



LIBRO DE RESÚMENES DEL X SIMPOSIO NACIONAL Y III REUNIÓN LATINOAMERICANA DE INGENIERÍA DE SUPERFICIES Y TRIBOLOGÍA



REDISYT 2024

Querétaro. Qro. México del 7 al 11 de octubre



2024

X Simposio Nacional y III Reunión Latinoamericana de Ingeniería de Superficies y Tribología

Querétaro. Qro. México del 7 al 11 de octubre

Libro de resúmenes

Edición

Jorge Manuel Chávez Aguilar
Luis Alberto López Tejeda
Martín Flores Martínez

D. R. © 2024, Jorge Manuel Chávez Aguilar
ISBN 978-607-26871-0-3
Hecho en México

Libro de Resúmenes del X Simposio Nacional y III Reunión Latinoamericana de Ingeniería de Superficies y Tribología, 7 al 11 de octubre de 2024, Querétaro, Querétaro, México

Bienvenida

Le damos la bienvenida al X Simposio Nacional y Tercera Reunión Latinoamericana de Ingeniería de Superficies y Tribología, organizada de manera conjunta entre la Red de Ingeniería de Superficies y Tribología de México y la agrupación brasileña TriboBR, así como investigadores de Chile y Colombia.

Este evento busca reunir a la comunidad tribológica y de ingeniería de superficies de Latinoamérica, difundiendo nuevo conocimiento, promoviendo la colaboración internacional y fortaleciendo los vínculos entre el sector académico y productivo.

La ingeniería de superficies y la tribología se encuentran a la vanguardia de la búsqueda de nuevas soluciones para el incremento de la eficiencia energética de sistemas mecánicos y la disminución del impacto ambiental. Entre los sectores que más soluciones demandan en la actualidad, podemos mencionar la tribología verde y la lubricación en ambientes extremos, para este fin en este simposio se incluyen los siguientes tópicos:

- Tribología
- Superficies
- Lubricantes
- Biomateriales
- Nanopartículas y nanocompuestos
- Películas delgadas
- Simulación y modelado
- Corrosión y electroquímica

Los esperamos,

Comité Organizador

X Simposio Nacional y Tercera Reunión Latinoamericana de Ingeniería de Superficies y Tribología, 2024, Querétaro, México del 7 al 11 de octubre de 2024.

Comité organizador REDISYT

Dr. Martín Flores Martínez

Universidad de Guadalajara

Dr. Stephen Muhl Saunders

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Ariosto Medina Flores

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Dr. José de Jesús Ibarra Montalvo

Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez

Dr. Omar Jiménez Alemán

Universidad de Guadalajara

Dr. Andrés López Velázquez

Universidad Veracruzana

Dr. Giuseppe Pin

Universidade Tecnológica Federal do Paranátaude

Comité organizador local

Juan Manuel González Carmona

Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial

Astrid Lorena Giraldo

Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados

Diego G. Espinosa Arbeláez

Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial

Saul Piedra González

Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial

Guillermo C. Mondragón Rodríguez

Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial

Minerva Robles Agudo

Universidad Tecnológica de Querétaro

Gerardo Vergara García

Universidad Tecnológica de Querétaro

Jaqueline G. Bocarando Chacón

Universidad Tecnológica de Querétaro

José Manuel Juárez García

Universidad Tecnológica de Querétaro

Mensaje del comité organizador

El Simposio Nacional de Ingeniería de Superficies y Tribología se ha celebrado cada año desde el 2015 hasta el 2021 organizado por la Red de Ingeniería de Superficies y Tribología de México. A partir de 2022 se convirtió en el VIII Simposio Nacional y I Reunión Latinoamericana de Ingeniería de Superficies y Tribología, con lo cual se internacionalizó mediante la participación en su organización de investigadores de Argentina, Brasil y Chile. En este evento el X Simposio Nacional y III Reunión Latinoamericana de Ingeniería de Superficies y Tribología se contó con la participación de conferencias plenarias y cursos de investigadores de Colombia, Chile, Estados Unidos, Países Bajos y Argentina, además de los de México; continuando con el fortalecimiento de la internacionalización. Se presentaron 7 conferencias plenarias, 6 cursos, 53 participaciones orales y 57 en modalidad de póster, sumando en total 123 participaciones. Los tópicos más frecuentes de las presentaciones fueron superficies, tribología y películas delgadas, siendo menor la presentación de temas de lubricación y simulación. Se gestionó un número especial titulado "Coatings and Surface Engineering for Sustainable Tribological Applications" en la revista Surface and Coatings Technology con factor de impacto de 5.4. Este número especial contribuirá a que sean publicadas en conjunto en una revista internacional de reconocido prestigio las investigaciones presentadas en el simposio. Agradecemos a las instituciones anfitrionas Universidad Tecnológica de Querétaro y Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial – CIDESI, la disponibilidad de sus instalaciones y los esperamos en Viña del Mar Chile en octubre de 2025.

Comité Organizador

X Simposio Nacional y Tercera Reunión Latinoamericana de Ingeniería de Superficies y Tribología, 2024, Querétaro, México del 7 al 11 de octubre de 2024.

Número especial

Coatings and Surface Engineering for Sustainable Tribological Applications

Special issue in Surface and Coatings Technology

Submission deadline: **15 July 2025**

Through the use of coatings and other surface modifications, surface engineering aims to functionalize and improve the resistance to wear and corrosion of materials used in a wide field of applications, and therefore to increase the useful life of parts, saving the energy that would be used to manufacture and replace damaged components. In tribological systems, surface phenomena such as wear, corrosion, friction and solid or liquid lubrication have a critical role to ensure the proper functioning of the system, whether it is an engine or a wind turbine. The development of new solutions to increase the energy efficiency of mechanical systems and reduce environmental impact requires the advancement of research in surface engineering and coatings, with appropriate thermal, corrosion and wear resistance for each application. Other types of coatings with low friction coefficient or functionalization to interact with lubricants for boundary lubrication have been demanded. Surface engineering and functionalized coating will be critical to reach sustainability. This Special Issue is open to everyone in the field, and includes a selection of works presented at the X National Symposium and III Latin American Meeting on Surface Engineering and Tribology, October 7 -11 2024, Queretaro, México.

Guest editors:

Martín Flores, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México;
Stephen Muhl, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico City, Mexico

Important Dates:

Submission Open Date: 15/07/2024

Manuscript Submission Deadline: 15/07/2025

Keywords:

- Coatings for sustainability
- Hard Coatings
- Thin films to improve corrosion resistance
- Surface analysis of surface modification
- Nitriding and Boriding
- Anodizing
- Functionalized surfaces for lubrication
- Surface deterioration by corrosion or wear phenomena
- Surface engineering and coatings for tribological applications
- Surface treatments for nonferrous alloys
- Plasma assisted surface treatments

Patrocinadores





X Simposio
Nacional y
III Reunión
Latinoamericana
de Ingeniería de
Superficies y
Tribología

www.iim.unam.mx/redisyt

CONTACTO
redisyt.mx@gmail.com



REDISYT

TriboBR

Octubre
7-11,
2024

PLENARIAS



CURSOS CORTOS



SESIÓN ORAL Y PÓSTER



LUGAR

Universidad Tecnológica de
Querétaro y
Centro de Ingeniería y Desarrollo
Industrial - CIDESI
Querétaro. Qro. México





Programa

	Lunes 7 de Oct.	
	X SIMPOSIO NACIONAL Y TERCERA REUNIÓN LATINOAMERICANA DE INGENIERÍA DE SUPERFICIES Y TRIBOLOGÍA 2024	
8:00:00 AM	AUDITORIO GENERAL UTEQ INSCRIPCIÓN/INAUGURACIÓN	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	SALA B: AULA MAGNA REDIFICIO PIDET (2do piso)
9:00:00 AM	CURSO 1: Coatings Nanomechanics	CURSO 4: Ciencia e Ingeniería de Vacío
10:00:00 AM	CAFÉ	
10:20:00 AM	AUDITORIO GENERAL UTEQ PLENARIA: Samir M. Aouadi University of North Texas Self-healing ceramic coatings in extreme environments	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	SALA B: AULA MAGNA REDIFICIO PIDET (2do piso)
11:20:00 AM	SiO ₂ /Ti/Pt Hot wire filament for high speeds and its implementation in mechanical ventilators as micro anemometer Iker Rodrigo Chávez Urbiola	Enigma o rompecabezas de la relación entre: herramienta – recubrimiento – desgaste Stephen Muhl
11:40:00 AM	Evaluación de las propiedades mecánicas de un híbrido: Celulosa/grafenos funcionalizados con TiO ₂ para sensores de gases Luz Ma. García-Rivera	Estudio de la fricción y el desgaste por contacto recíprocante bola-plano en recubrimientos de oxinitruro de TiAlON Jesús Cornelio Mendoza Mendoza
12:00:00 AM	Evaluación de las Propiedades Mecánicas en la capa endurecida por carburizado a baja presión del Acero Inoxidable 17-4PH fabricado por Manufactura Convencional y Aditiva Luis Miguel Ballesteros Ospina	Síntesis de ortoferritas RFeO ₃ (R=La, Er, Nd) por combustión para aplicaciones electroquímicas Mayra Yazmin González Vázquez
12:20:00 PM	CAFÉ	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	SALA B: AULA MAGNA REDIFICIO PIDET (2do piso)
12:40:00 PM	Estructura, propiedades mecánicas y comportamiento tribológico de recubrimientos multicapa de Hf/HfN depositados por erosión catódica con magnetrón. Marco Antonio Hernandez Campos	Mejora de la protección anticorrosiva del cobre utilizando recubrimientos híbridos sol-gel obtenidos por la técnica inmersión Delia López Suero
1:00:00 PM	Evaluación adhesiva y tribológica del boro-nitrurado en un acero AISI 1018 José Antonio Nieto Sosa	Effect of the laser fluence on the physical properties of thin films deposited from the ablation of BaTiS ₃ perovskites José Guadalupe Quiñones Galván
1:20:00 AM	Metodología para la detección de grietas superficiales en material de riel con fatiga a través de corrientes de "eddy" Víctor Hugo Anaya Arcos	Optical and structural evolution analysis of neodymium oxide thin films deposited by PLD Laura Patricia Rivera Reséndiz
2:00:00 AM	COMIDA	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	SALA B: AULA MAGNA REDIFICIO PIDET (2do piso)
3:00:00 PM	Study of titanium borides under cyclic contact loading. Hugo Alberto Pérez Terán	Análisis tribológico de la falla en direcciones hidráulica de servicio pesado debido al uso de aceites regenerados Ing. Miguel Ángel García Maldonado
3:20:00 PM	Impacto de los parámetros de tratamiento en el proceso de borurización en caja asistido por un campo de corriente directa pulsante Luis Eduardo Casillo Vela	Análisis numérico de los efectos producidos por el bruxismo en la zona oclusal de un diente para prótesis fabricados de diferentes materiales dentales. Miguel Martínez Mondragón



3:40:00 PM	La Borurización híbrida en el acero AISI 1018: Un enfoque eléctrico y estadístico bajo condiciones de baja y media temperatura de tratamiento Karen Daniela Chaparro Pérez	Influencia del anodizados electroquímico y tratamiento termico en los valores obtenidos mediante la técnica de Scratch (rayado) Rebeca Cristal Rodríguez Jiménez
4:00:00 PM	Efecto de la geometría del espécimen en el crecimiento de la capa FeB-Fe ₂ B en un acero AISI 1018 sometido a la borurización híbrida. Yarely Abigail Figueroa Ruiz.	Estudio electroquímico y tribológico del acero 316L inmerso en solución Ringer Mariana Villalvazo Vazquez
4:20:00 PM	Evaluación mecánica de la superaleación nitrurada IN718: adhesión práctica y daño acumulado Gerardo Luis Pantoja	Análisis bibliométrico de la resistencia a la corrosión de capas boruradas en aleaciones metálicas por técnicas electroquímicas Eduardo López López
4:40:00 PM	Efecto de la geometría del espécimen en el comportamiento del campo eléctrico en la borurización híbrida de un acero AISI 1018. Sergio Jiménez Corona	Efecto de la adición de un sistema de enfriamiento en un plasma anódico Daniela Shealsey Jacobo Mora

