

DOCUMENTO DE TRABAJO

Medición de esfuerzos residuales, en superficies generadas por procesos de fresado, en aleaciones de titanio.

Jorge Andrés García-Barbosa
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Santo Tomás
jorgegarcia@usantotomas.edu.co

Resumen:

Se realizó un estudio bibliométrico, en el contexto mundial y regional, sobre el tema de investigación de medición de esfuerzos residuales, sobre superficies maquinadas en aleaciones de titanio. China es el país líder en investigación, con la mayor inversión y el mayor número de documentos publicados. Por otra parte, de las más de 160 revistas cuartil uno y dos, disponibles en las áreas de ingeniería y ciencia de materiales, se identificaron nueve en donde sería factible publicar en el tema específico de esfuerzos residuales. En el contexto regional no se identificaron revistas especializadas en la temática estudiada. En Colombia, el índice de actividad es casi nulo. Además, considerando una ventana de observación de los últimos veinte años, se determinó que cerca del cincuenta por ciento, de la producción académica, corresponde a los últimos cinco años, lo que evidencia un aumento del interés en el tema particular; lo anterior se corrobora, por la tasa de crecimiento mayor a uno, en los últimos tres años.

Abstract:

A bibliometric study was carried out on the research topic of residual stress measurements on machined surfaces in titanium alloys, considering the global and regional context. China is the leading country in the topic, with the largest investment and the largest number of published documents. Additionally, more than 160 journals in the areas of engineering and materials science, classified in quartiles one and two, were found. It would be feasible to publish, on the specific topic of residual stress, in nine of them. In the regional context, no specialized magazines on the subject studied were identified. In Colombia, the activity index is almost zero. Furthermore, in the period of the last twenty years, almost fifty percent of the academic production corresponds to the last five years. Which shows an increase of interest in the subject-matter. This is corroborated by the growth rate, greater than one, in the last three years.

Palabras clave: Difracción de rayos X; Medición de esfuerzos residuales; Aleación Ti-6Al-4V

Keywords: X-Ray Diffraction; Residual Stress measurement; Ti-6Al-4V alloy

1 Sobre el tema de investigación

La evaluación del estado de esfuerzos residuales en una superficie, obtenida por medio de procesos de fresado, es importante para asegurar la fiabilidad del producto durante su ciclo de vida. La influencia de los esfuerzos residuales, sobre la calidad del producto, puede ser benéfica o perjudicial, dependiendo de su magnitud, patrón y distribución. Se ha reportado que los esfuerzos residuales de compresión aumentan la vida a la fatiga y la resistencia a la corrosión [1], mientras que los RS de tensión disminuyen estas mismas propiedades [2]. La difracción de rayos X es una de las técnicas más utilizadas para la evaluación de esfuerzos residuales; y consiste en relacionar la deformación de la malla cristalina de la superficie maquinada con la ley de Hooke. Sin embargo, prevalece la ausencia de un procedimiento que aborde este tipo de caracterización, en la aleación de titanio Ti-6Al-4V, según lo enunciado por Moussaoui et al. [3]; motivo por el cuál, los estudios con respecto a este tema de investigación viene en aumento en los últimos años.

2 Contexto internacional

2.1 Países y revistas principales

El tema de investigación de caracterización de esfuerzos residuales, en superficies maquinadas, concierne a las áreas de ingeniería y de ciencia de materiales. La Tabla 1 muestra los países líderes con respecto a varias categorías relacionadas. China, Estados Unidos, Japón y Alemania, son los principales exponentes; Colombia ocupa puestos posteriores al cuarenta.

Tabla 1. Países que lideran el tema de investigación

Subject Area	Engineering	Engineering	Engineering	Engineering	Materials Science	Materials Science	Materials Science
Subject Categories	Industrial and Manufacturing Engineering	Engineering Miscellaneous	Mechanical Engineering	Mechanics of Materials	Materials Science miscellaneous	Metals and alloys	Surfaces, Coatings and films
1	United States	China	China	China	China	China	China
2	China	United States	United States	United States	United States	United States	United States
3	Germany	Japan	Japan	Japan	Japan	Japan	Japan
4	Japan	Germany	Germany	Germany	Germany	Germany	Germany
5	India	United Kingdom	United Kingdom	United Kingdom	India	Russian Federation	France
6	United Kingdom	India	India	France	South Korea	India	United Kingdom
7	Italy	Russian Federation	South Korea	India	United Kingdom	United Kingdom	India

