

И. И. Хафизов

ГИБКИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОДУЛЬ С КООРДИНАТАМИ УПРАВЛЕНИЯ ДЛ Я КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ

Ключевые слова: комбинированное разделение, автоматизированный модуль, оптимизация технологического процесса, энергетическая эффективность.

Применение гибких автоматизированных модулей позволяет применить новые разработки по стабилизации режимов, положения инструмента в пазах, способы калибровки, повышающий точность разделения. Структура технологического процесса с расчетом режимов по каждой управляющей координате автоматизированного модуля и с адаптацией параметров процесса по обратным связям позволяет усовершенствовать комбинированные методы обработки.

Keywords: the combined division, the automated module, optimization of technological process, power efficiency.

Use of the flexible automated modules allows to apply new development on stabilization of modes, position of the tool in a groove, ways of the calibration, raising division accuracy. The structure of technological process with calculation of modes for each operating coordinate of the automated module and with adaptation of parameters of process on feedback allows to improve the combined methods of processing.

Средства автоматизации и адаптации

Блок управления и индикации состоит из блока АЦД (аналого-цифровой дисплей), пульта задания режимов и блока датчика деформации.

Блок АЦД предназначен для отображения на экране газоразрядной матрицы с рабочим полем 100×100 элементов разложения следующей информации:

- величины напряжения технологического тока от 0,0 В до 9,9 В;
- амплитудных значений технологического тока от 0 А до 99 А;
- величин перемещений рабочего стола по координатам X или Y

Под координатой X принято перемещение рабочего стола перпендикулярно оси шпинделя привода диска- режим подачи режущего диска на врезание и возврат его. Координата Y соответствует перемещению рабочего стола параллельно оси шпинделя привода диска. Перемещение отображается по координате Y в масштабе, мкм, а по координате X в мкм. Предельные значения отображаемых величин перемещения по X от 00000 до 15000 мкм, по координате Y от 00000 до 99000 мкм, задаются в форме дискретных величин скорости подачи режущего диска, отображаемых в виде гистограммы за установленный оператором период времени.

Максимальное число элементов разложения гистограммы по временной шкале соответствует 100, амплитудное разложение – 64. Временной масштаб выбирается при задании режимов оператором, установкой декадного переключателя время 10 с, а амплитудный масштаб гистограммы - тем же переключателем, с помощью декад МАСШТАБ. Таким образом полный интервал времени соответствует $t = (\times 10c) \div 999$ ($\times 10c$) при интегрировании скорости резания за период $\tau = t/100$, а амплитудное значение отображаемой гистограммы соответствует величине $2NM$, где 2 – соответствует величине перемещения рабочего стола в мкм при подаче на шаговый двигатель одного импульса управляющего тока (конструктивно заданная величина), N- число элементов разложения гистограммы $00 \div 64$, M – выбранный оператором масштаб отображения гистограммы.

на), N- число элементов разложения гистограммы $00 \div 64$, M – выбранный оператором масштаб отображения гистограммы.

Модуль работает в нескольких режимах

1. Ручной. На блоке задания режимов стойки силового оборудования переключатель НАСОС установить в положение 1. На пульте управления станка автоматический включатель поставить в положение 1, при этом должна загореться лампочка индикации всех блоков питания.

2. Настроечный режим. Переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ поставить в положение ПОЛУ-АВТОМАТ. Переключатель НАСОС на стойке силового оборудования поставить в положение 1.

На пульте управления станка нажать одновременно две кнопки ПУСК, при этом должны включиться:

- привод вращения алмазного круга;
- насос подачи электролита;
- привод перемещения рабочего стола в выбранном направлении.

Во время резки, на блоке управления и индикации на экране АЦД отображается:

- текущее значение технологического тока XX, А;
- текущее значение напряжение X,X, В;

при работе модуля в режиме резания информация отображается на экране АЦД.

Блок датчика деформации предназначен для автоматического управления скоростью подачи режущего диска в зависимости от величины механической составляющей на диск в режиме резания и состоит из дифференциального датчика деформации и платы датчика деформации.

Блок датчика деформации работает следующим образом. При начальной подаче режущего диска в обрабатываемую деталь происходит частичная стабилизация биений диска (устанавливается начальный уровень деформации диска). Оператором производится компенсация сигнала с блока датчика деформации (регулировка осуществляется регулятором нуля «0»), а контроль установки на ноль по стрелке

лочному микроамперметру. В процессе резания несогласование возрастающей скорости подачи с фактическим съемом металла приводит к перегрузке режущего диска за счет увеличения доли механической составляющей резания и как следствие деформация диска. Сигнал с датчика деформации в пульте задания режимов преобразуется в изменение частоты управления приводом ШД (шаговый двигатель), т.е. к изменению скорости подачи диска. При разработке узла датчика деформации был использован принцип приближения скорости подачи к оптимальному режиму резания – скорости подачи диска соответствует максимально допустимой деформации диска, текущее значение перемещения по координате X, мкм; гистограмма величины скорости подачи рабочего стола усредненная в соответствии с выбранным положением переключателей МАСШТАБ и ВРЕМЯ.

