



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Análisis del proceso de rolado en el sector industrial: Una revisión
de literatura

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
Bachiller en Ingeniería Mecánica Eléctrica**

AUTORES:

Nepo Chero, Raul Lizandro (orcid.org/0000-0002-7946-7660)
Ochoa Chapa, Cristhian Omar (orcid.org/0000-0002-8264-0284)

ASESOR:

Dr. Davila Hurtado, Fredy (orcid.org/0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHICLAYO – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DAVILA HURTADO FREDY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "Análisis del proceso de rolado en el sector industrial: una revisión de literatura", cuyos autores son OCHOA CHAPA CRISTHIAN OMAR, NEPO CHERO RAUL LIZANDRO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 17 de Junio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DAVILA HURTADO FREDY DNI: 16670066 ORCID: 0000-0001-8604-8811	Firmado electrónicamente por: FRDAVILAH el 07-07- 2024 17:43:11

Código documento Trilce: TRI - 0762252



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, OCHOA CHAPA CRISTHIAN OMAR, NEPO CHERO RAUL LIZANDRO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Análisis del proceso de rolado en el sector industrial: una revisión de literatura", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado, ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
RAUL LIZANDRO NEPO CHERO DNI: 75524692 ORCID: 0000-0002-7946-7660	Firmado electrónicamente por: RLNEPOCH el 17-06-2024 12:26:23
CRISTHIAN OMAR OCHOA CHAPA DNI: 76352227 ORCID: 0000-0002-8264-0284	Firmado electrónicamente por: COCHOACH2599 el 17-06-2024 08:39:05

Índice de contenidos

Carátula	i
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	ii
Declaratoria de originalidad del autor(es)	iii
Índice de contenidos.....	iv
Resumen	v
Abstract.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	3
III. RESULTADOS	4
IV. CONCLUSIONES.....	11
REFERENCIAS.....	12
ANEXOS	16

Resumen

Para el desarrollo de los antecedentes del presente estudio, se encontró nueve investigaciones de los últimos cinco años. Concluyendo, que el proceso de mecanizado posee mejoras significativas en el sector industrial, sirviendo tanto para la mecánica como aeronáutica. El proceso de mecanizado, se definió como el proceso de deformación plástica en el que se reduce las medidas y espesor del material mediante varios pases de elementos cortantes y rodillos bajo condiciones controladas de temperatura y reducción. Respecto a las dimensiones del proceso de mecanizado, se consideró a las propuestas por Adhami et al. (2024), siendo la reducción de espesor, velocidad de mecanizado, temperatura de mecanizado, fuerza aplicada y el alisado del material. Sun et al. (2021) señalaron que una evaluación integral de material, exergía y emisiones en el mecanizado es crucial para optimizar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental en la producción de acero. El mecanizado ofrece oportunidades para disminuir pérdidas de exergía y emisiones.

Palabras clave: Rolado, diseño mecánico, sector industrial.

Abstract

For the development of the background of this study, nine investigations from the last five years were found. Concluding that the machining process has significant improvements in the industrial sector, serving both mechanics and aeronautics. The machining process was defined as the plastic deformation process in which the measurements and thickness of the material are reduced through several passes of cutting elements and rollers under controlled temperature and reduction conditions. Regarding the dimensions of the machining process, those proposed by Adhami et al. (2024) were considered, being the reduction of thickness, machining speed, machining temperature, applied force and smoothing of the material. Sun et al. (2021) pointed out that a comprehensive evaluation of material, exergy and emissions in machining is crucial to optimize energy efficiency and reduce the environmental impact in steel production. Machining offers opportunities to reduce exergy losses and emissions.

Keywords: Rolling, mechanical design, industrial sector.

I. INTRODUCCIÓN

El análisis del proceso de mecanizado en el sector industrial es crucial para optimizar la producción de metales, mejorando la eficiencia y las propiedades mecánicas de los productos finales. Por ejemplo, un estudio realizado por John et al. (2021) y Kaiju et al. (2020) examinaron el Proceso de laminado por Ultrasonido, una técnica avanzada que integra el impacto por ultrasonido y el laminado profundo para mejorar la integridad superficial de los materiales. Este método induce capas superficiales nanoestructuradas, lo que resulta en una mayor resistencia al desgaste y a la fatiga, siendo especialmente beneficioso para industrias como la aeroespacial y automotriz. Además, investigaciones recientes han explorado el desarrollo de procesos de laminado incremental, los cuales permiten un control más preciso de la deformación y mejoran la microestructura del material. Según Agrawal et al. (2022), estos métodos no solo optimizan la precisión de la deformación, sino que también aumentan la resistencia y la dureza del material, gracias a la refinación de granos lograda durante el proceso de rolado (Essa et al., 2022; Ullah et al., 2022).

