



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"

ivACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

Sistemas robotizados avanzados



CENTRO DE INVESTIGACIÓN:





1. Introducción.

En este documento se presentan los resultados obtenidos con el desarrollo del proyecto SIRA, y cuyo objetivo es el desarrollo de sistemas de tratamientos superficiales en piezas de plástico fabricados a partir de procesos de rotomoldeo, inyección o solado. Este proyecto se ha desarrollado en tres fases en las que se ha realizado un análisis de procesos, para identificar los procesos en los que se podría aplicar los resultados de dicho proceso y su viabilidad técnica y económica, así como identificar problemáticas comunes en distintos sectores. Una segunda fase en la que se han desarrollado los sistemas hardware adecuados para la manipulación y tratamiento de las distintas piezas. Y, por último, una fase en la que se ha implementado los algoritmos de control necesarios para dotar de autonomía al sistema.

2. Fase 1.

En esta fase se ha realizado un análisis y estudio de viabilidad en la que se ha evaluado tareas susceptibles de ser automatizadas en los procesos comentados anteriormente, y que utilizan como medio de producción en la industria del juguete. Tras realizar los análisis de operaciones se han centrado los esfuerzos en automatizar procesos en los que se dan las siguientes circunstancias:

- Tareas que representen un trabajo tedioso y repetitivo para los operarios de líneas de producción.
- Que la automatización de dichos procesos sea viable tanto económica como técnicamente.
- Que la automatización de la tarea represente una mejora de calidad en el producto final.
- Conseguir reducir los costes de producción.

Tras este análisis en varias líneas en distintas empresas se llega a la conclusión de que el proceso de desbarbado supone un coste muy elevado, en gran medida debido al coste de mano de obra ya que, en cada línea, este proceso puede llegar a requerir hasta 8 operarios para realizar tareas de desbarbado, montaje y embalado.

2.1. Estudio de viabilidad económica.

Tras estas valoraciones se realiza un estudio inicial de la viabilidad económica para la implementación de una célula robotizada para el desbarbado. En el estudio se tiene en cuenta información facilitada por distintas empresas del sector en el que se obtienen costes asociados a la fabricación de distintas piezas y los costes de sistemas robóticos adecuados para la implementación del sistema.

Por último, se tienen en cuenta costes asociados al gasto energético del sistema y tiempo de funcionamiento en función de los turnos de fábrica, y se concluye que tras el segundo año de inversión la tasa de retorno se aproximaría a cero, y en el tercer año ya se obtendría una tasa de retorno del 25%. Este estudio pone de manifiesto que la automatización de los procesos de desbarbado es viable económicamente.

2.2. Estudio de viabilidad técnica.



El problema principal a la hora de implementar sistemas de automatización y/o robotización en el sector del juguete es que los procesos de producción se han realizado tradicionalmente de forma manual. Esto es debido a la gran complejidad que lleva asociada la automatización en este sector, ya que en muchos casos se trabaja con materiales no rígidos y con variaciones dimensionales importantes en piezas de una misma referencia debido a los procesos de fabricación utilizados (soplado, rotomoldeo, inyección, etc....).

Por ello, el principal reto tecnológico planteado es la implementación de un sistema que permita automatizar el acabado final de piezas fabricadas mediante procesos de soplado de forma flexible. Concretamente se centran los esfuerzos en la eliminación de rebabas que tienen las piezas después de extraerse de las máquinas de soplado. Estas rebabas se deben a que por las características del proceso de producción se debe eliminar gran cantidad de material sobrante. Esto se realiza en dos fases. La primera se realiza a pie de máquina tal y como pueden observar en la figura 2 en la que un operario elimina las rebabas tras la extracción de una pieza de la máquina de soplado.



Figura 1: Recorte de rebabas con cuchilla.

Y una segunda fase, en la que se somete a la pieza un proceso de desbarbado para obtener un acabado óptimo, en el que se eliminan las rebabas que se observan en la figura 3.

