

УДК 621.941

Л.Н. Девин, д-р. техн. наук, А.А. Осадчий, Т.В. Нимченко

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г.Киев

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ДЕМПФИРОВАНИЯ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ИЗ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Damping capacities of cutting tool and comparative analysis of different materials, which can be used as a spacer in cutting tool were considered.

В настоящее время, борьба с вибрациями является одной из актуальных проблем практически во всех отраслях народного хозяйства и, прежде всего машиностроении, приборостроении и судостроении. Особенно важна эта проблема для режущих инструментов, так как наличие вибраций снижает качество обработки и приводит к увеличению вероятности разрушения хрупких инструментальных материалов. В этой связи исследование вибраций резца в процессе резания и создание методов их снижения является важной задачей машиностроения.

Эффективным, а в ряде случаев единственным приемлемым способом снижения вредных вибраций и шумов, препятствия их распространению и снижения резонансных пиковых напряжений является использование для деталей машин и конструкций, работающих в динамическом режиме, сплавов с большим внутренним трением, так называемых сплавов высокого демпфирования. Последними следует считать сплавы с относительным рассеянием энергии в диапазоне рабочих амплитуд более чем 1 %, т. е. не менее чем в таком известном материале, как серый чугун.

Известны попытки снижения вибраций в процессе резания путем применения чугунных державок. Во многих случаях их использование позволило значительно снизить вибрации, улучшить качество обработанной поверхности и повысить стойкость режущих инструментов.

Однако в работах по исследованию вибраций преимущественно обращалось внимание на качество обработанной поверхности и износостойкость резцов. А влияние демпфирования на вероятность разрушения вершины резца не исследовалось. Кроме того, в последнее время появились более эффективные, нежели чугун, материалы с высокими демпфирующими свойствами на основе никелида титана. Их особенность заключается в том, что они испытывают многократные мартенситные превращения под действием внешних нагрузок при комнатной температуре (так называемые материалы с эффектом памяти формы). В этой связи в работе как основная поставлена цель исследовать возможность применения материалов с памятью формы для гашения колебаний при резании инструментами с многогранными пластинами из поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ).

К преимуществам гашения колебаний с помощью сплавов высокого демпфирования относятся простота (устраняется необходимость применения специальных, иногда довольно сложных виброгасящих устройств), практическая независимость эффекта демпфирования от частоты и, как правило, широкая область рабочих температур.

В процессе обработки металлов резанием возникают периодические вибрации системы станок – деталь – инструмент.

При этом наблюдаются колебания преимущественно трех видов: собственные, вынужденные и автоколебания. Собственные колебания возникают под действием внешнего толчка и постепенно затухают. Вынужденные колебания возникают при появлении возбуждающей периодической силы и проявляются до тех пор, пока действует эта сила. Вынуж-

денные колебания при точении возникают под действием переменных сил резания при обработке прерывистых поверхностей (например, шестерней с литым зубом и др.), обработке заготовок с неравномерным припуском, биении детали.

Исследованиями установлено, что резание металла с большими площадями сечения среза происходит с меньшими вибрациями, чем с малых. При чистовых операциях, т. е. малой глубине и подаче, характерных для ПСТМ, процесс резания менее устойчивый, так как глубина резания становится соизмеримой с округлением режущей кромки и размером площадки износа по задней грани; при этом резец больше скоблит, нежели режет металл. Вибрация увеличивается также при уменьшении угла в плане ϕ главной режущей кромки резца. опыты подтверждают, что при уменьшении угла в плане ϕ вибрации резко усиливаются. Особенно сильно на интенсивность вибраций влияет усилие резания P_y . При постоянном сечении стружки уменьшение угла в плане ϕ вызывает усиление вибраций, так как при этом увеличивается усилие резания P_y .

Опытно доказано, что при увеличении переднего угла резца при прочих равных условиях вибрации снижаются. Это объясняется тем, что при больших передних углах резца металл деформируется меньше чем при угле равном нулю, и тем более при отрицательных значениях угла, так как при положительных их значениях усилие резания значительно меньше, чем при отрицательных.

Для количественной оценки демпфирующей способности металлов используют различные размерные, а также безразмерные параметры: затухание абсолютное и относительное, тангенс угла отставания по фазе деформации от приложенного напряжения (или тангенс угла потерь), логарифмический декремент колебаний, добротность [1; 3].

Для проведения экспериментов по оценке демпфирования режущей части резца была разработана специальная державка (рис. 1).

