

# La sostenibilidad y el desarrollo de la soldadura en el futuro: un análisis bibliométrico y revisión sistemática de literatura desde Scopus y Web of Science 2013-2023

*Sustainability and welding development in the future: a bibliometric analysis and systematic literature review from Scopus and Web of Science 2013-2023*

Ariel Alfonso Reyes Castro<sup>1</sup>  
Benjamín Andrés Manjarrés Zárata<sup>2</sup>  
Andrés Manuel Becerra Orjuela<sup>3</sup>

---

1 PhD. En Administración Gerencial. Docente investigador Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6853-6587>

Email: [ariel.reyes@unad.edu.co](mailto:ariel.reyes@unad.edu.co)

2 Doctorante en Administración Gerencial. Docente investigador Universidad de Cundinamarca

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9996-355X>

Email: [bmanjarres@ucundinamarca.edu.co](mailto:bmanjarres@ucundinamarca.edu.co)

3 Administrador de Empresas. Gerente empresa Welding Technology Group S.A.S

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8781-0902>

Email: [boandres@ucundinamarca.edu.co](mailto:boandres@ucundinamarca.edu.co)

## Resumen

El presente Working Paper se basa en la revisión de literatura, asociada al proyecto de tesis doctoral titulado: "Modelo estratégico holístico para una empresa distribuidora de productos de la industria de soldadura en el horizonte de tiempo 2030", a partir de un análisis bibliométrico realizado mediante el software VosViewer, en el que se aplicaron ecuaciones de búsqueda de los artículos publicados en las bases de datos de Scopus y Web of Science, determinando las co-ocurrencias de las palabras clave relacionadas con las palabras sustainability, future y welding, y delimitando el rango de búsquedas en un período de tiempo comprendido entre 2013-2023. Para tal fin, se aplicó la metodología de la revisión sistemática de literatura, en la que se concluyó que para el horizonte de tiempo 2013-2023, hay mayor concentración de co-ocurrencias en Scopus, en conceptos asociados con sostenibilidad, soldadura por fricción y ciclo de vida, mientras que en Web of Science, se muestran clústeres de los conceptos optimización, aleación de aluminio y evaluación del ciclo de vida, así como, los autores más preponderantes abordaron la temática de la evaluación de sostenibilidad de las tendencias presentes y futuras de la industria de la soldadura a nivel mundial.

### *Palabras Clave*

Análisis bibliométrico; bases de datos; co-ocurrencias; futuro; soldadura; sostenibilidad

## Abstract

This Working Paper is based on the literature review associated with the doctoral thesis project entitled: "Holistic strategic model for a company distributing products of the welding industry in the time horizon 2030". based on a bibliometric analysis carried out using VosViewer software, in which search equations were applied to the articles published in the Scopus and Web of Science databases, determining the co-occurrences of the keywords related to the words sustainability, future and welding, and delimiting the range of searches in a period of time between 2013-2023. To this end, the systematic literature review methodology was applied, which concluded that for the time horizon 2013-2023, there is a higher concentration of co-occurrences in Scopus, in concepts associated with sustainability, friction welding and life cycle, while in Web of Science, clusters of the concepts optimization, aluminum alloy and life cycle assessment are shown, as well as, the most preponderant authors addressed the topic of sustainability assessment of present and future trends in the welding industry worldwide.

## Keywords

bibliometric analysis; databases; co-occurrence; future; welding; sustainability

## Introducción

El presente Working Paper surge como una respuesta frente a la etapa de revisión de literatura y el estado del arte de la temática, asociada con la tesis doctoral titulada: "Modelo estratégico holístico para una empresa distribuidora de productos de la industria de soldadura de Bogotá D.C, en el horizonte de tiempo 2030", cuyo objeto de estudio, es una organización importadora y comercializadora de equipos de soldadura . Por consiguiente, se realizó una búsqueda bibliográfica de artículos de revisión e investigación, los cuales permiten establecer la relación directa entre los términos de soldadura (welding), futuro (future) y sostenibilidad (sustainability).