Asimismo, el rolado corrugado ha mostrado ser una técnica eficaz para la producción de compuestos laminados bimetálicos con propiedades mejoradas. Esta metodología, que combina el rolado corrugado con el rolado plano, permite la fabricación de compuestos con interfaces de unión corrugadas, mejorando significativamente sus propiedades mecánicas (Guang et al., 2023; You et al., 2022).

El presente artículo de revisión de literatura hace énfasis en analizar la importancia de elaborar diferentes mecanismos, dispositivos o máquinas que permiten mejorar el proceso de mecanizado en el sector industrial. Si no se aborda la problemática relacionada con el proceso de mecanizado en el sector industrial, la eficiencia de la producción podría verse comprometida, resultando en mayores costos y una competitividad reducida. Además, habría un incremento en el desperdicio de materiales y emisiones de gases de efecto invernadero, lo que agravaría el impacto ambiental negativo y contravendría los objetivos de sostenibilidad global (John et al., 2021). Esto también limitaría la capacidad de la industria para innovar y adoptar

nuevas tecnologías, afectando la calidad de los productos y el crecimiento económico del sector.

El análisis del proceso de mecanizado en el sector industrial puede contribuir significativamente al ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura, específicamente a la Meta 9.4, que busca modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles mediante el uso de recursos con mayor eficiencia y la adopción de tecnologías limpias y ambientalmente racionales. Al optimizar los procesos de mecanizado, esta investigación promueve la eficiencia en la producción industrial, reduce el desperdicio de materiales y fomenta el uso de tecnologías avanzadas, lo cual apoya directamente la modernización sostenible de las industrias.

Para la presente investigación se planteó las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los antecedentes al estudio? ¿Cuáles son las definiciones de las variables de estudio más utilizadas? ¿Cuáles son las dimensiones planteadas con mayor frecuencia? ¿Cuáles son las teorías consideradas en las investigaciones?

Como objetivos se planteó determinar antecedentes de los últimos cinco años, identificar las definiciones de las variables de estudio más utilizadas en los artículos publicados, identificar las dimensiones de las variables de estudio más utilizadas en los artículos publicados, identificar las teorías relacionadas a las variables de estudio.

II. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión de la literatura que abarcó artículos publicados en revistas indexadas en bases de datos como Scopus, Science Direct, Web of Science y Scielo, además de incluir información bibliográfica y tesis de posgrado. Se extrajo información de estas fuentes para cumplir con los objetivos del estudio.

Para el primer objetivo, se utilizaron datos de 9 artículos; para el segundo objetivo, se revisaron 7 artículos; para el tercer objetivo, se analizaron 5 artículos científicos; y para el cuarto objetivo, se consultaron 4 artículos publicados en revistas indexadas.

Se recopilaron un total de 25 artículos para obtener la información necesaria para la investigación, que se analizaron para poder dar respuesta a los objetivos propuestos.

Se tuvo en consideración todas las medidas necesarias para garantizar la ética e integridad científica en esta investigación, siguiendo las normas de redacción y citación de la Universidad, y se evaluó la originalidad con el software Turnitin para asegurar un porcentaje de similitud inferior o igual al 20%.

III. RESULTADOS

Objetivo 1: determinar antecedentes de los últimos cinco años.

Al revisar información sobre las variables de estudio en diversas revistas científicas de alto impacto indexadas en bases de datos académicas, se consideraron antecedentes que permitieron un análisis profundo de las variables y su relación con diferentes contextos. Entre los artículos revisados, se incluyó un artículo de Agrawal et al. (2022) donde resumieron las tendencias recientes y los hallazgos experimentales en los principales procesos de rolado de metales, destacando el uso de modelos numéricos basados en simulaciones y métodos de elementos finitos (FEM) para optimizar la calidad de los materiales y los procesos, para ello revisaron numerosos estudios y experimentos previos realizados en varias instituciones académicas, aplicando instrumentos que incluyeron métodos numéricos como el método de elementos finitos (FEM), métodos de malla y multigrad, dinámica de fluidos computacional (CFD), métodos de elementos de contorno (BEM), y transformaciones rápidas de Fourier (FFT). Los resultados brindaron una comprensión consolidada de los problemas y avances en los procesos de laminación, destacando la importancia de la predicción precisa del comportamiento del material y la optimización de los procedimientos mediante simulaciones numéricas avanzadas.

