УДК 621.00.2

НОВЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ НЕЖЕСТКИХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ

Марунич В.А., Яриз А.Ю. *(НМетАУ, г.Днепропетровск, Украина)*

Аннотация. *В статье выдвинута гипотеза достижения точности обработки диэлектрических покрытий на крупногабаритных нежестких изделиях, на основании которой разработан новый метод обработки резанием таких изделий. Для подтверждения гипотезы разработано новое устройство с активным контролем. Приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие гипотезу.*

Ключевые слова: *крупногабаритные нежесткие изделия, точность обработки, устройство с активным контролем, экспериментальные исследования.*

1. Введение

Обработка резанием диэлектрических покрытий на крупногабаритных нежестких изделиях (КНИ) в современном машиностроении представляет сложную технологическую задачу. Малая пространственная жесткость и большие габаритные размеры не позволяют традиционными методами обработки достичь требуемой точности толщины покрытия. В то же время существенно снижается производительность обработки.

Ярким примером таких изделий являются корпусные элементы летательных аппаратов.

Для нежестких изделий наибольшую погрешность обработки вызывает погрешность деформации самой заготовки в процессе резания. Не смотря на то, что силы резания при обработке большинства полимерных материалов меньше, чем при обработке металлов, обеспечить необходимую точность вышеуказанных изделий ввиду их конструктивных особенностей методом предварительной настройки оборудования не представляется возможным. Вследствие этого, невозможно предварительно рассчитать величину суммарной погрешности обработки.

Таким образом, в силу специфики конструкций рассматриваемых изделий, на данный момент вопрос достижения точности обработки диэлектрических покрытий на КНИ представляет собой сложную технологическую и научную задачу.

Известные технологические методы обеспечения точности толщины покрытия [1] не в полной мере используют возможности вихретокового метода активного контроля[2].

Целью данной работы является разработка нового метода, позволяющего повысить точность обработки диэлектрических покрытий на КНИ.

2. Основное содержание и результаты работы

Для достижения максимально возможной точности обработки диэлектрических покрытий на КНИ на базе вихретокового способа активного контроля, выдвигается гипотеза, сущность которой заключается в следующем: зону резания располагают над зоной максимальной плотности вихревых токов так, чтобы они были соосны и соразмерны. Это условие позволит максимально использовать возможности вихретокового способа и свести к минимуму погрешность обработки резанием.

Рассматривая укрупненно, можно представить результирующую технологическую погрешность ΔT в виде четырех основных составляющих:

$$\Delta T = \sqrt{\Delta^2_{АКТИ} + \Delta^2_h + \Delta^2_{ТБ} + \Delta^2_Д} \ ,$$

где $\Delta_{АКТИ}$ – погрешность системы АКТИ (активного контроля толщины изоляции);

Δ_h – погрешность установки датчика относительно технологической базы;

$\Delta_{ТБ}$ – погрешность, вызванная отклонениями формы технологической базы;

$\Delta_Д$ – погрешность, вызванная упругими деформациями установки.

Таким образом, погрешность системы АКТИ определится:

$$\Delta_{АКТИ} = \sqrt{\Delta^2_T - \Delta^2_h - \Delta^2_{ТБ} - \Delta^2_Д} \ .$$

На основании предложенной гипотезы разработан новый метод [3], основанный на реализации принципа наложения и соразмерности зоны резания и зоны наибольшей плотности вихревых токов в токопроводящем объекте, являющемся технологической и измерительной базой.

Для подтверждения гипотезы и осуществления разработанного метода, создано специальное новое устройство [4], представленное на рис. 1. Особенностью данного устройства является то, что датчик перемещения режущего инструмента выполнен в виде кольца, а ножи режущего инструмента расположены в пределах плоскости проекции торцовой части кольца на поверхности, перпендикулярной его оси, при этом корпус режущего инструмента выполнен из неметаллического материала и расположен в середине указанного кольца соосно ему. Устройство позволяет осуществлять настройку таким образом, чтобы диаметр режущего инструмента (торцовой фрезы) совпадал с диаметром наибольшей плотности вихревых токов.

