыкин, В.В. Жунин

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ВИБРОГАСЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ
ЗЕНКЕРОВ И РАЗВЕРТОК

Анализируется эффективность применения виброгашения при развертывании отверстий в конструкционных материалах. Даны рекомендации по выбору типичных виброгасящих элементов и материала направляющих. Указаны особенности проектирования и применения виброгасящих элементов при обработке отверстий.

Обработка пакетов из разнородных материалов типа высокопрочная сталь – алюминиевый сплав – титановый сплав вызывает затруднения, связанные с вибрацией. Возникающие вибрации приводят к снижению качества обработки и стойкости инструмента; на поверхности отверстий появляются характерные следы, возможны разбивка отверстий, отклонение формы от цилиндричности. Известно, что возмущающей силой автоколебательного процесса является переменная сила резания; энергия системы, совершающей автоколебания, складывается из потенциальной $W_{\text{п}}$ и кинетической $W_{\text{к}}$ энергии:

$$W = W_{\text{п}} + W_{\text{к}}. \quad (1)$$

Если колебания гармонические, то верно следующее равенство

$$W = \frac{D}{2} y_m^2 (\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi) = \frac{D y_m^2}{2} = \frac{m V_m^2}{2}, \quad (2)$$

так как $\omega^2 = \frac{D}{m}$, где D — жесткость системы, m — ее масса, U_m и V_m — максимальные значения амплитуды и скорости.

Как видно из (2), энергия колебаний определяется амплитудой и скоростью как переменными величинами. К необходимости ограничения их предельных значений можно прийти, анализируя влияние виброускорения на стойкость инструмента и амплитуды — на точность и качество обработки.

Применение виброгашения позволяет рассеять часть энергии колебательного процесса. Эффективность виброгашения можно представить в виде

$$\Delta_B = 10 \lg \frac{W_0}{W_1}, \quad (3)$$

где W_0 , W_1 — энергия колебаний до и после применения виброгашения.

С учетом выражения (2)

$$\Delta_B = 10 \lg \frac{D_0 y_{m0}^2}{D_1 y_{m1}^2}. \quad (4)$$

Принимая равенство динамических жесткостей $D_0 = D_1$, формулу (4) можно упростить, подсчитав эффективность через логарифм отношения квадратов амплитуд в децибелах:

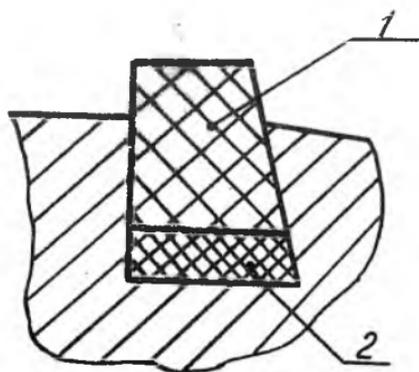
$$\Delta_B = 10 \lg y_{m0}^2 / y_{m1}^2. \quad (5)$$

Положительный эффект от применения виброгасителей проявляется на частотах, которые выше резонансной частоты f_0 приведенной массы инструмента на упругих виброгасящих элементах в $\sqrt{2}$ раз. Для реализации виброгашения с самых низких частот предпочтительно собственную частоту f_0 системы "инструмент — виброгасящие элементы" максимально снизить, что одновременно повысит эффективность виброзащиты на основной рабочей частоте, обычно на порядок превышающей f_0 .

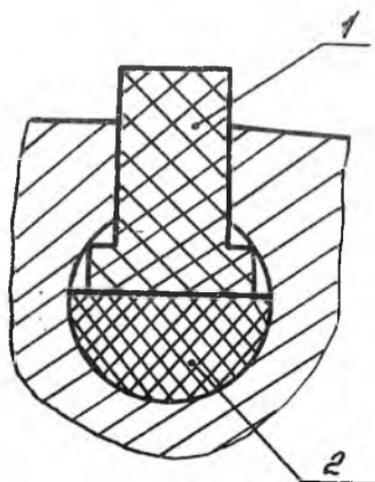
Минимально достижимая частота резонанса упругих прокладок из эластомеров составляет 8 Гц по данным [1], что позволяет успешно использовать эластичные вязкоупругие элементы типа резины, полиуретана для демпфирования автоколебаний, возникающих при лезвийной обработке.