Subject Area	Engineering	Engineering	Engineering	Engineering	Materials Science	Materials Science	Materials Science
Subject Categories	Industrial and Manufacturing Engineering	Engineering Miscellaneous	Mechanical Engineering	Mechanics of Materials	Materials Science miscellaneous	Metals and alloys	Surfaces, Coatings and films
8	South Korea	France	France	South Korea	France	South Korea	South Korea
9	Canada	South Korea	Italy	Russian Federation	Russian Federation	France	Italy
10	France	Canada	Canada	Italy	Italy	Poland	Russian Federation
	Colombia (46)	Colombia (41)	Colombia (57)	Colombia (59)	Colombia (58)	Colombia (65)	Colombia (56)

Fuente: SCImago [4].

A nivel regional, la Tabla 2 muestra que Colombia ocupa el cuarto puesto en investigación científica relacionada con áreas de ingeniería y ciencia de materiales en general; no del tema específico de investigación.

Tabla 2. Países que lideran el área de ingeniería y ciencia de materiales nivel regional

Rank	Country	Documents	Citable documents	Citations	Self-citations	Citations per document	H index
1	Brazil	14327	14122	108626	27653	7.58	98
2	Mexico	5264	5139	50013	10305	9.5	77
3	Argentina	2250	2198	24241	4410	10.77	57
4	Colombia	2075	2051	11585	2331	5.58	46
5	Chile	1930	1878	20856	3574	10.81	58

Fuente: SCImago.

Si bien existen muchas revistas en las áreas de ingeniería y ciencia de materiales, la Tabla 3 muestra solo las especializadas en el tema de investigación. Se revisó el alcance, de cada una de las revistas, publicado en la página de SCImago.

Tabla 3. Revistas más importantes especializadas en el tema. Clasificación 2018.

		Journal	SJR	Q	H INDEX
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	CIRP Annals - Manufacturing Technology	2.426	Q1	132
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	Journal of Materials Processing Technology	1.716	Q1	158
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME	1.13	Q1	84

		Journal	SJR	Q	H INDEX
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	Materials and Manufacturing Processes	1.11	Q1	53
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0.99	Q1	99
Engineering	Mechanics of Materials	Strain	0.98	Q1	38
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	Machining Science and Technology	0.735	Q1	42
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	International Journal of Machining and Machinability of Materials	0.569	Q1	18
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	Journal of Manufacturing and Materials Processing	0	OPEN ACCESS	

Fuente: SCImago

A nivel regional la Tabla 4 muestra las revistas más importantes en el área de ingeniería de manufactura, clasificadas en SCImago. Una en el cuartil uno, aunque no es especializada en el tema de investigación del presente documento de trabajo. Tres cubren temas relacionados con la producción y una es especializada en temas de metalurgia y materiales.

Tabla 4. Revistas en Latinoamérica más importantes en el área. Año 2018.

		Journal	SJR	Q	H INDEX
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	Madera: Ciencia y Tecnología	0.573	Q1	20
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	Información tecnológica	0.21	Q3	14
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	Gestao e Producao	0.209	Q3	14
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	Producao	0.145	Q3	12
Engineering	Industrial and Manufacturing Engineering	Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales	0.129	Q3	7

Fuente: SCImago

2.2 Artículos y principales autores

Con respecto al tema particular de investigación, se utilizó la ecuación de búsqueda: “residual stress” AND “machining” AND “titanium” en Scopus. El rango de búsqueda se limitó a los últimos veinte años. Se han publicado un total de 157 documentos, mostrando

una tendencia creciente en los últimos 10 años (Figura 1). La Figura 2 muestra que los principales autores han publicado más de 6 artículos en el periodo de observación.

El principal financiador de la temática consultada en la National Natural Science Foundation de China, seguida por dos instituciones alemanas como se muestra en la Figura 3. El 88% de las publicaciones en el tema son artículos y artículos de conferencias. Solo un 1% corresponde a capítulos de libro (Figura 4).

