

Sistema para anodizado adaptivo aplicando escaneo por seccionado de luz

Ian Gabriel Cañas Fernández¹, Samuel Olivier Tejeda Iglesias²
 Área de ingenierías, Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)
 Santo Domingo, D.N. República Dominicana

¹1092228@est.intec.edu.do;

²1092136@est.intec.edu.do.

Resumen— Este informe describe la etapa de diseño y manufactura de un dispositivo de anodizado adaptativo utilizando escaneo por seccionado de luz. Este dispositivo fue diseñado como parte de un proyecto de grado en ingeniería mecatrónica para resolver un problema importante en la industria de dispositivos médicos: la seguridad y baja flexibilidad del proceso de anodizado en grandes masas. El dispositivo busca independizar el proceso lo más posible de la presencia humana y aumentar su flexibilidad. En este informe se presentan los detalles del proceso de construcción, la técnica utilizada para la fabricación del prototipo y se exponen los resultados obtenidos.

Palabras clave – Anodizado adaptativo, escaneo por seccionado de luz, dispositivos médicos, ingeniería mecatrónica, flexibilidad del proceso, seguridad.

Abstract— This report describes the design and manufacturing stage of an adaptive anodizing device using light sectioning scanning. This device was designed as part of a mechatronic engineering degree project to solve a significant problem in the medical device industry: the safety and low flexibility of the anodizing process in large masses. The device aims to make the process as independent as possible from human presence and increase its flexibility. This report presents the details of the construction process, the technique used for prototype manufacturing, and the obtained results.

Keywords – Adaptive anodizing, light sectioning scanning, medical devices, mechatronic engineering, process flexibility, safety.

I. INTRODUCCIÓN

El anodizado es un proceso electrolítico que produce una capa fina de óxido transparente que recubre la superficie del aluminio y sus aleaciones. Esta capa fina de óxido transparente es de 5 – 25 μm de grosor y tiene como beneficio que le aporta al aluminio resistencia a la corrosión, apariencia mejorada, dureza y resistencia al desgaste, este proceso permite el recubrimiento orgánico y de pegamentos a la pieza anodizada. Las aleaciones de aluminio que pueden ser anodizadas se limitan por la factibilidad del proceso una vez este se lleva a cabo determinando estas aleaciones como las 6061, 6082 y 6063 [1-3]

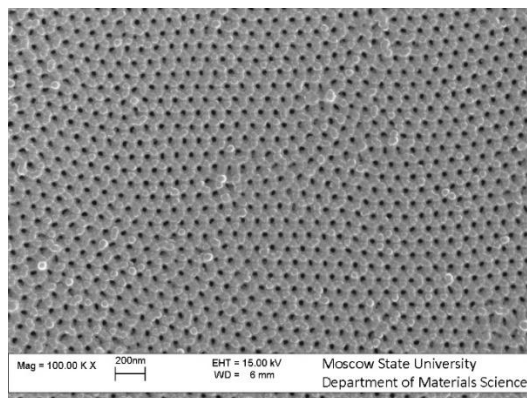


Ilustración 1 Microestructura de aluminio anodizado tipo II
 (Moscow State University Department of Materials Science, n.d.)

Este proceso es uno multifacético en el cual se utilizan varios químicos para hacer las etapas de limpiado, removimiento de óxido, desengrasado, anodizado, neutralizado, tintado (opcional) y finalmente sellado. En la etapa más importante, que viene siendo el anodizado se emplea una solución de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) a la que se le aplica una corriente eléctrica que se utiliza para poder crear la capa fina de óxido transparente sobre la superficie del aluminio.

El mismo se categoriza en tres tipos debido a la resistencia de la capa de óxido al desgaste por la fricción o incisiones realizadas al material. Estos diferentes niveles de resistencia se consiguen manejando variables del proceso como son el ácido por utilizar y su temperatura. El anodizado tipo I se consigue al utilizar ácido crómico (H_2CrO_4), este ofrece una buena resistencia a la corrosión, aunque la capa que se crea es menos de 25 μm . Debido a los peligros medioambientales del ácido crómico este se ha sustituido con ácido fosfórico (H_3PO_4)

El anodizado tipo II es el que se realiza empleando ácido sulfúrico (H_2SO_4), este se realiza con el ácido a temperatura ambiente (20° - 30°C), este tipo ofrece una capa más gruesa lo que ofrece mayor protección a la corrosión y a dentaduras. La capa protectora es casi transparente y se puede tinter con casi todos los colores con simpleza menos de blanco, este es uno más trabajoso. La opacidad de color que se puede conseguir viene dada por el

grosor de la capa de óxido.

