

Л и т е р а т у р а

1. Кудряков В.А. Динамика станков. М, "Машиностроение", 1967.

2. Лазарев Г.С. Автоколебания при резании металлов. М., "Высшая школа", 1971.

3. Лазарев Г.С. Устойчивость процесса резания металлов. М., "Высшая школа", 1973.

4. Колеев К.С. Точность обработки и режимы резания. М., "Машиностроение", 1968.

5. Медведев Д.Д. Жесткостные характеристики технологических систем и пути их улучшения. "Известия вузов, Машиностроение", 1969, № 8.

Е.В. Бурмистров, Е.Н. Воронов,
А.В. Тарасов, Г.Т. Авдония

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИНЫ ВЫЛЕТА СВЕРЛА

Сверление отверстий малых диаметров в деталях из жаропрочных и титановых сплавов сопровождается интенсивными крутильными колебаниями сверл. Математическое описание этих колебаний, как показано в работе [1], может быть выполнено в виде нелинейного дифференциально-разностного уравнения, учитывающего влияние упругих характеристик колебательной системы, волнообразного следа, оставляемого на поверхности резания режущими кромками сверла, и отставания изменения силы резания от изменения толщины среза.

Для сопоставления результатов расчетов с фактическими значениями амплитуд и частот колебаний в процессе сверления было разработано виброизмерительное устройство с малогабаритными токовихревыми датчиками. Принципиальная электрическая схема прибора представлена на рис.1.

В качестве датчика использовался токовихревой преобразователь [2]. Изменение зазора между датчиком и якорем вызывает изменение его параметров: индуктивности - L_d , добротности - Q_d и сопротивления - F_d . Датчик представляет собой малогабаритную катушку $\phi 4$ мм. В качестве ёмкости для резонансной настройки датчика используется ёмкость коаксиального кабеля типа РК-75 и разъёма ВР типа СР-50-74Ф. Высокочастотный генератор собран

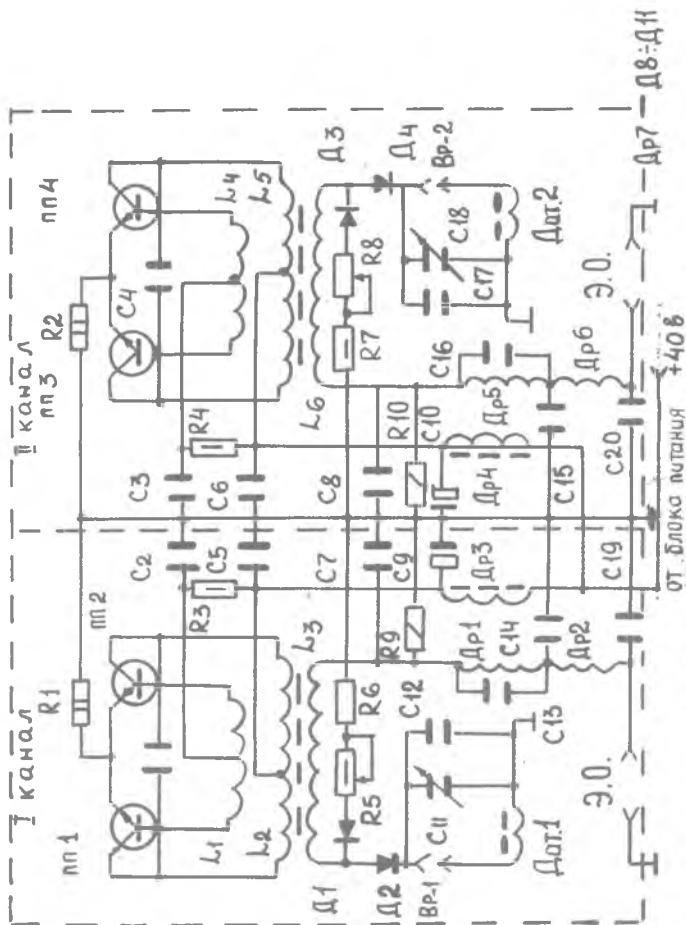


Рис.1. Принципиальная электрическая схема прибора для измерения кру-
тильных колебаний сверла

на кремниевых транзисторах ПП1, ПП2 типа П701 по двухтактной схеме с индуктивной связью с нагрузкой. Изменение частоты генератора оказывает незначительное влияние на чувствительность датчика. Для стабилизации амплитуды высокочастотного напряжения использован полупроводниковый стабилизатор, построенный по принципу компенсационной стабилизации выходного напряжения при последовательном включении регулирующего элемента. В схеме стабилизации применен составной транзистор, собранный из транзисторов П4Д и ПЗ.

