

АНТИВИБРАЦИОННАЯ ДЕРЖАВКА

Нурмукаев К.Ж.¹, Кухта М.С.²

¹ФГАОУ ВО «НИ ТПУ», ОМШ ИШНПТ, группа 4НМ31

e-mail: kzn1@tpu.ru

²ФГАОУ ВО «НИ ТПУ», ОАР ИШИТР, д.ф.н., профессор

e-mail: kuhta@tpu.ru

В настоящее время в области механической обработки существует множество типов демпфирующих устройств для подавления колебаний, возникающих при резании металла.

Вибрации в процессе резания бывают двух типов [1, 2]:

- вынужденные колебания, причиной возникновения которых является периодически действующая возмущающая сила;
- автоколебания – колебания, возникающие без действия внешней силы. Причиной автоколебаний является самовозбуждение в процессе стружкообразования.

Вынужденные низкочастотные колебания при резании могут быть вызваны дисбалансом вращающихся частей станка, приспособлений, заготовки и инструмента, неравномерным припуском или самим процессом резания. Способ борьбы с ними балансировка инструмента и заготовок.

С автоколебаниями бороться сложнее, так как сила, поддерживающая эти колебания, вызывается самим движением и исчезает при его прекращении. Автоколебания определяются источниками энергии, которые не обладают колебательными свойствами. Частота автоколебаний почти не зависит от режимов резания, а определяется жесткостью системы

Интенсивность вибраций зависит от режимов резания, геометрии режущего инструмента, жесткости технологической системы резания, демпфирующих способностей материалов режущего инструмента и заготовки. С увеличением ширины и уменьшением толщины режущей кромки инструмента интенсивность вибраций растет. Увеличение угла в плане приводит к уменьшению амплитуды автоколебаний. Существует критическая зона скоростей резания, в пределах которых автоколебания усиливаются [3].

В металлорежущем станке обычно рассматривают две основные колебательные системы: систему заготовки и систему режущего инструмента. Обе системы имеют различную частоту собственных колебаний, поэтому автоколебания при резании бывают двух видов:

- вибрации первого рода – низкочастотные (5...300 Гц) колебания заготовки;
- вибрации второго рода – высокочастотные (800...3000 Гц) колебания режущего инструмента [4].

Режущий инструмент для механической обработки, в целом, является динамическим устройством, в котором при работе возникают оба типа колебаний.

Эти колебания могут классифицироваться по их динамической жесткости.

Динамическая жесткость металлорежущего инструмента является мерой его сопротивляемости деформации и способностью демпфирования при конкретном типе деформации. Преобладающий динамический режим колебаний будет определять характеристики устройства для механической обработки.

В случае упругих вынужденных колебаний динамическая жесткость металлорежущего инструмента является мерой сопротивляемости деформации. При вынужденных упругих колебаниях пределом устойчивости является наибольшая глубина резания до потери устойчивости и начала вибрации.

При возникновении свободных колебаний в процессе обработки происходит неконтролируемое смещение положения режущей кромки инструмента и это является доминирующим при образовании микронеровностей поверхности.

Инструментальные системы для механической обработки, как правило, подвержены упругим вынужденным колебаниям, например, расточные и фрезерные державки с большим вылетом. Также вибрации возникают при прерываемом резании. В таких случаях общие характеристики устройства для механической обработки могут быть в значительной степени улучшены увеличением динамической жесткости режима упругих вынужденных колебаний.

Способы борьбы с автоколебательными вибрациями:

- рациональная геометрия режущего инструмента – применение виброгасящей фаски на передней поверхности;
- повышение демпфирующей способности колебательной технологической системы резания применением демпфирующих прокладок, специальных демпфирующих устройств – виброгасителей;
- повышение жесткости колебательной технологической системы резания: с увеличением жесткости повышается собственная частота колебательной системы и снижается вероятность возникновения вибраций, так как с увеличением частоты возрастает работа затухания системы;
- уменьшение массы колебательных систем, позволяющее повысить частоту и снизить интенсивность вибраций.