El anodizado tipo III se consigue si la temperatura del ácido sulfúrico se mantiene lo más cercano a 0°C, la capacidad del ácido a disolver el aluminio se reduce. Si el voltaje que se aplica se aumenta a un rango de 49-90 voltios se puede conseguir una capa más gruesa la cual ofrece mayor resistencia al desgaste y a la corrosión más que cualquier otro tipo, debido a esto a este tipo se le conoce como Hardcoating o anodizado de recubrimiento duro.



Ilustración 2. Rediseño de máquina.



Ilustración 3. Prototipo construido.

II. IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO

A. Resultados de la construcción

Al ser tantas las consideraciones o una

B. Descripción del prototipo

El prototipo diseñado en este proyecto se enfoca en resolver la problemática de seguridad y baja flexibilidad en el proceso de anodizado de grandes masas en la industria de dispositivos médicos. Para lograr esto, se diseñó un dispositivo que se encarga de realizar el anodizado de manera autónoma, independizándose lo más posible de la presencia humana y aumentando su flexibilidad.

El dispositivo consta de dos etapas principales: la primera etapa se encarga de realizar un escaneo 3D de la pieza mediante el uso del dispositivo Ciclop y el software Horus. Este escaneo permite

obtener una nube de puntos de la pieza, que luego se reconstruye en formato PLY mediante el uso de MeshLabServer en WSL. A partir de esta nube de puntos, se realiza la estimación del área superficial de la pieza, lo que permite obtener los datos necesarios para el anodizado [4-6]



Ilustración 4. Escáner utilizado.

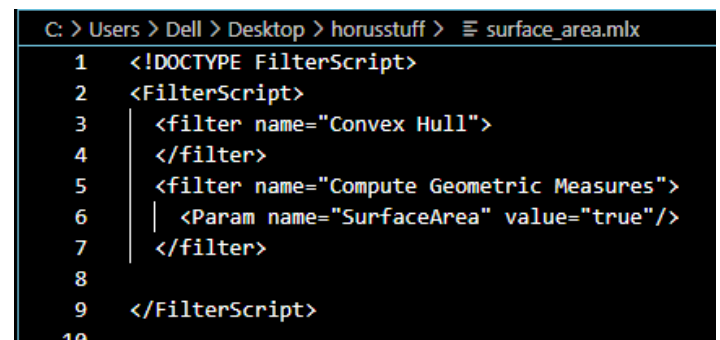


Ilustración 5. Script de MeshlabServer.



Ilustración 6. Diseño del HMI.

La segunda etapa del dispositivo es la realización del anodizado en sí. Para ello, se utiliza un conveyor que traslada la pieza a una canasta especial diseñada para el anodizado por canasta. Es importante mencionar que no se realiza un proceso de limpieza química previo, ya que la pieza se prepara de antemano y se comienza directamente con la electrólisis del anodizado.

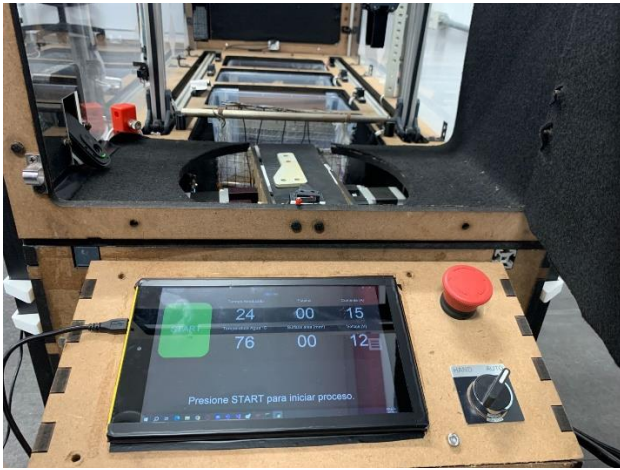


Ilustración 7. Área de recepción de pieza.

En conclusión, este prototipo permite realizar el anodizado de manera autónoma y flexible, al mismo tiempo que se garantiza la seguridad del proceso al minimizar la presencia humana en las etapas de mayor riesgo. Además, el escaneo 3D previo de la pieza permite obtener una estimación precisa del área superficial, lo que garantiza la calidad del anodizado final.