Положительной особенностью прибора является совпадение тарировочных кривых для статического и динамического режимов измерения малых перемещений, что является следствием относительно высокой частоты питания датчика. Запись колебаний на фотопленку осуществлялась с экрана двухлучевого электронного осциллографа типа С1-18 при помощи специального протяжного устройства [3]. Описанный прибор дает возможность измерять колебания с частотой от 5 до 20000 Гц.

На рис.2 представлены виброграммы крутильных колебаний, полученные с помощью разработанной виброизмерительной установки при сверлении отверстий $\varnothing 5,0$ мм в титановом сплаве BT20; режимы резания были приняты следующие: $V = 6,3$ м/мин; $n = 400$ об/мин; $S = 0,06$ мм/об; длина вылета сверла $L = 68$ мм. Для указанных условий частота и двойная амплитуда колебаний составляют: $f = 600-700$ Гц; $2A_{\varphi} = 1 - 1,5^{\circ}$.

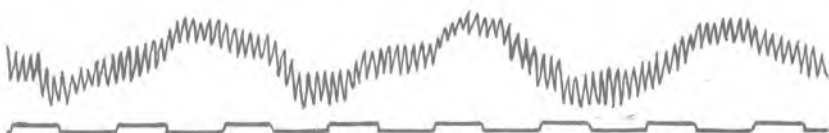


Рис. 2. Виброграмма крутильных колебаний

В отличие от расчетных [1] экспериментальные виброграммы характеризуются наличием низкочастотных колебаний с частотой ~ 20 Гц. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что отношение между частотой этих колебаний и числом оборотов шпинделя станка за одну секунду составляет 3:1 и сохраняется постоянным для различных скоростей вращения сверла. Это объясняется соответствующим изменением крутящего момента, вызванным неравномерной нагруз-

кой режущих кромок вследствие искажения формы поперечного сечения обрабатываемого отверстия в виде огранки. Как показали исследования [4], появление огранки связано с поперечными перемещениями вершины сверла под действием неуравновешенных радиальных сил и выражается в том, что поперечные сечения образующегося отверстия представляют собой фигуры, приблизительно подобные криволинейным треугольникам, пятиугольникам и т.д. В рассматриваемом случае поперечное сечение обрабатываемого отверстия представляло собой некоторый криволинейный треугольник. Таким образом, в течение одного оборота сверла наблюдалось трехкратное изменение нагрузки, вызванное неравномерностью снимаемого припуска, что и является причиной появления вынужденных низкочастотных колебаний с частотой, в три раза превосходящей число оборотов сверла.

Существенное влияние на амплитуду и частоту крутильных колебаний оказывает длина вылета сверла и его спиральной части. Как видно из графиков на рис.3, уменьшение длины вылета сверла и его спиральной части с 82 до 55 мм приводит к снижению амплитуды колебаний почти в 3 раза. Одновременно с этим наблюдается увеличение частоты колебаний, однако менее интенсивное, чем снижение амплитуды. В результате произведение $A_{\psi} \cdot f$, которое, в конечном счете, определяет влияние колебаний на стойкость сверл, уменьшается, а стойкость сверл увеличивается. Сказанное хорошо согласуется с результатами стойкостных исследований, показавшими, что уменьшение длины вылета сверла со 110 до 55 мм и его спиральной части с 55 до 25 мм при сверлении наклонных отверстий диаметром $\varnothing 5$ мм в титановом сплаве BT20 способствует увеличению стойкости сверл соответственно в 2 и 5 раз. Еще более значительное влияние длины вылета на виброустойчивость и стойкость сверл было установлено в работе [5]. В ней показано, что крутильные колебания и вызванные ими разрушающие силы зависят от куба длины вылета сверла. С уменьшением вылета сверла в 4 раза разрушающие силы уменьшались в 64 раза, что давало возможность увеличить подачу и стойкость сверл в 3-7 раз.