	Martes 8 de Oct.	
	X SIMPOSIO NACIONAL Y TERCERA REUNIÓN LATINOAMERICANA DE INGENIERÍA DE SUPERFICIES Y TRIBOLOGÍA 2024	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	SALA B: AULA MAGNA REDIFICIO PIDET (2do piso)
9:00:00 AM	CURSO 3: Biosuperficies: Explorando la interseccionalidad entre los materiales y la biología	CURSO 5: Triboluminiscencia
10:00:00 AM	AUDITORIO GENERAL UTEQ	
	PLENARIA: Esteban Broitman SKF - Research and Technology Development (RTD) Nanomechanical and Tribological Properties of Conversion Coatings for Railway Rolling Bearing Applications.	
11:00:00 AM	CAFÉ	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	SALA B: AULA MAGNA REDIFICIO PIDET (2do piso)
11:20:00 AM	Nuevos desarrollos de recubrimientos para aplicaciones de corte y formado en la Industria Idalia Marquez Jurado	Influencia de la distancia de rociado en las propiedades mecánicas, térmicas y microestructurales de recubrimientos de Zirconia-Ittria-Tantala desarrollados mediante la técnica de plasma por suspensión - SPS María Catalina Galeano Camacho
11:40:00 AM	Tribological behavior of TiAlON coatings manufactured by cathodic arc for high temperature applications. Ines Carolina Ortega Portilla	Influencia del tratamiento térmico aplicado a los sustratos de FTO/TiO ₂ a las propiedades fotovoltaicas de las celdas solares de perovskita híbrida. Mario Alejandro Millan Franco
12:00:00 PM	Estudio analítico del desgaste por envejecimiento acelerado de materiales ferrosos, en atmosferas salinas con temperatura controlada y aplicaciones de radiación UV. Misael Flores Báez	Propiedades Mecánicas de la región de reacción de un cerámico de La ₂ Zr ₂ O ₇ infiltrado con cenizas volcánicas del Popocatepetl María Catalina Galeano Camacho
12:20:00 PM	Efecto de los esfuerzos de contacto en la resistencia al desgaste del UHMWPE reforzado con nanotubos de C vs recubrimientos sólidos lubricantes Guillermo Cesar Mondragón Rodríguez	El control de calidad en procesos de recubrimientos en la industria automotriz Johans Restrepo
12:40:00 PM	CAFÉ	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	SALA B: AULA MAGNA REDIFICIO PIDET (2do piso)



1:00:00 PM	Caracterización y desempeño al desgaste de sustratos borurados en aceros Grado herramienta José Luis Bernal Ponce	Análisis estructural y morfológico de películas delgadas de titanato de estroncio por ablación láser. Pablo Agustín Calderón Franco
1:20:00 PM	Estudio de las propiedades tribológicas de recubrimientos de acero inoxidable 17-4PH fabricados por Laser Cladding en medios lubricantes sintéticos y vegetales Luis Miguel Ballesteros Ospina	Formulación de mezclas de poliéster usando óxido de grafeno como refuerzo para la preparación de materia prima para la fabricación de recubrimientos en aleaciones de aluminio aeronáutico Cintia Yvette López Ruíz
1:40:00 PM	Explorando la síntesis de una aleación multielemental de C-Cu-Mo-Ti-Ta, depositada mediante la técnica sputtering con magnetrón Julio César Cruz Cárdenas	Influencia de las variaciones composicionales en la estructura y bioactividad de vidrios bioactivos del sistema SiO ₂ -CaO-P ₂ O ₅ Francisco Javier Romero Argote
2:00:00 AM	COMIDA	
	AUDITORIO GENERAL UTEQ	
3:00:00 PM	CURSO 7 How to Get Published in a Scientific Journal	
3:20:00 PM		
3:40:00 PM		
4:00:00 PM	CAFÉ	
4:20:00 PM	CURSO 7 How to Get Published in a Scientific Journal	
4:40:00 PM		
5:00:00 PM		

	Miércoles 9 de Oct.	
	X SIMPOSIO NACIONAL Y TERCERA REUNIÓN LATINOAMERICANA DE INGENIERÍA DE SUPERFICIES Y TRIBOLOGÍA 2024	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	SALA B: SALA DE POSGRADO 7/8 EDIFICIO PIDET (2do piso)
9:00:00 AM	CURSO 1: Coatings Nanomechanics	CURSO 6: Caracterización de materiales por medio de refinamiento Rietveld
10:00:00 AM	AUDITORIO GENERAL UTEQ	
	PLENARIA: Juan Muñoz Saldaña CINVESTAV Queretaro Thermal Spray Process Optimization Strategies.	
11:00:00 AM	CAFÉ	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	SALA B: SALA DE POSGRADO 7/8 EDIFICIO PIDET (2do piso)
11:40:00 AM	Influencia de los parámetros de depósito en la estructura y microestructura de recubrimientos de hidroxiapatita biogénica fabricados por rociado por flama. Jhan Danilo Salazar-MarRnez	Evaluación del comportamiento bio-tribocorrosivo en capas de boruros de cobalto Angel Manuel Delgado Brito
12:00:00 PM	Efecto de la protección catódica en desempeño tribocorrosivo de una aleación Co-20%Cr y una ASTM F75 expuestas en una solución que simula el líquido sinovial Ivonne Mejía Caballero	Propiedades mecánicas y tribológicas del titanio grado 2 anodizado con dos solventes orgánicos en distintas proporciones Rebeca Cristal Rodríguez Jiménez
12:20:00 PM	Caracterización tribológica de películas de hidroxiapatita para la realización de ensayos en tribosimulación. Tomas De La Mora Ramírez	Evaluación Tribológica de Superficies Determinísticas Fabricadas a Través de Fusión Selectiva por Láser y Micro Mecanizado CNC en Acero Inoxidable AISI 316L Daniel Silva Lopera



12:40:00 PM	Diseño y fabricación de recubrimientos multicapa bicerámicos de HfN/TiN por co-sputtering Jorge Bertin Santaella González	Estudio de la resistencia a la corrosión en agua de mar natural más ácido sulfúrico de multicapas Cr/CrC/DLC/CNx/DLC depositadas por HiPIMS sobre acero AISI 4317 José Jesús Chagoya Serna
1:00:00 PM	Influencia de las propiedades mecánicas en la aleación CoCrMo mejoradas superficialmente a través del proceso de borurización en la aplicación del potencial de picadura y un potencial de protección catódica. Ilvone Mejía Caballero	Estimación de la cinética de crecimiento de capas de boruros mediante tratamiento de endurecimiento superficial con corriente directa pulsante Alan Daniel Contla Pacheco
AUDITORIO GENERAL UTEQ		
1:20:00 AM	PLENARIA: Fabio Vargas Galvis Universidad de Antioquia Recubrimientos elaborados mediante proyección térmica para aplicaciones no convencionales: descontaminación de aire y refractarios	
2:00:00 AM	COMIDA	
3:00:00 PM	POSTERS / AUDITORIO GENERAL UTEQ	
3:20:00 PM		
3:40:00 PM		
4:00:00 PM		
4:20:00 PM		
4:40:00 PM		
5:00:00 PM		

	Jueves 10 de Oct.	
	X SIMPOSIO NACIONAL Y TERCERA REUNIÓN LATINOAMERICANA DE INGENIERÍA DE SUPERFICIES Y TRIBOLOGÍA 2024	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	SALA B: AUDITORIO EDIFICIO PIDET
9:00:00 AM	CURSO 2: Introducción a la tribología y la tribocorrosión	CURSO 6: Caracterización de materiales por medio de refinamiento Rietveld
10:00:00 AM	AUDITORIO GENERAL UTEQ	
	PLENARIA: Sonia Patricia Brühl Universidad Tecnológica Nacional, Combinación de tratamientos de difusión y recubrimientos asistidos por plasma para lograr mejores resultados en resistencia al desgaste y corrosión en distintos aceros	
11:00:00 AM	CAFÉ	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	
11:20:00 AM	Tribología aplicada a compuestos de matriz metálica (Stellite 6/WC-12Co) por deposición de energía Dirigida Viridiana Humarán Sarmiento	
11:40:00 AM	Estudio de las oscilaciones en pruebas tribológicas pin-on-disk Saúl Domínguez-García	
12:00:00 AM	Correlación entre la Reflexión Difusa y Parámetros de Rugosidad en Piezas Maquinadas mediante Análisis y Ajuste de Datos Jessica Nayeli López Campos	
12:20:00 AM	Análisis Morfológico y Modelado de Difusión de Capas Boruradas en Aceros de Alta Aleación Ángel Jesús Morales Robles	
12:40:00 AM	La borurización asistida por un campo de corriente pulsante (BCDP): El efecto del medio borurante y sus propiedades eléctricas Mauricio Olivares Luna	
1:00:00 PM	AUDITORIO GENERAL UTEQ	
	PLENARIA: Alexander Ruden Muñoz Universidad Tecnológica de Pereira Avances en Biomateriales: Tratamiento Superficial y Propiedades.	
2:00:00 AM	COMIDA	



3:00:00 PM	VISITA CIDESI/EXCURSIÓN
3:20:00 PM	
3:40:00 PM	
4:00:00 PM	
4:20:00 PM	
4:40:00 PM	
5:00:00 PM	

	Viernes 11 de Oct	
	X SIMPOSIO NACIONAL Y TERCERA REUNIÓN LATINOAMERICANA DE INGENIERÍA DE SUPERFICIES Y TRIBOLOGÍA 2026	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	SALA B: AUDITORIO EDIFICIO PIDET
9:00:00 AM	CURSO 4: Ciencia e Ingeniería de Vacío	CURSO 2: Introducción a la tribología y la tribocorrosión
10:00:00 AM	AUDITORIO GENERAL UTEQ	
	PLENARIA: Guillermo César Mondragón Rodríguez Universidad Nacional de Colombia sede Manizales High Temperature Tribology of doped Cathodic Arc PVD Coatings	
11:00:00 AM	CAFÉ	
	SALA A: AUDITORIO EDIFICIO CIC4.0	
11:20:00 AM	Influencia del tratamiento térmico de solubilizado en el rendimiento frente al desgaste en seco de aceros al niobio. Josefina García Guerra , David Eliud Flores Hernández	
11:40:00 AM	Metodología de identificación de perturbaciones aplicada a un sistema mecánico con par friccional desconocido Ervin Jesús Álvarez Sánchez	
12:00:00 AM	Assessment of Wear Properties on Treated AZ91E/AlN metal matrix composites by Annealing Process (T6). Josefina Garcia Guerra, Alejandro Filio Garcia	
12:30:00 AM	AUDITORIO GENERAL UTEQ ASAMBLEA Y CIERRE	

Índice

Cursos	1
Curso 1: Caracterización de materiales por medio de refinamiento Rietveld	2
Curso 2: Ciencia e Ingeniería de Vacío	3
Curso 3: Introducción a la tribología y la tribocorrosión.....	5
Curso 4: Coatings Nanomechanics	7
Curso 5: How to Get Published in a Scientific Journal.....	8
Plenarias	9
Self-healing ceramic coatings in extreme environments.....	10
Nanomechanical and Tribological Properties of Conversion Coatings for Railway Rolling Bearing Applications	11
Recubrimientos elaborados mediante proyección térmica para aplicaciones no convencionales: descontaminación de aire y refractarios.....	12
High Temperature Tribology of doped Cathodic Arc PVD Coatings	14
Thermal Spray Process Optimization Strategies	15
Avances en Biomateriales: Tratamiento Superficial y Propiedades	17
Combinación de tratamientos de difusión y recubrimientos asistidos por plasma para lograr mejores resultados en resistencia al desgaste y corrosión en distintos aceros	18
Presentaciones Orales.....	19
SiO ₂ /Ti/Pt Hot wire filament for high speeds and its implementation in mechanical ventilators as micro anemometer	20
Evaluación de las propiedades mecánicas de un híbrido: Celulosa/grafenos funcionalizados con TiO ₂ para sensores de gases.....	22
Análisis numérico de los efectos producidos por el bruxismo en la zona oclusal de un diente para prótesis fabricados de diferentes materiales dentales.....	23
Evaluación de las Propiedades Mecánicas en la capa endurecida por carburizado a baja presión del Acero Inoxidable 17-4PH fabricado por Manufactura Convencional y Aditiva	25
Estudio de las propiedades tribológicas de recubrimientos de acero inoxidable 17- 4PH fabricados por Laser Cladding en medios lubricantes sintéticos y vegetales.....	27