De hecho, se parte de la siguiente formulación del problema: ¿qué grado de co-ocurrencia existe entre los términos de soldadura, futuro y sostenibilidad, de acuerdo con los artículos consultados en las bases de datos de Web of Science y Scopus, durante el período comprendido entre 2018-2023?. Asimismo, se plantean las siguientes subpreguntas de investigación: ¿cuál ha sido la evolución del concepto de sostenibilidad aplicada a la industria de la soldadura evidenciado en los artículos registrados en las bases de datos durante el período 2013-2023?. ¿qué impacto tiene el concepto del futuro en la relación de los términos de soldadura y sostenibilidad según las co-ocurrencias de palabras clave y autores durante el período 2013-2023?.

El objetivo general consiste en realizar un análisis bibliométrico de las búsquedas de artículos en las bases de datos científicas de Scopus y Web of Science, relacionada con los conceptos de soldadura, futuro y sostenibilidad, durante el período 2013-2023, a través de la aplicación del software VosViewer.

Como objetivos específicos se plantearon los siguientes: identificar las ecuaciones de búsqueda, utilizando como filtros las palabras clave, el horizonte de tiempo y la naturaleza de los artículos revisados; diseñar los mapas de densidad y visualización de las co-ocurrencias en las bases de datos consultadas, a partir del aplicativo VosViewer, y determinar la densidad en las coincidencias

de las palabras clave y co-citaciones de autores asociadas con las bases de datos consultadas, a través de la interpretación de los mapas de visualización de densidad, superposición de palabras y redes conceptuales.

## Metodología

La perspectiva metodológica en la cual se basó el análisis bibliométrico, corresponde a un enfoque mixto, ya que se describen las características asociadas con las afinidades y correlaciones de las palabras clave o keywords encontradas en las referencias bibliográficas consultadas en las bases de datos Scopus y Web of Science, durante el período comprendido entre 2013 a 2023, tanto de forma cualitativa, como cuantitativa. De este modo, se pretendió realizar una revisión de literatura de los artículos reseñados en estas bases de datos, los cuales evidencian el avance del conocimiento asociado a la relación entre los conceptos de sostenibilidad y soldadura.

Asimismo, el tipo de investigación aplicado en el artículo corresponde al enfoque documental, ya que se basó en la recopilación, clasificación y búsqueda de referencias bibliográficas, delimitadas en términos de las palabras “soldadura”, “futuro” y “sostenibilidad”, las cuales se consolidaron en dos bases de datos, y posteriormente, se tomaron en cuenta para el análisis bibliométrico por medio de la aplicación VosViewer.

Entre tanto, el método específico de investigación que se aplicó en el presente análisis, corresponde al sistema categorial, en el que se aplicaron estrategias de investigación documental, a fin de categorizar las palabras o keywords, en el desarrollo de las búsquedas de referencias bibliográficas tanto en Scopus como en Web of Science. Por ende, el sistema categorial se aplicó en primera instancia, teniendo en cuenta los operadores booleanos para la definición de los rangos y criterios de búsqueda tanto en Scopus como en Web of Science, involucrando las ecuaciones de búsqueda.

Por lo tanto, se aplicó la metodología de revisión sistemática de literatura la cual según Carrizo & Moller (2018) pretender determinar, analizar y relacionar una serie de evidencias de fuentes primarias de información, a través de una metodología rigurosa para su posterior análisis bibliométrico. Asimismo, Kitchenham (2004, como se citó en Peña & Escudero, 2020) establece que la revisión sistemática de literatura posee tres etapas fundamentales: diseño y planeación de las búsquedas a realizar, aplicación de las ecuaciones de búsqueda e informe y análisis de los resultados aplicando las herramientas bibliométricas.

