

УДК 621.914.3:534.8

Ю.П.Шиврик, М.Т.Кузнецов, И.Г.Жарков,
Г.И.Огородников

ГАШЕНИЕ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПРИВОДЕ ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Вынужденные крутильные колебания, возникающие в главном приводе продольно-фрезерного станка, снижают стойкость режущего инструмента, ухудшают качество обработанной поверхности, приводят к повышенному шуму и быстрому износу деталей привода. Особенно опасны резонансные процессы, проявляющиеся при сближении частот собственных колебаний привода с частотой возмущающих воздействий. В этом случае возможны динамические перегрузки и даже поломка деталей привода.

Привод главного движения продольно-фрезерного станка представляет собой систему, состоящую из электродвигателя, передаточного механизма (коробки скоростей) и исполнительного органа (фрезы).

Чрезмерность крутильных колебаний в приводе зависит от неуравновешенности ротора электродвигателя, дисбаланса вращающихся частей коробки скоростей (муфта, валов, шестерен и пр.), импульсного характера сил резания, вследствие неравномерности сечения среза, погрешностей заточки и установки фрез, неточностей сборки всей системы, неравномерности подачи стола и прочее.

Результаты исследований показали, что преобладающую роль в возбуждении вынужденных крутильных колебаний играет ударный характер нагрузки при врезании и выходе зуба фрезы из контакта с неде-

лием. Даже при самых благоприятных, с точки зрения динамики, сочетаниях режимов резания, геометрии инструмента, сечения среза, числа одновременно участвующих в работе зубьев, ширины заготовки и ее расположения относительно фрезы, максимальный крутящий момент, действующий на шпиндель фрезерного станка, значительно превышает среднее значение, соответствующее данному режиму резания. Воздействие остальных источников крутильных колебаний сказывается в меньшей степени.

Основными направлениями борьбы с опасными колебаниями механических систем являются:

уменьшение амплитуд колебаний без существенного изменения привода;

воздействие на частоту свободных колебаний путем конструктивных изменений;

установка гасителей колебаний.

Снижение амплитуд колебаний за счет уменьшения подач и скоростей резания является нежелательным ввиду существенного снижения технологических возможностей станка. Воздействие на частоту свободных колебаний путем изменения моментов инерции и жесткости элементов системы, вследствие широкого спектра резонансных частот в продольно-фрезерном станке, также не приводит к желаемому результату.

Наиболее целесообразным способом уменьшения вредных колебаний является, на наш взгляд, установка гасителей колебаний. Эффект воздействия гасителя на систему зависит как от конструкции гасителя, так и от места его установки. Наибольший эффект следует ожидать при установке гасителя на участках системы, колеблющихся с наибольшими амплитудами. В приводе продольно-фрезерного станка такими участками будут участки системы, близкие к источнику колебаний, то есть к фрезе. Для эффективного гашения крутильных колебаний в системе и защиты передаточного механизма от главного источника колебаний — исполнительного органа, гаситель следует устанавливать между фрезой и шпинделем.

Желательно также, чтобы гаситель был последовательного действия, то есть передавал технологическую нагрузку [1, 2]. Для гашения крутильных колебаний в приводе продольно-фрезерного станка модели 6606 были спроектированы муфты с упругими элементами из сплава на марганцево-медной основе, устанавливаемые между шпинделем и фрезой и способные передавать значительные крутящие моменты.