Por otro lado, Essa et al. (2022) realizaron una investigación en una universidad de India, desarrollaron y validaron un nuevo proceso de conformado, Incremental Shape Rolling (ISR), que permitió la fabricación de componentes longitudinales de acero de alta resistencia con perfiles optimizados en forma y peso, abordando problemas comunes como el arrugamiento de las bridas, para ello se centraron en pruebas experimentales con materiales específicos (acero inoxidable y aluminio) utilizando muestras de tiras de metal pre-cortadas, donde los instrumentos empleados incluyeron un modelo numérico desarrollado en Abaqus Implicit, pruebas de tracción realizadas con una máquina Instron 5967, escaneo 3D para análisis de forma, y galgas extensiométricas bidireccionales para medir las deformaciones longitudinales y transversales. Del análisis de resultados, obtuvieron que el proceso ISR permite

desarrollar tensiones residuales de tracción en la brida, lo que facilita la deformación plástica y reduce los problemas de arrugamiento. Concluyeron que al incrementar el número de pasos de conformado mejora la calidad de la forma y minimiza el arrugamiento de la brida. En otras investigaciones, se tuvo un artículo que se enfocó en proporcionar una visión integral del proceso de laminado superficial ultrasónico (USRP), explicando sus propiedades, caracterización y aplicaciones en diversos materiales utilizados en las industrias aeroespacial, automotriz, nuclear y química, abordando múltiples estudios experimentales realizados en diferentes aleaciones de acero, titanio, aluminio y magnesio, donde los instrumentos empleados incluyeron análisis de microscopía electrónica de transmisión (TEM), espectroscopía de difracción de electrones retrodispersados (EBSD), pruebas de dureza Vickers, análisis de resistencia a la fatiga, y simulaciones numéricas utilizando modelos de elementos finitos. El principal resultado obtenido es que el USRP mejora significativamente las propiedades mecánicas y la integridad superficial de los materiales tratados, induciendo capas superficiales nanocristalinas que aumentan la dureza, resistencia a la fatiga, resistencia al desgaste, y resistencia a la corrosión (John et al., 2021).

En un artículo desarrollado en una institución de la India, evaluaron las técnicas de laminado en operaciones de conformado de metales, comparando el rendimiento de diferentes métodos de laminado, analizando sus defectos y áreas de aplicación de productos o componentes laminados, el estudio no menciona una muestra específica ya que se trata de una revisión de la literatura y un análisis comparativo de diferentes técnicas de laminado, aplicando como instrumentos análisis teóricos y experimentales de los procesos de laminado en caliente, laminado en frío, laminado plano y laminado controlado, además utilizaron modelos matemáticos para describir la deformación y la elongación en el proceso de laminado. Los resultados indicaron que cada método de laminado presenta ventajas y desventajas específicas. El laminado en caliente mejora la ductilidad y resistencia de los materiales, mientras que el laminado en frío proporciona un acabado superficial superior y tolerancias más estrictas (Ikumapayi et al., 2020).

En la investigación de Durante et al. (2020), investigaron la influencia del laminado en frío sobre la formabilidad del policarbonato mediante la formación incremental de láminas, evaluando cómo el proceso inicial de laminado modifica el comportamiento mecánico del material durante la formación incremental, con una muestra que consistió en láminas de policarbonato de diferentes espesores, algunas de las cuales fueron deformadas preliminarmente mediante laminado en frío para inducir endurecimiento por trabajo, aplicando como instrumentos una máquina de pruebas de tracción, una máquina CNC de cuatro ejes de alta velocidad C.B. Ferrari, un transductor piezoeléctrico Kistler 9257A para medir las fuerzas de formación, y software de adquisición de datos VBA 1.0B. Los resultados demostraron que el laminado en frío reduce la ductilidad del policarbonato y aumenta las fuerzas de formación durante la SPIF. Las láminas laminadas en frío mostraron menores ángulos de formabilidad máxima y una mayor probabilidad de fallos y defectos, como grietas y torsiones, en comparación con las láminas originales.