Estudio analítico del desgaste por envejecimiento acelerado de materiales ferrosos, en atmosferas salinas con temperatura controlada y aplicaciones de radiación UV .29	
Estudio de las oscilaciones en pruebas tribológicas pin-on-disk.....	30
Síntesis de ortoferritas $RFeO_3$ ($R=La, Er, Nd$) por combustión para aplicaciones electroquímicas	32
Correlación entre la Reflexión Difusa y Parámetros de Rugosidad en Piezas Maquinadas mediante Análisis y Ajuste de Datos.....	33
Effect of the laser fluence on the physical properties of thin films deposited from the ablation of $BaTiS_3$ perovskites	34
Optical and structural evolution analysis of neodymium oxide thin films deposited by PLD.....	35
Tribología aplicada a compuestos de matriz metálica (Stellite 6/ $WC-12Co$) por deposición de energía dirigida.....	36
Estudio de la fricción y el desgaste por contacto reciprocante bola-plano en recubrimientos de oxinitruro de $TiAlON$	38
Análisis tribológico de la falla en direcciones hidráulica de servicio pesado debido al uso de aceites regenerados.....	39
Análisis Morfológico y Modelado de Difusión de Capas Boruradas en Aceros de Alta Aleación.....	40
Metodología para la detección de grietas superficiales en material de riel con fatiga a través de corrientes de "eddy"	41
La borurización asistida por un campo de corriente pulsante (BCDP): El efecto del medio borurante y sus propiedades eléctricas.....	42
Evaluación del comportamiento bio-tribocorrosivo en capas de boruros de cobalto	43
Impacto de los parámetros de tratamiento en el proceso de borurización en caja asistido por un campo de corriente directa pulsante.....	44
Nuevos desarrollos de recubrimientos para aplicaciones de corte y formado en la Industria.....	45
La Borurización híbrida en el acero AISI 1018: Un enfoque eléctrico y estadístico bajo condiciones de baja y media temperatura de tratamiento.....	46
Efecto de la geometría del espécimen en el crecimiento de la capa $FeB-Fe_2B$ en un acero AISI 1018 sometido a la borurización híbrida	48
Evaluación mecánica de la superaleación nitrurada IN718: adhesión práctica y daño acumulado	49
Análisis bibliométrico de la resistencia a la corrosión de capas boruradas en aleaciones metálicas por técnicas electroquímicas.....	51



Efecto de la geometría del espécimen en el comportamiento del campo eléctrico en la borurización híbrida de un acero AISI 1018.....	52
Influencia del anodizados electroquímico y tratamiento térmico en los valores obtenidos mediante la técnica de Scratch (rayado).....	53
Estudio electroquímico y tribológico del acero 316L inmerso en solución Ringer	54
Influencia de la distancia de rociado en las propiedades mecánicas, térmicas y microestructurales de recubrimientos de Zirconia-Ittria-Tantala desarrollados mediante la técnica de plasma por suspensión – SPS.....	56
Influencia del tratamiento térmico aplicado a los sustratos de FTO/TiO ₂ a las propiedades fotovoltaicas de las celdas solares de perovskita híbrida.....	58
Propiedades Mecánicas de la región de reacción de un cerámico de La ₂ Zr ₂ O ₇ infiltrado con cenizas volcánicas del Popocatepetl.....	59
Efecto de los esfuerzos de contacto en la resistencia al desgaste del UHMWPE reforzado con nanotubos de C vs recubrimientos sólidos lubricantes.....	60
El control de calidad en procesos de recubrimientos en la industria automotriz.....	62
Influencia de las propiedades mecánicas en la aleación CoCrMo mejoradas superficialmente a través del proceso de borurización en la aplicación del potencial de picadura y un potencial de protección catódica	63
Caracterización y desempeño al desgaste de sustratos borurados en aceros Grado herramienta	64
Efecto de la adición de un sistema de enfriamiento en un plasma anódico	65
Enigma o rompecabezas de la relación entre: herramienta – recubrimiento – desgaste	66
Explorando la síntesis de una aleación multielemental de C-Cu-Mo-Ti-Ta, depositada mediante la técnica sputtering con magnetrón.....	67
Estudio de la resistencia a la corrosión en agua de mar natural más ácido sulfúrico de multicapas Cr/CrC/DLC/CNx/DLC depositadas por HiPIMS sobre acero AISI 4317	68
Caracterización tribológica de películas de hidroxiapatita para la realización de ensayos en tribosimulación.....	69
Estructura, propiedades mecánicas y comportamiento tribológico de recubrimientos multicapa de Hf/HfN depositados por erosión catódica con magnetrón	70
Efecto de la protección catódica en desempeño tribocorrosivo de una aleación Co-20%Cr y una ASTM F75 expuestas en una solución que simula el líquido sinovial.....	72
Evaluación adhesiva y tribológica del boro-nitrurado en un acero AISI 1018	73
Study of titanium borides under cyclic contact loading.....	74



Diseño y fabricación de recubrimientos multicapa bi-cerámicos de HfN/TiN por co-sputtering	75
Influencia del tratamiento térmico de solubilizado en el rendimiento frente al desgaste en seco de aceros al niobio	76
Análisis estructural y morfológico de películas delgadas de titanato de estroncio por ablación laser	77
Assessment of Wear Properties on Treated AZ91E/AlN metal matrix composites by Annealing Process (T6)	78
Propiedades mecánicas y tribológicas del titanio grado 2 anodizado con dos solventes orgánicos en distintas proporciones	79
Formulación de mezclas de poliéster usando óxido de grafeno como refuerzo para la preparación de materia prima para la fabricación de recubrimientos en aleaciones de aluminio aeronáutico	80
Influencia de las variaciones composicionales en la estructura y bioactividad de vidrios bioactivos del sistema SiO ₂ -CaO-P ₂ O ₅	82
Influencia de los parámetros de depósito en la estructura y microestructura de recubrimientos de hidroxiapatita biogénica fabricados por rociado por flama	84
Evaluación Tribológica de Superficies Determinísticas Fabricadas a Través de Fusión Selectiva por Láser y Micro Mecanizado CNC en Acero Inoxidable AISI 316L	86
Tribological behavior of TiAlON coatings manufactured by cathodic arc for high temperature applications.....	87
Presentaciones modalidad Póster	88
Diseño y modulación del tiempo de respuesta de un sensor galvánico de oxígeno libre de plomo para aplicaciones médicas	89
Analysis of wear behavior of stainless steel system for offshore applications.....	90
Optimización de una mezcla polimérica utilizando materiales de residuos-nuevos para la industria manufacturera.....	92
Modificación de materiales arcillosos fabricados por manufactura aditiva para su uso como soporte de nanoestructuras con propiedades fotocatalíticas	94
Consideraciones para incluir en un plan de mantenimiento predictivo aplicado al riel	95
Modificación superficial microestructural, mecánica y tribológica por carbonitrurado en acero bajo carbono 1018	96
Estudio de las propiedades mecánicas de asfalto modificado con un biopolímero...	97
Estudio de la absorción de resonancia de plasmones superficiales de nanopartículas de plata depositadas mediante a PLD a distintas fluencias.....	99



Clasificación basada en defectos de superficies en aceros al carbono utilizando datos sintéticos de redes adversarias generativas.....	101
Estudio de las propiedades optoelectrónicas y superficiales de películas delgadas de ZnSe dopadas con In sintetizadas por el método sol-gel.....	102
Efecto del método de obtención en las características y propiedades de recubrimientos base Zn-Al, sobre aceros y fundiciones nodulares	104
Propiedades mecánicas y electroquímicas de multicapas de CrAl/CrAlN y CrAl/CrAlN-(a-CN _x) con diferente composición química depositadas por HIPIMS .	105
Estudio topográfico y propiedades mecánicas de nanoestructuras de ZnO obtenidas mediante PVD y método hidrotermal.....	107
Caracterización de películas cerámicas multicapa sobre aceros D2 y 440.....	108
Caracterización de películas delgadas CrN/TiN generadas por el método de arco catódico.....	109
Adhesion Characterization on AISI 9254 steel boriding.....	110
Caracterización del Acero AISI 4140 Aleado con Boro para Mejorar la Resistencia al Desgaste por Deslizamiento: Efectos del Pulido y la Boronización	112
Influencia del Grafito en la Formación de Capas de Boruro en el Acero AISI H13 mediante Borurado en Caja Asistido por Corriente Directa Pulsante (BCDP).....	114
Estudio del efecto de la temperatura de sinterización en la resistencia al microdesgaste de los sistemas Ti ₃ TiB ₂ para potenciales aplicaciones biomédicas.	115
Análisis numérico del desgaste en seco de un material reticular sometido a una prueba por deslizamiento recíprocante ball on flat.....	117
Evaluación de recubrimientos borurados sobre acero para herramientas AISi A2, D2YH13, y su aplicación sobre pines para soldadura por fricción	118
Simulación numérica para evaluar el comportamiento hiperelástico del PLA	119
Efecto de los postratamientos de recocido por difusión y envejecimiento en la adhesión práctica de las capas de boruros en la aleación CoCrMo.....	120
Análisis de la evolución de distorsiones en el proceso de manufactura aditiva por la técnica de Depósito de Metales por Láser.....	121
Optimización de proceso de Depósito Metálico por Láser con alimentación de alambre en manufactura aditiva	122
Efecto del ángulo de ataque en la erosión mediante partícula sólida en una sección de ducto API 5L-X52	123
Biolubricante en un compresor de pistón: Análisis de desgaste	124
Purificación y mejora de un lubricante automotriz usado	125
Análisis acústico de la interacción neumático-pavimento y el desgaste adhesivo ..	126



Efecto de la carga, temperatura y velocidad en el desgaste adhesivo en la interacción neumático-concreto	127
Evaluación del comportamiento tribológico de UHMWPE-MWCNT para su aplicación en implantes articulares.....	129
Efecto del ácido oléico como aditivo en glicerol en un tribopar en configuración de perno en disco	130
Estudio de la tribocorrosión en agua de mar de multicapas amorfas de ZrWTiSi/ZrWTiC/DLC depositadas por HIPIMS variando su contenido de Si y W....	131
Sistema de recolección de agua por condensación en superficies de cobre con diferentes tratamientos	132
Comportamiento de grafitización de un recubrimiento a-C:H depositado sobre acero AISI 4140.....	133
Caracterización del efecto del uso de reductores naturales en películas base gelatina-almidón.....	135
Caracterización por técnicas avanzadas de microscopia de películas base gelatina almidón	136
Sliding wear and fracture toughness of WC-CoCr +NiCrFeSiBC+Mo thermal Sprayed coatings	137
Análisis tribológico en recubrimiento por borurado en acero AISI 5115	138
Evaluación de las propiedades mecánicas de filamento Epa-CF sometido a compresión con geometría TPMS.....	139
Estudio superficial de la rugosidad y morfología de la aspereza de un recubrimiento bifásico de boro en un acero herramental	140
Caracterización tribológica del micro desgaste de un acero herramental con capa bifásica FeB + Fe ₂ B y acerrada de boro.....	141
Efecto de los tratamientos térmicos en recubrimientos multicapa de Hf/HfN sobre acero AISI 304.....	142
Efecto de la concentración de glicerol con iones cloruro en la superficie del titanio grado 2 anodizado	143
Efecto del flujo de nitrógeno sobre la dureza y propiedades tribológicas de recubrimientos multicapas Hf/HfN fabricados por sputtering	144
Estudio comparativo del desgaste entre un tribómetro de tecnología propia y un tribómetro comercial.....	145
Comparación de la resistencia al lavado con agua entre grasas comerciales y un compuesto proveniente de residuos plásticos, con base en la norma ASTM D1264	146



Analysis of Sputtering Yield Amplification (SYA) using Optical Emission Spectroscopy (OES), employing materials Cu, Ti, Mo, Ta, C, and Si	147
Fabricación y caracterización mecánica y antibacterial de recubrimientos multicapasobtenidos por evaporación catódica reactiva	148
Evaluación de la resistencia a la oxidación de recubrimientos obtenidos por arco catódico.....	149
Fabricación de recubrimiento compuesto para la mejora de las propiedades acero 316L obtenido por manufactura aditiva	150
Modificación de superficies por medio de nanoestructuras para la remoción de metales en agua.....	151
Análisis de desgaste de un acero 1018 en diferentes condiciones de tratamiento térmico, comparado contra un acero 12L14	152
Adhesion strength of thermal barrier coatings reinforcing by SiC-ZrB ₂ and subjected to thermal cycles	154
Mechanical and corrosion resistance of WC reinforced Ti-30Zr alloys processed by arc melting	155
Índice por autor	156

Cursos



Curso 1: Caracterización de materiales por medio de refinamiento Rietveld

Instructor: **Dr. Claudio Aguilar Ramírez**

Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaíso. Chile.

En este curso se proporcionarán los conceptos básicos de la Difracción de Rayos X y como realizar los análisis de los perfiles, para obtener información de los parámetros microestructurales de los materiales que son sometidos a su análisis mediante esta técnica de caracterización microestructural.

Se iniciará con temas como la simetría en la naturaleza, arte y cristales. Sistemas cristalinos, direcciones, planos, Perspectiva de los rayos X, producción de los rayos x, Difracción de rayos X, geometría del difractómetro, Ley de Bragg, factores que afectan la difracción de rayos X, determinación del parámetro de red, microdeformaciones, tamaño de cristalita, distribución del tamaño de cristalita, densidad de dislocaciones, energía de falla de apilamiento. Funciones de ajuste.