После окончания резки происходит автоматический останов рабочего стола, отключается источник технологического тока, привод вращения шпинделя, насос подачи электролита. По завершении резки, гистограмма скорости сохраняется до сброса кнопками СБРОС АЦД, СБРОС ОБЩИЙ.

Для перемещения рабочего стола по координате Y (настроечный ход стола на необходимый размер), необходимо:

- переключить тумблер РЕЗКА-ПЕРЕМЕЩЕНИЕ в положение ПЕРЕМЕЩЕНИЕ
- тумблер X-Y в положение Y;
- тумблер в выбранное направление движения рабочего стола при резке и повторить вышеуказанные операции.

3. Автоматический режим.

Установить переключатель «РЕЖИМ РАБОТЫ» в положение «АВТОМАТ». Тумблер РЕЗКА-ПЕРЕМЕЩЕНИЕ в положение РЕЗКА и тумблер X-Y в положение X. Зафиксировать тумблером направление подачи рабочего стола. Нажать кнопки СБРОС ОБЩИЙ и СБРОС АЦД на узле задания режимов. Включить станок от пульта управления. До времени отрезного алмазного круга в заготовку регулятором нуля, который находится на блоке управления индикации провести регулировку нуля.

При начале резки срабатывает индикация ПУСК на узле задания режимов и работает система слежения за технологическим процессом, которая контролируется на экране АЦД. Окончание резки контролируется по срабатыванию индикации ОКОНЧАНИЕ и соответствует заданной величине перемещения рабочего стола, набранной на декадных переключателях РЕЗКА или ПЕРЕМЕЩЕНИЕ.

В случае необходимости модуль можно остановить вручную кнопкой СТОП на пульте управления. В результате – прекращается подача электролита в рабочую зону, отключается источник питания и происходит останов вращения шпинделя.

Автоматически останов модуля происходит в случаях:

- Короткого замыкания отрезного алмазного круга с деталью.
- Потери сигнала адаптивного управления по любой координате;

- При неисправности источников питания (срабатывает указатель неисправности на пульте);
- При замыкании концевых переключателей. Тогда на пульте загорается индикатор «блокировка». Модуль можно включить после устранения причин достижения подвижных частей граничных положений.
- В случае полного износа или поломки дискового инструмента

Для настройки режимов и выявления причин срабатывания средств защиты на модуле установлен пульт [3].

Дисковый инструмент

Необходимо провести расчет предельной толщины диска из условий закрепления в нем инструмента и диаметра, обеспечивающего устойчивость положения под действием сил резания.

Толщина диска может быть не менее, приведенной в таблице 1.

Таблица 1 - Толщина электроалмазного инструмента (зерна до 50 мкм) и электроабразивного (зерна более 50 мкм).

| Толщина диска, мм | Размер зерен, мм | Минимальная толщина инструмента, мм | Толщина инструментов, мм |
|-------------------|------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 0,28 | 0,03 | 0,3 | 0,3 |
| | 0,05 | 0,31 | 0,3 |
| | 0,08 | 0,33 | 0,35 |
| | 0,10 | 0,35 | 0,35 |
| | 0,15 | 0,38 | 0,4 |
| 0,36 | 0,03 | 0,38 | 0,40 |
| | 0,05 | 0,40 | 0,40 |
| | 0,08 | 0,42 | 0,40 |
| | 0,10 | 0,43 | 0,45 |
| | 0,15 | 0,46 | 0,50 |
| 0,45 | 0,05 | 0,48 | 0,50 |
| | 0,08 | 0,5 | 0,50 |
| | 0,10 | 0,52 | 0,55 |
| | 0,15 | 0,55 | 0,55 |
| 0,5 | 0,05 | 0,54 | 0,55 |
| | 0,08 | 0,56 | 0,55 |
| | 0,10 | 0,58 | 0,60 |
| | 0,15 | 0,60 | 0,60 |

Величина диаметра зависит от толщины инструмента, самого диска, материала, системы управления по различным координатам.

Предельные значения наружных диаметров электроалмазных дисков приведены в таблице 2.

Свойства абразивного инструмента зависят от характеристик зерен, связки и метода закрепления зерен на диске. При закреплении зерен вдавливанием концентрация алмаза не превышает 50 [1].

Если зерна закреплены связкой или гальванически, то их размеры желательно иметь более 30 микрон.