Реальные процессы обработки, особенно при входе и выходе инструмента из обрабатываемого отверстия, не поддаются гармонической интерпретации. В процессе столкновения режущей кромки с деталью возникают ударные нагрузки. Причиной ударов является также физико-механическая асимметрия элементов технологической системы, например, биения режущих зубьев, направляющих, несоосности инструмента и обрабатываемого отверстия, смещения заготовок в многослойных пакетах. Промежутки времени между ударами невелики, а при обработке отверстий можно говорить о цикличности ударных воздействий. Противоударная изоляция направлена на снижение динамических нагрузок и осуществляется введением в систему направляющих пластин и вязкоупругих элементов, исключая жесткое взаимодействие твердых тел.

Виброгасящие элементы (ВЭ) зенкеров и разверток размещают между режущими зубьями инструмента в специально подготовленных пазах. Форма паза диктуется конфигурацией и типоразмером инструмента. Традиционная форма паза – типа ласточкиного хвоста (рис. 1). На больших диаметрах обработки применяют Т-образные направляющие (рис. 2).



Р и с. 1. Виброгасящие элементы I типа



Р и с. 2. Виброгасящие элементы II типа

Классический набор ВЭ состоит из направляющей I, контактирующей с обрабатываемым отверстием, и вязкоупругого элемента – подкладки 2. К этим элементам предъявляются следующие технические тре-

бования: стойкость к технологическим средам, хорошая обрабатываемость, доступность в применении; в частности, к направляющим; температуро- и износостойчивость, благоприятные условия контактирования с деталью; к подкладкам: высокие эластичные, диссипативные свойства, низкая собственная частота.

Исключить появление рисок на поверхности обработки вследствие попадания стружки на контактные поверхности позволяет применение пластмассовых и композиционных материалов (КМ) с различными противозносными и смазывающими добавками. Кроме того, рабочие температуры, развивающиеся в зоне контакта, должны укладываться в область эффективного применения данного материала.

Малая хрупкость, достаточная механическая прочность, хорошая прирабатываемость к контртелу — эти качества присущи фрикционным КМ. Недостатком можно считать высокий коэффициент трения, но, во-первых, его можно понизить с помощью смазки как в виде технологической жидкости, так и композиционного ингредиента; во-вторых, хорошее сцепление с поверхностью обработки и введение в систему диссипативных сил трения создает возможность рассеивания энергии тангенциальных виброперемещений.

Существует большая группа фрикционных КМ, применяемых в качестве тормозных накладок и дисков сцепления. Предпочтение при проектировании направляющих ВЭ следует отдавать материалам с более высокой износо- и теплостойкостью, небольшим коэффициентом трения. Это могут быть как асбофрикционные, так и безасбестовые композиции.

На окончательных этапах обработки отверстий признается нецелесообразным применение направляющих из очень твердых материалов типа твердого сплава, чугуна и цветных металлов по причине неблагоприятного контактирования с поверхностью обрабатываемого отверстия [2].

К основным параметрам ВЭ следует отнести: ширину и длину контактной части, толщину демпфирующей прокладки, величины предварительного и рабочего натяга, определяющего демпфирующую силу. Ширина контактной площадки „ δ “ направляющих зависит от типоразмера ВЭ. Минимальная ее величина выбирается из соображений прочности, износо-стойкости, эффективности виброгашения и направления инструмента в отверстии. Для направляющих из фрикционных КМ $\delta_{min} = 2,5-3,0$ мм. Меньшие значения отрицательно сказываются в первую очередь на виброустойчивости инструмента. Максимальная величина δ_{max} зависит от

конкретных условий размещения ВЭ и обычно не превышает 5 мм. Толщина демпфирующей подкладки прямоугольного сечения составляет 1,0–1,5 мм для ВЭ I типа (рис. 1). Предварительный натяг $N_{предв}$ создается в пределах 10%, рабочий натяг $N = 30–40\%$. Рабочий натяг обеспечивается выступанием направляющих за окружность режущих зубьев на 0,3–0,4 мм, благодаря чему при входе в отверстие инструмент получает упругое центрирование.

