



**Encarna Escudero Martínez**

Química. Responsable del área de Plásticos del Departamento de Materiales y Procesos del Centro ASCAMM.

**M<sup>a</sup> Eugenia Rodríguez Sierra**

Investigadora. Centro Tecnológico ASCAMM.

## Tecnologías de microinyección de alta precisión para aplicaciones dentales

**Palabras clave:** Micro-fabricación, microinyección, molde, dental.

### INTRODUCCIÓN

Desde hace más de una década Fundación ASCAMM impulsa el desarrollo y la innovación en procesos industriales de alta precisión que dan respuesta a las necesidades de los fabricantes y usuarios de piezas con tamaño o detalles en la escala micro.

El enfoque aborda toda la cadena de desarrollo del producto. Obtener piezas con las máximas exigencias técnicas y dimensionales que precisa la aplicación con un óptimo proceso de producción requiere desde el diseño hasta la optimización de la producción. Desde la aditivación de materiales a la medida de cada aplicación, pasando por el desarrollo de tecnología de fabricación de moldes más precisos, la adaptación/integración de procesos convencionales de inyección a productos particulares, la automatización de manipulaciones e inspección de calidad de pieza, etc.

Todo ello representa un esfuerzo y una inversión en recursos personales y equipos, pero sin lugar a dudas la industria se beneficia de tiempos más cortos de desarrollo, mejores productos y una importante reducción en los costes de producción.

El estudio que se presenta se desarrolló en el marco del proyecto Micromanufacturing, parcialmente financiado por el actual MINECO, y que constituye un buen ejemplo de la colaboración empresa-centro de desarrollo tecnológico para el de-

sarrollo de actividades de I+D. En concreto, en este artículo se exponen los resultados obtenidos de la colaboración entre una empresa del sector dental española y el centro tecnológico ASCAMM, para el desarrollo del proceso de microinyección de piezas para el sector dental.