Таблица 2 - Выбор диаметров дисков

| № | Толщина диска, мм | Диаметр, мм | |
|---|-------------------|-------------|--------------------------|
| | | расчетный | выпускаемых инструментов |
| 1 | 0,3 | 78,9 | 80 |
| 2 | 0,35 | 81 | 80 |
| 3 | 0,4 | 90,8 | 90 |
| 4 | 0,5 | 107,3 | 110 |
| 5 | 0,6 | 119 | 125 |

Анализ показывает, что алмазные круги желательно иметь с наибольшей концентрацией зерен без покрытия для их закрепления [3].

Стабильность свойств материалов после комбинированных процессов

В процессе комбинированной обработки в поверхностных слоях изделий происходят структурные изменения, которые могут вызвать высокие уровни остаточных напряжений, которые сложно удалить полностью или значительно их снизить ни низкотемпературным отпуском, ни дисперсионным или мартенситным твердением при температурах 800-1000 К [6].

Максимальная глубина искаженного слоя в обработанных поверхностях может достигать 0,2 мм, что влияет на эксплуатационные свойства изделий.

В дальнейшем в таких изделиях протекают диффузионные, релаксационные и другие процессы, которые сопровождаются не только изменением свойств и размеров деталей во времени, но и параметров приборов в целом.

Применение же электрических и комбинированных методов обработки вместо механического формообразования и алмазной ручной доводки позволяет изготавливать детали и выполнять их доводку без внесения структурных изменений даже в тонкостенные упругие элементы, что обеспечивает стабильность характеристик детали.

Основным определяющим моментом в исследуемой технологии изготовления деталей стало формообразование точных изделий без искажения структуры и механических свойств.

Анализ теоретических и экспериментальных данных по стабильности характеристик элементов приборов, пружинных сталей и других материалов, а также анализ брака в отрасли показывает, что изменение размеров деталей во времени вызывающий разброс основных параметров изделий происходят в основном из-за микропластического деформирования поверхностных слоев деталей, распада неустойчивых фаз и структур образовавшихся в процессе реализации комбинированных методов термической или финишной механической и других видов обработки [5]. При этом деформирование тонкостенных, миниатюрных и сложнопрофильных деталей с малой или неравномерной конструктивной жесткостью изменяется по экспоненте несколько лет и достигает $1 \cdot 10^{-3} \dots 1 \cdot 10^{-1} \%$.

При внедрении новых технологических процессов необходимо однозначно установить последст-

вия операции на свойства изделий в пределах сроков ресурса. Проведенный анализ свидетельствует о том, что не только для различных металлов, но даже для одних и тех же сплавов, имеющих разное структурное состояние, трудно однозначно установить влияние новых методов обработки, их характер и закономерности изменения свойств материалов и размеров детали во времени.

Любой микродефект материала в том числе может приводить к ухудшению его характеристик как в процессе изготовления, так и при эксплуатации.

Поэтому исходные свойства, материалов после обработки и термоупрочнения, необходимо сохранять в зонах упругости в процессе их эксплуатации.

Для оптимизации режимов и обоснованного выбора новых методов обработки необходимо:

Установить причины и уровень структурных искажений в поверхностных слоях тонких деталей в процессе их изготовления по применяемой технологии;

Определить оптимальное сочетание операций, в том числе новых, их последовательность и обосновать выбор рациональных методов обработки для уменьшения или полного устранения искажений структуры и физико-механических свойств, определяющих качество и надежность изделий [7].

С этой целью исследовались влияние комбинированных методов обработки на изменение в поверхностном слое микроструктуры, параметров кристаллической решетки, ширины рентгеновских дифракционных линий, микронапряжений, т.е. искажений II рода, процентного содержания остаточного аустенита, микротвердости, остаточной деформации, прецизионного предела упругости, от которых в основном зависит стабильность характеристик деталей во времени, что определяет эксплуатационные свойства изделий.

Выводы

Наложение электрического поля в комбинированных методах обработки оказывает существенное влияние на свойства материалов при последующих операциях [2]. Характеристики и структура сплавов, сформировавшиеся перед операцией с комбинированным воздействием на объект, может влиять на скорость механического удаления припуска, анодного растворения, высоту неровностей и усталостную прочность сплавов. Исследования проводились на типовом представителе жаропрочных сплавов ЭП 702 [4].

С этой целью исследовались взаимное влияние способов обработки на изменение в поверхностном слое характеристик от которых в основном и зависит стабильность характеристик деталей во времени. Механические свойства материалов, обработанных комбинированным методом, близки к аналогичным показателям других видов технологических операций и могут подвергаться термической обработке без корректировки режимов предшествующей и последующих этапов формообразования.

Гибкие автоматизированные модули разделения высокотвердых, дефицитных, хрупких материалов позволяет обрабатывать номенклатуру деталей круглого сечения диаметров до 15 мм.