Teniendo en cuenta, las referencias bibliográficas recopiladas en las bases de datos de Scopus y Web of Science, se presenta a continuación el procedimiento que permitió el análisis bibliométrico utilizando el software VosViewer:

**Tabla 1.** Procedimiento para el análisis bibliométrico Vos Viewer

| N° | ACTIVIDAD  |
|----|--|
| 1  | Diseño de las ecuaciones de búsqueda: <ul style="list-style-type: none"> <li>• TITLE ( sustainability* )</li> <li>• TITLE ( welding* )</li> <li>• TITLE ( welding AND future* )</li> <li>• TITLE ( welding AND sustainability* )</li> <li>• TITLE ( welding* AND sustainability* OR future* )</li> </ul> |
| 2  | Ingreso de las ecuaciones de búsqueda en las bases de datos Scopus y Web of Science  |
| 3  | Exportación de los archivos en formatos .csv (Scopus) y .txt (Web of Science) de las búsquedas obtenidas.  |
| 4  | Unificación de los archivos exportados y eliminación de registros duplicados en las bases de datos   |
| 5  | Carga de las bases de datos en la aplicación VosViewer   |
| 6  | Configuración del número mínimo de palabras clave en los que se requerían las co-ocurrencias y afinidades en cada base de datos  |
| 7  | Carga y visualización de los mapas de redes, superposición y densidad generados en las bases de datos cargadas en VosViewer  |
| 8  | Análisis de las co-ocurrencias de las palabras clave y los mapas de densidad visualizados en la aplicación VosViewer   |

**Fuente:** Elaboración propia

## Discusión y resultados

De este modo, se presenta a continuación los países de procedencia de los artículos referidos en la ecuación de búsqueda “welding” AND “sustainability” OR “future”, aplicada en las bases de datos de Scopus y Web of Science:

**Tabla 2.** Clasificación de artículos por país de procedencia Scopus y Web of Science 2013-2023 Ecuación de búsqueda “welding” AND “sustainability” OR “future”

| Criterios de exclusión               | Scopus                 |                     | Web of Science |                     |
|--------------------------------------|------------------------|---------------------|----------------|---------------------|
|                                      | País de origen         | Número de artículos | País de origen | Número de artículos |
| Welding and Sustainability or Future | India                  | 7                   | Estados Unidos | 5.889               |
|                                      | Brasil                 | 4                   | China          | 3.061               |
|                                      | China                  | 4                   | Inglaterra     | 2.838               |
|                                      | Alemania               | 3                   | Australia      | 1.931               |
|                                      | Italia                 | 3                   | Alemania       | 1.761               |
|                                      | Japón                  | 3                   | India          | 1.187               |
|                                      | Canadá                 | 2                   | Canadá         | 1.178               |
|                                      | Omán                   | 2                   | Italia         | 1.088               |
|                                      | Emiratos Árabes Unidos | 2                   | Países Bajos   | 1.025               |
|                                      | Estados Unidos         | 2                   | Francia        | 1.019               |
|                                      | Colombia               | 1                   | Colombia       | 1                   |

**Nota:** Esta tabla se estructuró con base en los datos obtenidos en las ecuaciones de búsqueda, relacionados en las bases de datos Scopus y Web of Science

Con base en la tabla 2, es importante precisar que con respecto a la ecuación de búsqueda “welding” AND “sustainability” OR “future”, aplicada en la base de datos Scopus, se evidenció que el 18,92% de los artículos tienen como país de origen India, así como, el 10,81% corresponden a publicaciones realizadas en Brasil y China. Por su parte, en la base de datos Web of Science se evidenció que el 26,54% de los artículos publicados provienen de Estados Unidos, el 13,79% se desarrollaron en China y el 12,79% son originarios de Inglaterra; cabe destacar, que tanto en la base de datos de Scopus como en la base de datos

Web of Science, se registró un artículo publicado en Colombia desarrollado por Hoyos et al. (2023).