Таким образом, уменьшение длины вылета сверла, а в тех случаях, когда это невозможно, - длины его спиральной части пред-

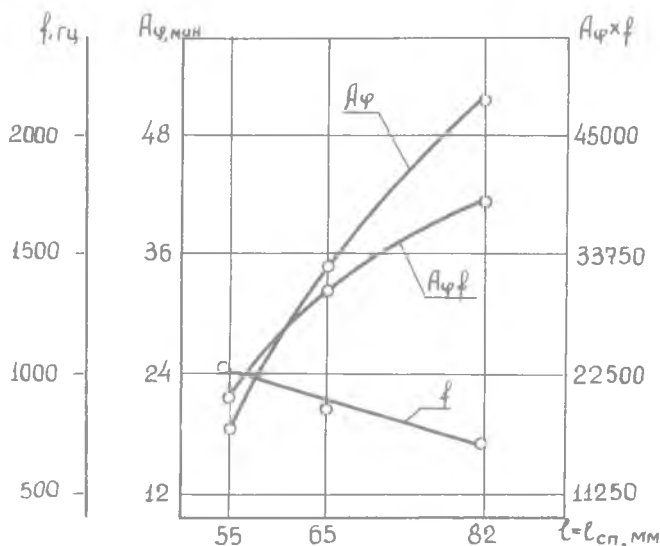


Рис. 3. Влияние длины вылета сверла на амплитуду и частоту колебаний (BT20; сверла стандартные диаметром 5 мм; $V = 6,3$ м/мин; $S = 0,06$ мм/об)

ставляет собой важный резерв повышения жесткости и виброустойчивости сверл, а следовательно, их стойкости и производительности обработки.

Л и т е р а т у р а

1. Бурмистров Е.В., Маркушин Е.М., Тарасов А.В. Крутильные колебания и их влияние на стойкость сверл малых диаметров при обработке жаропрочных и титановых сплавов. Материалы симпозиума "Прогрессивные конструкции сверл и их рациональная эксплуатация", Вильякс, 1974.

2. Быховский Ю.С. Токовихревой преобразователь для измерения перемещений. Кандидатская диссертация. Куйбышев, 1963.

3. Резников Н.И., Бурмистров Е.В., Шарков И.Г. и др. Обработка резанием жаропрочных, высокопрочных и титановых сплавов. М., "Машиностроение", 1972.

4. Олейников И.И., Шатерин М.А. О радиальной податливости спиральных сверл. Материалы симпозиума "Прогрессивные конструкции сверл и их рациональная эксплуатация", Вильнюс, 1974.

5. Schnitzler H. Bohren mit konstanter kurzer Auskraglänge. „Werkstatt und Betrieb“, 1974, 107, №3, 175-176, N 4, 5.

А.Н. Волков, И.Г. Попов

ВЛИЯНИЕ ДЕМПФИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАТЕРИАЛА ДЕРЖАВОК НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ВИБРАЦИЙ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Одним из направлений уменьшения амплитуд автоколебаний в процессе резания является повышение демпфирующей способности системы СПИД. В связи с этим представляет интерес исследование возможностей применения сплавов высокого демпфирования (СВД) для изготовления державок режущего инструмента.

Для выяснения этого вопроса проведено исследование вибраций при концевом и дисковом пазовом фрезеровании. Сравнивались оправки одинаковых геометрических размеров $d = 50\text{мм}$; $l = 250\text{мм}$, изготовленные из стали 45, чугуна СЧ 28-42 и сплава СВД на марганцевомедной основе.

Измерение вибраций инструмента производилось аппаратурой бесконтактного действия [1]. Максимальные амплитуды вибраций инструмента, измеренные в вертикальном (A_V) и горизонтальном (A_H) направлениях, представлены на рис.1. Наименьшие амплитуды вибраций наблюдались при использовании стальной оправки (логарифмический декремент колебаний $\lambda_{ст} = 0,03$), затем по уровню интенсивности колебаний следуют чугунная ($\lambda_{чч} = 0,1$) и марганцевомедная ($\lambda_{мн+сч} = 0,3$) оправки. Аналогичные результаты получены при концевом фрезеровании.

Такие, парадоксальные на первый взгляд, результаты объясняются различными величинами модулей упругости исследованных материалов ($E_{ст} = 2,1 \cdot 10^6$ кгс/см²; $E_{чч} = 1 \cdot 10^6$ кгс/см²; $E_{мн+сч} = 4 \cdot 10^5$ кгс/см²) и связанной с этим пониженной жесткостью оправок из сплава высокого демпфирования ($j_{ст} = 920$ кгс/мм; $j_{чч} = 370$ кгс/мм; $j_{мн+сч} = 310$ кгс/мм). Влияние жесткости упругой системы на интенсивность вибраций хорошо известно [2]. Наши