Este curso esta dividido en 5 partes principales, este curso se abordarán temas como tratarán temas básicos referidos a la lubricación industrial. Se comentarán las principales características de los aceites lubricantes, en particular la viscosidad, nociones básicas de química orgánica, tipos de aceites base y clasificación de aceites en función de su origen.

El curso está dirigido a estudiantes de grado y posgrado de carreras afines a la ingeniería mecánica/industrial, no requiere de conocimientos previos.



Curso 2: Ciencia e Ingeniería de Vacío

Instructor: **Dr. Stephen Muhl / Dr. Carlos Ramos**

Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM, México

El propósito de este curso es demostrar al aprendiz que el significado del término "vacío", que no significa la ausencia de gas, sino que las características de vacío incluyen conceptos de cantidad y calidad además de las razones porque bajo ciertas circunstancias un estado de vacío es útil o inclusive necesario. Al aprendiz se demostrará cómo lograr de diferentes niveles de vacío, que aparatos son disponibles para medir las características del vacío. Así mismo, se pretende enseñar cuáles materiales pueden ser usados en la construcción de partes y cámaras de vacío, y que ofrecen hoy en día las diferentes compañías dedicadas a este ramo. Finalmente, describiremos y explicaremos las aplicaciones sobresalientes de la ciencia e ingeniería de vacío.

1. Conceptos básicos de vacío

- 1.1. Unidades, terminología y estados.
- 1.2. Leyes de gases
- 1.3. Teoría cinética, conducción y tipos de flujo de los gases.
- 1.4. Camino libre de átomos y calidad de vacío.
- 1.5. Tipos de bombas e intervalos de operación.
- 1.6. Esquemas básicos de sistemas de vacío.
- 1.7. Absorción, difusión, permeación y atrapamiento de gases.
- 1.8. Detección de fugas y desgasificación de sistemas de vacío.

2. Bombas de vacío más comunes, sus fundamentos de operación, limitaciones y variantes

2.1. Equipos de transferencia de gas

- 2.1.1. Bomba rotatoria.
- 2.1.2. Bomba impulsora.
- 2.1.3. Bombas mecánicas que no usa aceite como, Scroll y bombas de garra, etc.
- 2.1.4. Bomba de difusión.
- 2.1.5. Bomba turbomolecular.
- 2.1.6. Bombas de sorción.
- 2.1.7. Sublimación.
- 2.1.8. Bomba iónica.
- 2.1.9. Bombas criogénicas.

3. Como se puede medir la presión de gas, fundamentos de operación de los medidores, limitaciones y variantes



- 3.1. Medidor tipo Bourdon.
 - 3.2. Manómetro de tubo en U, y galgo de McLeod.
 - 3.3. Medidor de diafragma y Baratron.
 - 3.4. Galgos de termo-conductividad.
 - 3.5. Medidor de ionización.
-
4. Partes comerciales, materiales recomendables y conexiones para sistemas de vacío
 - 4.1. Limitaciones de materiales, tasa de desgasificación, estabilidad térmica, reactividad, fuerza y tenacidad.
 - 4.2. Conexiones para vacío y tubería de gases: KF, ASA, ISO, CF, Swagelok, VCR, VCO, etc.
 - 4.3. Tipos de válvulas.
 - 4.4. Atravesadoras de movimiento, óptica, eléctrica, líquido, etc.
-
5. Resumen, conclusiones y preguntas.



Curso 3: Introducción a la tribología y la tribocorrosión

Instructor: **Dr. Martín Flores Martínez**

Universidad de Guadalajara, México.

El curso se divide en tres secciones, las dos primeras tienen que ver con los procesos de desgaste y corrosión por separado y la tercera con el fenómeno combinado de estos y la sinergia de uno sobre el otro al presentarse de forma simultánea, es decir la tribocorrosión. Se presentan los conceptos básicos para entender los fenómenos, ejemplos de los daños causados por la tribocorrosión y algunos métodos para mitigarla.

1. Tribología

Sistema tribológico.

Características de las superficies.

Propiedades mecánicas, deformación elástica y plástica de sólidos en contacto.

Esfuerzo Hertziano de contacto.

Contacto mecánico elástico de un cilindro y una esfera sobre un plano.

Distribución de esfuerzos elásticos en el contacto deslizante, efecto del coeficiente de fricción y el caso de materiales con recubrimientos duros y blandos.

Leyes de fricción.

Lubricación y lubricantes sólidos (recubrimientos), formación de la tribocapa.

Mecanismos de desgaste y tasa de desgaste.

2. Corrosión electroquímica

Reacciones de oxidación y reducción de aleaciones en electrolitos corrosivos.

Electrodos de referencia en una celda electroquímica.

Serie electroquímica en agua de mar.

Termodinámica y cinética de la corrosión electroquímica, medición del potencial a circuito abierto (OCP) y polarización potenciodinámica.

La relación entre el peso perdido y el flujo de electrones, la ecuación de Faraday.

Formas de corrosión.

3. Tribocorrosión

Ejemplos del daño por tribocorrosión en aleaciones biomédicas y en rodamientos expuestos a ambientes corrosivos en puertos.

Prueba de tribocorrosión, monitoreo del OCP y pasivación de la superficie.

Cálculo del desgaste mecánico y por corrosión en una prueba de tribocorrosión, sinergia o antagonismo.

Efecto de los parámetros tribológicos y electroquímicos en la evolución del OCP.



Aleaciones resistentes a la corrosión en reposo, vulnerables a la tribocorrosión, aceros inoxidables y aleaciones de titanio.

Tratamientos superficiales y depósito de recubrimientos para disminuir la tribocorrosión.

Corrosión en contactos con micro-oscilaciones, los casos de prótesis con uniones cónicas de vástago y cabeza de fémur e implantes dentales.



Curso 4: Coatings Nanomechanics

Instructor: **Dr. Esteban Broitman**

SKF Research and Technology Development (RTD)

This course seeks to give a basic introduction to Coatings Nanomechanics. The use of coatings to modify the mechanical properties, as well as the available testing techniques and basic design rules – that should be useful both to industrial design engineers and to academic researchers – will be reviewed.

Topics

The indentation hardness at macro, micro, and nanoscale.

The basics of the nanoindentation technique.

Typical mistakes during the measurement of coatings.

Advantages of modern nanoindenters: high speed nanoindentation, statistical nanoindentation technique, stress/strain curves determination, nanofriction and nanowear, nano-tribocorrosion, etc.



Curso 5: How to Get Published in a Scientific Journal

Instructor: **Prof. Samir Aouadi**
University of North Texas

In this talk, Prof. Aouadi will share with you his insights on how to write a successful manuscript to be published in a peer-reviewed journal. He has been an editor of Surface and Coatings Technology (Impact Factor = 5.3 and Citescore = 10.0) for 11 years. His presentation will include topics such as an introduction to scholarly publishing, journal organization, building a strong manuscript, what editors want, and the ethics of publishing. He will provide concrete examples on papers that he has handled.

Plenarias



Self-healing ceramic coatings in extreme environments

Plenairista: Samir M. Aouadi

Institución: University of Texas

This paper provides an overview of the latest research developments in the design and exploration of ceramic coatings with high temperature adaptive behavior. The adaptive behavior, triggered by thermal or thermo-mechanical stimulus, may be used to create smart surfaces that are able to change their chemistry and structure to achieve the desired functionality. The initial focus of the paper will be to provide an overview on the basics of self-repairing materials. This will be followed by a brief outline of the work that has been reported on self-healing/adaptive mechanisms in bulk ceramics. We will then focus on providing a thorough review on self-healing ceramics with a focus on adaptation/healing in tribology as well as thermal barrier, anti-corrosion, and oxidation resistant coatings. This overview will provide a fundamental understanding of the changes in the structural and chemical properties of these materials and how that correlates to their performance. This review also includes a discussion on anticipated future developments in this important and upcoming area of research.



Nanomechanical and Tribological Properties of Conversion Coatings for Railway Rolling Bearing Applications

Plenairista: Esteban Broitman

Institución: SKF - Research and Technology Development (RTD) - 3992 AE Houten, The Netherlands

*Corresponding author: esteban.broitman@skf.com; ebroitm@hotmail.com

In this presentation, we will first introduce the use of coatings to extend the life of rolling bearings, and the role of some coatings to lower CO₂ generation by decreasing friction in railway wheel-end bearings. Different "conversion" coatings will be compared in terms of friction performance based on a single-contact oil-lubricated tribometer and on a grease-lubricated double row bearing friction test rig ran under relevant operating conditions for a railway application. Specifically, conversion layers like zinc-calcium-phosphate, manganese-phosphate and tribological black-oxide deposited onto AISI 52100 bearing steel will be compared to uncoated steel in terms of nanomechanical and tribological properties.

Our results demonstrate that the optimum tribological black-oxide conversion layer can reduce friction by more than 25% on rolling/sliding raceway contacts (ball-on-disk) and up to 80% on the sliding flange contacts (roller-on-disk), which share a significant portion of power losses in roller bearing units. Results at the bearing level demonstrate that the same optimum conversion layer can reduce the running torque by approximately 30% compared to the current products both at low and intermediate speeds relevant to intercity trains.

Reference

Broitman, E.; Ruellan, A.; Meeuwenoord, R.; Nijboer, D.; Brizmer, V. "Comparison of Various Conversion Layers for Improved Friction Performance of Railway Wheel-End Bearings." *Coatings* 13 (2023) 1980.



Recubrimientos elaborados mediante proyección térmica para aplicaciones no convencionales: descontaminación de aire y refractarios

Plenairista: Fabio Vargas Galvis

Institución: Universidad De Antioquia-Colombia

La proyección térmica es una técnica desarrollada hace 115 años para depositar recubrimientos metálicos, alimentando polvos de una aleación de zinc a una llama oxiacetilénica, en la cual, las partículas son calentadas a temperaturas superiores a 1000 °C y simultáneamente proyectadas hacia la superficie del sustrato a recubrir. Gracias a que las partículas, total o parcialmente fundidas, impactan a alta velocidad con el sustrato, estas se aplanan y se adhieren a la superficie y también entre ellas mismas, formando una capa con estructura laminar. Desde su invención hasta la fecha, se han realizado importantes desarrollos respecto a la fuente de calentamiento y el diseño de las antorchas de proyección térmica (pasando de la combustión oxiacetilénica, al arco eléctrico, luego al jet de plasma y más recientemente a la proyección en frío), así como de las materias primas empleadas para fabricar los recubrimientos, lo que permite que hoy en día se puedan depositar no solo materiales metálicos, sino también cerámicos, polímeros y cermets, sobre sustratos de diferente composición química, tamaño y forma, mediante procesos altamente versátiles y a un costo favorable. Lo anterior, ha hecho posible el uso de los recubrimientos elaborados mediante proyección térmica en diversas aplicaciones, lo que los convierte en una de las alternativas más relevantes con las que cuenta la ingeniería de superficies para resolver retos que se plantean desde diferentes industrias.

En las últimas dos décadas los recubrimientos cerámicos elaborados mediante proyección térmica para proteger superficies metálicas expuestas principalmente a alta temperatura y/o al desgaste tribológico, son los que mayor uso y grado de desarrollo han tenido, entre otras razones, gracias a los retos planteados por industrias como la aeroespacial y la automotriz. No obstante, las amplias posibilidades que ofrecen este tipo de recubrimientos, posibilita su uso en aplicaciones menos convencionales, como los de titanía (TiO_2) depositados sobre ladrillos y otros elementos constructivos usados en edificaciones, los cuales pueden llegar a tener la capacidad de degradar contaminantes atmosféricos como los NO_x , SO_x , principalmente, así como, los de base alúmina (Al_2O_3), circonita (ZrO_2) y mullita ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), depositados sobre ladrillos refractarios para mejorar su desempeño superficial a alta temperatura.

Es bien conocida la excelente capacidad que tiene el TiO_2 en fase anatasa para la descontaminación de líquidos y gases, mediante su acción fotocatalítica. Sin embargo, obtener por proyección térmica recubrimientos de TiO_2 en fase anatasa es un reto no menor, dada la transformación que experimenta la anatasa a rutilo a temperaturas



cercanas a 600 °C, así como a fases Magnéli a temperaturas entre 600 y 1000 °C en ambientes reductores; condiciones a las que frecuentemente están expuestas las partículas durante la fabricación de los recubrimientos mediante proyección térmica. Por lo tanto, se requiere de una adecuada selección de los polvos de TiO_2 , así como del proceso y de las condiciones de la proyección térmica, para retener en el recubrimiento la fase anatasa necesaria para la eliminación de contaminantes atmosféricos.