Por ende, se muestra a continuación el número de citaciones de los 5 autores con mayor referenciación, según la ecuación de búsqueda “welding” AND “sustainability” OR “future”, teniendo en cuenta la base de datos Scopus:

**Tabla 3..** Autores más citados en Scopus 2013-2023 Ecuación de búsqueda “welding” AND “sustainability” OR “future”

| Criterios de exclusión               | Scopus                 |                      |
|--------------------------------------|------------------------|----------------------|
|                                      | Autores                | Número de citaciones |
| Welding and Sustainability or Future | Xu & Wang (2021).      | 41                   |
|                                      | Hattel et al. (2015).  | 31                   |
|                                      | Saad et al. (2021).    | 19                   |
|                                      | Nobrega et al. (2019). | 14                   |
|                                      | Jamal et al. (2020).   | 13                   |

**Nota:** Esta tabla se estructuró con base en los datos obtenidos en las ecuaciones de búsqueda, relacionados en la base de datos Scopus

Teniendo en cuenta la tabla 3, se puede evidenciar que con base en las búsquedas registradas en Scopus, los artículos más citados durante el período 2013-2023, hacen referencia a temáticas relacionadas con las tendencias actuales y futuras de la soldadura robótica, soldadura por fricción a partir de la aplicación de la Inteligencia Artificial IA, soldadura basada en un modelo de sostenibilidad multidimensional, y optimización de modelo de soldadura multiobjetivo, los cuales permiten establecer la relación directa entre la sostenibilidad y la industria de la soldadura en la perspectiva futura.

Asimismo, se presenta en la siguiente tabla, el número de citaciones de los 5 autores con mayor referenciación, según la ecuación de búsqueda “welding” AND “sustainability” OR “future”, teniendo en cuenta la base de datos Web of Science:

**Tabla 4.** Autores más citados en Web of Science 2013-2023 Ecuación de búsqueda “welding” AND “sustainability” OR “future”

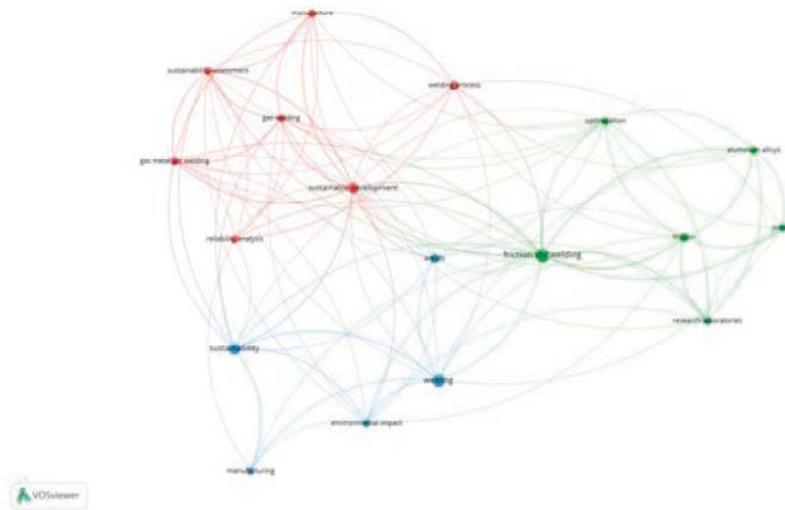
| Criterios de exclusión               | Web of Science            |                      |
|--------------------------------------|---------------------------|----------------------|
|                                      | Autores                   | Número de citaciones |
| Welding and Sustainability or Future | Bevilacqua et al. (2017). | 27                   |
|                                      | Saad et al. (2020).       | 20                   |
|                                      | Rivas et al. (2020).      | 12                   |
|                                      | Nobrega et al. (2019).    | 12                   |
|                                      | Jamal et al. (2020).      | 10                   |

**Nota:** Esta tabla se estructuró con base en los datos obtenidos en las ecuaciones de búsqueda, relacionados en la base de datos Web of Sciences