Установка состоит из асинхронного электродвигателя ***1***, сообщающего главное движение режущему инструменту ***2*** с диэлектрическим корпусом и соосно-расположенного ему вихретокового датчика активного контроля ***3***. Слежение за толщиной покрытия осуществляет исполнительный механизм, состоящий из плиты ***4,*** шариковинтовой пары ***5***, круглых направляющих ***6*** и сервопривода ***7***, жестко закрепленных на станине ***8***. Электрический сигнал на подвод или отвод фрезы от технологической базы подается измерительным блоком ***9*** и датчиком активного контроля ***3***. Продольная подача осуществляется передвижением станины на рельсах ***10***.

Оценку результирующей технологической погрешности определяли опытно-статистическим методом на основе большой выборки. Измерение действительного размера толщины покрытия проводили прибором ИТН-78 с точностью 3%.

Методика определения результирующей технологической погрешности включает:

❖ получение массива информации о действительных значениях толщины покрытия при одинаковом режиме обработки, оборудовании, инструменте и настройке установки (получение нужного массива информации, примерно 100 замеров, может быть достигнуто числом объектов обработки и топографией контрольных точек);

❖ построение гистограммы и эмпирического закона распределения погрешности в пределах поля рассеяния;

❖ определение статистических параметров эмпирического закона распределения σ_X и $\overline{X}$ толщины покрытия;

❖ выдвижение и проверку гипотезы о нормальном законе распределения с заданной достоверностью, совпадающей с эмпирическим законом;

❖ определение результирующей технологической погрешности толщины покрытия по формуле:

$$\Delta_T = \frac{2\sigma_X}{\lambda}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент относительного среднеквадратического отклонения, соответствующий принятому нормальному закону распределения.

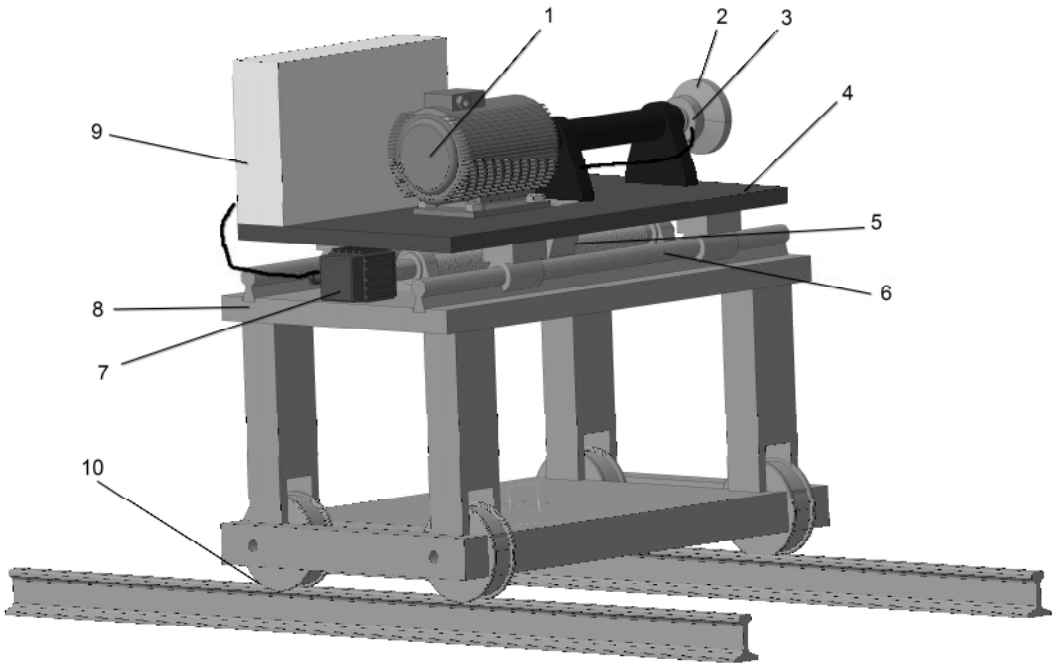

Рис. 1. Устройство для обработки диэлектрических покрытий на КНИ: 1 – асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором; 2 – специальная фреза с диэлектрическим корпусом; 3 – вихретоковый датчик активного контроля; 4 – плита; 5 – шариковинтовая пара; 6 – круглые направляющие; 7 – сервопривод; 8 – станина; 9 – измерительный блок; 10 – рельсы

Для подтверждения вышеуказанной гипотезы были проведены экспериментальные исследования.