Así mismo, es bien conocido el buen desempeño que tienen los refractarios electrofundidos de alúmina, zircona y sílice, así como los de mullita, cuando son expuestos a condiciones abrasivas a alta temperatura, como a las que están expuestos en los hornos de fabricación de vidrio. No obstante, el alto costo que implica fundir altos volúmenes de estos materiales, plantea el reto de obtener un desempeño equivalente, usando ladrillos sinterizados (que son de menor costo) modificados superficialmente con recubrimientos de composición química similar depositados mediante proyección térmica. Por lo anterior, para esta aplicación también se requiere de una adecuada selección de las materias primas, del proceso y de las condiciones de proyección térmica, necesarias para obtener recubrimientos con buen desempeño tribológico a altas temperaturas.

Es por esto que, en el X Simposio Nacional y Tercera Reunión Latinoamericana de Ingeniería de Superficies y Tribología, se llevará a cabo una discusión acerca de la elaboración de recubrimientos cerámicos para aplicaciones fotocatalíticas y para la modificación superficial de ladrillos refractarios, así como de la evaluación y el desempeño que tienen estos materiales en condiciones relevantes para su uso.



High Temperature Tribology of doped Cathodic Arc PVD Coatings

Plenairista: Guillermo César Mondragón Rodríguez

Institución: Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)

De acuerdo a la organización mundial de la salud la población envejece más rápido y se prevé que entre 2015 y 2050, se duplicará el porcentaje de las personas mayores de 60 años, pasando de 12 % al 22 %. Para el 2050 el 80 % de las personas mayores vivirán en países de ingresos bajos y medianos, lo que incluye a México. Algunas de las afecciones más comunes son la osteoartritis y la diabetes que incrementan la posibilidad de daños en las articulaciones, p.ej. rodilla, cadera, etc. En el ejemplo del reemplazo total o parcial de la rodilla, la solución que actualmente se ha establecido como estándar de referencia es el sistema que comprende un componente femoral, un componente tibial y un espaciador de polímero de ultra alto peso molecular (UHMWPE). Conceptos muy similares de dispositivos se aplican en otras articulaciones como la cadera o codo que requieren un reemplazo. Particularmente en los sistemas protésicos que se aplican en rodilla se han detectado una serie de variables que impactan directamente en el desempeño de los materiales del implante. Esto es debido a que en el implante de rodilla se presentan esfuerzos de contacto que pueden llegar a ser muy elevados lo cual puede causar un desgaste acelerado del espaciador. La consecuencia puede llevar a una cirugía de revisión y cambio del espaciador que implica tiempos de recuperación que se complican en pacientes de edad avanzada. Estos antecedentes muestran que es necesario desarrollar polímeros con mayor resistencia al desgaste que garanticen su vida útil durante la vida del paciente. En el presente trabajo se desarrollaron recubrimientos de carburo de titanio c-TiC que se depositaron mediante la técnica de pulverización con magnetron de corte semi-industrial. Se abordarán las variables de proceso que afectan el contenido de Ti y las características microestructurales de los recubrimientos. Como punto central en la investigación se evaluó el efecto de los esfuerzos de contacto (hasta ~ 80 MPa considerando una esfera sobre plano) y el uso de recubrimientos sólidos lubricantes base Ti en la resistencia al desgaste de UHMWPE dopado con nanotubos de carbono (CNTs). Bajo esta configuración UHMWPE-CNTs vs c-TiC se alcanzaron mejoras considerables en la resistencia al desgaste del polímero reforzado en comparación con el polímero sin refuerzo, lo cual se explica por la capacidad auto lubricante del par tribológico, así como la capacidad regenerativa de la microestructura nano-granular el recubrimiento.



Thermal Spray Process Optimization Strategies

Plenairista: Juan Muñoz Saldaña

Institución: Laboratorio Nacional de Proyección Térmica de México, CENAPROT

El rociado térmico (thermal spray, TS) incluye una familia de tecnologías para el depósito de metales, cerámicos, cermets, etc. En estos procesos se forma una pluma de rociado (spray plume, SP) como resultado de la combinación de los parámetros de operación en donde se presentan complejas interacciones pluma-partícula que definen las propiedades físicas, estructurales, funcionales, etc. de los depósitos. La temperatura, velocidad y tamaño de las partículas en vuelo influyen significativamente en la microestructura del recubrimiento. Las interacciones pluma-partícula pueden optimizarse mediante los llamados mapas de proceso (PM), que permiten definir a su vez ventanas de proceso que representan la temperatura y velocidades específicas de las partículas en vuelo. Los PM describen el efecto individual de la velocidad y la temperatura de las partículas sobre propiedades específicas del recubrimiento; por ejemplo, diferentes características microestructurales, de eficiencia del depósito, de adherencia, propiedades mecánicas, etc. Las estrategias de control requieren el uso de instrumentos de diagnóstico de partículas en vuelo adecuados, que permiten la determinación de sus propiedades termofísicas y muchos de los cuales están disponibles comercialmente tales como Spraywatch, DPV Evolution, Accuraspray. Sin embargo, aunque los parámetros de operación de la mayoría de procesos de TS se pueden controlar, el estado de las partículas que se depositan al sustrato puede cambiar significativamente con el tiempo por desgaste de boquillas, electrodos, calidad de gases, etc. La optimización del TS consiste en recuperar la temperatura y velocidad medias originales de las partículas en vuelo y con ello la microestructura del recubrimiento. En Cinvestav – CENAPROT se están utilizando diferentes estrategias para mapear y controlar tecnologías de TS, garantizando niveles predefinidos de las propiedades de diferentes recubrimientos. Esto incluye el uso de instrumentos de diagnóstico de alta precisión y el desarrollo de métodos alternativos de adquisición de datos funcionales, flexibles a bajo costo. Los resultados de diagnóstico sirven como modelos físicos para el modelado matemático de procesos de TS, utilizando, por ejemplo, dinámica de fluidos computacional (CFD), que también se realiza en CENAPROT. CFD proporciona información valiosa sobre características teóricas de temperatura, velocidad asociado a partículas individuales en vuelo. Sin embargo, CFD no permite obtener una visión global de todo el proceso y las dependencias entre las diferentes entradas y salidas, debido a la naturaleza compleja e interconectada del TS. Para ello, el uso de herramientas de análisis de big data e inteligencia artificial es sin lugar a dudas útil para este tipo de propósitos. La transformación de las características de la SP a datos masivos mediante el monitoreo por ejemplo de su luminosidad, que permite ver diamantes de choque en TS de combustión de alta velocidad es una estrategia que se sigue actualmente en CENAPROT. Es claro que entre más datos se



extraigan del diagnóstico de la SP y se desarrollen métodos capaces de interpretarlos adecuadamente se podrá aspirar a optimizar los procesos de TS. La complejidad del TS es un caso típico para aplicar técnicas de aprendizaje de máquina (ML) cuyos algoritmos contienen modelos basados en datos de muestra, conocidos como datos de entrenamiento, para hacer predicciones o tomar decisiones. El ML, considerado parte de la inteligencia artificial (IA), implementa análisis de redes neuronales artificiales (ANN). Los métodos presentados en esta contribución son generales y aplicables a cualquier proceso de TS. En este trabajo, sin embargo, se presentan resultados representativos de recubrimientos hardfacing o superaleaciones base níquel depositados por el proceso AC-HVAF (Activated Combustion-High Velocity Air -Fuel).



Avances en Biomateriales: Tratamiento Superficial y Propiedades

Plenairista: Alexander Ruden Muñoz

Institución: Universidad Tecnológica de Pereira (UTP)

La ciencia e ingeniería de materiales ha avanzado significativamente en el desarrollo de materiales biocompatibles para aplicaciones en la biotecnología, como implantes ortopédicos, instrumental quirúrgico e implantes estéticos. Se han realizado estudios rigurosos en metales, cerámicos, polímeros y compuestos, centrándose en propiedades físicas, químicas y biológicas. El estudio de propiedades de recubrimientos duros depositados sobre sustratos ha permitido mejorar la estabilidad, resistencia y propiedades mecánicas de los implantes. Se utilizan métodos como PVD para sintetizar nitruros, carburos y óxidos. Los materiales implantables son de gran interés para médicos e ingenieros, con métodos científicos rigurosos respaldando su uso biológico. La conferencia titulada "Avances en Biomateriales: Tratamiento Superficial y Propiedades" presentará resultados de investigación de propiedades mecánicas y tribológicas de capas cerámicas de TiN, TiC, TiN/TiC, algunas propiedades mecánicas y biológicas In Vitro de películas delgadas de Ti, TiN, y metálicas de TiZr, determinando su viabilidad como materiales tipo capa delgada biocompatible, analizando los desde el punto fisicoquímico y biológico In Vitro (Conteo celular, Proliferación celular, Citotoxicidad y Genotoxicidad).



Combinación de tratamientos de difusión y recubrimientos asistidos por plasma para lograr mejores resultados en resistencia al desgaste y corrosión en distintos aceros

Plenairista: Sonia Patricia Brühl

Institución: Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Fac. Reg. Concepción del Uruguay, Argentina

En esta ocasión se presentarán diversos casos de combinación de tratamientos de difusión asistidos por plasma como la nitruración iónica usada como pre tratamiento para recubrimientos duros logrados por PVD, en aceros inoxidables austeníticos y martensíticos así como en aceros de media aleación, como el SAE 4140.

Se mostrará como en la mayoría de los casos la nitruración previa no sólo tiene influencia en la resistencia al desgaste y en la adhesión sino también en la corrosión. Se presentarán resultados de tratamientos dúplex sobre aceros inoxidables, que no es usual recubrir, donde se han obtenido mejores resultados que la nitruración como único tratamiento o el acero mismo. Se relaciona la performance en ensayos de desgaste y de corrosión en cloruros con las propiedades de las capas superficiales estudiadas por SEM-FIB, DRX, y Nanoindentación.

Se discutirá la influencia de las multicapas, y el comportamiento de los recubrimientos al desgaste severo, como la abrasión o con altas cargas en el deslizamiento. Finalmente se discutirán algunos desafíos para la ingeniería de superficie en la oferta de soluciones al sector de gas y petróleo.

Presentaciones Orales



SiO₂/Ti/Pt Hot wire filament for high speeds and its implementation in mechanical ventilators as micro anemometer

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **1**

I.R. Chávez-Urbiola

Presentador: **Iker Rodrigo Chávez Urbiola**

CIDESI

e-mail: iker.chavez@cidesi.edu.mx

Palabras clave: MEMs, micro anemometer, materials

A hot wire anemometer is a device used to measure fluid flow velocity and has several applications across different industries: air conditioning, environmental, aerospace, automotive, and medical. The airflow sensor is employed in mechanical ventilators or spirometers in the medical industry. On these devices, the sensor helps control the artificial breathing in mechanical ventilation and helps diagnose respiratory problems such as asthma or chronic obstructive pulmonary disease in a spirometer. The airflow sensor employed in mechanical ventilators, such as VELA™ Ventilator, employs only one direction; thus, more than one sensor is employed at different points: one next to the exhalation valve and the other next to the main valve. There are different principles for measuring air flux in a pipe. The principal mechanisms are mechanical motion, pressure, acoustic, and calorimetry. The calorimetry principle applied in a sensor is also known as a hot wire anemometer due to the physics principle being done in a mere wire. Its function relies on the principle of heat transfer between a constant source, heated wire, and the fluid immersed in it, air. When a thin metallic wire is heated up by passing a current (Joule effect), the temperature and electrical signals remain static once the wire reaches equilibrium with its media. Once the hot wire is placed in a fluid flow, it gets cooled down by the fluid by forced convection, and the heat loss is proportional to the velocity of the fluid flow. When the wire cools down, its resistance reduces, creating a relationship between the speed flow and electrical properties in the wire, which is the mechanism of this transducer. Flow direction detection can be employed in two different methods: fly time and calorimetry. The last one, calorimetry, is when airflow passes through the produced heat sphere and is deformed, and the deformation is monitored by adjacent temperature sensors like resistive temperature detectors "RTD." The calorimetric design is composed of one central heater and a lateral thermometers. This principle has been applied in accelerometers and meteorological speed stations. This work presents a hot wire micro transducer that meets the mechanical ventilator requirements and its implementation for breathing monitoring. The transducer was



manufactured using MEMS fabrication techniques and deep reactive ion etching (DRIE). The hot wire transducer meets an employed clinical range of 0-200 lpm with a response time of 50 ms that meets clinical regulations. A product development guide was provided from conception design, meeting the requirements for the ISO normativity validation, and device performance. The results showed a transducer with three platinum hot wires, each on isolated SiO₂ bridges that work as a mechanical structure to hold the mechanical and thermal stress on the hot wire. Literature reports anemometers made from microwires only work at an airspeed below 46 m/s. The implementation of a mechanical silicon oxide bridge improves the mechanical stresses in the bridge. This addition allows the micro anemometer to remain at an air speed of 160 m/s.



