**Тольяттинская государственная школа**

**Научно-исследовательская работа**

**на тему:**

**«Методы бесконтактного контроля параметров вала»**

Ученик 11 класса: Константинова Е.Е.

Учитель: Расторгуев Д.А.

Тольятти 2019.

**Введение**

Современное машиностроение характерно, с одной стороны беспрерывным увеличением разнообразия машин по функциональному назначению, с другой, стремлением к повышению их надежности работы. Первая часть тенденции сопровождается увеличением мощностей, быстродействия и других характеристик, вторая обязана их поддерживать, но на более высоком уровне.

Решение этих задач возможно конструкторскими и технологическими методами. Технологические методы таят в себе огромные резервы повышения качества машин. Это, прежде всего, технологические методы повышения точности изготовления. Японские исследователи выявили тенденцию развития мирового машиностроения за последние 50 лет: повышение относительной точности на порядок каждые 20 лет!

Из теории размерных цепей вытекают три направления повышения точности. Наиболее разработанным и употребляемым в мировой практике является первое из них: повышение точности составляющих звеньев цепи. Однако его область ограничена экономическими соображениями, т.к. ведет к удорожанию продукции. Второе направление связано с отысканием принципиально иной структуры технологического метода и системы и ждет своего решения и развития. Третье направление связано с изменением передаточного отношения передачи погрешности. Возможно в осуществлении лишь при другом характере производства, других передачах и энергиях. Другими словами, представляет собой пока неясную гипотезу.

Таким образом, пока наиболее перспективно второе направление, развитию которого в основном и посвящена данная работа.

Весь окружающий человека мир и процессы развиваются по периодическим законам. Солнце, планеты, Земля имеют относительно постоянную частоту вращения. Отсюда четкая периодичность смены суток и времен года. Атомы и молекулы материального мира имеют определенную частоту собственных колебаний. Эти природные периодические процессы не зависят от человека.

В искусственном мире, созданном человеком, используются также в основном периодические процессы и закономерности. Используется электрический переменный ток постоянной частоты, например, 50 *с1.* Электродвигатели вращаются с примерно постоянной частотой, например, 740, 1500, 3000 с"1. Валы машин, шпиндели станков вращаются также в большинстве случаев с постоянной угловой скоростью.

Процессы, происходящие в технологической системе при металлообработке на станках, в основе своей периодичны. Это вытекает из указанном выше постоянстве частот вращения электродвигателей, передаточных механизмов, шпинделей. Кроме того, каждая деталь станка имеет вполне определенную частоту собственных колебаний, практически не изменяющуюся при смене условий технологической операции. Все это справедливо и для технологических систем с главным поступательным движением. Здесь, например, галопирование узлов происходит с определенной частотой.

Технологические процессы и системы имеют геометрическую, кинематическую, динамическую и другие анизотропии. Геометрическая анизотропия в виде периодичности характерна для большинства лезвийных инструментов. Тоже можно сказать о некоторых изготавливаемых деталях (зубчатые колеса, шлицевые валы др.). Это неизбежно приводит к первичной кинематической, а также динамической и вторичной кинематической анизотропности операции.

Развитие и влияние названных анизотропностей еще недостаточно изучено, в частности, на формирование поверхностного слоя детали.

Ее секрет, что неизвестно в данный момент, принято считать случайным. Но со временем многие неизвестные законы становятся известными и их уже нельзя назвать случайными. Тоже относится и к наложению друг на друга периодических процессов. Пока чаще характер этого наложения принимают за случайный.

Работа является продолжением и развитием монографии. При этом постоянная и переменная составляющие периодической погрешности обработки (ППО) рассмотрены в логическом единстве, но часто - при разной природе. За главный методический ключ отыскания путей уменьшения ППО принят поиск оптимальных фаз относительного расположения периодических анизотропностей при возможном уменьшении степени их интенсивности.

**1.** **Описание ситуации**

Высокая эффективность технологических процессов, в том числе обработки резанием, достигается при максимальном использовании возможностей оборудования, в частности металлорежущих станков. В связи с этим очень важно обеспечить максимальную виброустойчивость станков, что позволит повысить качество и производительность обработки.

В настоящее время особенно актуальна задача обеспечения динамической устойчивости процессов обработки резанием с учетом податливости заготовки, поскольку условия устойчивого резания варьируются в рабочем пространстве станка. Изложенное ниже основано на положениях различных работ, в частности на идее о замкнутости динамической системы станка.