C. Restricciones del prototipo funcional

Las restricciones del prototipo incluyen la necesidad de controlar el ambiente de luz durante el proceso de escaneo 3D, ya que fluctuaciones significativas en la luz ambiente pueden afectar la calidad de los datos obtenidos por el escáner. Además, es importante mencionar que el proceso de limpieza química previa al anodizado no se consideró en el diseño del prototipo, por lo que se debe realizar una limpieza química adecuada del aluminio antes del proceso de anodizado para garantizar una calidad óptima del acabado anodizado.

D. Comparación del diseño con el prototipo

A continuación, se puede observar el diseño inicial del prototipo destinado a llevar a cabo todas las etapas de la preparación y anodizado del dispositivo.



Ilustración 8. Diseño original de máquina.

A continuación, se ha hecho una versión más barata para poder prototipar, en este caso se disminuye la cantidad de etapas, la pieza es recibida directamente en la etapa de escaneo y se empieza directamente con la electrólisis del anodizado.

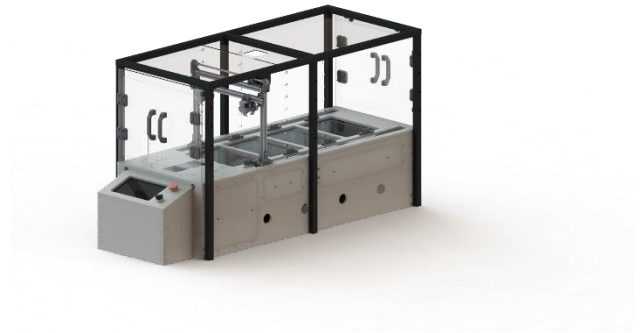


Ilustración 9. Diseño de prototipo.



Ilustración 10. Prototipo construido.

E. Cambios en el diseño

Entre los cambios en el diseño están:

- Se cambió del uso de una cámara con sensor de profundidad Kinect, por el uso de un scanner tradicional.
- Se agregó el uso de reóstato para el control de la última etapa para el calentamiento de agua.
- El sistema de inyección de corriente pasó a ser el uso de una fuente tradicional a falta de oportunidades de obtención de dispositivos eléctricos específicos.
- Uso de sensores para inicio y final de carrera.

F. Problemas y soluciones encontradas

La etapa de diseño y construcción del prototipo presentó varios problemas que debieron ser solucionados para obtener resultados satisfactorios en el proceso de anodizado adaptativo.

- Uno de los mayores desafíos fue la reconstrucción tridimensional de la pieza, ya que el uso de cámaras convencionales generaba imprecisiones y dificultades en el filtrado de fondo, así como problemas de calibración. Además, la Kinect solo solucionaba el problema de la calibración, pero no el resto de los problemas. La solución a este problema fue la utilización de un scanner tradicional con un software prediseñado para generar una nube de puntos en formato PLY, la cual puede

ser procesada con softwares de remeshing y otros.

- Otro problema que se presentó fue el diseño de un sistema de inyección de corriente adecuado para el proceso de anodizado. La solución a este problema fue la utilización de una fuente de corriente programable que permitió ajustar la intensidad de la corriente de acuerdo a las necesidades del proceso.

- Además, se presentaron problemas en la comunicación entre el controlador, la computadora y el scanner, lo que llevó a la utilización de hasta tres comunicaciones seriales simultáneas. Para solucionar este problema se decidió reducir la necesidad de comunicación entre dispositivos y aislar los sistemas para evitar interferencias.

- Por último, se identificó la necesidad de realizar una limpieza química previa al proceso de anodizado, así como de controlar el ambiente de luz para evitar variaciones en la medición. Si bien estas restricciones no fueron consideradas inicialmente, se encontró una solución al implementar los procesos de limpieza y control de luz necesarios.

G. Gestión del proyecto

El enfoque de gestión de proyectos para el desarrollo del dispositivo de anodizado adaptativo involucró el uso del software Project Libre para planificar y segmentar tareas. Estas tareas se clasificaron en seis objetivos principales de implementación, que se derivaron de la matriz de diseño mecatrónico que se agregó durante la fase inicial de rediseño. Los objetivos fueron rediseño, energía, manipulación, inteligencia, monitoreo y control.

