

Evaluación de la estabilidad dimensional de esferas calibradas poliméricas para su aplicación en un patrón de referencia para tomografía computarizada (CT).

Daniel Gallardo¹, Lucía Candela Díaz-Perez¹, José Antonio Albajez¹, José Antonio Yagüe-Fabra¹, Roberto Jiménez², Marta Torralba²

¹ Grupo de Ingeniería de Fabricación y Metrología Avanzada (GIFMA)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
e-mail: dgallardo@unizar.es

²Centro Universitario de la Defensa, Ctra. Huesca s/n, 50090, Zaragoza, Spain.

Resumen

Los patrones dimensionales de referencia generalmente se fabrican de materiales de alta calidad y estabilidad dimensional para asegurar su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo; sin embargo, su coste es muy elevado. En este estudio se evalúa la estabilidad dimensional de esferas de diferentes materiales poliméricos, para comprobar su adecuación como referencias de un patrón empleado para la calibración de dispositivos de CT.

Introducción

El desarrollo de la fabricación aditiva (AM) ha permitido la creación de diseños complejos fuera del alcance de otras tecnologías de fabricación, incluyendo geometrías internas, porosidades, e incluso estructuras en celosía. Su precisión ha evolucionado hasta ser capaces de construir macro y micro geometrías en una única impresión [1].

Por otra parte, existe un amplio número de sistemas de medición especializados en metrología industrial. Sin embargo, estos dispositivos generalmente encuentran limitaciones: ya sea por su tamaño máximo de elemento caracterizable (máquina de medición por coordenadas, CMM) o por su reducido rango de medición (microscopio de variación focal, FVM). Además, surgen problemas al dimensionar elementos complejos y superficies libres.

Una de las soluciones recientes a estas limitaciones es la tomografía computarizada (XCT o CT). Esta tecnología de medición, ampliamente usada en aplicaciones médicas, es capaz de inspeccionar tanto geometrías internas como externas sin contacto, ya sean macro o micro geometrías. Para garantizar su precisión es necesario conocer la incertidumbre de medición de los instrumentos; debido a la falta de normativa al respecto, se emplean patrones de

referencia calibrados para estimarla. En este artículo se estudia la viabilidad del uso de referencias de material polimérico, en este caso esferas calibradas, para su aplicación en patrones de referencia para CT fabricados por AM de polímeros.

Estado del arte en patrones de referencia

En los últimos años, diferentes grupos de investigación han propuesto varios patrones de referencia para tomografía computarizada [2]. Las geometrías más comunes en estos patrones son esferas y cilindros [3,4,5], representando respectivamente puntos y líneas. Las distancias entre centros de esferas son mediciones sólidas, ya que la posición de los centros no depende excesivamente de la superficie de la esfera (no ocurre así en las distancias plano-plano); los diámetros de esferas son también dimensiones consistentes, incluso más que las distancias dependiendo del patrón. En algunos casos se pueden encontrar geometrías ocultas a las que se puede acceder mediante partes móviles, como en [4]. Los materiales empleados suelen ser de alta calidad y estabilidad [3], aunque también en algunos casos se emplean polímeros y metales para su fabricación por AM, ya que al tener la CT una menor precisión que otros dispositivos, los errores obtenidos pueden ser adecuados a los errores permisibles.

Metodología

Se han seleccionado esferas de precisión (tolerancia $\pm 25 \mu\text{m}$ en diámetro, $\pm 12 \mu\text{m}$ en forma) de 4 polímeros distintos: teflón, Delrin (POM), polipropileno y nylon. Para su evaluación, se ha diseñado un patrón (Figura 1) consistente en una placa base de resina fotopolimerizada, fabricada por AM, sobre la que se asientan las esferas en 4 grupos

de 4, una esfera por material. La placa incluye esferas impresas y cilindros huecos para su evaluación y comparativa.

Al tener como objetivo final ser utilizadas en un patrón para CT, se han evaluado mediante esta tecnología de medición. Adicionalmente, se han realizado 3 mediciones previas mediante CMM y 3 mediciones posteriores, para comprobar las variaciones dimensionales a lo largo del tiempo.