При обработке нежестких заготовок их динамическая податливость зависит от частоты вращения шпинделя и от положения инструмента в рабочем пространстве станка, что существенно влияет на устойчивость процесса резания, Это особенно важно для станков с ЧПУ и станков-автоматов с точки зрения выбора режимов резания, обеспечивающих наивысшую производительность и вместе с тем — требуемое качество обработанной поверхности.

Основными видами колебаний при резании являются вынужденные колебания и автоколебания. Причина вынужденных колебаний — наличие возмущающей, т. е. центробежной силы из-за неуравновешенности заготовки и вращающихся звеньев привода станка. Это низкочастотные колебания с частотой менее 30 Гц. Уровень вынужденных колебаний можно свести до минимума (вибрационного шума) за счет балансировки вращающихся звеньев привода станка. Таким образом, вынужденные колебания при токарной обработке можно считать второстепенными, амплитуда которых мала.

Значительно более опасными являются резонансные режимы, наступающие при совпадении частоты собственных колебаний заготовки с частотой колебаний других звеньев технологической системы. Резонансные режимы при точении нежестких валов могут наблюдаться при *L/D*= 20 и D > 50 мм (D, L - диаметр и длина заготовки соответственно). В этом случае возможно совпадение частоты собственных колебаний заготовки с частотой собственных колебаний резцедержателя в направлении оси Y. Для токарных станков средних размеров эта частота составляет 60—90 Гц. Для исключения резонансных режимов необходима частотная отстройка. Автоколебания относятся к главным составляющим колебаний технологической системы, амплитуды которых значительны. Автоколебания происходят при отсутствии возмущающей силы с частотой собственных колебаний заготовки.

На основании всего вышеизложенного мы можем сделать вывод о необходимости проведения научных исследований для повышения виброустойчивости станков.

**2. Анализ описанной ситуации**

Возникновение вибраций при обработке резанием обусловлено возмущающими силами и свойствами упругой системы (УС) станка. Соотношение между параметрами этих факторов определяет как возможность возникновения вибраций, так и их интенсивность, т. е. амплитуду и частоту. Чтобы учесть геометрические параметры и физико-механические свойства технологической системы (ТС), заготовку следует рассматривать как упругое тело с непрерывно распределенными массовыми и деформационными характеристиками. При таком подходе подразумевается, что тело состоит из бесконечного числа частиц. Для того чтобы указать положение каждой частицы (точки) тела, требуется ввести бесконечное число координат перемещений; поэтому такая УС обладает бесконечным числом степеней свободы.

Для получения адекватного аналитического описания виброустойчивости процесса лезвийной обработки нежесткого вала следует учитывать взаимное влияние поперечных и крутильно-продольных колебаний элементов ТС и параметров режима резания. При этом необходим расчет мгновенных значений параметров упругих колебаний (продольных, крутильных и поперечных в вертикальной и горизонтальной плоскостях), которые в свою очередь, вызывают изменение геометрических параметров срезаемого слоя и скорости резания. Следует также иметь в виду, что любые упруги перемещения заготовки относительно инструмент приводят к изменению мгновенных значений составляющих силы резания.

**3. Разработка обобщённого технического решения**

Существует множество способов борьбы с вибрациями технологического оборудования:

* + снижение вибраций воздействием на его источник;
  + отстройка от режима резонанса;
  + вибродемпфирование;
  + динамическое гашение вибраций;
  + виброизоляция.

###### На основании этого проведём поиск информации и сделаем вывод о применимости каждого из методов в нашем случае.

**4. Поиск информации**

Задачей данного этапа является обеспечение достаточной полноты и достоверности исследования путем тщательного отбора и анализа патентно-технической информации.

В качестве источника информации принимает следующую техническую литературу:

- журнал «Датчики и системы»

- журнал «Новое в Российской электроэнергетике»

- книга «Электоавтоматика станков»

- книга «Полупроводниковые позиционно-чувствительные фотоприёмники. – «Оптико-механическая промышленность»

- книга «Фотоэлектрические измерительные системы». М., «Энергия»

- книга «Контроль деталей, обработанных на металлорежущих станках» М., «Машиностроение»

- книга «Контроль и оценка круглости деталей машин» Москва 1974 г.