Con base en las búsquedas obtenidas en Web of Science, se evidenció que para la ecuación de búsqueda “welding” AND “sustainability” OR “future”, los artículos de mayor citación tienen que ver con el análisis de la sostenibilidad de las nuevas prácticas de la industria de la soldadura basadas en la soldadura por fricción y la optimización de procesos de soldadura multiobjetivo y por robótica. Sin embargo, se puede establecer que en común con los artículos citados en Scopus existen las referencias de los autores Saad et al. (2021), Rivas et al. (2020), Nobrega et al. (2019) y Jamal et al. (2020).

También, se destacan autores como Nguyen et al. (2023), Singh et al. (2021), Sinka (2014), Reimann et al. (2021), Alkahla & Pervaiz (2017), Izadikha & Farzipoor (2023) Zhang et al. (2022), Mishra et al. (2018) y Sued et al. (2018), quienes desarrollaron artículos enfocados en la sostenibilidad presente y futura de los procesos de soldadura, no solamente en las máquinas, equipos y técnicas propias de la industria, sino también, en la cadena de valor del sector.

No obstante, teniendo en cuenta el procesamiento de las búsquedas en el software bibliométrico VosViewer, se presenta a continuación la visualización del mapa de red de la base de datos de Scopus

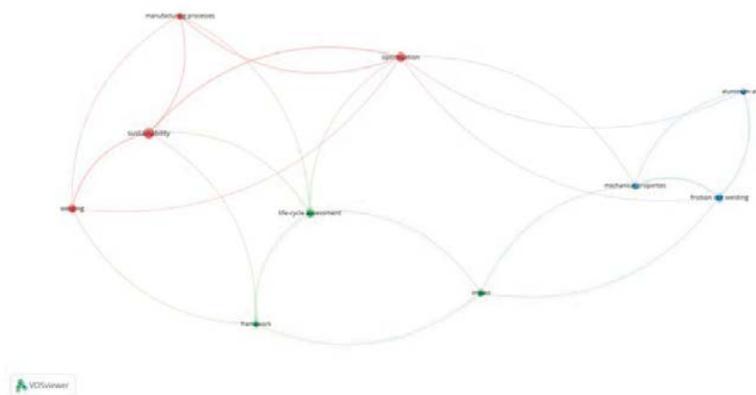


**Figura 1.** Visualización mapa de red co-ocurrencias palabras clave artículos Scopus- VosViewer

**Nota:** Este gráfico se realizó en VosViewer a partir de las ecuaciones de búsqueda ingresadas en la base de datos Scopus, filtrando el criterio del tiempo desde el año 2013 hasta el año 2023

Teniendo en cuenta el mapa de visualización de redes de las palabras clave asociadas con las búsquedas en la base de datos Scopus, se percibe que se conforman 3 clústers de términos, de los cuales se resaltan el clúster 1 (soldadura por arco metálico con gas, soldadura con gas, manufactura, análisis de confiabilidad, evaluación de sostenibilidad, desarrollo sostenible y proceso de soldadura), el clúster 2 (aleaciones de aluminio, fricción, soldadura por fricción, ensamblaje, optimización y laboratorios de investigación), y el clúster 3 (impacto ambiental, fabricación, sostenibilidad, soldaduras). De esta forma, se evidencia que hay una gran afinidad entre las palabras clave referenciadas en dichos artículos, los cuales permiten deducir que la soldadura sostenible por fricción corresponde a una de las tendencias actuales y futuras de la industria de la soldadura.