Предполагая более вероятным получение в данных исследованиях нормального закона распределения, для которого λ=1/3, получим

$$\Delta_T = 6\sigma, \quad (2)$$

с доверительной вероятностью 0,9973.

Коэффициент точности процесса обработки покрытия определится из выражения:

$$K_T = \frac{T_h}{\Delta_T}, \quad (3)$$

где T_h – допуск на толщину покрытия.

При необходимости производится оценка настроенности процесса фрезерования.

Для проверки эффективности разработанного способа обеспечения необходимой толщины покрытия были произведены экспериментальные исследования.

Задача исследования заключалась в определении результирующей технологической погрешности, что позволило установить основную характеристику эффективности обеспечения точности в процессе обработки покрытия ТТП-ФС. Этой характеристикой является коэффициент точности Кт.

Обработку ТТП-ФС проводили при постоянном режиме резания, одним и тем же инструментом, при одинаковой настройке АКТИ. При этом периодически, после каждого рабочего хода, проверялась настройка установки, которая настроена на размер 6 мм.

Результаты измерений толщины теплоизоляции, полученной в процессе обработки, приведены в таблице 1.

На основании данных, приведенных в таблице, построена гистограмма распределения толщины покрытия, представленная на рис.2.

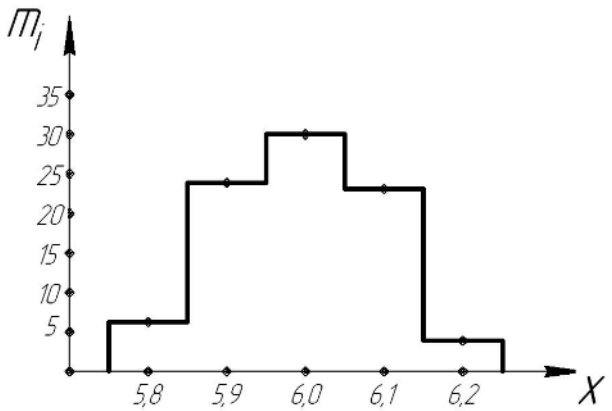

Рис. 2. Гистограмма распределения толщины покрытия

Выдвинутая гипотеза о нормальном законе распределения погрешностей обработки по толщине покрытия соответствует плотности распределения:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}},$$

По приведенным экспериментальным данным (табл. 1) определены величины:

$$\overline{X} = 5{,}99; \qquad \sigma_x = 0{,}0998.$$

Для указанных величин провели расчет критерия Пирсона по формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{l} \frac{(m_i - nP_i)^2}{nP_i} = 1{,}4,$$

где l – число интервалов;

P_i – оценки вероятностей для каждой i-й группы.

По таблице находим, что полученное по экспериментальным данным значение χ^2=1,4 меньше значения χ_α=4,6, соответствующего 10% уровню значимости с 2 степенями свободы. Отсюда следует, что гипотеза о нормальном распределении принимается.

Результирующая технологическая погрешность определена из выражения (1 и 2):

$$\Delta_T = \frac{2\sigma_X}{\lambda} = 6\sigma_X = 0{,}599\,.$$

Таким образом, учитывая, что допуск на толщину покрытия в соответствии с требованиями КД равен T_h=0,2мм, то коэффициент точности Кт торцового фрезерования с АКТИ, согласно формуле (3), равен:

$$K_T = \frac{T_h}{\Delta_T} = \frac{0{,}2}{0{,}599} = 0{,}3,$$

Таблица 1. Результаты измерений толщины изоляционного покрытия после механической обработки