- книга «Активный контроль в машиностроении» И. «Машиностроение»

- патентные технологии фирмы TESTO

- патентные технологии фирмы «Измерительные технологии» датчик токовихревой ит12.30.000

- патентные технологии ООО «Сенсорика»

- разработки и публикации НИИ МВС ТРТУ

- справочная информация «Паспорт прибора ВТБ2-М

- методическое пособие «Бесконтактный контроль геометрических параметров тел вращения»

Просматривая источники информации, отбираем такие документы, по названиям которых можно предположить, что они имеют отношения к исследуемому техническому решению. Сведения о технических решениях, имеющих отношение к ИТР, заносим в таблицу 1.

Табл.1

**Научно-техническая документация, отобранная для анализа**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ТР | Название статьи, автора, документа | Краткое содержание |
| 1 | 2 | 3 |
| 1. Оптимизация режимов резания | Анализ частот колебаний технологической системы при точении валов.  В.А. Гаврилов | Разработка математической модели определения оптимальных режимов резания при которых автоколебания не будут оказывать существенное влияние на качество детали. |
| 2. Способ с наложением дополнительных тангенциальных колебаний | Методы уменьшения периодической погрешности обработки  Прилуцкий В.А. | Способ уменьшения высоты волн заключается в сообщении рабочей части инструмента дополнительных упругих колебаний деформации синхронно основным, естественно развивающимся колебаниям в определенном направлении и с определенным фазовым сдвигом. Анализ траектории движения режущей части инструмента и образующегося профиля волн показывает, что наиболее эффективным направлением является тангенциальное.  Началом дополнительных смещений должны быть время и район контакта инструмента и заготовки, соответствующие дню впадины волны |
| 3.Определение АФЧХ упругой системы. | СТИН. 2000 №1  стр. 15  Ю.Н. Санкин,  С.Л. Пирожков,  Н.Ю. Санкин | Определение амплитудно-фазово-частотных характеристик системы. Разработка оптимального варианта обработки исходя из нее. |
| 4. Энергетический подход | Псевдогармонические колебания при резании металлов  Васильев В.С.  Васильев С.В. | Выбор оптимальных условий обработки исходя из энергетических характеристик системы. |
| 5. Импульсные воздействия | Электроконтактные приборы  Е. И. Педь  А. В. Высоцкий | Силы резания снижаются за счет наложения на инструмент ультразвуковых колебаний. При этом изменяются параметры автоколебаний, качество поверхности увеличится. |

**5. Выбор конкретного технического решения**

Изучив и проанализировав сущность обработанной документации по сведениям, содержащимся в графе 4 таблицы 1 выясняем, что наиболее приемлемым является способ с наложением дополнительных тангенциальных колебаний

**6. Описание принятого технического решения**

Способ уменьшения высоты волн заключается в сообщении рабочей части инструмента дополнительных упругих колебательных деформации синхронно основным, естественно развивающимся колебаниям в определенном направлении и с определенным фазовым сдвигом. Анализ траекторий движения режущей части инструмента и образующегося профиля волн показывает, что наиболее эффективным направлением является тангенциальное. Началом дополнительных смещений должны быть время и район контакта инструмента и заготовки, соответствующие дну впадины волн.

Способ был реализован применительно к токарным операциям при обтачивании наружных поверхностей проходными резцами. Наиболее вероятным видом колебаний резца в этом случае являются автоколебания, развивающиеся на частоте собственных колебаний резца. Численно частота собственных' колебаний резца в этом случае составляет тысячу и более герц. Соответственно велика скорость колебаний, поэтому должен быть надежный и быстродействующий двигатель дополнительных перемещений резца с тем, чтобы успеть за такой частотой. В качестве такового выбран электродинамический вибратор (А.с. 147412, БИ 10, 1962, смотри приложение) 12 (рис.1,а), касающийся наконечником головки резца 1. В качестве источника информации используют естественно развивающиеся колебания самого резца, измеряемые бесконтактным двухкоординатным датчиком перемещений (А.с. 1319334, БИ 18, 1960, смотри приложение). Вибратор 12 управляется адаптивной системой управления (А.с. 593192, БИ 6, 1972, смотри приложение), содержащей устройство 3 фазовой подстройки частоты, анализатор экстремума 6, на которые поступает сигнал датчика перемещений 2. Сигнал возникает вследствие анизотропии свойств элементов системы ЗИПС, в том числе заготовки и инструмента. Сигнал через управляемый генератор 4 и фазовращатель 5, сдвигающий фазу на 180°, подается на исполнительное устройство 8, усилитель 9 и ключ 10. Работой ключа 10 управляет устройство 11. Динамический вибратор 12 сердечником ударяет по инструменту 1. Происходит тангенциальный сдвиг ТОД, в результате которого изменяется траектория колебаний резца, изменяется профиль волнистости, образующейся на поверхности заготовки.