Таким образом, для увеличения динамической жесткости устройств для механической обработки:

- максимально уменьшают вылет режущего инструмента, что не всегда возможно из-за требуемой геометрии обрабатываемой поверхности;
- корпус инструмента изготавливают из более прочного материала, например, карбид вольфрама;
- в корпус инструмента включают поглотитель динамических колебаний в сочетании с упомянутыми выше мерами или без них.

Инструменты с большим вылетом часто используется при обработке на обрабатывающих центрах. Вибрации, возникающие при этом, можно значительно уменьшить используя антивибрационные оправки.

Известна конструкция борштанги для растачивания глубоких отверстий (рис. 1) [5]. В кольцевой полости корпуса 1 установлена гильза 3. Между поверхностями трубы 4 и гильзы 3 с ребрами 14 и создан зазор. Зазор заполнен виброгасящей жидкостью. В процессе резания возникают крутильные колебания, которые вызывают относительные угловые перемещения гильзы 3 и трубы 4, что изменяет зазор между боковыми поверхностями ребер 14 и 15, вызывая перетекание жидкости 13, вследствие чего и происходит гашение крутильных колебаний (рис. 1, б).

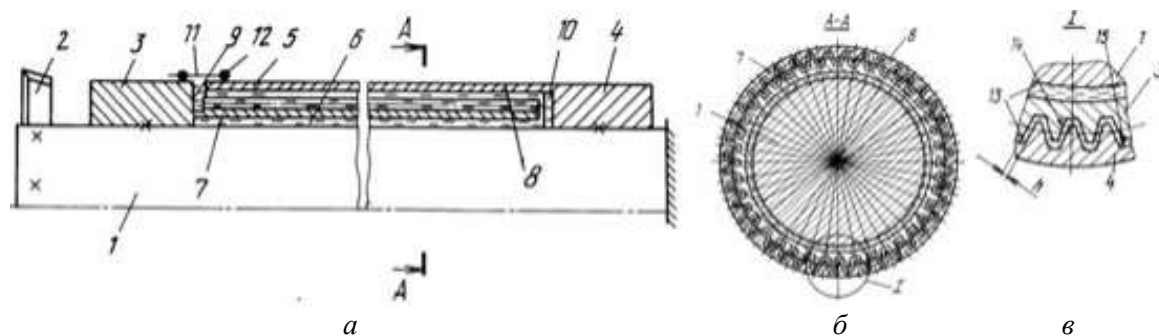


Рис. 1. Борштанга для растачивания глубоких отверстий

Аналогичным образом происходит гашение изгибных колебаний в любой плоскости, чему способствует также изменение объема кольцевых камер 9 и 10. Эффективность гашения колебаний пропорциональна величине боковых площадей ребер 14 и 15, вязкости виброгасящей жидкости 13 и величине зазора h .

Известен расточной инструмент [6], который содержит рабочую часть с режущей пластиной. С рабочей частью соединен корпус, имеющий полость. В полости размещено демпфирующее устройство. Устройство состоит из опорного полого стержня, на крайних частях которого зафиксированы опорные шайбы. К шайбам присоединены упругие элементы. На средней части опорного полого стержня установлен демпфирующий элемент с возможностью перемещения. Торцы демпфирующего элемента соединены с упругими элементами. При этом одна из крайних частей опорного полого стержня закреплена в корпусе, а другая – размещена в базовой части. Для увеличения демпфирующей способности демпфирующий элемент соединен со средней частью опорного полого стержня посредством резьбового соединения, причем во впадинах профиля резьбы средней части опорного полого стержня выполнен сквозной винтовой паз, а торцы демпфирующего элемента, соединенные с упругими элементами, выполнены ступенчатыми (рис. 2).