Evaluación de las propiedades mecánicas de un híbrido: Celulosa/grafenos funcionalizados con TiO₂ para sensores de gases

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **2**

Luz Ma. García-Rivera, Genoveva Hernández Padrón

Presentador: **Luz Ma. García-Rivera**

CFATA UNAM

e-mail: luzmagriv@gmail.com

Palabras clave: Material híbrido, celulosa, materiales grafénicos, propiedades mecánicas, sensores de gas.

Se ha desarrollado un material híbrido compuesto por una matriz polimérica de celulosa reforzada con grafenos funcionalizados con TiO₂. Este material está diseñado para funcionar como elemento de sensado en sensores de gases de tipo químicos-resistivo. Se ha optado por utilizar celulosa como matriz por sus propiedades mecánicas, así como su facilidad de modificación química con otros materiales; mientras que los grafenos funcionalizados con TiO₂ se seleccionaron por su alta conductividad eléctrica y capacidad de respuesta a gases específicos. La síntesis del material híbrido se realizó mediante sonoquímica, una ruta de síntesis verde que representa una ventaja significativa en comparación con otros métodos tradicionales por la reducción al impacto ambiental que representa durante el proceso de síntesis. La sonoquímica permite una mejor dispersión de los grafenos en la matriz polimérica lo que favorece el área superficial final del material. La caracterización del material se centró en la evaluación de propiedades mecánicas como la adherencia del material a las tarjetas interdigitadas, ya que es un aspecto crítico para la estabilidad y durabilidad del sensor. Se midieron los espesores del recubrimiento para asegurar una distribución uniforme del material sobre la superficie del circuito. La dureza del material también fue evaluada, ya que influye en su resistencia a deformaciones y daños durante el uso. Para entender la integración química y la funcionalización de los grafenos con TiO₂, se utilizó espectroscopía Raman. Esta técnica permitió identificar las modificaciones químicas en los grafenos y confirmar su correcta incorporación en la matriz de celulosa. El material híbrido desarrollado muestra propiedades mecánicas prometedoras y una integración química efectiva, lo que lo convierte en un candidato viable para su uso en sensores de gases resistivos. Las futuras investigaciones se centrarán en evaluar el rendimiento electrónico del material en la detección de gases para aplicaciones prácticas en el monitoreo ambiental.



Análisis numérico de los efectos producidos por el bruxismo en la zona oclusal de un diente para prótesis fabricados de diferentes materiales dentales

Sesión: **SIMULACIÓN Y MODELADO**

Número de trabajo: **3**

M. Martinez-Mondragon, E. A. Gallardo-Hernández, G. Urriolagoitia-Sosa, B. Romero-Ángeles, M. Vite-Torres, G. M. Urriolagoitia-Calderón

Presentador: **Miguel Martinez Mondragon**

Instituto Politécnico Nacional, CDMX, México.

e-mail: miguemgon@gmail.com

Palabras clave: Análisis numérico, método de elemento finito, biomecánica, tribología, desgaste dental.

El bruxismo es un trastorno que se puede presentar a cualquier edad y regularmente suele ocurrir durante la noche cuando la persona dormita. Este fenómeno es a nivel mundial y en consecuencia afecta a los dientes debido al apriete y rechinar de los dientes excesivamente. El efecto que provoca este tipo de trastornos se manifiesta desde el punto de vista biomecánico como un desgaste gradual de la dentina que causa áreas oclusales planas o la fractura de una parte de la dentina. El objetivo de este trabajo de investigación es realizar una simulación numérica de la fuerza oclusal entre dos dientes cuando se presenta el bruxismo y compararla con los diferentes materiales que se utilizan para restaurar dentro del ámbito odontológico. La metodología que se empleó parte del desarrollo de un biomodelo dental mediante un estudio imagenológico (una tomografía computarizada) de una persona con características sanas. Posteriormente por medio del uso de un programa computacional que permite renderizar los estudios imagenológicos se delimitó y segmentó la zona o parte de interés, en este caso fue el primer molar derecho tanto superior como inferior, así como el hueso. Una vez obtenido el biomodelo de ambos dientes se importó a un programa que utiliza el método de elemento finito donde se consideraron variables como el módulo de elasticidad, densidad, coeficiente de Poisson y límite elástico. Asimismo, el tipo de estudio que se realizó fue estático y el comportamiento estructural se consideró lineal, isotrópico y homogéneo. Aunado a lo anterior se realizaron simulaciones con diversos materiales como la resina, la porcelana y el zirconio. Los resultados obtenidos demuestran las zonas más críticas donde el material tiende a sufrir una falla y por ende un desgaste dental. En conclusión, este tipo de estudios permiten tener una interpretación gráfica del comportamiento biomecánico de estructuras complejas donde la imaginación no suele ser lo más asertivo, igualmente desde el punto de vista tribológico se puede



buscar materiales más duraderos y que disminuyan el desgaste, incluso se puede realizar la optimización de guardas que además de evitar el desgaste también funcionen como lubricante durante la noche que se duerme.



Evaluación de las Propiedades Mecánicas en la capa endurecida por carburizado a baja presión del Acero Inoxidable 17-4PH fabricado por Manufactura Convencional y Aditiva

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **4**

Luis Miguel Ballesteros Ospina^{1,2}, Roberto Bayro Lazcano¹, Jhon Alexander Villada Villalobos¹, Christian Félix-Martínez¹, Juan Sebastián Rudas Flórez², Juan Manuel González Carmona¹

Presentador: **Luis Miguel Ballesteros Ospina**

1 CONAHCYT – Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, CIDESI-Querétaro, Av. Pie de la Cuesta 702, 76125, Desarrollo San Pablo, Querétaro, México.

2. Grupo de Investigación e Innovación en Energía-GiiEN, Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia.

e-mail: l.ballesteros@posgrado.cidesi.edu.mx

Palabras clave: Acero inoxidable 17-4PH, Manufactura Convencional, Laser Cladding, Carburizado de baja presión, Resistencia al rayado.

El acero inoxidable 17-4PH (SS17-4PH) es utilizado en la industria por su buena resistencia al desgaste. Propiedades, como dureza y tenacidad, pueden ser modificadas, haciéndolo atractivo para aplicaciones como engranes y bujes. Este material puede ser fabricado por manufactura convencional y aditiva (e.g. Laser Cladding). El Laser Cladding (LC) emplea un láser de alta energía para depositar polvo metálico sobre un sustrato mejorando la resistencia al desgaste de componentes deteriorados. El SS 17-4PH puede ser tratado térmicamente para modificar sus propiedades mecánicas, lo que lo hace atractivo para aplicaciones de contacto deslizante en sectores mineros y alimenticios. El carburizado por baja presión (LPC) es un tratamiento térmico que endurece la superficie de los aceros mediante la difusión de carbono, siendo comúnmente empleado en componentes de alta resistencia como engranajes y rodamientos. Este trabajo analiza el efecto del tratamiento LPC en la resistencia al rayado de superficies de SS17-4PH fabricadas por manufactura convencional y aditiva (LC). La comparación entre técnicas de fabricación revela diferencias en la microestructura, donde la manufactura convencional produce una microestructura homogénea con una matriz martensítica y cordones de ferrita delta. En contraste, las muestras fabricadas por LC muestran una microestructura heterogénea de martensita en forma de listones, por las altas tasas de calentamiento y enfriamiento de la técnica obtenidas durante el proceso. La diferencia en dureza son producto de los métodos de manufactura y las microestructuras reportadas, siendo la convencional 366HV y la de LC de 366HV. El LPC permitió la difusión de carbono en la superficie, con



diferencias en la capa carburizada atribuibles a las diferentes microestructuras de las técnicas de fabricación. El LPC mejora significativamente la dureza superficial (entre 94% y 68%) en muestras fabricadas por manufactura convencional y aditiva, respectivamente, en comparación con las superficies sin carburizar. Las diferencias en la resistencia al rayado se atribuyen al tratamiento térmico. La distribución de carburos en la capa carburizada por el LPC genera una superficie dura pero frágil, mostrando variaciones en las cargas críticas (LC1, LC2) y en los mecanismos de falla respecto a las superficies sin carburizar. Estas reportan una mayor penetración al rayado, sin embargo, las probetas por LC inducen esfuerzos residuales en la superficie que generan cambios en la resistencia al rallado de los depósitos. Este estudio proporciona información valiosa para la optimización de tratamientos térmicos fabricados por diferentes métodos, destacando el potencial del LPC para mejorar las propiedades superficiales en aplicaciones tribológicas.



Estudio de las propiedades tribológicas de recubrimientos de acero inoxidable 17-4PH fabricados por Laser Cladding en medios lubricantes sintéticos y vegetales

Sesión: **LUBRICANTES**

Número de trabajo: **5**

Luis Miguel Ballesteros Ospina^{1,2}, Adriana Elizabeth Mata Medina³, D. Mendoza-Cachú¹, Juan Sebastián Rudas Flórez², Marisa Moreno Ríos³, Juan Manuel González Carmona¹

Presentador: **Luis Miguel Ballesteros Ospina**

1 CONAHCYT – Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, CIDESI-Querétaro, Av. Pie de la Cuesta 702, 76125, Desarrollo San Pablo, Querétaro, México.

2 Grupo de Investigación e Innovación en Energía - GiiEN, Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia.

3 División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Pachuca, Carretera México-Pachuca Km. 87.5, Colonia Venta Prieta, Pachuca de Soto 42080, México.

e-mail: l.ballesteros@posgrado.cidesi.edu.mx

Palabras clave: Laser Cladding, lubricante, Jatropha curcas, Sesamum indicum, Nanopartículas.

El uso de lubricantes entre superficies mecánicas (metales) es un tema crucial de estudio en la tribología, ya que estos permiten reducir la fricción y el desgaste entre superficies en contacto, prolongando la vida útil de los componentes mecánicos. Tradicionalmente, se han empleado lubricantes sintéticos derivados del petróleo, que funcionan bajo condiciones operacionales específicas para evitar la degradación del lubricante. No obstante, la creciente preocupación por el impacto ambiental de estos lubricantes ha impulsado la búsqueda de alternativas más ecológicas. En este contexto, los biolubricantes han surgido como una alternativa prometedora, al ser sintetizados a partir de estructuras orgánicas (semillas, plantas, frutos, etc.) que reducen el impacto ambiental y conservan las propiedades esenciales de un lubricante.

El siguiente trabajo, busca investigar el comportamiento tribológico de recubrimientos de acero inoxidable 17-4PH (SS 17-4PH) fabricados mediante manufactura aditiva por Laser Cladding en condiciones lubricadas. Se compararon un lubricante sintético comercial y dos biolubricantes extraídos a partir de semillas de sésamo (*Sesamum indicum*) y *Jatropha* (*Jatropha curcas*), ambos aditivados con nanopartículas (NPs de Al_2O_3). Los ensayos se llevaron a cabo en un tribómetro pin-on-disk bajo régimen de lubricación por capa límite (LLL), utilizando una bola de carburo de tungsteno (WC) de



6 mm como pin, y un recubrimiento metálico fabricado por Laser Cladding como contraparte. La curva de Stribeck se identificó para determinar los regímenes de lubricación del par tribológico, encontrando que el régimen LLL se alcanza alrededor de 160 RPM. Los ensayos tribológicos mostraron diferencias en el coeficiente de fricción (COF) entre el lubricante sintético y los biolubricantes, tanto puros como aditivados con NPs. No obstante, el lubricante sintético presentó la menor tasa de desgaste, debido a sus aditivos que permiten una menor degradación en comparación con los biolubricantes naturales.

En condiciones lubricadas, las superficies desgastadas presentaron características similares. Se observaron trazas de los lubricantes (tanto comercial como natural) y el principal mecanismo de desgaste identificado fue la abrasión. Este trabajo permitirá tener una visión de las ventajas y limitaciones de los biolubricantes en comparación con lubricantes comerciales, destacando su potencial ecológico y su impacto en la fricción y el desgaste de recubrimientos metálicos en aplicaciones tribológicas.