En la siguiente figura, se ilustra la visualización del mapa de red de las palabras clave, correspondientes a las búsquedas en la base de datos de Web of Science



**Figura 2.** Visualización mapa de red co-ocurrencias palabras clave artículos Web of Science- VosViewer

**Nota:** Este gráfico se realizó en VosViewer a partir de las ecuaciones de búsqueda ingresadas en la base de datos Web of Science, filtrando el criterio del tiempo desde el año 2013 hasta el año 2023

Según el mapa de visualización de redes de las palabras clave asociadas con las búsquedas en la base de datos Web of Science, se percibe que se conforman 3 clústers de términos, de los cuales se resaltan el clúster 1 (procesos de fabricación, optimización, sostenibilidad y soldadura), el clúster 2 (estructura, impacto y evaluación del ciclo de vida), y el clúster 3 (aleación de aluminio, soldadura por fricción y propiedades mecánicas de los materiales). Por ende, se deduce que con respecto a la red de co-ocurrencias de palabras clave originada en las búsquedas en Scopus, hay gran afinidad en los siguientes términos: optimización, sostenibilidad, y soldadura por fricción.

## Conclusiones

Teniendo presente el análisis bibliométrico, en el que se tomó como punto de referencia las ecuaciones de búsqueda en las bases de datos de Scopus y Web of Science, se concluyó en primera instancia que la herramienta VosViewer, permite establecer las concurrencias de las palabras clave y los autores, reseñados en cada una de las publicaciones, lo cual repercute en el estado del arte de la tesis doctoral, así como, en el análisis de correlación entre los conceptos de sostenibilidad y soldadura.

De este modo, se establece que hay evidencia de publicaciones y artículos que dejan entrever el impacto de las nuevas tecnologías en soldadura, en el marco del diseño, formulación e implementación de estrategias de sostenibilidad para las micro y pequeñas empresas de la industria metalmecánica mundial, con miras a mejorar la eficiencia energética y generar ventajas competitivas sostenibles, en un ambiente incierto, frágil, ansioso y no lineal BANI. Por ende, el desarrollo de la tesis doctoral implica tener en cuenta estas tendencias tecnológicas actuales y futuras aplicables a la industria de la soldadura, debido a que la organización objeto de estudio, comercializa equipos de soldadura tanto en Bogotá D.C, como en el resto de ciudades de Colombia.

El análisis bibliométrico es una etapa clave y fundamental en el desarrollo de la tesis doctoral, ya que permite no solo revisar y complementar el estado del arte y el marco teórico que soporta la validación de la hipótesis de trabajo doctoral, sino también, comprender las tendencias y escenarios futuros posibles de la industria, y en particular de la soldadura, los cuales permiten formular modelos estratégicos que garanticen la sostenibilidad social, económica y ambiental de las organizaciones, sino también generar ventajas competitivas en un contexto de transitoriedad, fragilidad, ansiedad e incomprendibilidad.

# Bibliografía

- Alkahla, I. & Pervaiz, S. (2017). Sustainability assessment of shielded metal arc welding (SMAW) process. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering* 244(1):012001. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/244/1/012001>
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E., D’Orazio, A., Forcellese, A. & Simoncini, M. (2017). Sustainability analysis of friction stir welding of AA5754 sheets. *Procedia CIRP*. 62, 2017, 529-534. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.06.081>
- Carrillo, D. & Moller, C. (2018). Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 26, 45–54. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052018000500045>
- Hattel, J.H., Sonne, M.R. & Tutum, C.C. (2015). Modelling residual stresses in friction stir welding of Al alloys—a review of possibilities and future trends. *Int J Adv Manuf Technol*, 76, 1793–1805 (2015). <https://doi.org/10.1007/s00170-014-6394-2>
- Hoyos, E., Serna, M. C., De Backer, J., & Martin, J. (2023). Sustainability Score Comparison of Welding Strategies for the Manufacturing of Electric Transportation Components. *Sustainability (Switzerland)*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/su15118650>
- Izadikhah, M., & Farzipoor Saen, R. (2023). Developing a linear stochastic two-stage data envelopment analysis model for evaluating sustainability of supply chains: a case study in welding industry. *Ann Oper Res*, 322, 195–215. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04160-7>
- Jamal, J., Darras, B., & Kishawy, H. (2020). A study on sustainability assessment of welding processes. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B. *Journal of Engineering Manufacture*, 234(3), 501-512. doi:10.1177/0954405419875355