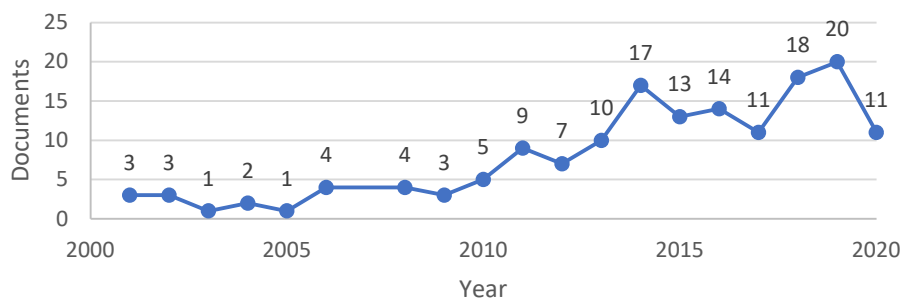


Figura 1. Artículos por año en el periodo 2000-2020 (Total=157). Fuente: Scopus [5].

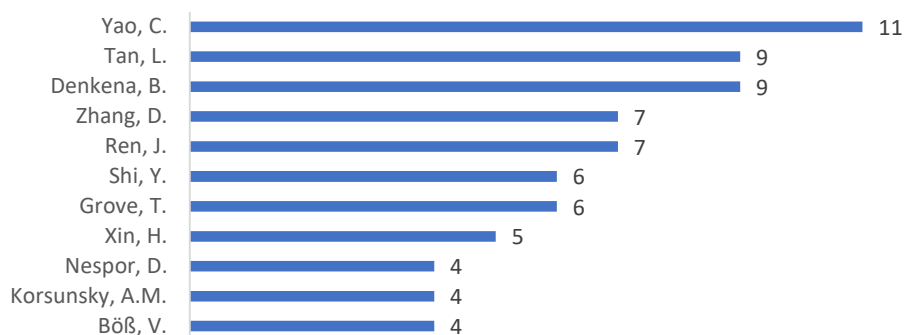


Figura 2. Documentos por autor en el periodo 2000-2020. Fuente: Scopus.

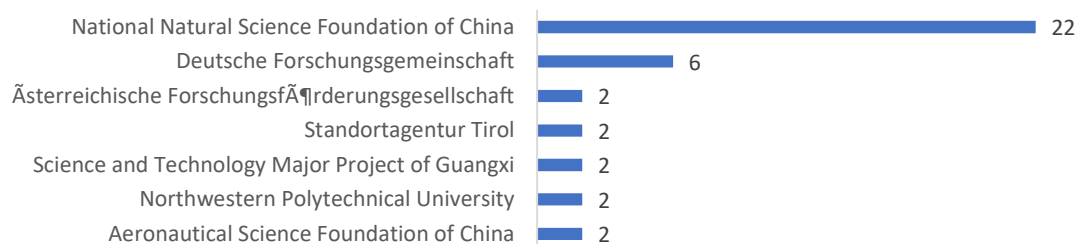


Figura 3. Documentos por financiador en el periodo 2000-2020. Fuente: Scopus.



Figura 4. Documentos por tipo en el periodo 2000-2020. Fuente: Scopus.

3 Contexto regional

En el gestor bibliográfico LaReferencia, se consultó con la ecuación de búsqueda (Todos los Campos: esfuerzos residuales Y Todos los Campos: titanio Y Todos los Campos: maquinado), no se encontraron resultados. Se suprimió el campo “maquinado” y posteriormente “titanio”, dejando (esfuerzos Y residuales). No se encontraron medios de publicación especializados en el tema, tampoco autores principales.

4 Estudio cuantitativo

Se consultaron los gestores bibliográficos, relacionados en la Tabla 5. Bajo la ecuación de búsqueda (“residual stress” AND “machining” AND “titanium”) para Scopus y Web of Science y bajo la ecuación (“esfuerzos residuales” Y “maquinado” Y “titanio”) para LaReferencia y Scielo.

Se encontró que en los últimos tres años se publicaron principalmente artículos de acuerdo con los gestores Scopus y WoS [6]. En LaReferencia, al suprimir las palabras de búsqueda “fresado” y “titanio”, se encontró un artículo relacionado con el tema. En la base de datos de SciELO, bajo la ecuación de búsqueda “esfuerzos residuales”, se encontraron 23 referencias, pero ninguna en el rango 2018 – 2020.