Estudio analítico del desgaste por envejecimiento acelerado de materiales ferrosos, en atmosferas salinas con temperatura controlada y aplicaciones de radiación UV

Sesión: **SIMULACIÓN Y MODELADO**

Número de trabajo: **6**

Misael Flores Baez, Israel. Flores-Baez, Guillermo Urriolagoitia Sosa, Beatriz Romero Angeles, Silvia Sanchez Meneses, Guillermo Manuel Urriolagoitia Calderon, Luis Rodriguez Hernandez, Abigail Monserrat Hernandez Jimenez y Fernando Otoniel Rubio Ri

Presentador: **Misael Flores Baez**

Universidad Politécnica de Tecámac, Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

e-mail: mfloresb1903@alumno.ipn.mx

Palabras clave: Análisis de elemento finito, factor de corrosión y envejecimiento acelerado.

Las condiciones a los que se enfrentan los elementos ingenieriles van desde la aplicación de esfuerzos mecánicos en su desempeño hasta la exposición a atmosferas agresivas que pueden provocar puntos intensificadores de esfuerzos que conjugados con los concentradores de esfuerzos son factores que afectan directamente a la seguridad operativa de diversos componentes contruidos mediante acero AISI 4140. Los factores que se consideran en esta investigación para la aplicación del efecto del envejecimiento acelerado son los planteados por la norma ASTM B-117 para la contención y atomización de la niebla salina, el estudio también incluye las especificaciones de la norma ASTM D-1193, para respetar la saturación de cloruro de sodio al 5%, el estudio se realizó aplicando una presión de entrada de 0.8 MPa, mediante una bomba de 60 W, que arroja un gasto volumétrico de 5 l/min, por último, la temperatura que se aplicó en el estudio será de 313.15 °K, la velocidad máxima que se obtuvo, para las partículas a la salida del riel de aspersores del equipo es de 0.327 m/s, con este valor se puede garantizar que la humedad se encontrara en todo el cuerpo de las probetas que se van a analizaron, generando la condición adecuada del flujo turbulento. De esta forma se obtuvieron datos adecuados para la generación de un modelo que represente mediante ecuaciones diferenciales el comportamiento de la propagación inicial de la corrosión en el material, la validación del modelo se generó mediante la aplicación de simulación numérica representando la aplicación del modelo en diversos intervalos de tiempo.



Estudio de las oscilaciones en pruebas tribológicas pin-on-disk

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **7**

Saúl Domínguez-García¹, Marco Antonio Espinosa-Medina¹, Jesús Alexander Flores-Taipa¹, Baltazar Castro-Cedeño², Rafael Maya-Yescas², Mario Alberto Pérez-Méndez².

Presentador: **Saúl Domínguez-García**

1 Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 58030, Morelia, Michoacán de Ocampo, México

2 Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 58030, Morelia, Michoacán de Ocampo, México

e-mail: saul.dominguez@umich.mx

Palabras clave: Contactos elásticos, contactos inelásticos, transformada rápida de Fourier, disipación de energía mecánica

En la búsqueda de una mejor comprensión de los fenómenos tribológicos, este trabajo aborda el estudio de las oscilaciones en pruebas tribológicas pin-on-disk de tres muestras de acero bajo diferentes condiciones de lubricación. Un espécimen fue probado en seco, otro en baño de agua, y el último fue recubierto con una película sólida proveniente de un lubricante de motor, que posteriormente también fue probado. Los datos del coeficiente de fricción de las tres pruebas fueron analizados mediante cálculos estadísticos de la media móvil y la desviación estándar móvil. Los datos en bruto de los perfiles de fricción se tomaron como señal de información, y se utilizó el método de Transformada Discreta de Fourier para identificar las frecuencias de oscilación y su dinámica en los perfiles de fricción. Los resultados del análisis mostraron que la media móvil de los coeficientes de fricción era muy similar a los datos en bruto y que los perfiles de desviación estándar móvil indicaban la transición de los perfiles de fricción entre regiones de alta desviación y baja desviación. El análisis de Fourier reveló una señal no oscilatoria y algunas frecuencias armónicas cuyas intensidades cambiaban a lo largo del tiempo de prueba para los tres especímenes analizados. A partir de los resultados, se concluye que, mientras que la alta desviación estándar móvil del coeficiente de fricción está relacionada con las oscilaciones, la baja desviación estándar móvil está relacionada con la señal no oscilatoria, que es, de hecho, una condición estocástica. El retraso o adelanto de los cambios en las frecuencias armónicas se asocia con el medio de lubricación y el coeficiente de fricción final. Además, el sistema tribológico en régimen de lubricación de frontera estudiado presenta tres modos de resistencia al desgaste: el sacrificio del recubrimiento sobre la superficie, la acumulación de energía mecánica en contactos elásticos, y la disipación de energía



mecánica hacia el medio de lubricación en lugar del desgaste. Comprender esta última relación es útil para proponer sistemas tribológicos más eficientes.



Síntesis de ortoferritas $R\text{FeO}_3$ ($R=\text{La}, \text{Er}, \text{Nd}$) por combustión para aplicaciones electroquímicas

Sesión: **CORROSIÓN Y ELECTROQUÍMICA**

Número de trabajo: **8**

Mayra Yazmin Gonzalez Vázquez, Araceli Sánchez Martínez, Oscar Ceballos Sánchez, Edgar R. López Mena, Rubén Ruelas Lepe

Presentador: **Mayra Yazmin González Vázquez**

1 Departamento de ingeniería de Proyectos, Blvd. José Guadalupe Zuno #48, Industrial los Belenes, C.P. 45157, Zapopan, Jalisco, México.

2 Tecnológico de Monterrey, Escuela de ingeniería y Ciencias, Av. Gral. Ramón Corona No. 2514, Colonia Nuevo México, Zapopan, Jalisco, 45121, México.

e-mail: mayra.goalez3051@alumnos.udg.mx

Palabras clave: Ortoferritas, electroquímica, combustión

La creciente demanda de fuentes de energía limpia y sostenible impulsa el desarrollo de sistemas electroquímicos y fotoelectroquímicos avanzados para la generación y almacenamiento eficiente de energía. Las ortoferritas $R\text{FeO}_3$, donde R representa un elemento de tierra rara, tienen una estructura cristalina de tipo perovskita con propiedades adecuadas para la generación de energía. Estos materiales han surgido como candidatos prometedores para las reacciones de reducción y evolución de oxígeno (ORR/OER), las cuales son importantes para el desarrollo de dispositivos electrolizadores y celdas de combustibles. Estos materiales ofrecen ventajas distintivas como su estructura de tipo perovskita con una alta densidad de defectos estructurales, así como sus propiedades electrónicas las cuales pueden ser ajustables en términos de su composición química. Las ortoferritas basadas en hierro son abundantes y respetuosas con el medio ambiente, y representan una alternativa atractiva a los catalizadores de metales preciosos, abordando problemas de sustentabilidad energética. En este estudio, se sintetizaron ortoferritas del tipo $R\text{FeO}_3$ con $R=\text{La}, \text{Er}, \text{Nd}$ mediante el método de combustión. Las propiedades fisicoquímicas de los perovskitas fueron analizadas mediante difracción de rayos X (XRD), espectroscopía UV-Vis con reflectancia difusa, espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) y espectroscopía de fotoluminiscencia (PL). Las propiedades electroquímicas fueron evaluadas a través de las reacciones de reducción y evolución de oxígeno utilizando un sistema electroquímico de tres electrodos en una solución de KOH.



Correlación entre la Reflexión Difusa y Parámetros de Rugosidad en Piezas Maquinadas mediante Análisis y Ajuste de Datos

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **9**

J. Lopez-Campos¹, K. Marcos-Escobar²

Presentador: **Jessica Nayeli López Campos**

¹ Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.

² Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, IPN-CICATA Querétaro, Querétaro, México

e-mail: jlopez193@alumnos.uaq.mx

Palabras clave: Reflexión difusa, rugosidad, análisis de datos, ajuste gaussiano

La reflexión especular es aquella que se produce en un espejo o una superficie completamente reflejante. Por otro lado, el fenómeno de reflexión difusa se presenta cuando, al incidir un rayo de luz en una superficie, este se dispersa en diferentes direcciones; esta última se observa cuando se tienen rugosidades, proporcionando una técnica efectiva y no destructiva para el análisis de superficies debido a la no Invasividad de la técnica. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue correlacionar el comportamiento de datos experimentales de reflexión difusa con mediciones del parámetro de rugosidad R_a que se obtuvieron con un rugosímetro Mitutoyo SJ-410. Para la metodología se utilizaron muestras maquinadas. Se incidió un haz de luz sobre las superficies y se midió la intensidad de la luz reflejada usando un fotodetector colocado a diferentes ángulos. Se graficaron y analizaron los datos con el fin de identificar la correlación entre el valor R_a y las características de los datos medidos por la técnica de reflexión difusa. Se ajustaron los datos de intensidades de reflexión difusa a funciones gaussianas, de las cuales se calculó: media, desviación estándar, amplitud y asimetría utilizando Python para el análisis de datos. Los parámetros mencionados se correlacionaron con las mediciones de rugosidad R_a . Los resultados de la investigación mostraron una correlación entre el valor de rugosidad R_a y los parámetros de la función gaussiana. Además, se observó que la desviación estándar y la amplitud de la gaussiana tienen una relación significativa con la rugosidad de las superficies. Con esto se concluyó en un modelo para evaluar la rugosidad superficial de las piezas maquinadas mediante el ajuste de las intensidades de reflexión difusa a funciones gaussianas.



Effect of the laser fluence on the physical properties of thin films deposited from the ablation of BaTiS₃ perovskites

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **10**

José Guadalupe Quiñones Galván¹, Laura Patricia Rivera-Reséndiz¹, Roberto Gómez Rosales², José Juan Ortega Sigala², Hugo Totozintle Huitle², Gilberto Gómez Rosas¹

Presentador: **José Guadalupe Quiñones Galván**

1 Departamento de Física, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

2 Unidad Académica de Física, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas" Zacatecas, México)

e-mail: jose.quinones@academicos.udg.mx

Palabras clave: PLD; Laser ablation, BaTiS₃, perovskites

Thin films were deposited from the ablation in vacuum of a bulk BaTiS₃ perovskite target with a Nd:YAG laser emitting at 1064 nm with 10 Hz repetition rate and 6 ns pulse duration. The output energy per pulse of the laser is 750 mJ. However, for the present experiments, the energy was attenuated by the use of a polarizing beam attenuator in order to change the energy density (fluence) incident on the target. Thin films were deposited on glass substrates at 4 different fluences: 15.2, 8.1, 4.1 and 2.7 J/cm². The laser produced plasmas were diagnosed by means the of time of flight curves obtained from planar Langmuir probe measurements in order to estimate the ion mean kinetic energy and density. It was found that ion density remained constant for increasing fluence. The mean kinetic ion energy was calculated considering both Ba and Ti positive ions and it was found that the energy increases with fluence. The obtained films were structurally characterized by XRD where an amorphous structure was revealed regardless the fluence. Optical characterization was carried out by means of UV-Vis spectroscopy. The films showed transmittance values in the range of 60-80 % for 600-1100 nm without a clear dependence on fluence, however, the estimated band gap from Tauc plots, shows a trend to increase with increasing fluence, having values between 2.76-2.98 eV. Finally, the chemical composition and oxidation states were studied by means of XPS.



Optical and structural evolution analysis of neodymium oxide thin films deposited by PLD

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **11**

Laura Patricia Rivera-Reséndiz, Gilberto Gómez Rosas, José Guadalupe Quiñones Galván

Presentador: **Laura Patricia Rivera Reséndiz**

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

e-mail: laura.rivera@academicos.udg.mx

Palabras clave: PLD, Neodymium oxide, Thin films, Plasma parameters, Langmuir probe

Neodymium oxide is a material highly used in different applications fields, such as, optoelectronics and biomedical. Pulsed laser deposition (PLD) was used as a synthesis method to grow thin films at different pressures, going from 2×10^{-5} Torr to 1×10^{-2} Torr. For the experiments, a 2 inches neodymium disk was used as a target. It was ablated with a pulsed Nd:YAG laser emitting at 1064 nm with an energy per pulse of 190 mJ. Experiments were carried out in vacuum and in oxygen/argon background gas. To control the plasma parameters a Langmuir planar probe was used. The obtained neodymium oxide thin films were analyzed optically and structurally to evaluate the pressure effect in the chemical grow mechanism.



Tribología aplicada a compuestos de matriz metálica (Stellite 6/WC-12Co) por deposición de energía dirigida

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **12**

Viridiana Humarán-Sarmiento^{1,2}, J. M. González-Carmona¹, E. Martínez-Franco¹, A.I. García-Moreno¹

Presentador: **Viridiana Humarán Sarmiento**

1 CONAHCYT – Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, CIDESI-Querétaro, Av. Pie de la Cuesta 702, 76125, Desarrollo San Pablo, Querétaro, México.