Resultados

Se han evaluado los diámetros de todas las esferas (\varnothing 12 mm) y de los cilindros interiores (\varnothing 8 mm), así como sus errores de forma y las distancias entre distintos elementos. Para comparar las distancias de forma equitativa, se utiliza un cociente relativo entre la desviación (en μm) y la medida nominal (en mm).

Los resultados más relevantes de las mediciones se pueden ver en las tablas 1 y 2.

Conclusiones y trabajo futuro

Mediante la evaluación del patrón diseñado se ha observado que los materiales con mayor estabilidad dimensional han sido el Delrin y el polipropileno, tanto en dimensiones como en error de forma. Adicionalmente, se ha observado que la dilatación sufrida por la placa base es homogénea, ya que las distancias han ido aumentando paulatinamente. Esto permite prever los cambios dimensionales futuros.

Estos datos permitirán optimizar el diseño del patrón multigeometría [6] y aplicar la metodología de evaluación por CT.

REFERENCIAS

- [1]. WECKENMANN, A., and KRAMER, P. Computed tomography – new and promising chances in manufacturing metrology. *Int. J. Precis. Technol.* 2010, 1, 3/4: 223-233.
- [2]. OBATON, A.F., KLINGAA, C.G., RIVET, C., MOHAGHEGH, K., BAIER, S., ANDREASEN, J.L., CARLI, L. and DE CHIFFRE, L. Reference standards for XCT measurements of additively manufactured parts. *10th Conference on Industrial Computed Tomography, Wels, Austria.* 2020.
- [3]. CARMIGNATO, S. Accuracy of industrial computed tomography measurements: experimental results from an international comparison. *CIRP Ann Manuf Technol.* 2012, 61(1), 491-494.

- [4]. HERMANEK, P. and CARMIGNATO, S. Reference object for evaluating the accuracy of porosity measurements by X-ray computed tomography. *Case Stud. Nondestruct. Test. Evaluation.* 2016, 6, 122-127.
- [5]. RIVAS SANTOS, V.M., THOMPSON, A., SIMS-WATERHOUSE, D., MASKERY, I., WOOLLIAM, P. and LEACH, R. Design and characterisation of an additive manufacturing benchmarking artefact following a design for metrology approach. *Addit. Manuf.* 2020, 32, 100964.
- [6]. ALBAJEZ, J., NUÑO, S., DÍAZ, L., GALLARDO, D., YAGÜE, J., JIMÉNEZ, R and TORRALBA, M. Reference standard for the uncertainty estimation of X-ray Computed Tomography measurements of complex macro- and micro- geometries. *9th Manufacturing Engineering Society International Conference. Gijón, 2021.*

Tabla 1. Desviaciones de distancias entre elementos respecto a las mediciones previas (μm)

| Geometría | CT | CMM Posteriores |
|----------------------------------|-------|-----------------|
| Dist (absoluto) | 13,80 | 19,47 |
| Dist ($\mu\text{m}/\text{mm}$) | 0,30 | 0,44 |

Tabla 2. Desviaciones de diámetros y errores de forma por material respecto a las mediciones previas (μm)

| Geometría | CT | | CMM Post. | |
|---------------|---------------|-------|---------------|-------|
| | \varnothing | Forma | \varnothing | Forma |
| Esf. Impresas | 30,87 | 45,26 | 4,42 | 2,31 |
| Teflón | 6,80 | 0,98 | 1,64 | 0,41 |
| Delrin | 3,70 | 4,77 | 4,84 | 0,61 |
| PP | 3,68 | 5,92 | 2,35 | 0,68 |
| Nylon | 5,05 | 3,88 | 9,79 | 1,73 |

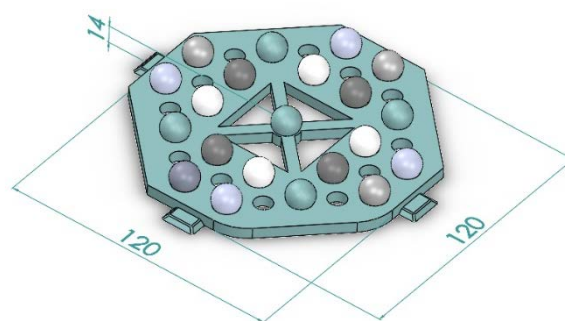


Fig. 1. Distribución de esferas en el patrón y dim. generales.