El índice de actividad, consignado en la Tabla 6, muestra un desarrollo casi nulo de la temática de investigación en Colombia. Los valores positivos de la tasa de crecimiento, a nivel mundial, evidencian el interés creciente en la temática de investigación. La Tabla 7 muestra más de 160 revistas en cuartiles uno y dos, en los últimos tres años, en las áreas de ingeniería y ciencia de los materiales.

Tabla 5. Indicadores de producción en diferentes gestores bibliográficos

Indicador	Scopus			WoS			LaReferencia			SciElo		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Total de artículos	15	18	11	14	39	12	0	1	0	0	0	0
Total de libros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de capítulos de libros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de Conference Paper	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Principal entidad financiadora	National Natural Science Foundation of China			National Natural Science Foundation of China			-			-		
Principal país de publicación	China			China			-			-		
	5	9	7	9	14	6	-	-	-	-	-	-
Autor con mayor publicaciones	Yao, C.			Liu, ZQ			-			-		
	1	0	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-

Fuentes: Scopus; Web of Science

Tabla 6. Comparación entre Colombia (índice de actividad) y el mundo (tasa de crecimiento).

Índice	Scopus			WOS		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Índice de actividad	0	0	0.08	0	0	0.08
Tasa de crecimiento	1.63	1.11	0.6	1.4	2.8	0.3

Fuente: Scopus; Web of Science

Tabla 7. Cantidad de revistas y su categorización, según Scimago y JCR.

Índice de impacto	Revistas en Q1			Revistas en Q2			Revistas en Q3			Revistas en Q4		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Scimago	84	83	86	83	80	84	73	72	70	35	50	41
JCR	79	76	76	50	55	61	24	22	20	5	6	3

Fuente: SCImago; Web of Science.

Conclusiones

El tema de investigación de caracterización de esfuerzos residuales en procesos de maquinado, hace parte de las áreas de ingeniería y ciencia de los materiales; es liderado por China, Estados Unidos, Japón y Alemania. Colombia ocupa puestos posteriores al 45 en las categorías de metales, de superficies y de ingeniería de manufactura.

A pesar del gran número de revistas a nivel mundial, más de 160 en cuartiles uno y dos, en las áreas de ingeniería y ciencia de materiales, es necesario realizar una consulta individualizada del alcance de cada una de ellas, para asegurar que publican artículos en el tema de investigación desarrollado en el presente documento. A nivel regional no se encontraron revistas especializadas en el tema; las relacionadas con ingeniería de manufactura, son de carácter misceláneo.

De acuerdo al gestor bibliográfico Scopus, se han publicado 157 artículos relacionados con la temática en el periodo 2000-2020; de estos, cerca del 50% en los últimos cinco años. Con base en el número de artículos publicados, en los últimos tres años, según el gestor bibliográfico WoS, se corrobora el aumento de interés en el tema de estudio. El 88% de los documentos publicados corresponden a artículos y artículos de conferencias.

La actividad del tema de investigación, en Colombia, es casi nula en los últimos tres años. A nivel mundial, se observó una tasa de crecimiento, mayor a uno, en los años 2018, 2019 y en promedio de 0.5 en lo que va de 2020.

Referencias

- [1] H. Sasahara, "The effect on fatigue life of residual stress and surface hardness resulting from different cutting conditions of 0 . 45 % C steel," *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 45, no. 2, pp. 131–136, 2005.
- [2] Y. B. Guo, W. Li, and I. S. Jawahir, "Surface integrity characterization and prediction in machining of hardened and difficult-to-machine alloys: A state-of-art research review and analysis," *Mach. Sci. Technol.*, vol. 13, no. 4, pp. 437–470, 2009.
- [3] K. Moussaoui, S. Segonds, W. Rubio, and M. Mousseigne, "Studying the measurement by X-ray diffraction of residual stress in Ti6Al4V titanium alloy," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 667, no. 6, pp. 340–348, 2016.
- [4] SCImago-Journal&Country-Rank, "SCImago." [Online]. Available: <https://www.scimagojr.com>.
- [5] Elsevier B.V., "Scopus." [Online]. Available: <https://www.scopus.com/>.
- [6] Clarivate-Analytics, "Web of Science - WoS." [Online]. Available: <https://www.webofknowledge.com/>.