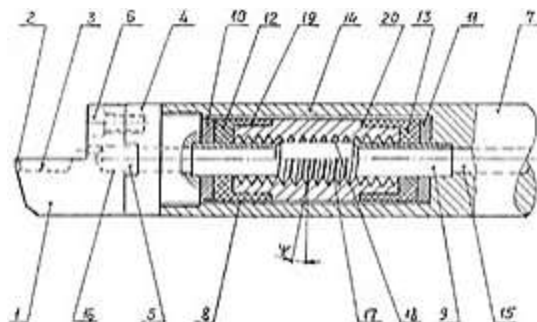


Рис. 2. Расточной инструмент

Для увеличения демпфирующей способности расточного инструмента угол подъема резьбы в соединении демпфирующего элемента со средней частью опорного полого стержня может быть выполнен больше угла самоторможения.

Известна расточная оправка [7] к выдвижным шпинделям расточных станков (рис. 3).

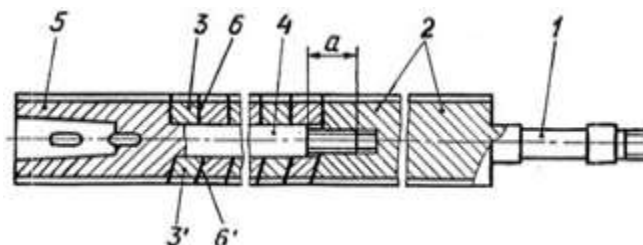


Рис. 3 Оправка к выдвижным шпинделям расточных станков

Задачей является получение предварительно напряженного держателя инструмента с высокими характеристиками жесткости на изгиб, кручение, сжатие и растяжение. Держатель содержит хвостовик, к которому стяжками присоединен элемент для закрепления режущего инструмента. На стяжках установлены наборы втулок или колец из жесткого и высокопрочного материала или материалов (рис. 4).

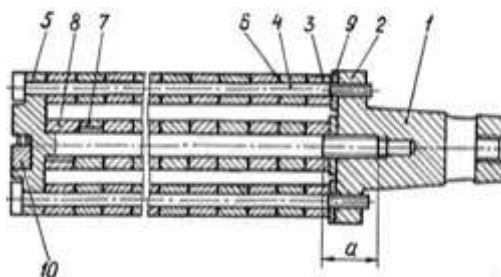


Рис. 4. Держатель инструмента

Известен держатель инструмента, такой как расточная головка или фрезерная оправка с демпфирующим элементом в виде удлиненного тела, установленного в полости и закрытой на своем конце приемным корпусом (рис. 5, поз. 4) расточной головки или элементом фрезерной оправки.

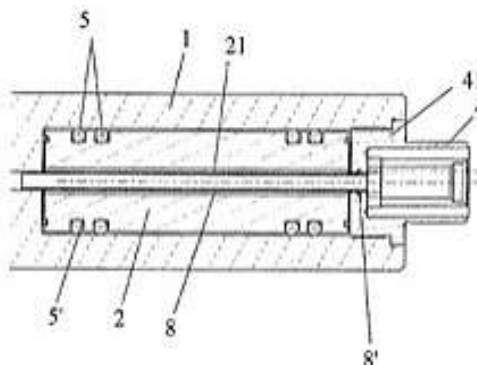


Рис. 5. Держатель с демпфирующим средством

Демпфирующий элемент представляет собой средство только радиального поглощения и снабжен по меньшей мере одним упругодеформируемым элементом вблизи каждого конца.

Известна оправка для чистовой обработки отверстий [9]. Оправка содержит корпус, в отверстии которого эксцентрично расположен резцедержатель, выполненный с возможностью поворота относительно продольной оси, резец и упругий элемент. При этом резцедержатель подпружинен в осевом направлении и в направлении поворота вокруг своей оси и другим концом взаимодействует с корпусом посредством резьбового соединения. Диск соединен со втулкой посредством тяги, шаг резьбового соединения втулки с корпусом выполнен большим, чем шаг резьбового соединения резцедержателя с корпусом (рис. 6).