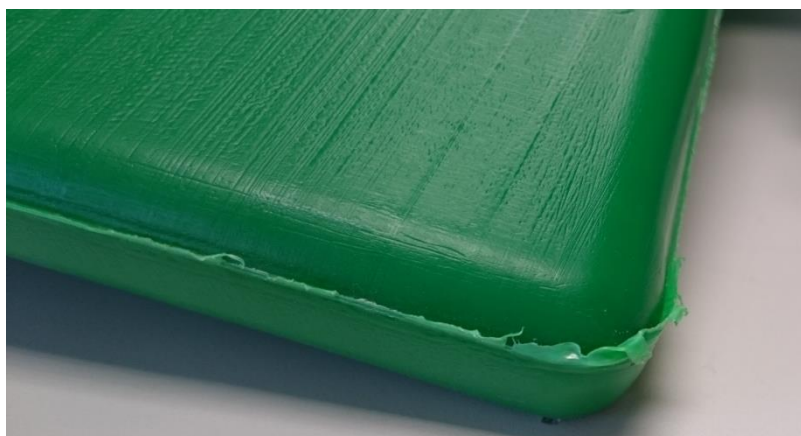


Figura 2: Imperfecciones de piezas en la línea de montaje.



El procesado final de estas piezas se realiza con cuchillas o herramientas manuales, por ejemplo, un rotalín. Por lo que se convierte en una tarea tediosa y necesita mucha mano de obra para llevarse a cabo. Además, estas circunstancias influyen de forma considerable en la calidad del producto final y no garantiza una terminación homogénea entre las distintas piezas debido a la intervención de varios operarios en el proceso.

Para la implementación del sistema se tuvieron en cuenta distintos métodos de desbarbado entre las que se destacan el flameado, desbarbado criogénico y lijado.

FLAMEADO.

El método de flameado consiste en calentar el material sobrante de las piezas a temperaturas moderadamente altas y de forma controlada, de tal modo que se consiga fundir las rebabas y redistribuir el material de estas en la superficie de la pieza. Este proceso es adecuado para rebabas de pequeño tamaño ya que en caso contrario se pueden producir deformaciones por la aplicación de calor. Además se debe tener en cuenta que la tensión superficial de la pieza puede variar y afectar a procesos de acabado posteriores.

DESVARBADO.

El desbarbado criogénico se puede utilizar par eliminación de imperfecciones en piezas combinando la utilización de la energía cinética y la congelación criogénica para remover los defectos presentes en las piezas a tratar tras su desmoldeo. Este proceso es adecuado para piezas de pequeño tamaño y depende de la rigidez del material. En piezas de tamaño considerable es propenso a dejar marcas y en ocasiones no se consigue eliminaran totalmente las rebabas.

LIJADO.

Este proceso consiste en eliminar las rebabas mediante la utilización de lijadoras y el uso de lijas con distintas granulaciones para conseguir el acabado deseado. Mediante la utilización de distintos sistemas de lijado y teniendo en cuenta el tamaño de grano de abrasión se puede lijar de forma efectiva una amplia gama de materiales.

Tras la realización de las pruebas con los distintos métodos planteados para realizar el proceso de desbarbado, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- El uso de **sistemas criogénicos**, aunque es válido para piezas de pequeño tamaño y de plástico rígido, en este caso no es viable utilizarlo ya que el chorro de nitrógeno y granalla genera un efecto de erosión sobre la superficie del material a tratar.
- El **flameado** es válido para piezas cuyas rebabas son de pequeñas dimensiones, consiguiendo un acabado muy bueno en piezas con este tipo de rebaba. Pero la utilización de este sistema no es válida para el procesado de piezas con un tamaño de rebaba significativo ya que produce deformaciones, y en algunos casos manchas negras, debidas a la exposición del material al calor.
- El **lijado**, tiene como inconveniente que necesita contacto directo con la superficie de la pieza a procesar. Y esto se traduce en una mayor complejidad a la hora de implementar un sistema de automatización para el desbarbado de las piezas. Pero es una opción con la que se consigue obtener buenos resultados con todas las piezas y tipos de rebabas.



