Чан Чунг Та. Повышение технологической надежности автоматической сборки цилиндрических соединений на основе вращательного движения и низкочастотных колебаний;[Место защиты: ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»], 2021

Министерство науки и высшего образования

Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЧАН ЧУНГ ТА

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ

АВТОМАТИЧЕСКОЙ СБОРКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА

ОСНОВЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ И НИЗКОЧАСТОТНЫХ

КОЛЕБАНИЙ

Специальность: 05.02.08 - Технология машиностроения

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Вартанов Михаил Владимирович

Москва 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СБОРКИ 9

1.1 Анализ методов относительного ориентирования цилиндрических

деталей при автоматической сборке 9

1.2 Анализ причин заклинивания деталей при автоматической сборке 23

1.3 Конструктивные особенности деталей, повышающие безотказность

процесса сборки 34

1.4 Технологические возможности сборочных роботов 38

1.5 Применение физико-технических эффектов для обеспечения

технологической надежности автоматической сборки 46

1.6 Выводы по главе 1 55

ГЛАВА 2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА СОПРЯЖЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ЭФФЕКТА ВРАЩЕНИЯ И НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ 56

2.1 Технологические режимы автоматического сборочного процесса 56

2.2 Кинематическая схема метода сборки 58

2.3 Математическая модель процесса сборки при одноточечном контакте . 60

2.4 Математическая модель процесса сборки при двухточечном контакте . 69

2.5 Математическая модель двухточечного контакта в квазистатической

постановке 75

2.6 Выводы по главе 2 78

ГЛАВА 3. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ ПРИ НАЛИЧИИ ЭФФЕКТА ВРАЩЕНИЯ И НИЗКОЧАСТОТНЫХ

КОЛЕБАНИЙ 79

3.1 Выбор программной среды 79

3.2 Приближенная математическая модель процесса совмещения деталей . 80

3.2.1 Приближенная модель процесса сопряжения при одноточечном

контакте 80

3.2.2 Приближенная модель процесса совмещения деталей при

двухточечном контакте 82

3.3 Обсуждение полученных результатов 85

3.4 Выводы по главе 3 89

ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОБОТИЗИРОВАННОЙ СБОРКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭФФЕКТА ВРАЩЕНИЯ И НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ 90

4.1 Определение варьируемых параметров 90

4.2 Выбор вида модели 91

4.3 Экспериментальная установка 94

4.4 Обработка результатов эксперимента и определение функции 97

4.4.1 Отсеивание грубых наблюдений в параллельных опытах 97

4.4.2 Проверка однородности дисперсий 102

4.4.3 Определение коэффициентов регрессии 103

4.4.4 Проверка значимости коэффициентов уравнений регрессии 104

4.4.5 Проверка адекватности модели 109

4.5 Исследование влияния варьируемых параметров на составляющие

сборочной силы и момента в процессе сборки 113

4.6 Выводы по главе 4 122

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 123

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 125

ПРИЛОЖЕНИЕ А: Фрагменты программного кода системы в среде ЫаОаЬ для

математического моделирования процесса роботизированной сборки 131

ПРИЛОЖЕНИЕ Б: Размер экспериментальных образцов с допусками 140

ПРИЛОЖЕНИЕ В: Фрагменты программного кода системы в среде RobotStudio

для выполнения процесса роботизированной сборки 141

ПРИЛОЖЕНИЕ Г: Протоколы эксперимента 146

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. **Выполнена научно-квалификационная работа, которая обладает существенной значимостью для предприятий в сфере машиностроения. Решен ряд научных и технических вопросов, связанных с повышением уровня технологической надежности автоматической сборки, а именно исключением заклиниваний на основе применения эффекта вращения и низкочастотных колебаний.**
2. **В соответствии с созданной кинематической схемой разработана математическая модель динамики движения вала относительно подвижной втулки. Созданная математическая модель аналитически решает задачу относительного движения центра масс вала при наложении эффекта вращения и низкочастотных колебаний.**
3. **Математическая модель позволяет изучать характер движения центра масс вала в условиях варьирования ряда параметров: амплитуды колебаний выходного звена виброопоры (А); круговой частоты колебаний виброопоры (к); линейной скорости выходного звена робота (v); угловой скорости вращения схвата (ю); зазора в соединении (А).**
4. **На основе математического моделирования установлено, что при использовании эффекта вращательного движения и низкочастотных колебаний деталей, сборочные силы снижаются до величин 51.. .95 Н. При жестком базировании значения сборочных сил находятся в интервале 195.335 Н. Выявлено, что величины контактных реакций в 2.3 раза превышают осевые сборочные силы.**
5. **Исследовано влияние режимов работы сборочного оборудования на технологическую надежность роботизированной сборки. На основе полученных уравнений регрессии можно анализировать влияние изменения параметров на целевую функцию и на безотказность процесса роботизированной сборки. При проведении экспериментов снижение сборочной силы составило до 33%.**

Доказано влияние применяемого физико-технического эффекта