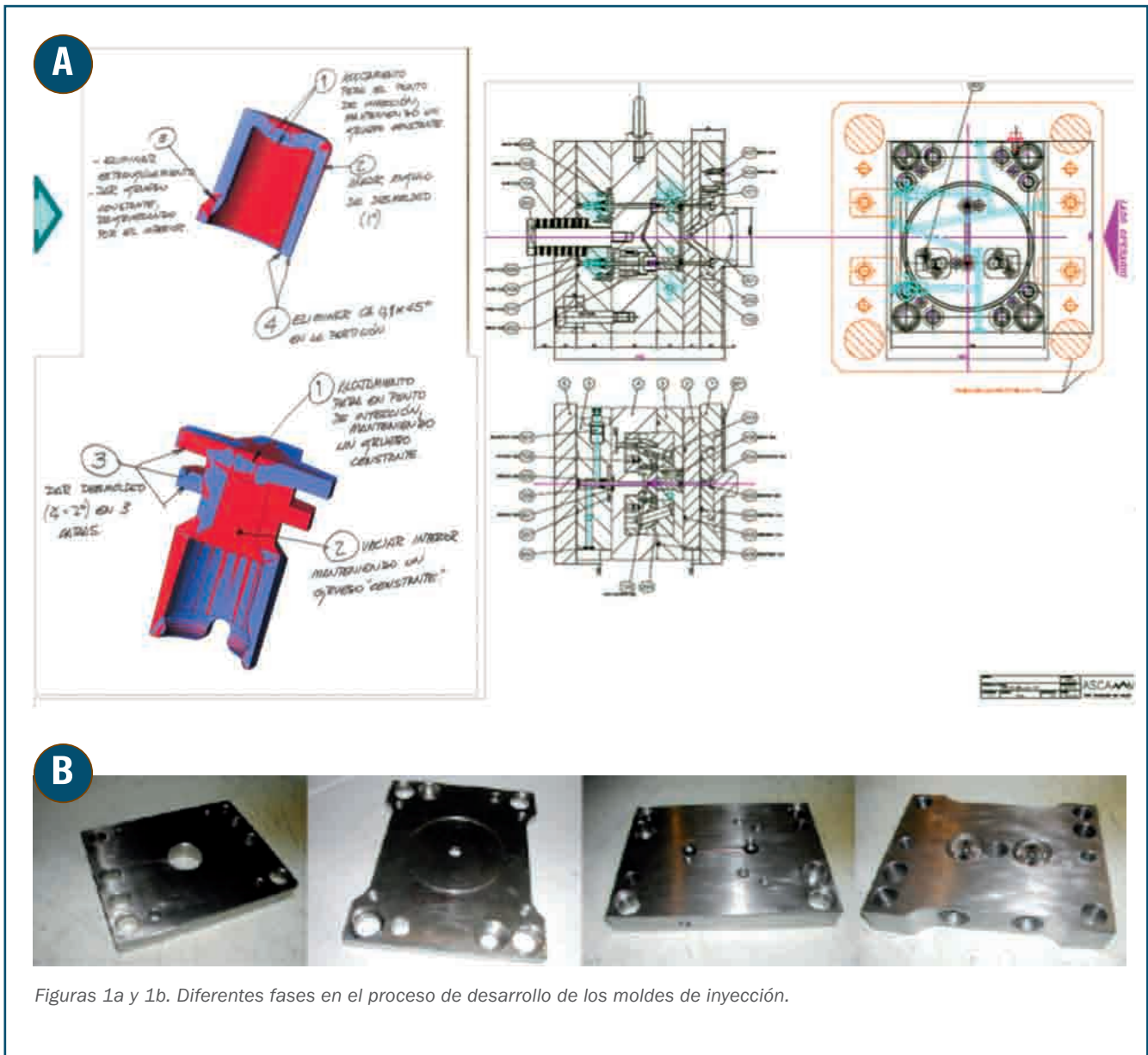
### SOBRE LA MICROINYECCIÓN

Existe una demanda en procesos de microinyección motivados por la tendencia hacia productos cada vez de menores dimensiones, con detalles diminutos en la escala de micras. Esta tendencia está directamente relacionada con procedimientos de fabricación de precisión, mínimamente invasivos, y la sustitución en algunas aplicaciones de elementos metálicos por plásticos, que permiten una mayor libertad de diseño, tanto para los productos dentales como para el instrumental necesario (1).

La fabricación de alta precisión y la micro-fabricación de productos complejos es una de las líneas clave de investigación en los procesos de fabricación actuales (2), que requiere elevar en un orden de magnitud la precisión de máquinas y controles. Ello requiere un desarrollo paralelo tanto de los métodos de procesado, como de la fabricación de utillajes y los sistemas de validación (3,4).

### CASO PRÁCTICO

Dentro del proyecto Micromanufacturing, una empresa del sector dental propuso un caso práctico que consistía en el desarrollo de un componente plástico con elevados requerimientos



de precisión dimensional mediante microinyección. En concreto se trata de dos variaciones de la misma aplicación para cirugía dental, llamadas «Calcinable» y «Snap On».

En ambas piezas la dimensión crítica es el diámetro interior, ya que es un parámetro crucial para el usuario de la herramienta. Por otro lado, debido a que el ámbito de aplicación era el médico-odontológico, era necesario que el material plástico a utilizar fuera biocompatible y lo suficientemente flexible para asegurar un buen funcionamiento de la pieza. Asimismo, la empresa estableció las tolerancias del resto de dimensiones de ambas piezas.

### EL PROCESO DE MICROINYECCIÓN

Una vez acotados los requerimientos y el diseño de pieza de acuerdo a la experiencia e intereses de la empresa del sector

dental, ASCAMM realizó un estudio de la viabilidad de su fabricación mediante el proceso de microinyección proponiendo algunas mejoras que fueron incorporadas al diseño final.

En primer lugar ASCAMM seleccionó el material plástico biocompatible más adecuado, que resultó ser una resina acética de Ticona™.

A continuación, los tecnólogos de ASCAMM realizaron el proyecto de molde desde el nivel conceptual, pasando por el diseño 3D hasta la confección de los planos constructivos (figuras 1a y 1b). En esta fase del desarrollo el Centre Català del Plàstic (CCP), también socio del proyecto, llevó a cabo simulaciones reológicas de la inyección que ayudaron durante el desarrollo del molde.

