**Шульгин Алексей Николаевич Повышение эффективности сверления отверстий на печатных платах из фольгированного стеклотекстолита**

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

кандидат наук Шульгин Алексей Николаевич

Содержание

Введение 6 Глава 1 Состояние вопроса и постановка задач исследований.

Цель и задачи работы

1.1 Композиционные материалы. Стеклотекстолит. Особенности обработки

1.2 Методы получения отверстий на фольгированном стеклотекстолите 17 1.3. Основные факторы, влияющие на качество сверления отверстий

1.3.1 Использование качественных базовых материалов. Заусенцы фольги

1.3.2 Распределение филаментов и содержание стекла в материале

1.3.3 Режимы резания при сверлении

1.3.4 Режущий инструмент. Геометрические параметры. Влияние износа

1.3.5 Влияние силовых факторов на процесс сверления

1.4 Методы моделирования процессов резания

1.5 Основные пути повышения эффективности сверления отверстий

1.6 Результаты и выводы

1.7 Постановка цели и задачи исследования 50 Глава 2 Разработка компьютерной имитационной модели сверления ^ отверстий в слоистой системе и ее численная реализация

2.1 Постановка задачи

2.1.1 Расчетная схема

2.1.2 Математическая постановка задачи

2.2 Численная реализация решения задачи методом конечных элементов 61 2.2.1 Конечно-элементная модель в ANSYS Workbench

2.2.1.1 Решение задачи средствами ANSYS Workbench, LS-DYNA

2.2.1.2 Форма представления результатов расчета

2.3 Работоспособность имитационной модели процесса сверления 73 2.3.1 Экспериментальная оценка работоспособности модели

2.3.1.1 Общее описание эксперимента: формулировка задачи

2.3.1.2 Определение осевой составляющей силы резания с помощью

динамометрической установки

2.3.1.3 Схождение теоретических и экспериментальных исследований

2.3.2 Сопрягаемость модели сверления с имеющимися решениями

2.4 Анализ результатов

2.5 Результаты и выводы 93 Глава 3 Теоретические исследования процесса сверления печатных плат

3.1 Адаптация компьютерной имитационной модели

3.2 Статистическая оценка работоспособности адаптированной модели

3.3 Определение механических свойств базовых материалов

3.4 Общее описание эксперимента: формулировка задачи

3.5 Многофакторное определение осевой составляющей силы резания

3.6 Построение графических зависимостей осевой составляющей силы резания от подачи

3.7 Проведенные исследования: особенности, специфика

3.8 Определение формульных зависимостей осевой составляющей силы

121

резания

3.8.1 Методы аппроксимации экспериментальных данных

3.8.2 Анализ зависимости: выбор аппроксимирующей функции

3.9 Обработка данных теоретических исследований процесса сверления

3.10 Результаты и выв оды 130 Глава 4 Определение рациональных факторов сверления отверстий

4.1 Бездефектное сверление слоистого материала

4.1.1 Ограничения на режимы резания

4.1.2 Алгоритм бездефектных режимов резания

4.2 Определение рациональных режимов резания: постановка задачи

4.2.1 Определение зависимости частоты вращения шпинделя от подачи

4.2.2 Определение зависимости скорости движения осевой подачи от диаметра

142

обрабатывающего инструмента

4.3 Определение рациональных режимов резания

4.4 Дополнительные особенности сверления отверстий 148 4.4.1 Процесс стружкообразования при сверлении

178

178

4.4.2 Влияние режимов резания на процесс стружкообразования

4.4.3 Влияние режимов резания на качество отверстий и шероховатость

4.4.4 Влияние режимов резания на упругое восстановление материала

4.4.5 Влияние режимов резания на наличие заусенцев фольги в отверстии

4.4.6 Общие закономерности влияния режимов резания на сверление

4.5 Влияние затупления инструмента на значение P0 и процесс сверления

4.6 Автоматизация расчетов

4.7 Результаты и выводы 176 Глава 5 Практическое использование и внедрение результатов работы

5.1 Подтверждение адекватности методики по назначению рациональных режимов резания

5.1.1 Экспериментальная проверка методики: техническое обоснование внедрения

5.1.2 Экономическое обоснование внедрения методики

5.2 Автоматизированная программа для оптимизации работы ГИХ (группы инструментального хозяйства)

5.3 Программа для автоматической компоновки карт наладки оборудования с учетом расчета режимов резания и нормирования трудозатрат

5.4 Разработка технологических рекомендаций

5.5 Результаты и выводы 201 Заключение. Общие результаты и выводы 202 Список использованных источников 204 ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Результаты обработки экспериментальных данных.

223

Зависимость P0(t) на разных скоростях движения осевой подачи S ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Результаты обработки экспериментальных данных: аппроксимация экспериментальных данных полиномом 4-й степени:

зависимость усредненных значений P0 на разных S ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Результаты обработки экспериментальных данных: аппроксимация экспериментальных данных полиномом 4-й ст.: зависимость 233 усредненных значений P0 на разных S с поправочными коэффициентами

182

190

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Карта наладки многооперационной обработки ст. СМ-600 234 ПРИЛОЖЕНИЕ 5 Акт внедрения результатов научно-технических и

235

технологических работ

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 Акт о промышленном использовании методик и технологических рекомендаций по выбору режимов резания при обработке печатных 237 плат из фольгированного стеклотекстолита

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 Акт приемки к внедрению