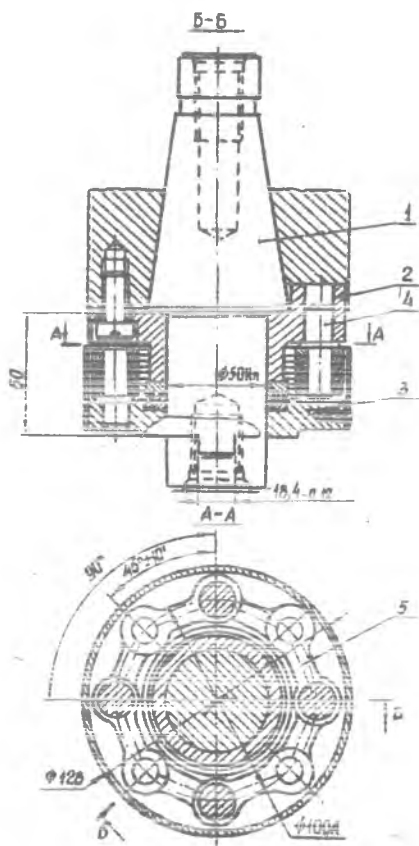


Рис. 1. Пластическа гурт-доминируваща
чуфта

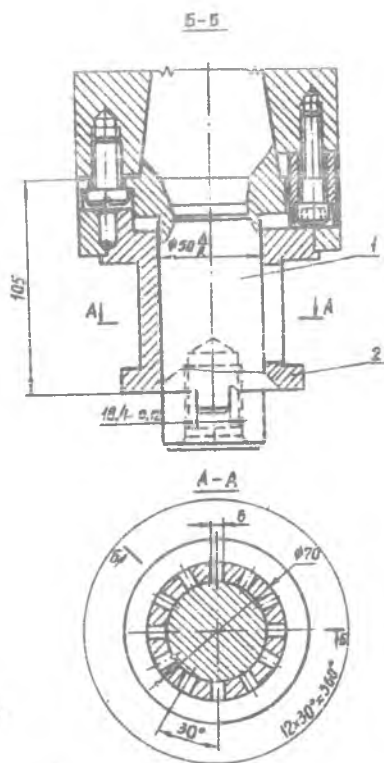


Рис.2. Поводковая упруго-демпфирующая муфта

Пластинчатая упруго-демпфирующая муфта (рис. 1) состоит из свободно насаженных на оправку I ведущего 2 и ведомого 3 дисков с запрессованными в них стальными пальцами 4 (по четыре пальца в каждом диске). Крутящий момент от шпинделя к фрезе передается работающими на растяжение пластинами 5, изготовленными из высоко-демпфирующего сплава на марганцево-медной основе. В поводковой упруго-демпфирующей муфте (рис. 2) крутящий момент от шпинделя к фрезе передается работающим на кручение и свободно сидящим на оправке I подым цилиндром 2, изготовленным из того же сплава. Перед испытаниями муфт в работе на специальном приспособлении с помощью образцовых динамометров и индикаторов часового типа была определена зависимость угла закрутки и крутильной податливости от статически приложенного крутящего момента (рис. 3 и рис. 4).

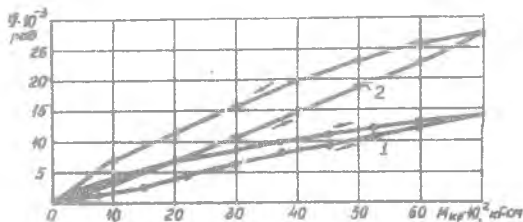


Рис. 3. Зависимость угла закрутки от крутящего момента: 1—пластинчатой упруго-демпфирующей муфты; 2—поводковой упруго-демпфирующей муфты.

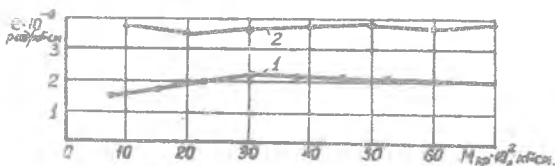


Рис. 4. Зависимость крутильной податливости от крутящего момента: 1—пластинчатой упруго-демпфирующей муфты; 2—поводковой упруго-демпфирующей муфты.

Эффект гашения колебаний в приводе станка определяется путем сравнения двойной амплитуды (размаха) колебаний крутящего момента на валах коробки скоростей при торцовом фрезеровании на окорезанских режимах резания с упруго-демпфирующими муфтами и без них.

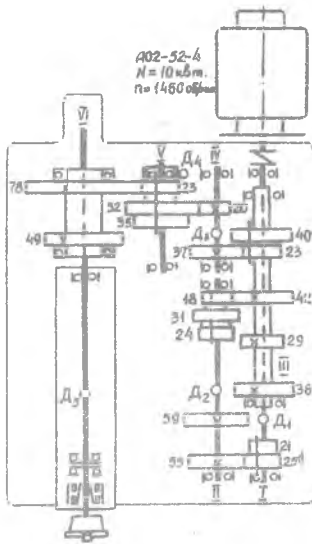


Рис. 5. Кинематическая схема привода продольно-фрезерного станка мод. 6606

Измерения крутящего момента проводились наклеенными на валы по полумостовой схеме проволоочными тензометрическими датчиками D_1, D_2, D_3, D_4, D_5 (рис. 5) с зависимью на пленке осциллографа Н-700. В качестве усилителя сигнала использовалась универсальная тензометрическая установка УТСИ-ВТ-12. Обработка образца из стали 45 производилась торцовой фрезой $D = 250$ мм, $Z = 20$ с непереключаемыми 4-х гранными пластинами из твердого сплава Т15К6 при глубине резания $t = 4,5$ мм и подаче на зуб $S_z = 0,05$ мм. Скорость резания изменялась от 63 до 157 м/мин. Эффективность гашения колебаний крутящего момента на валах привода упруго-демпфирующими муфтами показана на рис. 6.

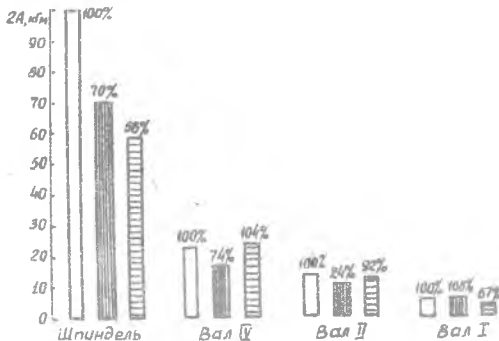


Рис. 6. Диаграмма колебаний момента на валах привода при фрезеровании в зоне резонанса: □ - без демпфирующих устройств; ▨ - с пластинчатой упруго-демпфирующей муфтой; ▩ - с поводковой упруго-демпфирующей муфтой.

Анализ результатов испытаний ряда других конструкций упруго-демпфирующих устройств показал, что менее жесткое демпфирующее устройство эффективнее гасит крутильные колебания на шпинделе, но оказывает меньшее влияние на промежуточные валы. И наоборот, более жесткое демпфирующее устройство хуже гасит колебания шпинделя, но оказывает значительное влияние на гашение крутильных колебаний промежуточных валов.

Гашение колебаний при фрезеровании путем применения упруго-демпфирующих муфт достигнуто за счет:

1. Применения упругих элементов из сплава с большим внутренним трением;
2. Рассеяния энергии колебаний вследствие трения в сочленениях;
3. Амортизирующих свойств упруго-демпфирующих муфт (локализация колебаний).

Для количественной оценки влияния каждого из указанных факторов нужны дополнительные исследования.

Литература

1. Ривин Е.И. Динамика привода станков. М., "Машиностроение", 1966.
2. Демпферы и динамические гасители колебаний металлорежущих станков (НИИМАШ), Москва, 1968.