Se decidió que el molde contendría las dos figuras (molde 1+1) y que se podría inyectar una u otra indistintamente me-



Figura 2. Equipo de inyección Arburg.

diente un selector instalado en el canal de alimentación. ASCAMM fabricó el molde prototipo y realizó las primeras pruebas de molde en una máquina Arburg de 15 Tm de cierre (**figura 2**). Después de la determinación de los parámetros de máquina y optimización del proceso de inyección se consiguió la primera serie de piezas que, tras la correspondiente verificación, fueron enviadas a la empresa para su validación.

Para la optimización del proceso de inyección del molde de dos cavidades se realizó la simulación reológica completa del proceso de inyección desde el llenado, pasando por la compactación y enfriamiento, hasta el análisis de deformaciones y contracciones de las dos piezas.



Figura 3. Ejemplo de simulación de inyección donde se muestran los resultados de las deformaciones.

Para esta simulación reológica el CCP utilizó el programa Moldex 3D que permite un tipo de mallado, denominado híbrido, que permite optimizar el tiempo de resolución de la simulación.

En la **figura 3** se muestra uno de los resultados que ofre-

ce el programa de simulación Moldex 3D. En este caso, la imagen nos muestra la distribución de deformaciones en ambas piezas.

### PRUEBAS DE MOLDE Y SET UP DEL PROCESO DE INYECCIÓN

En los primeros ensayos realizados en el molde de dos cavidades (**figura 4**) se pudo comprobar la importancia del ajuste de las dos correderas que forman las cavidades, ya que debido al tamaño de las piezas y a los micro-detalles es necesario un ajuste perfecto de éstas.

De las dos piezas, sólo se presentaron problemas en la pieza Snap On: no cumplía con los requerimientos funcionales debido a que mostraba demasiado agarre con el utillaje que utiliza el odontólogo.

Para solucionar este problema se aumentó el radio interno del postizo, lo cual permitió reducir la tolerancia. También se encontraron problemas de holgura debido a que el radio de apoyo estaba fuera de medida.

Por tanto, para mejorar la calidad de piezas fueron necesarios los siguientes ajustes en el molde:

- Repetir el postizo del Snap On.
- Reajustar correderas.
- Mejora de la abertura de las placas mediante el cambio del muelle que permita la caída libre de la colada.

En la **tabla 1** se muestran los parámetros más significativos de los ensayos de inyección del molde de dos cavidades.

Tabla 1.

Parámetros de inyección	unidades	Valor	
Límite de Presión	bar	1800	
Presión hidráulica	bar	946	
P de mantenimiento	bar	1800	
Tiempo de mantenimiento	s	4	
Tiempo de inyección	s	0,26	
Tiempo de enfriamiento	s	15	
Tiempo total de ciclo	s	29,22	
Velocidad de inyección	cm <sup>3</sup> /s	100	
Perfil de T	Boquilla	°C	225
	Zona 1	°C	215
	Zona 2	°C	205
	Zona 3	°C	195

### PRUEBAS CON OTROS MATERIALES PLÁSTICOS

Posteriormente se realizaron diferentes pruebas donde se pudo estudiar el comportamiento de varios materiales y masterbatches de color. Todas las pruebas fueron realizadas por los técnicos de ASCAMM con una máquina de inyección Arburg de 15 Tm de fuerza de cierre.



Figuras 4a y 4b. Primeras pruebas de inyección molde dos cavidades: placa cavidad, placa punzón, placa expulsión, piezas y colada.



Figura 5. Piezas de aplicación dental. Material POM aditivado con máster de color.

Con fines académicos se hicieron pruebas de inyección con una resina acetálica nanoaditivada preparada por el CCP sin que se observaran diferencias significantes en el procesado de ambos materiales.

Las propiedades mecánicas del material nanoaditivado mejoraban, pero las piezas fabricadas con el POM nanoaditivado presentaban un color más oscuro que las piezas con POM virgen.

En cualquier caso el ensayo sólo era académico y no una solución comercial, porque el material preparado por nosotros no presentaba la certificación adecuada para aplicaciones médicas.

En general la calidad de pieza en todos los casos cumplía

con los requerimientos de la aplicación, no encontrándose ningún defecto debido al molde o al proceso de inyección. En la **figura 5** se muestra un ejemplo de un conjunto de piezas inyectadas con POM aditivado con máster de color.