Por lo tanto, se ha descartado el sistema criogénico porque no ofrece una solución válida y el flameado, ya que solo puede ofrecer una solución parcial. Finalmente se ha decidido utilizar el lijado como método para la implementación de la planta piloto. Además, se recomienda el uso de una lijadora de banda industrial porque se consigue reducir los tiempos de mantenimiento por el tamaño de la lija.

3. Fase 2.

En la fase 2 del proyecto se procedió al diseño y montaje de una planta piloto para el desbarbado de piezas. Esta planta está diseñada para realizar procesos de desbarbado sobre piezas fabricadas por soplado. Y está diseñada entorno a un robot antropomórfico por la versatilidad y capacidad de adaptación a distintos procesos, que ofrece este tipo de manipuladores. Esta planta se ha diseñado con un formato de célula robotizada en la que se han integrado los siguientes componentes:

- Robot antropomórfico de 6 grados de libertad.
- Unidad de control para la manipulación del robot.
- Consola de programación.
- Sistema de control externo para lectura de sensores.
- Lijadora de banda industrial.
- Herramientas para manipulación de piezas.
- Sensor de fuerza y par.
- Sensor laser de triangulación.
- Jaula de seguridad.

Todos los componentes de la célula robótica fueron diseñados o seleccionados de acuerdo a las especificaciones que se definieron en la fase 1 para procesar de forma adecuada las piezas a manipular. El montaje de la planta se ha realizado en las instalaciones de AIJU, según se puede observar en la Figura 3



Figura 3: Célula robotizada.

El sistema permite tomar puntos de referencia sobre la pieza, y generar a partir de estas trayectorias adecuadas para el desbarbado de las piezas. Estas trayectorias son corregidas en tiempo de ejecución teniendo en cuenta la lectura del sensor de fuerza a lo largo de las trayectorias generadas.

4. Fase 3.

Durante esta fase del proyecto se ha desarrollado la programación del sistema. Esta se ha llevado a cabo bajo el entorno de programación de WorkVisual, empleando el lenguaje KRL (KUKA Robot Language). Este entorno además permite realizar la integración de los distintos sensores y actuadores con el robot mediante la configuración de un bus de comunicaciones. Para ello se ha integrado en el robot un sistema de comunicaciones basado en EtherCAT que permite realizar la lectura del sensor laser y realizar la toma de referencia sobre la pieza a tratar. En el caso de sensor de fuerza, la lectura se realiza a través del sistema de E/S del robot, y se monitoriza de tal forma que el par ejercido durante el desbarbado se mantenga dentro de un rango apropiado.

5. Resultados.

Tras realizar el montaje de la planta y programación, se pasó a la realización de pruebas de puesta en marcha y validación de la planta. Durante esta fase se realizaron distintas pruebas en las que se variaron distintos parámetros de funcionamiento del sistema robótico para ver su influencia en el proceso. Además, se realizaron pruebas utilizando distintos tamaños de grano abrasivo de lija para ver como afectaba ese parámetro a tratamiento superficial en las piezas. Tras la realización de estas pruebas, se llegó a la conclusión de que el sistema implementado



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"



permite generar las trayectorias de desbarbado de forma correcta, pero se debe seguir trabajando en el ajuste de corrección de trayectorias con el sensor de fuerza. Esto se debe en gran medida a que este sensor no se ha integrado con el sistema robótico en tiempo real y las correcciones se realizan con un retardo superior al necesario para obtener una correcta corrección de posicionamiento.

Para solucionar el problema se ha planteado la integración del sensor en tiempo real y realizar la corrección de trayectorias en tiempo de ejecución de las mismas, para evitar que el robot se detenga en los puntos de ajuste provocando marcas no deseadas en la pieza.

En cualquier caso, los resultados obtenidos permiten prever que es técnicamente posible la integración de sistemas robóticos actuales para la automatización de procesos de desbarbado.