Говоря об особенностях проектирования ВЭ зенкеров и разверток, следует учесть, что при обработке преобладают поперечные низкочастотные колебания с амплитудой 10–40 мкм и частотой 100–300 Гц. Для повышения эффективности виброзащиты необходимо понизить частотную границу ВЭ.

Собственная частота массы инструмента на упругих ВЭ

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{m_{пр}}},$$

где C – жесткость системы, $m_{пр}$ – приведенная масса инструмента.

Демпфирующая сила

$$P_d = C\delta,$$

где δ – осадка подкладки, мм.

Ориентировочно сила демпфирования для реализации нижней частотной границы в 10 Гц составит $P_d = 1,0–1,5 m_{пр}$. Отсюда каждому типоразмеру инструмента соответствует свой типоразмер ВЭ.

Инструмент для обработки отверстий можно разделить на хвостовой и насадной; с передним, задним направлением, без направления; машинный и ручной. Эта неполная классификация предопределяет особенности конструирования ВЭ по конкретным видам инструмента. В зависимости от диаметральных размеров, посадочного диаметра под оправку, количества зубьев, применяемых режущих пластин и способов их крепления возникают вопросы размещения ВЭ в корпусе инструмента, в связи с чем предлагаются 2 варианта исполнения ВЭ (см. рис. 1, 2). При их выборе нужно руководствоваться применяемыми стандартами и нормами на проектируемый инструмент. I тип ВЭ с подкладками из резины можно использовать для хвостовых зенкеров и разверток диаметром 20–40 мм, а также насадных диаметром 34–60 мм. II тип ВЭ применяется для больших диаметров при машинной обработке [2]. В качест-

ве подкладок для ВЭ II типа используются эластомеры типа полиуретана, обладающие несколько большей твердостью и жесткостью и меньшим коэффициентом потерь μ , но хорошо поддающиеся механической обработке. II тип ВЭ позволяет повысить технологичность изготовления и сборки ВЭ.

Наличие направляющих под кондукторные втулки у инструмента создает дополнительные трудности для сборки ВЭ, в этом случае пазы продолжают в направляющих на длину ВЭ для установки последних. Для предотвращения перемещения ВЭ в осевом направлении предусматривается установка штифтов или винтов, если инструмент будет подвергаться разборке. В некоторых случаях для предотвращения выпадания направляющих при обратном ходе инструмента требуется установка кольца на торце корпуса.

ВЭ должны обеспечивать работоспособность на период стойкости инструмента до переточки, т.е. на 30-60 мин. Износ направляющих за это время не должен превышать 0,3-0,4 мм. При интенсивности износа, например, 0,01 мм/мин стойкость направляющих составит 30-40 мин, после чего условия работы заметно ухудшаются. Правильный выбор материала направляющих должен обеспечить требуемую износостойкость последних и эффективность виброгашения в пределах 10 дБ на весь период стойкости инструмента.

Библиографический список

1. Ляпунов В.Т., Лавендел Э.Э., Шляпочников С.А. Резиновые виброизоляторы: Справочник. Л.: Судостроение, 1988.

2. Лепилин В.И., Жунин В.В., Самыкин В.Н. Развертка с виброгасящими элементами //Прогрессивные инструменты и методы обработки резанием авиационных материалов: Межвуз. сб. науч. тр. /Куйбышев. авиац. ин-т. Куйбышев, 1989. С. 8-11.