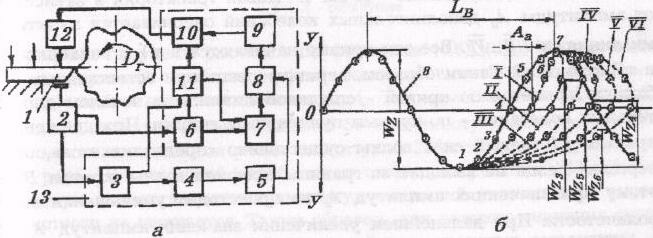


Рис. 1. Схема устройства (а) и образования профиля волн (б) при продавливании ската волн

**Преимущества**

- бесконтактность

- долговечность

- стойкость к высокому давлению

- влагоустойчивость

- линейность и стабильность

- интегрированная DC\DC электроника

- компактное конструктивное исполнение (длина / диапазон измерения)

- унифицированный выходной сигнал 4-20мА постоянного тока

#### Технические характеристики

- Диапазон измерения: 100/160/250/300/400/630 мм (возможны варианты)  
- Линейность: +/-0,3%

- Температурный диапазон: -40... +80 °С

- Температурная погрешность: 0,15%/10 °C

- Частотный диапазон: до 300 Гц (-3Дб)

- Напряжение питания: +18…30В

- Выходной сигнал: +4…20мА, максимальная нагрузка 400 Ом

- Максимальное давление: 450Бар

- Корпус датчика: нержавеющая сталь, класс защиты IP65

#### Применение

- Информационно-измерительные системы, системы регулирования и управления технологическими процессами, испытательная техника, машиностроение и транспорт

- Измерение перемещения или положения плунжера в гидравлических и пневматических цилиндрах

- Измерение перемещения пресса, штамповальных машин, прокатных станов

Применение ДПИЭ для измерения перемещения плунжера в гидравлических цилиндрах

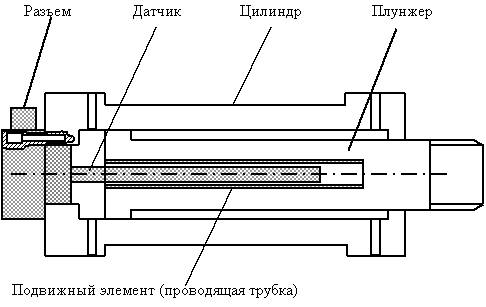


Рис. Расчет точности контрольного стенда

Данный контрольный стенд предназначен для определения непрямолинейности оси вала, путем измерения биения поверхности в различных сечениях вала.

Погрешность измерения можно рассчитать по формуле:

 (6.9)

где  - погрешность датчика индукционного датчика в рабочем диапазоне, мкм: 0,1;

 - погрешность оптической системы, мкм: 0,5;

 - биение вала поворотного механизма, мкм: 0,1;

фактическое значение  гораздо больше, но его контролирует датчик, закрепленный на валу поворотного устройства, и в процессе измерений компьютер эту ошибку корректирует. Потеря точности связана с точностью самого датчика. Подставим значения и получим:

=0,52 мкм.

Таким образом, мы можем определять непрямолинейность оси вала с точностью менее 1 мкм.

Это позволяет оценить процесс коробления детали в течение гораздо меньшего времени. На основании чего сделать вывод о дальнейшем поведении оси детали в процессе эксплуатации. Если результаты расчета покажут, что коробление выйдет за допустимые рамки деталь необходимо будет доработать. Наибольшую целесообразность имеет применение данного стенда на промежуточных операциях механической обработки. Применение компьютера позволяет вести статистическую обработку контролируемых параметров, на основании которой можно сделать выводы об эффективности тех или иных мероприятий по улучшению техпроцесса.

**Выводы и рекомендации**

Данный метод обеспечивает значительное динамическое гашение вибрации, улучшение параметра шероховатости и повышение качества поверхности детали. За счёт колебаний резца происходит уменьшение высоты волн, возникающих в процессе обработки.

Процесс научно-исследовательской деятельности является неотъемлемой частью научной деятельности студентов. Он закладывает основы для будущего их развития, как инженеров – исследователей и изобретателей.