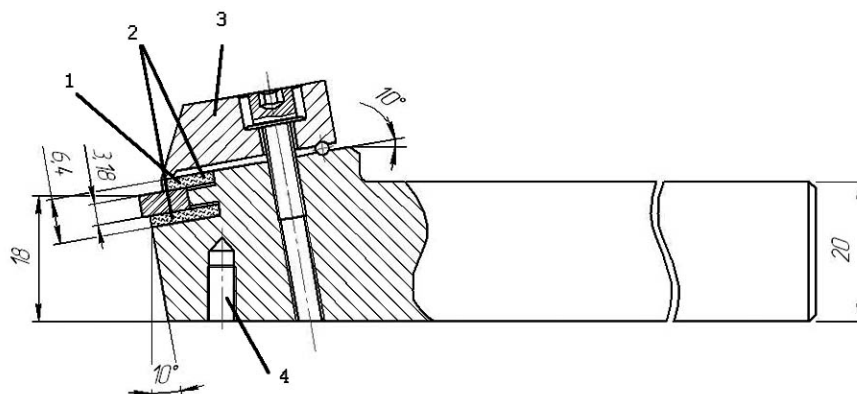


Рис. 1. Схема державки с демпфирующими прокладками

Квадратная режущая пластинка из ПСТМ на основе кубического нитрида бора 1 располагается между двумя прокладками 2 из демпфирующего материала и прижимается прихватом 3. В качестве прокладок использованы твердый сплав, серый чугун, сталь и никелид титана.

Наиболее низкие демпфирующие свойства характерны для прокладок из стали и твердого сплава, наиболее высокие – для никелида титана. Этот материал представляет собой твердый раствор на основе интерметаллического соединения монокелида титана, содержащий 48–54 % Ni [1].

При закалке сплавов высокотемпературная β -фаза с упорядоченной по типу о.ц.к. решеткой претерпевает мартенситное превращение. В результате образуется несколько модификаций мартенсита, характеризующихся плотно упакованными структурами с различным чередованием укладки плотно упакованных плоскостей. Температура мартенситного превращения никелида титана чрезвычайно сильно зависит от их состава и находится в пределах от + 120 до – 60 °С. Минимальную температуру имеют сплавы с 51 % Ni.

При циклической нагрузке относительное количество модификаций мартенсита изменяется, что обуславливает высокую демпфирующую способность сплавов.

Относительное рассеяние энергии в сплаве при малых амплитудах составляет 5–10 %, при больших – 20–30 %. Наряду с высокой демпфирующей способностью сплав характеризуется хорошей коррозионной стойкостью и комплексом механических свойств. Сплав с содержанием 49,5 % Ni после закалки начиная с температуры 800 °С в воде имеет $\sigma_b = 800\text{--}850$ МПа; $\sigma_{0,2} = 300\text{--}350$ МПа; $\sigma_{-1} = 490$ МПа. В этом случае относительное затухание при малых амплитудах составляет 8 %, а при значительных – 20–30 %.

Для изучения демпфирующей способности исследуемых образцов было разработано измерительное устройство, у которого в качестве базы использовали измерительную стойку от прибора «Звук–107» [2; 4].

Измерительное устройство состояло из стойки «Звук–107», анализатора спектра СК4-59 и широкополосного усилителя УЗ-32. Блок–схема установки изображена на рис. 2.

Электрические синусоидальные колебания создавали с помощью генератора качающей частоты анализатора спектра СК4-59 и усилителя мощности УЗ-32, а затем преобразовывали в механические. Возбуждаемые в образце колебания воспринимались пьезоэлектрическим приемником, усиливались и подавались на вход анализатора спектра СК4-59, где и исследовались резонансные кривые.

Образец устанавливали между двумя пьезоэлектрическими излучателями стойки «Звук-107» (Рис.2.).

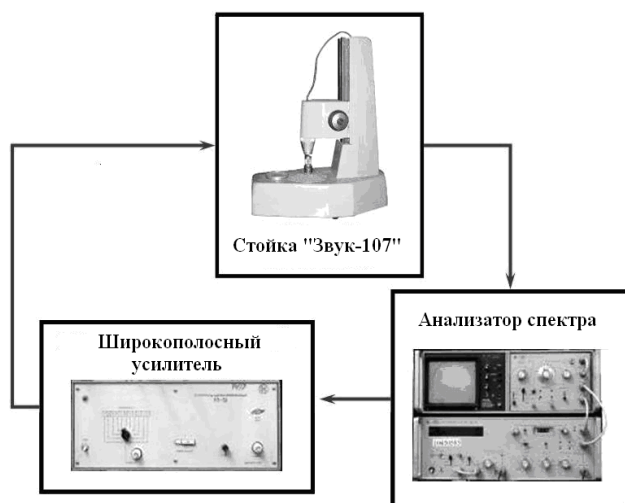


Рис. 2. Блок-схема измерительной установки



Рис. 3. Общий вид образца в излучателях стойки «Звук-107»

Излучатели выполнены в виде полусфер. Сканирующий сигнал с плавающей частотой 0,3–1,3 МГц с анализатора спектра подавали на широкополосный усилитель. После усилителя сигнал поступал на один из излучателей измерительной стойки. Второй излучатель подсоединяли ко входу анализатора спектра СК4-59.

Были проведены эксперименты по определению демпфирующих характеристик трех различных материалов (в дальнейшем их можно будет применять в качестве прокладок в резце приведенной конструкции) в целях выбора материала с наилучшими свойствами гашения вибраций. Для этого были изготовлены образцы в форме круглых пластин диаметром 10 мм.