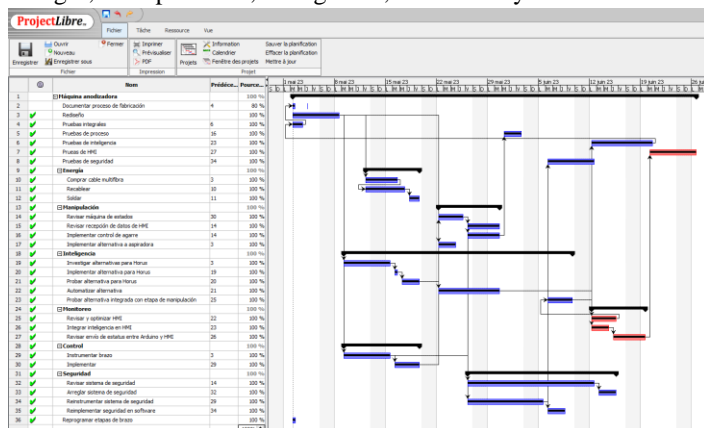


Ilustración 11. WBS de proyecto.

A lo largo del proyecto, se realizó una autoevaluación semanal para evaluar el progreso hacia el logro de los objetivos esperados. El proyecto originalmente se planeó para completarse en un lapso de 9 semanas, pero se retrasó una semana debido a los compromisos externos del equipo.

El uso del software Project Libre permitió una mejor organización y visualización del progreso del proyecto. La segmentación de tareas en diferentes objetivos ayudó a priorizar y enfocar los esfuerzos en áreas específicas de desarrollo. Las autoevaluaciones semanales proporcionaron un mecanismo de

retroalimentación que permitió al equipo evaluar su progreso y realizar los ajustes necesarios en el plan del proyecto.

A pesar del pequeño retraso en el cronograma del proyecto, el enfoque de gestión adoptado permitió una planificación y ejecución efectivas de las diversas etapas de desarrollo.

III. CONCLUSIÓN

En conclusión, el desarrollo del dispositivo anodizador adaptativo ha sido un proceso de diseño, construcción y pruebas iterativas que ha resultado en un prototipo funcional capaz de controlar la densidad del anodizado en tiempo real. El uso de técnicas mecatrónicas, como la integración de sensores y la programación de microcontroladores, ha sido clave para lograr el objetivo de desarrollar un dispositivo que sea capaz de adaptarse a las variaciones de la superficie del aluminio y garantizar la calidad del anodizado.

Durante el proceso de diseño, se enfrentaron varios desafíos técnicos que requirieron soluciones creativas, como la selección de materiales adecuados para resistir los efectos de la solución anódica y la implementación de un sistema de inyección de corriente preciso. Sin embargo, gracias al enfoque de gestión del proyecto y la colaboración del equipo, se logró superar estos desafíos y completar el proyecto con éxito.

El uso de herramientas de gestión de proyectos, como el software Project Libre, permitió una planificación clara y una evaluación constante del progreso del proyecto. Además, la segmentación de tareas en objetivos específicos facilitó la identificación y solución de problemas en áreas particulares del proyecto. La autoevaluación semanal fue una herramienta valiosa para mantener el enfoque en los objetivos y hacer ajustes a medida que surgían desafíos.

En resumen, el dispositivo anodizador adaptativo representa una innovación significativa en la industria del anodizado de aluminio. El enfoque mecatrónico y de gestión de proyectos ha demostrado ser efectivo en el desarrollo de este tipo de dispositivos y podría ser aplicado en futuros proyectos similares.

IV. REFERENCIAS

- [1] «Hierarchy of Controls | NIOSH | CDC». <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>
- [2] A. P. Ross y T. J. Webster, «Anodizing color coded anodized Ti6Al4V medical devices for increasing bone cell functions», *International Journal of Nanomedicine*, p. 109, ene. 2013, doi: 10.2147/ijn.s36203.
- [3] T. J. Webster y C. F. Yao, «Anodization: A Promising Nano Modification Technique of Titanium-Based Implants for Orthopedic Applications», en

Springer eBooks, Springer Nature, 2016, pp. 55-79.
doi: 10.1007/978-3-319-33489-9_2.

[4] J. Beyerer, F. P. León, y C. K. Frese, *Machine Vision*. Springer Nature, 2016. doi: 10.1007/978-3-662-47794-6.

[5] L. Governi, R. Furferi, M. Palai, y Y. Volpe, «3D geometry reconstruction from orthographic views: A method based on 3D image processing and data fitting», *Computers in Industry*, vol. 64, n.º 9, pp. 1290-1300, dic. 2013, doi: 10.1016/j.compind.2013.02.003.

[6] L. Governi, R. Furferi, M. Palai, y Y. Volpe, «3D geometry reconstruction from orthographic views: A method based on 3D image processing and data fitting», *Computers in Industry*, vol. 64, n.º 9, pp. 1290-1300, dic. 2013, doi: 10.1016/j.compind.2013.02.003.

[7] J. M. Rosário, *Princípios de mecatrônica*. 2005.

II. ANEXOS