Mishra, D., Roy, R. B., Dutta, S., Pal, S. K., & Chakravarty, D. (2018). A review on sensor based monitoring and control of friction stir welding process and a roadmap to Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Processes*, 36, 373–397. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2018.10.016>

Nguyen, T.T., Nguyen, C.T. & Van, A.L. (2023). Sustainability-based optimization of dissimilar friction stir welding parameters in terms of energy saving, product quality, and cost-effectiveness. *Neural Comput & Applic*, 35, 5221–5249 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07898-8>

Nobrega, J. H. C., Pio, P. G. C., Fernandes, G. L., Botêlho, S. T., Araujo, T. C., Anholon, R., Ordóñez, R. E. C., Rampasso, I. S., Leal Filho, W., & Quelhas, O. L. G. (2019). Sustainability in manufacturing processes: practices performed in metal forming, casting, heat treatment, welding and electrostatic painting. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 26(8), 684 – 697. <https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1655111>

Peña-Azpiri, M.A. & Escudero-Nahón, A. (2020). Aproximaciones al aprendizaje ubicuo en ambientes educativos formales. Una revisión sistemática de la literatura, 2014-2019. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 12 (23), 187-212. <https://doi.org/10.22430/21457778.1716>

Reimann, J., Hammer, S., Henckell, P., Rohe, M., Ali, Y., Rauch, A., Hildebrand, J., & Bergmann, J.P. (2021). Directed energy deposition-arc (Ded-arc) and numerical welding simulation as a hybrid data source for future machine learning applications. *Applied Sciences*, 11(15), 7075. <https://doi.org/10.3390/app11157075>

Rivas, D., Quiza, R., Rivas, M., & Haber, R. E. (2020). Towards Sustainability of Manufacturing Processes by Multiobjective Optimization: A Case Study on a Submerged. *Arc Welding Process*, 8, 212904-212916. doi:10.1109/ACCESS.2020.3040196

- Saad, M. H., Jarrah, O. M., Nazzal, M. A., Darras, B. M., & Kishawy, H. A. (2020). Sustainability-based evaluation of Friction Stir Back Extrusion of seamless tubular shapes. *Journal of Cleaner Production*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121972>
- Saad, M.H., Darras, B.M. & Nazzal, M.A. (2021). Evaluation of Welding Processes Based on Multi-dimensional Sustainability Assessment Model. *Int. J. of Precis. Eng. and Manuf.-Green Tech.* 8, 57–75 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40684-019-00184-4>
- Singh, V., Chandrasekaran, M., & Samanta, S. (2021). Sustainability Assessment of Gas Metal Arc Welding Process of AISI 201LN using AHP-TLBO Integrated Optimization Methodology. *J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.* 43, 68 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40430-020-02786-5>
- Sinka, V. (2014). The present and future prospects of friction stir welding in aeronautics. *Acta Metallurgica Slovaca*, 20 (3), 287-294. DOI:10.12776/ams.v20i3.312
- Sued, M.K., Samsuri, S.S.M., Kassim, M.K.A.M, & Nasir, S.N.N.M. (2018). Sustainability of Welding Process through Bobbin Friction Stir Welding. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 318, 012068. Doi: 10.1088/1757-899X/318/1/012068
- Xu, Y. & Wang, Z. (2021). Visual sensing technologies in robotic welding: Recent research developments and future interests. *Sensors and Actuators A: Physical*, 320,(1), 112551. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.112551>
- Zhang, P., Li, Z., Liu, H., Zhang, Y., Li, H., Shi, C., Liu, P., & Yan, D. (2022). Recent progress on the microstructure and properties of high entropy alloy coatings prepared by laser processing technology: A review. *Journal of Manufacturing Processes*, 76, 397–411. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.02.006>