Adicionalmente, Eid & Sadawy (2020) en su artículo investigaron el papel de la deformación por laminado en frío en las características mecánicas del acero inoxidable austenítico AISI 304, centrándose en la influencia de la deformación efectiva sobre la microestructura y las propiedades mecánicas, empleando como muestras láminas de acero AISI 304 con un espesor inicial de 4 mm, tratadas térmicamente y luego laminadas en frío a diferentes grados de reducción de espesor (10.53%, 22.31%, 35.66%, 51.08%, y 69.32%), aplicando instrumentos que incluyeron un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF) para determinar la composición química, un microscopio electrónico de barrido (SEM) con espectroscopía de dispersión de energía (EDX), un difractómetro de rayos X (XRD), un durómetro Vickers, y una máquina universal de ensayos para realizar pruebas de tracción. El principal resultado obtenido es que la deformación efectiva durante el laminado en frío aumenta la densidad de dislocaciones y la fase martensítica en el acero AISI 304, mejorando significativamente la dureza y la resistencia a la tracción, pero disminuyendo la ductilidad del material.

En otro estudio efectuado en una universidad de China, se tuvo la investigación de Guo et al. (2023), donde mejoraron la resistencia de una aleación de magnesio-litio en fase β mediante un proceso de laminado multidireccional (MD) a diferentes temperaturas, analizando cómo estos procesos afectan la microestructura y las propiedades mecánicas de la aleación, empleando como muestras a los bloques de aleación Mg-16Li-4Zn-1Er, fundidos y laminados en diferentes condiciones, los bloques iniciales fueron cortados en muestras de 20 x 20 x 20 mm para el laminado, donde utilizaron microscopios electrónicos de barrido (SEM) y de transmisión (TEM) para el análisis microestructural, y usaron un sistema Gleeble-3500 para pruebas de compresión en caliente y un transductor piezoeléctrico para medir las fuerzas de laminado. El principal resultado obtenido es que el laminado multidireccional a -196 °C mejora significativamente la resistencia de la aleación, alcanzando una resistencia a la compresión de 331 MPa. Concluyeron que dicho proceso produce una distribución uniforme de nanogránulos de aproximadamente 56 nm, mejorando las propiedades mecánicas del material.

Una investigación desarrollada en China, elaborada por Tian et al. (2022) quienes investigaron los efectos del laminado en frío sobre la respuesta a tracción de polímeros vítreos amorfos, específicamente el policarbonato-glicol de tereftalato de etileno (PETG), evaluando cómo las condiciones de laminado afectan la resistencia mecánica y el endurecimiento por deformación, emplearon muestras de láminas de PETG con un grosor de 1.42 mm, donde dichas muestras fueron laminadas en frío con reducciones de espesor del 30% y 50%, y en diferentes direcciones (longitudinal y transversal), donde los instrumentos empleados fueron una máquina de pruebas universal Instron 3367, un sistema de DIC para medir la deformación, y una cámara CCD para capturar las superficies de las muestras durante las pruebas de tracción. Del análisis de resultados, determinaron que el laminado en frío en la dirección longitudinal aumenta significativamente la respuesta de endurecimiento por deformación, mientras que el laminado en la dirección transversal muestra una menor respuesta de endurecimiento. Además, la resistencia al rendimiento y la suavización por deformación también dependen de las condiciones de laminado.

Y en la investigación desarrollada por Kang et al. (2021) donde desarrollaron un sistema rotativo aislado de fricción para mejorar la precisión en procesos de fabricación rollo a rollo, mitigando los efectos adversos de las fluctuaciones de fricción en los rodamientos de bolas, con una muestra que consistió en un sistema prototipo de fabricación rollo a rollo equipado con rodamientos de bolas y un motor de accionamiento directo, los instrumentos empleados incluyen un motor de accionamiento directo (DDR), un controlador PID estándar, un amplificador PWM, un encoder de anillo para medir la posición angular, y un sistema de análisis modal para evaluar la rigidez y resonancia del sistema. Los resultados obtenidos indicaron que el sistema rotativo aislado de fricción reduce significativamente los errores de seguimiento de raíz cuadrada media (RMS) en un 61% durante movimientos a velocidad constante, en comparación con un sistema rotativo convencional sin aislamiento de fricción.