## CONCLUSIONES

La principal conclusión del estudio realizado es que la tecnología de microinyección es óptima para la fabricación de componentes dentales. El proceso consta de las siguientes fases: revisión del diseño para su fabricabilidad, selección de materiales, diseño y fabricación del molde, simulación reológica del proceso de microinyección, ajuste de los parámetros de proceso de inyección, revisión del proceso para resolución

de problemas funcionales, y pruebas con materiales reforzados o con colores.

Los resultados demuestran que la aplicación de estas tecnologías revierte en una producción optimizada, alcanzando las máximas cotas de exigencia de diferentes productos de aplicación en el ámbito de la cirugía dental.

### **SOBRE EL PROYECTO MICROMANUFACTURING**

Micromanufacturing es un proyecto cofinanciado por el Proyecto Singular y de Carácter Estratégico financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER, que surgió para dar respuesta a las múltiples perspectivas económicas que muestran un crecimiento sostenido de las microtecnologías superior al 10% anual en

los próximos años. El objetivo principal del proyecto es dar un salto cualitativo en Tecnologías de Microingeniería mediante el trabajo en equipo de un consorcio formado por 21 *partners* con amplia experiencia y reconocido prestigio en el campo de la fabricación de precisión. Las principales tecnologías abarcadas por el proyecto son el micromecanizado por arranque de viruta, micromecanizado láser, microelectroerosión, microconformado de metales, microinyección de plásticos y el diseño de máquinas y sistemas de control ultraprecisos. ●

#### **Para más información, contactar con:**

Esther Hurtós (ehurtos@ascamm.com),  
responsable Sectorial Salud.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **Factories of the Future PPP FoF 2020 Roadmap Consultation document, Documento de Asociación de Investigación europea de las fábricas del futuro (EFFRA), 2012.**
2. **Heckele M, Schomburg WK.** Review on micro molding of thermoplastic polymers. *J Micromech Microeng* 2004; 14: R1–R14.
3. **Tosello G, Griffiths CA, Hansen HN, Dimov SS.** The COTECH knowledge database: assessment of critical factors in micro
4. **Brecher C, Weinzierl M, Niehaus F, Schmitt R, Köllmann D.** Microscale Mass Production - European researchers develop automated system for mass producing optical devices *Micro Manufacturing 2* (2009), No. 1, pp. 44-47.

## **CENTRO TECNOLÓGICO ASCAMM**

Ubicada en el Parque Tecnológico del Vallés (Cerdanyola del Vallès - Barcelona), ASCAMM es una Fundación privada sin ánimo de lucro. Su misión es generar valor en su entorno por la vía de la I + D aplicada, la innovación y los servicios intensivos en conocimiento orientados a la mejora de la competitividad y la eficiencia empresariales, en sectores tan diversos como el transporte (automoción (incluyendo movilidad eléctrica, ferrocarril, aeronáutica), la salud (instrumental médico, equipamiento y aplicaciones TIC), la construcción, los equipos industriales y la energía, los bienes de equipo, el packaging, y la transformación de plásticos y de metal.

El centro forma parte de TECNIO –la red creada por ACCIÓ que potencia la tecnología diferencial, la innovación empresarial y la excelencia–, que cuenta con más de 100 agentes especializa-

dos y que impulsa la competitividad y la generación de valor tanto en el ámbito de la I+D como en el de la empresa.

Centro Tecnológico de referencia en Europa en el ámbito de las Tecnologías Industriales, con una trayectoria de 25 años, ASCAMM coopera con múltiples socios tecnológicos e industriales en numerosos proyectos de investigación nacionales e internacionales. ASCAMM cuenta con una larga experiencia en el desarrollo de soluciones innovadoras en productos sanitarios, implantes,

instrumental y equipos para los sectores de Tecnologías Médicas, Ortopedia y Dental. ASCAMM es especialista en micro-fabricación, procesos avanzados con polímeros técnicos y materiales compuestos, sustitución de metal por polímero, personalización de producto y asistencia a la industrialización y certificación, ofreciendo además la posibilidad de acompañar los proyectos con estudios de viabilidad técnica y económica, análisis de ciclo de vida y eco-diseño.