В процессе разработки и проектирования модуля выявились дополнительные возможности изготовления изделий некруглого сечения площадью, соответствующей диаметру 15 мм. К этой категории следует отнести пластинки из твердых сплавов для резцов, фрез, сверл, губок мерительных инструментов и вставок для цанг в инструментальном производстве.

В основном производстве электроалмазная резка может применяться для магнитов с направленной кристаллизацией, витых сердечников из пермаллоя, где механическая обработка дисковыми фрезами приводит к значительному браку из-за больших сил резания.

Электро-абразивный метод может использоваться как для черновых, так и для чистовых операций. При черновой обработке режимы выбирают, исходя из условия получения максимальной производительности. Для чистовых операций необходимо обеспечить высокую точность и хорошее качество обрабатываемой поверхности.

При использовании абразивонесущего инструмента точность обработки значительно выше, чем при электроконтактном или электрохимическом шлифовании, но в ряде случаев ниже, чем при обработке абразивным или алмазным инструментом. Обычно погрешность после электроабразивного шлифования находится в пределах 0,01...0,03 мм. Для сравнения можно указать, что погрешность алмазного шлифования обычно составляет 0,001...0,005 мм. Снижение точности при наложении тока объясняется повышенным съемом металла на кромках и удалением его с поверхности, которая обработана абразивом начисто. Бесконтактный процесс анодного растворения зависит от многих параметров, которые изменяются во времени, поэтому съем металла на участках заготовки будет различным [8].

В схемах шлифования со свободным абразивом сложно обеспечить его постоянную концентрацию в промежутке между заготовкой и инструментом. Поэтому не удастся достичь стабильного съема припуска.

При использовании электронейтрального инструмента скорость съема возрастает из-за анодного растворения и, главное, из-за интенсификации процесса резания абразивным инструментом. Поэтому расчет производительности выполняют, как при шлифовании, а влияние тока учитывают коэффициентом, который может изменяться в широких пределах и зависит от свойств обрабатываемого материала.

Производительность процесса электроабразивной обработки с применением свободного аб-

разива или наполнителя в несколько раз выше, чем при аналогичных операциях механической обработки. При использовании свободного абразива в схеме шлифования скорость съема металла находят по зависимостям обработки электронейтральным инструментом. Если обрабатывают удаленные от электрода с твердым токоведущим наполнителем участки поверхности, то производительность возрастает в десятки раз по сравнению с анодным растворением без наполнителя, тем самым повышая энергетическую эффективность ресурсосберегающего процесса.

Литература

1. Хафизов И.И. Влияние конструкции оборудования и средств автоматизации электрических методов на повышение качества обработки/ И.И. Хафизов// Вестн. Казан. технол. ун-та – 2013. – Т16. № 1. – С.221-224.
2. Пат. 2323071 Российская федерация, МПК⁷ В23Н3/00, В23Н9/14. Способ электрохимической обработки./Хафизов И.И., Закирова А.Р., Садыков З.Б., заявитель и патентообладатель Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева. – № 2006113276/02; заявл. 10.04.06; опубл. 10.11.07, Бюл. № 12.–3с.
3. Хафизов И.И. Малоотходное чистовое разделение дефицитных материалов комбинированным методом.: дисс. канд. техн.наук: 05.03.01: защищена 19.09.07: утв. 14.12.07 / Хафизов Ильдар Ильсурович.- ВГТУ, Казань, 2007 – 184 с.
4. Хафизов И.И. Инновационная модель и способы комбинированного малоотходного разделения токопроводящих материалов/ И.И. Хафизов// Вестн. Казан. технол. ун-та – 2013. – Т16. № 1. – С.212-216.
5. Хафизов И.И. Технологические приемы с наложением электрического поля при малоотходном разделении материалов/ И.И. Хафизов// Вестн. Казан. технол. ун-та – 2012. – Т15. № 18. – С.31-36.
6. Хафизов И.И. Схемы разделения материалов электроабразивным кругом/ И.И. Хафизов// Вестн. Казан. технол. ун-та – 2013. – Т16. № 3. – С.222-225.
7. Хафизов И.И. Способы управления стабильностью процесса при комбинированном разделении заготовок/ И.И. Хафизов// Современные технологии, материалы, оборудование и ускоренное восстановление квалифицированного кадрового потенциала - ключевые звенья в возрождении отечественного авиа- и ракетостроения: Сб. докладов межд. научно-практ. конф. Т.II. - Казань: Изд-во "Вертолет", 2012.- 438 с. С.194-199.
8. Пат. 2341358 Российская Федерация, МПК⁷ В23Н3/00, 7/00, 7/12. Способ разделения заготовки из токопроводящего материала / В.П. Смоленцев, О.Н. Кириллов, Е.В. Смоленцев, А.М. Гренькова, И.И. Хафизов; №2007111233/02; заявл. 27.03.2007; опубл. 20.12.2008, Бюл. №35. 4 с.