Objetivo 2: identificar las definiciones de las variables de estudio más utilizadas en los artículos publicados

Variable: Proceso de mecanizado

Para obtener una comprensión más precisa de las definiciones de la variable de estudio, se revisó información en varios artículos validados por distintos expertos en el proceso de mecanizado, encontrando que el proceso de mecanizado se define como el proceso de deformación plástica en el que se reduce las medidas y el espesor del material mediante varios pases de elementos cortantes o rodillos bajo condiciones controladas de temperatura y reducción (Wang et al., 2023; Huo et al., 2023; Shu et al., 2022; Zhang et al., 2021; Khan et al., 2021; Awasthi et al., 2021; Sun et al., 2021).

Objetivo 3: identificar las dimensiones de las variables de estudio más utilizadas en los artículos publicados

Dimensiones para proceso de mecanizado

Para obtener las dimensiones de la variable proceso de mecanizado, se tomó en

cuenta a las propuestas por Adhami et al. (2024), Zhou et al. (2022), Chen et al. (2021), Mercuri et al. (2021) y Samodurova et al. (2020), que consideraron a la reducción de espesor; definida como la variación en el espesor del material utilizado en el proceso; velocidad de mecanizado, definida como la rapidez con la que el material se mueve a través de los elementos deformadores durante el proceso de mecanizado; temperatura de mecanizado, que se define como el calor al que se somete un material, generalmente metal, durante el proceso de mecanizado; fuerza aplicada, es la presión que se ejerce sobre un material mediante los elementos deformadores para deformarlo y darle forma, donde dicha fuerza es crucial para lograr la reducción de las medidas y espesor además del alisado del material, asegurando su conformación adecuada según las especificaciones deseadas.

Objetivo 4: identificar las teorías relacionadas a las variables de estudio.

Con respecto a las teorías, se encontró la teoría de Sun et al. (2021), donde mencionaron que la evaluación integrada de las redes de material, exergía y emisiones, aplicada específicamente al proceso de mecanizado, es crucial para optimizar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental en la producción de acero. El mecanizado, como uno de los procesos fundamentales en la cadena de producción de acero, presenta oportunidades significativas para reducir las pérdidas de exergía y las emisiones de contaminantes al mejorar la eficiencia en el uso de energía y materiales. La implementación de tecnologías avanzadas y prácticas de gestión energética en el mecanizado puede contribuir sustancialmente a la sostenibilidad global de la industria del hierro y el acero, destacando la importancia de un enfoque holístico que abarque todos los procesos clave de producción.

Kargin et al. (2020), mencionaron que la integración de una evaluación exhaustiva de las redes de material, exergía y emisiones en el proceso de producción de acero permite identificar y abordar eficazmente las pérdidas de energía y las emisiones de contaminantes. En particular, el proceso de mecanizado, crucial en la producción de acero, presenta oportunidades significativas para optimizar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental. La implementación de tecnologías avanzadas y prácticas

de gestión energética en el mecanizado puede reducir significativamente las pérdidas de exergía y las emisiones, contribuyendo así a la sostenibilidad de toda la industria del hierro y el acero.

Ma et al. (2022), mencionaron una teoría importante derivada de los resultados obtenidos en la investigación sobre la aleación de Mg-Gd-Y-Zn-Zr es que el proceso de mecanizado anular, combinado con el tratamiento de envejecimiento, mejora significativamente las propiedades mecánicas de la aleación debido a la formación de una microestructura bimodal. Este proceso induce la precipitación dinámica de fases reforzantes, como la fase Mg₅RE y las fases de LPSO, que proporcionan un fortalecimiento disperso, refinamiento de granos, y fortalecimiento por fibras cortas. Este enfoque no solo incrementa la resistencia y ductilidad del material, sino que también optimiza la microestructura para aplicaciones de alta resistencia en la industria, demostrando que el proceso de mecanizado es crucial para lograr estas mejoras en las propiedades mecánicas de las aleaciones de magnesio.