Поверхности исследуемых образцов были шлифованными (шероховатость $Ra \leq 0,63$ мкм), а грани имели допуск формы симметричности в пределах 0,02 мм и параллельности 0,05 мм.

Исследуемые образцы не имели трещин, расслоений, видимых поверхностных дефектов и механических повреждений.

В качестве оценки демпфирующих характеристик образцов использовали добротность Q , коэффициент затухания колебаний β и логарифмический декремент затухания δ .

Вследствие отвода энергии колебания демпфируются, их амплитуда уменьшается от одного колебания к другому в β раз; эта величина называется коэффициентом затухания колебаний. Амплитуда колебаний зависит от частоты. С повышением частоты до резонансной f_0 амплитуда колебаний увеличивается до некоторого максимума, высота которого зависит от коэффициента затухания, и затем снова уменьшается. Это резонансное превышение называют также добротностью, или коэффициентом добротности, и обозначают Q .

Добротность связана с коэффициентом затухания β следующим соотношением [3]:

$$Q = \frac{\pi}{\ln \beta}. \quad (1)$$

Кроме того, от добротности зависит также ширина пика резонансной кривой. В случае измерения ширины полосы резонансного максимума B на высоте 70 % (точнее при $1/\sqrt{2} = 0,707$) максимального значения при не слишком сильном демпфировании, т. е., например, при $Q > 10$ получим

$$Q = \frac{f_0}{B}, \quad (2)$$

где $B = F_\beta - F_h$, f_0 – частота, соответствующая максимальной амплитуде сигнала (Рис. 4).

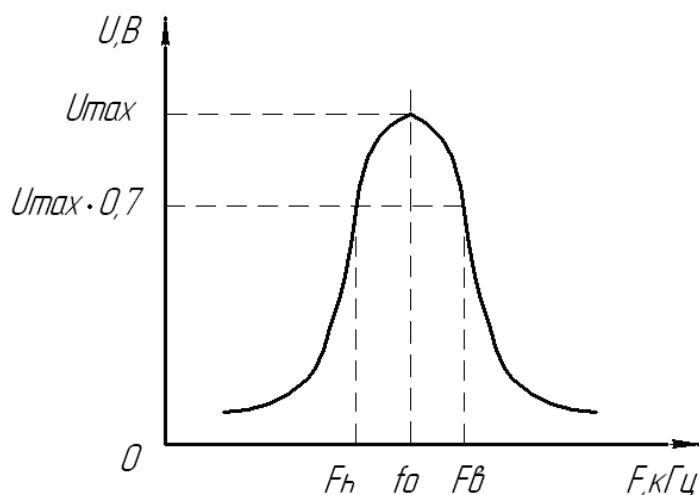


Рис. 4. Резонансный пик.

Тогда выражение (2) будет иметь вид

$$Q = \frac{f_0}{F_\beta - F_h}, \quad (3)$$

Логарифмический декремент затухания колебаний связан с коэффициентом затухания зависимостью

$$\delta = \ln \beta, \quad (4)$$

Тогда формула (1) примет вид

$$Q = \frac{\pi}{\delta}, \quad (5)$$

откуда

$$\delta = \frac{\pi}{Q}, \quad (6)$$

Полученные в результате испытаний демпфирующие характеристики образцов приведены в таблице.

Демпфирующие характеристики образцов

Материал образца	Добротность Q	Логарифмический декремент затухания δ , %	Коэффициент затухания колебаний β
Сталь	1230±51	0,23±0,01	1,0021±0,0002
WC–6%Co	998±32	0,32±0,02	1,0032±0,0003
Никелид–титана	63±6	5,05±0,43	1,0518±0,0063

Таким образом, приходим к выводу, что свойства гашения вибраций никелида титана выше, чем стали и твердого сплава. Это позволяет рекомендовать использовать его в качестве прокладок из демпфирующего материала в резце предложенной конструкции.

Литература

1. Фавстов Ю.К., Шульга Ю.Н., Рахштадт А.Г. *Металловедение высокодемпфирующих сплавов.* – М.: Металлургия, 1980. – 272 с.
2. Глаговский Б.А., Ройтштейн Г.Ш., Яшин В.А. *Контрольно-измерительные приборы и основы автоматизации производства абразивных инструментов: Учеб. пособие для машиностроит. техникум.* – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. – 278 с.
3. Й.Крауткрамер, Г.Крауткрамер. *Ультразвуковой контроль материалов: Справоч. Изд. Пер. с нем.* – М.: Металлургия, 1991. – 752 с.
4. Исследование демпфирующих свойств твердых сплавов WC–6%Co, полученных из смеси порошков различных производителей. Девин Л.Н., Мартынова Л.М., Нимченко Т.В., Осадчий А.А. //Матер. 8-го Междунар. научн.-техн. семинара, 26–28 февраля 2008 г. – г. Свалява, Карпаты 2008. – С. 62–64.

Поступила 26.06.08