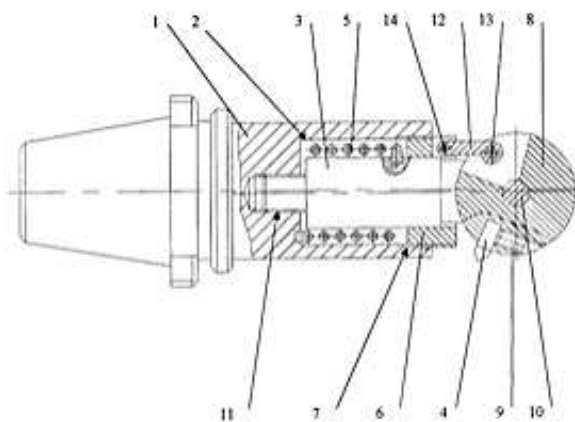


Рис. 6. Оправка для чистовой обработки отверстий

Выводы

Увеличение отношения между длиной и диаметром инструментальных оправок приводит к уменьшению динамической жесткости инструментальной оправки, и в этом случае возникают новые требования, предъявляемые к демпфирующему устройству – должна быть уменьшена частота демпфирующего тела. Для достижения этого требуются либо упругие элементы с более низким модулем упругости, либо демпфирующее устройство с более высокой массой.

1. Для увеличения массы необходимо увеличить объем демпфирующего тела. Это в результате приведет к проблемам, связанным с площадью, размером и ослаблением конструкции, где должно быть использовано демпфирующее устройство.

2. Для обеспечения возможности уменьшения модуля упругости необходимо либо принять материал упругого элемента с более низким модулем упругости или прочность упругого элемента должна быть соответственно уменьшена путем уменьшения размера элемента.

Следовательно, был сделан вывод, что известные решения, плохо пригодны для проведения разработки в направлении увеличенного соотношения длины и диаметра и более низкой собственной частоты для системы, колебания которой необходимо снизить, вследствие ограничений свойств материала, среди других причин.

При обработке материалов резанием часто используют высокие скорости вращения, и по этой причине также важно, чтобы демпфирующая система могла выдерживать быстрое вращение. Это также оказалось проблематичным при использовании устройств, соответствующих известному уровню техники.

Преимуществом обеспечения возможности получения более низкой частоты является то, что масса демпфирующего тела может быть уменьшена при достижении аналогичной собственной частоты, как и у существующих систем. Это делает предлагаемое решение более пригодным для использования в тех случаях, где демпфирующая система должна вращаться с высокой скоростью при возникновении значительных центробежных сил, например в случаях применения в технологических процессах высокоскоростного фрезерования.

Тот факт, что масса демпфирующего тела может быть уменьшена, является полезным в том отношении, что диаметр отверстия для внутреннего подвода смазочно-охлаждающей жидкости к режущей кромке, может быть увеличен. Преимуществом повышенного количества смазочно-охлаждающей жидкости является более эффективное отведение стружки от режущей кромки.

Список литературы

1. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара – Л.: Машиностроение, 1976. – 320 с.
2. Вибрации в технике: Справочник в 6-ти т. Том 6; под ред. К.В. Фролова – М.: Машиностроение, 1981. – 456 с.
3. Защита от вибрации и ударов / под ред. К.В.Фролова. Ред. совет: В.Н.Челомей. – М.: Машиностроение, 1981. – 456 с.
4. Сирил М. Харрис, Чарльз И. Крид. Справочник по ударным нагрузкам. Сокр. пер. с англ. Н.А. Пэдуре. – Л.: Судостроение, 1980. – 359 с.
5. Патент РФ № 2014965 Борштанга для растачивания глубоких отверстий. Аслибеян С.Ф., Филин М.М., Ветров С.И., Мещеряков Р.К. – 1994.
6. Патент РФ № 2298456 Расточной инструмент Корюкина Н.А., 2007.
7. Патент РФ № 2109599 Держатель инструмента. Вожаденко В.В. [UA], Рабштына М.М. 1998.