Shen et al. (2023), indicaron sobre el mecanizado cruzado de la aleación de magnesio AZ31 es que el proceso de mecanizado cruzado multipase mejora significativamente la anisotropía mecánica y las propiedades del material debido a la refinación de granos y la activación de deslizamientos no basales. Este proceso reduce la anisotropía mecánica al debilitar la textura basal y promover la formación de gemelos de extensión y contracción, lo que distribuye más uniformemente la deformación y aumenta la resistencia y ductilidad del material. Por lo tanto, el mecanizado cruzado multipase se presenta como un método eficaz para mejorar la integridad estructural y el rendimiento de las aleaciones de magnesio en aplicaciones industriales.

IV. CONCLUSIONES

1. Para el desarrollo de los antecedentes del presente estudio, se encontró 9 investigaciones de los últimos cinco años. Concluyendo, que el proceso de mecanizado posee mejoras significativas en el sector industrial, sirviendo tanto para la mecánica, automotriz como aeroespacial.
2. El proceso de mecanizado, se definió como el proceso de deformación plástica en el que se reduce las medidas y el espesor del material mediante varios pases de los elementos cortantes y rodillos bajo condiciones controladas de temperatura y reducción.
3. Respecto a las dimensiones del proceso de mecanizado, se consideró a las propuestas por Adhami et al. (2024), Zhou et al. (2022), Chen et al. (2021), Mercuri et al. (2021) y Samodurova et al. (2020), siendo la reducción de espesor, velocidad de mecanizado, temperatura de mecanizado, fuerza aplicada y el alisado del material.
4. Sun et al. (2021) destacaron que evaluar integralmente las redes de material, exergía y emisiones en el proceso de mecanizado es esencial para optimizar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental en la producción de acero. El mecanizado, como proceso fundamental, ofrece oportunidades significativas para disminuir pérdidas de exergía y emisiones mediante mejoras en el uso de energía y materiales. Implementar tecnologías avanzadas y prácticas de gestión energética en el mecanizado puede sustancialmente contribuir a la sostenibilidad de la industria siderúrgica, resaltando la necesidad de un enfoque holístico que abarque todos los procesos clave de producción.

REFERENCIAS

- ADHAMI, M., EGHBALI, B., & JAFARI, R. (2024). Effect of Annealing on the Interface and Microstructural Properties of Al/Cu Composites Processed by Hot Pressing and Subsequent Cold Rolling. *Journal of Materials Engineering and Performance*. <https://doi.org/10.1007/s11665-024-09195-y>
- AGRAWAL, P., et al. (2022). A comprehensive review on incremental deformation in rolling processes. *Journal of Engineering and Applied Science*, 69(20), 1-28. <https://doi.org/10.1186/s44147-022-00072-w>
- AWASTHI, A., SAXENA, K. K., & ARUN, V. (2021). Sustainable and smart metal forming manufacturing process. *Materials Today: Proceedings*, 44(1), 2069-2079. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.177>
- CHEN, Z., et al. (2021). Multi-faceted modelling for strip breakage in cold rolling using machine learning. *International Journal of Production Research*, 59(21), 6347-6360. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1812753>
- DURANTE, M., et al. (2020). Influence of cold-rolling on incremental sheet forming of polycarbonate. *Materials and Manufacturing Processes* , 35(3), 328-336. <https://doi.org/10.1080/10426914.2020.1726946>
- EID, E. A., & SADAWY, M. M. (2020). Role of Effective Strain During Cold Rolling Deformation on Mechanical Characteristics of AISI 304 Steel. *Metals and Materials International*, 27, 4536-4549. <https://doi.org/10.1007/s12540-020-00722-9>
- ESSA, A., et al. (2022). Prototyping of straight section components using incremental shape rolling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 121, 3883-3901. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09600-7>
- GUANG, F., WANG, L., & GAO, H. (2023). Lattice severe deformation rolling (LSDR) for bimetal laminated composite preparation. *Materials and Manufacturing Processes* , 38(4), 409-415. <https://doi.org/10.1080/10426914.2022.2075891>