число измерений	Толщина покрытия	число измерений	Толщина покрытия	число измерений	Толщина покрытия	число измерений	Толщина покрытия
1	6,0	23	6,0	45	6,1	67	6,0
2	6,1	24	6,1	46	5,9	68	5,8
3	5,9	25	5,9	47	5,9	69	6,0
4	6,1	26	6,0	48	6,1	70	5,9
5	6,0	27	6,0	49	6,0	71	6,0
6	5,8	28	5,9	50	5,9	72	6,0
7	6,0	29	6,1	51	6,1	73	5,9
8	6,0	30	5,9	52	6,1	74	6,0
9	5,9	31	6,0	53	5,9	75	6,1
10	6,2	32	6,2	54	6,1	76	5,9
11	5,9	33	5,9	55	6,0	77	6,1
12	6,0	34	6,1	56	5,9	78	6,0
13	5,8	35	5,8	57	6,1	79	6,1
14	6,1	36	6,1	58	6,0	80	5,9
15	6,0	37	5,9	59	6,0	81	5,9
16	5,9	38	6,2	60	6,0	82	6,1
17	6,0	39	5,9	61	5,8	83	6,0
18	5,9	40	6,0	62	6,2	84	6,1
19	6,1	41	6,0	63	6,0	85	5,9
20	5,9	42	6,1	64	5,9	86	6,1
21	6,1	43	5,8	65	6,1	87	6,0
22	6,0	44	6,0	66	6,0		

3. Заключение

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1) выдвинутая гипотеза о повышении точности обработки с АКТИ нашла экспериментальное подтверждение;

2) разработан новый метод [3] обработки диэлектрических покрытий на крупногабаритных нежестких изделиях, который в полной мере обеспечивает требования к толщине покрытий и существенно увеличивает производительность обработки;

3) разработано новое устройство [4] с АКТИ;

4) анализ экспериментальных исследований показал эффективность разработанного метода обработки диэлектрических покрытий на крупногабаритных нежестких изделиях с активным контролем;

5) на основании экспериментальных данных построена гистограмма распределения толщины покрытия ТТП-ФС и подтверждена гипотеза о нормальном законе распределения погрешностей обработки;

Список литературы: **1**. Устройство для обработки диэлектрических покрытий металлических изделий: А. с. 998090. СССР. М.Кл.^{3} B23Q15/00 / И.С. Громов-Бархин, Ю.В. Копысов, Г.Р. Кублицкая. – №3349633/25-08; Заявл. 29.10.81; Опубл. 23.02.83, Бюл. №7. – 4с.: ил. **2**. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев и др.; Под ред. В.В. Клюева. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. 656с., ил. **3**. Патент України №86494. Спосіб обробки діелектричних покриттів металевих виробів / В.О. Марунич, Г.Ю. Яріз. Бюл. №8-2009. **4**. Патент України №23701. Пристрій для обробки діелектричних покриттів металевих виробів / В.О. Марунич, Г.Ю. Яріз. Бюл.№8-2007.

Надійшла до редколегії 19.05.2010

THE NEW METHOD OF IMPROVE THE ACCURACY OF PROCESSING LARGE NONRIGID PRODUCTS WITH USING OF ACTIVE CONTROL

Marunich V.A., Iariz A.Yu.

The new hypothesis of processing accuracy of dielectric coatings on large non-rigid products have been achieved in this article. On that hypothesis have been processed a new method of machining such products. To confirm the hypothesis it have been developed a new equipment with an active control. The results of experimental efforts, which confirming the hypothesis, have been cited.

Key words: *large non-rigid products, working accuracy, equipment with an active control, experimental efforts.*

НОВИЙ МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ НЕЖОРСТКИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АКТИВНОГО КОНТРОЛЮ

НОВЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Марунич В.О., Яріз Г.Ю.

В статті висунуто гіпотезу досягнення точності обробки діелектричних покриттів на великогабаритних нежорстких виробах, на основі якої розроблений новий метод обробки різанням таких виробів. Для підтвердження гіпотези розроблено новий пристрій з активним контролем. Наведені результати експериментальних досліджень що підтверджують гіпотезу.

Ключеві слова: *великогабаритні нежорсткі вироби, точність обробки, пристрій з активним контролем, експериментальні дослідження.*