- GUO, Z., et al. (2023). High-Strength β -Phase Magnesium–Lithium Alloy Prepared by Multidirectional Rolling. *Materials*, 16(8), 1-20. <https://doi.org/10.3390/ma16083227>
- HUO, P. D., et al. (2023). Achieving large-scale gradient structure in the AZ31 magnesium alloys for extraordinary strength-ductility synergy by hard plate rolling. *Journal of Alloys and Compounds*, 944, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.169176>
- IKUMAPAYI, O. M., et al. (2020). Rolling operation in metal forming: Process and principles – A brief study. *Materials Today: Proceedings*, 26(2), 1644-1649. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.343>
- JOHN, M., et al. (2021). Ultrasonic Surface Rolling Process: Properties, Characterization, and Applications. *Applied Sciences*, 11(22), 1-32. <https://doi.org/10.3390/app112210986>
- KAIJU, L., et al. (2020). High-temperature low cycle fatigue behavior of an equiatomic CoCrFeMnNi high-entropy alloy. *Materials Science and Engineering*, 791, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2020.139781>
- KANG, D., et al. (2021). Friction isolated rotary system for high-precision roll-to-roll manufacturing. *Precision Engineering*, 68, 358-364. <https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2020.12.018>
- KARGIN, D. B., et al. (2020). Structure, Morphology and Magnetic Properties of Hematite and Maghemite Nanopowders Produced from Rolling Mill Scale. *Steel in Translation*, 50(3), 146-154. <https://doi.org/10.3103/S0967091220030055>
- KHAN, H. A., et al. (2021). Roll Bonding Processes: State-of-the-Art and Future Perspectives. *Metals*, 11(9), 1-27. <https://doi.org/10.3390/met11091344>
- MA, Z., et al. (2022). Microstructural evolution and enhanced mechanical properties of Mg–Gd–Y–Zn–Zr alloy via centrifugal casting, ring-rolling and aging. *Journal of Magnesium and Alloys*, 10(1), 119-128. <https://doi.org/10.1016/j.jma.2020.11.009>

- MERCURI, A., et al. (2021). Experimental and numerical analysis of roll bending process of thick metal sheets. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1038, 1-15. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1038/1/012067>
- SAMODUROVA, M. N., et al. (2020). Calculating Power Parameters of Rolling Mill Based on Model of Deformation Zone with Four-Roll Passes. *Machines*, 8(4), 1-22. <https://doi.org/10.3390/machines8040073>
- SHEN, T., et al. (2023). The improvement on mechanical anisotropy of AZ31 magnesium alloy sheets by multi cross-rolling process. *Journal of Alloys and Compounds*, 963, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.171252>
- SHU, X., et al. (2022). Research and prospect of flexible forming theory and technology of hollow shaft by three-roll skew rolling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 123, 689-707. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10242-y>
- SUN, J., et al. (2021). Strip Crown Prediction in Hot Rolling Process Using Random Forest. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 22, 301-311. <https://doi.org/10.1007/s12541-020-00454-1>
- SUN, J., et al. (2021). A comprehensive assessment on material, exergy and emission networks for the integrated iron and steel industry. *Energy*, 235, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121429>
- TIAN, C., et al. (2022). Effects of cold rolling on the tensile response of glassy polymers: Experiments and modeling. *Mechanics of Materials*, 165, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2021.104138>
- ULLAH, S., et al. (2022). A Review on Part Geometric Precision Improvement Strategies in Double-Sided Incremental Forming. *Metals*, 12(1), 1-26. <https://doi.org/10.3390/met12010103>
- WANG, P., et al. (2023). Multi-objective optimal edge-drop control in tandem cold rolling of silicon steel strip. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 125, 5385-5395. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-10937-w>

- YOU, J., et al. (2022). Microstructural evolution and mechanical properties of the Al–Cu dissimilar joint enhanced by stationary-dynamic shoulder friction stir welding. *Journal of Materials Processing Technology*, 300, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2021.117402>
- ZHANG, S.Y., et al. (2021). Relieving segregation in twin-roll cast Mg–8Al–2Sn–1Zn alloys via controlled rolling. *Journal of Magnesium and Alloys*, 9(1), 254-265. <https://doi.org/10.1016/j.jma.2020.04.007>
- ZHOU, D., et al. (2022). Intelligent Manufacturing Technology in the Steel Industry of China: A Review. *Sensors*, 22(21), 1-20. <https://doi.org/10.3390/s22218194>

ANEXOS

ANEXO 01. Cantidad de artículos incluidos para revisión.

Base de datos	Artículos encontrados	Artículos de acceso abierto	Artículos 2020 - 2024	Artículos área temática Ingeniería (Energía u otros)	Artículos incluidos
Scopus	139	47	29	20	17
Science Direct	8923	1933	1434	589	8
Total	9062	1980	1463	609	25

ANEXO 02. Listado de artículos incluidos para revisión.

N°	Título original	Autor (es)	Año de publicación	País	Enlace
1	A comprehensive review on incremental deformation in rolling processes	Agrawal et al.	2022	India	https://link.springer.com/article/10.1186/s44147-022-00072-w
2	Prototyping of straight section components using incremental shape rolling	Essa et al.	2022	India	https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-022-09600-7
3	Ultrasonic Surface Rolling Process: Properties, Characterization, and Applications	John et al.	2021	India	https://www.mdpi.com/2076-3417/11/22/10986
4	Rolling operation in metal forming: Process and principles – A brief study	Ikumapayi et al.	2020	Sudáfrica	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320310981
5	Influence of cold-rolling on incremental sheet forming of polycarbonate	Durante et al.	2020	Italia	https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10426914.2020.1726946
6	Role of Effective Strain During Cold Rolling Deformation on Mechanical Characteristics of AISI 304 Steel	Eid & Sadawy	2020	Egipto	https://link.springer.com/article/10.1007/s12540-020-00722-9
7	High-Strength β -Phase Magnesium–Lithium Alloy Prepared by Multidirectional Rolling	Guo et al.	2023	China	https://www.mdpi.com/1996-1944/16/8/3227
8	Effects of cold rolling on the tensile response of glassy polymers: Experiments and modeling	Tian et al.	2022	China	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167663621003513
9	Friction isolated rotary system for high-precision roll-to-roll manufacturing	Kang et al.	2021	Estados Unidos	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141635920310205
10	Multi-objective optimal edge-drop control in tandem cold rolling of silicon steel strip	Wang et al.	2023	China	https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-023-10937-w
11	Effect of Annealing on the Interface and Microstructural Properties of Al/Cu Composites Processed by Hot Pressing and Subsequent Cold Rolling	Adhami et al.	2024	Iran	https://link.springer.com/article/10.1007/s11665-024-09195-y
12	Experimental and numerical analysis of roll bending process of thick metal sheets	Mercuri et al.	2021	Italia	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/4028/4/042007
13	A comprehensive assessment on material, exergy and emission networks for the integrated iron and steel industry	Sun et al.	2021	China	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221016777
14	Intelligent Manufacturing Technology in the Steel Industry of China: A Review	Zhou et al.	2022	China	https://www.mdpi.com/1424-8220/22/21/8194
15	Structure, Morphology and Magnetic Properties of Hematite and Maghemite Nanopowders Produced from Rolling Mill Scale	Kargin et al.	2020	Kazajistan	https://link.springer.com/article/10.3103/S0967091220030055
16	Microstructural evolution and enhanced mechanical properties of Mg–Gd–Y–Zn–Zr alloy via centrifugal casting, ring-rolling and aging	Ma et al.	2022	Canadá	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213956720302371
17	The improvement on mechanical anisotropy of AZ31 magnesium alloy sheets by multi cross-rolling process	Shen et al.	2023	China	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925838823025550
18	Strip Crown Prediction in Hot Rolling Process Using Random Forest	Sun et al.	2021	China	https://link.springer.com/article/10.1007/s12541-020-00454-1
19	Research and prospect of flexible forming theory and technology of hollow shaft by three-roll skew rolling	Shu et al.	2022	China	https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-022-10242-y
20	Relieving segregation in twin-roll cast Mg–8Al–2Sn–1Zn alloys via controlled rolling	Zhang et al.	2021	China	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213956720301110
21	Calculating Power Parameters of Rolling Mill Based on Model of Deformation Zone with Four-Roll Passes	Samodurova et al.	2020	Rusia	https://www.mdpi.com/2075-1702/8/4/73
22	Achieving large-scale gradient structure in the AZ31 magnesium alloys for extraordinary strength-ductility synergy by hard plate rolling	Huo et al.	2023	China	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925838823004796
23	Sustainable and smart metal forming manufacturing process	Awasthi et al.	2021	Corea del Sur	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221478532039862X
24	Roll Bonding Processes: State-of-the-Art and Future Perspectives	Khan et al.	2021	Pakistán	https://www.mdpi.com/2075-4701/11/9/1344
25	Multi-faceted modelling for strip breakage in cold rolling using machine learning	Chen et al.	2020	Reino Unido	https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2020.1812753