2 TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Guasave, Guasave, Sinaloa, México.

e-mail: v.humaran@posgrado.cidesi.edu.mx

Palabras clave: Tribología, MMC, DED, Stellite 6/WC-12Co.

Con la creciente inmersión de la tecnología en los últimos años y la evolución de la industria 4.0, el concepto de Tribo-informática se ha generalizado en investigaciones científicas basadas en la predicción con el uso de herramientas de la inteligencia artificial como “machine learning”. Por otro lado, la manufactura aditiva, específicamente la técnica de deposición de metal por láser (DED) para recubrimientos ha marcado la necesidad de robustecer sus procesos de fabricación para mejorar la calidad de las piezas. Una de las estrategias que se han desarrollado y se presentan en esta investigación en la integración de datos térmicos que son obtenidos de un sistema de monitoreo in-situ, los cuales son post procesados para extraer temperaturas de los depósitos, así como las características geométricas de la piscina fundida. En el caso particular se trabajó con compuestos de matriz metálica (MMCs) de Stellite 6/WC-12Co con 10 y 30% de agente reforzante sobre la matriz base cobalto. La finalidad es predecir la tasa de desgaste y coeficiente de fricción proporcionando a los modelos de entrenamiento las variables de respuesta obtenidas con pruebas tribológicas experimentales. Se realizaron depósitos de recubrimientos con onda continua con parámetros de proceso óptimos para Stellite 6, sobre sustratos de acero inoxidable 304. Los ensayos tribológicos fueron de desgaste por fricción con movimiento reciprocante con bolas de zirconia de 5 mm sobre la muestra pulida del recubrimiento a 20000 ciclos para Stellite 6 y las MMCs 90-10 y 70-30, sin lubricación con una carga de 10 N a temperatura ambiente. Los coeficientes de fricción se presentan muy cercanos para Stellite 6 de 0.5149μ y 0.5140μ para MMC 90-10, sin embargo para la MMC 70-30 baja significativamente con un valor de 0.2593μ . Para las tasas de desgaste de $1.29 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ para Stellite 6, se nota un incremento para la MMC 90-10 con un valor de $6.54 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{Nm}$, y un decremento notorio para la MMC 70-30 con $3.86 \times 10^{-6} \text{ (mm}^3/\text{Nm)}$, lo cual se concluye que a mayor cantidad de WC-12Co disminuye el



coeficiente de fricción y la tasa de desgaste lo cual se traduce en mayor eficiencia del recubrimiento a nivel operativo industrial de acuerdo a las condiciones de la aplicación industrial asociada.



Estudio de la fricción y el desgaste por contacto recíprocante bola-plano en recubrimientos de oxinitruro de TiAlON

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **14**

Jesús Cornelio Mendoza Mendoza¹, Edgar Ernesto Vera Cárdenas¹, Juan Manuel González Carmona², Armando Irvin Martínez Pérez¹, Erika Osiris Ávila Dávila¹, Marisa Moreno Ríos¹, Carolina Ortega Portilla², Guillermo César Mondragón Rodríguez², Abel Hur

Presentador: **Jesús Cornelio Mendoza Mendoza**

1. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Pachuca, Carretera México-Pachuca Km. 87.5, Colonia Venta Prieta, Pachuca de Soto 42080, México.
2. CONAHCYT, Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, CIDESI, Av. Pie de la Cuesta 702, 76125 Santiago de Querétaro, México.
3. Centro de Investigación en Materiales Avanzados -CIMAV, Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua C.P. 31136, México.

e-mail: dg201014@pachuca.tecnm.mx

Palabras clave: TiAlON, Oxinitruro, Arco catódico, Tribología

En este estudio, se ha investigado un recubrimiento de película delgada de oxinitruro de titanio aluminio (TiAlON) aplicado mediante la técnica de deposición física de vapor por arco catódico, sobre acero de grado herramienta AISI D2. El rendimiento tribológico se estudió en pruebas de deslizamiento alternativo de bola sobre plano sin lubricación contra una superficie de alúmina; las pruebas se llevaron a cabo a temperatura ambiente y a 200 °C. Las muestras de recubrimiento de TiAlON se caracterizaron mediante difracción de rayos X (XRD), microscopía SEM y TEM, rugosidad, perfilometría, microdureza, nanoindentación y pruebas de adhesión. Se encontró que el espesor promedio del recubrimiento es de 5,90 μm . La rugosidad promedio de las superficies es de 30,3 y 79,1 nm para el sustrato D2 y el recubrimiento, respectivamente. La dureza de las superficies fue en promedio de 7,23 GPa y 21,7 GPa para el sustrato y el recubrimiento respectivamente. Las pruebas de adherencia mostraron cargas críticas por falla de adherencia mayores a 33,6 N, con fallas relacionadas con chipping. Los coeficientes de fricción promedio a temperatura ambiente fueron 0,63 y 0,71; y de 0,38 y 0,23 a 200 °C para el sustrato y recubrimiento, respectivamente. El principal mecanismo de desgaste encontrado en el recubrimiento fue ploughing y para el sustrato se encontraron zonas de deformación plástica y desgaste adhesivo.



Análisis tribológico de la falla en direcciones hidráulica de servicio pesado debido al uso de aceites regenerados

Sesión: **LUBRICANTES**

Número de trabajo: **15**

Miguel Ángel García Maldonado, Luis Hernesto Mozqueda Flores, Jose Fuliberto Marquez

Presentador: **Miguel Ángel García Maldonado**

e-mail: migue1954_2@yahoo.com.mx

Palabras clave: Falla en direcciones hidráulicas de servicio pesado debido al uso de lubricantes regenerados

A mediados de los años 2020, surgen en México, lo que se conoce como aceites regenerados, estos lubricantes, generalmente son utilizados en los sistemas de Direcciones Hidráulicas de servicio ligero, mediano y pesado. El uso de estos lubricantes no reúnen los requerimientos necesarios para el buen funcionamiento de estas direcciones. El estudio que hemos realizado es la caracterización de este lubricante vs otros dos tipos de lubricantes, los lubricantes caracterizados son SAE W 40, ATF, Y SINTÉTICO, Utilizamos una maquina tribológica de 4 esferas para caracterizar dichos lubricantes, además se caracterizó la barra de torsión de la dirección hidráulica, la barra de torsión de la válvula de control sufre daño irreversible debido al calentamiento del lubricante regenerado, en ensayos de laboratorio se caracterizaron los elementos químicos que componen la barra, usando RX y el microscopio SEM observamos que la barra pierde elementos químicos que cambian la estructura mecánica de dicha barra, la barra pierde dureza, esto lo comprobamos haciendo un estudio de dureza Vickers, en conclusión, el aceite regenerado causa daños irreversibles en las direcciones de cualquier tipo, ya sea ligero mediano y servicio pesado por lo que no se recomienda su uso en estos sistemas de direcciones hidráulicas. Los ensayos muestran que el aceite regenerado a temperatura de trabajo produce un mayor desgaste y en ensayos de extrema presión la capacidad de carga es mucho menor que el aceite sintético, el aceite regenerado tiene un punto de soldadura de 200 kgf a temperatura ambiente mientras que a temperatura de trabajo, el punto de soldadura es a 160 kgf. además de que los coeficientes de fricción difieren en mucho comparando estos dos lubricantes.



Análisis Morfológico y Modelado de Difusión de Capas Boruradas en Aceros de Alta Aleación

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **16**

A.J. Morales-Robles¹, M. Ortiz-Dominguez², E. Cardoso-Legorreta¹, A. Cruz-Aviles²

Presentador: **Ángel Jesús Morales Robles**

1 Área Académica de Ciencias de la tierra y Materiales, UAEH, Mineral de la Reforma, México

2 Lic. en Ingeniería Mecánica-ESSAH,UAEH, Ciudad Sahgún, México

e-mail: mo298963@uaeh.edu.mx

Palabras clave: Borurización, análisis morfológico, caso transitorio, ley de crecimiento parabólico, MANOVA

Se utilizó una mezcla de agentes borurantes en polvo compuesta por 33 wt.% B_4C , 5.4 wt.% KBF_4 , y 61.1 wt.% SiC para aplicar el tratamiento de borurización por empaquetamiento en muestras de aceros de alta aleación AISI 316L, H13, y M2. El tratamiento se realizó en un rango de temperaturas de 1123-1273 K, con tiempos de exposición de 2, 4, 6 y 8 horas. Las muestras fueron preparadas metalográficamente y caracterizadas mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), observándose la formación de capas compuestas por las fases de boruro de hierro Fe_2B y FeB . Se llevó a cabo un análisis morfológico de las capas boruradas utilizando un algoritmo desarrollado en MATLAB, que incluyó técnicas avanzadas de segmentación empleando herramientas de procesamiento de imágenes en Simulink. Durante el análisis se midió la densidad de cada fase (Fe_2B y FeB) en función de la profundidad de penetración de las capas así como su espesor, lo que sirvió de base para el desarrollo de modelos de difusión para cada aleación. Estos modelos se fundamentaron en la solución de las leyes de Fick para el caso transitorio, conduciendo a la formulación de una ley de crecimiento parabólico del espesor de la capa en función del tiempo; además, se empleó la relación de Arrhenius para analizar la variación del espesor de la capa con la temperatura. Los parámetros del modelo de difusión se calcularon para cada aleación, permitiendo una comparación para evaluar el efecto de los elementos de aleación ampliando el análisis con los resultados obtenidos del análisis morfológico. Finalmente, se realizó un análisis estadístico multivariable para determinar la contribución de la temperatura y el tiempo en los espesores de las capas FeB y Fe_2B , proporcionando una comprensión más profunda del proceso de borurización en estas aleaciones.



Metodología para la detección de grietas superficiales en material de riel con fatiga a través de corrientes de "eddy"

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **17**

Víctor Hugo Anaya Arcos

Presentador: **Víctor Hugo Anaya Arcos**

Grupo de Tribología, SEPI ESIME ZACATENCO, CDMX, MEXICO

e-mail: victorugo.anaya@gmail.com

Palabras clave: corrientes de eddy, máquina de discos encontrados, desgaste, defectos, riel, corrosión, fatiga, fricción, métodos no destructivos, grietas,

Los fenómenos de desgaste y fatiga por contacto de rodadura (RCF) en las superficies de los rieles se han convertido en problemas críticos que afectan la funcionalidad y la vida útil de las vías férreas (Tyfour, Beynon, Kapoor, 1996). Este daño se manifiesta en forma de grietas, descamación y otras degradaciones que comprometen la integridad del sistema ferroviario (Thomas y Heyder, 2010). Las corrientes parásitas, o corrientes de eddy, son una técnica de pruebas no destructivas que ofrece ventajas significativas para detectar defectos superficiales y subsuperficiales, permitiendo inspecciones rápidas y precisas. Aunque históricamente subutilizada en el ámbito ferroviario (Thomas, 2000), esta técnica se emplea ampliamente en industrias como la aeroespacial para enfrentar desafíos de inspección complejos.

El grupo de Tribología de la SEPI ESIME Zacatenco cuenta con una máquina de discos encontrados, capaz de simular las altas presiones de contacto y cargas dinámicas de la interfaz rueda-riel, generando fatiga por contacto de rodadura en discos cilíndricos. El objetivo de este trabajo es desarrollar una metodología precisa para la detección temprana de grietas significativas en los discos cilíndricos sometidos a fatiga por contacto de rodadura, utilizando la prueba no destructiva de corrientes de eddy. Esto es especialmente relevante debido a los altos costos de los equipos de pruebas de corrientes de eddy disponibles en la industria. Por ello, se ha decidido acoplar una sonda de corrientes de eddy a la máquina de discos encontrados y realizar la configuración necesaria, con el propósito de facilitar futuros trabajos relacionados con la RCF.



La borurización asistida por un campo de corriente pulsante (BCDP): El efecto del medio borurante y sus propiedades eléctricas

Sesión: **SUPERFICIES**
Número de trabajo: **18**

M. Olivares-Luna¹; J.L. Rosales-Lopez¹; L.E. Castillo-Vela¹; K.D. Chaparro-Pérez¹; F.P. Espino-Cortés²; I.E. Campos-Silva¹

Presentador: **Mauricio Olivares Luna**

1 Instituto Politécnico Nacional, Grupo Ingeniería de Superficies, SEPI-ESIME, U.P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México 07738, México

2 Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Ingeniería Eléctrica, SEPI-ESIME, U.P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México 07738, México

e-mail: molivares1800@alumno.ipn.mx

Palabras clave: Borurización asistida, medio borurante, propiedades eléctricas,

En este trabajo se evaluó el comportamiento de la resistencia eléctrica en distintas proporciones de un medio borurante compuesto por SiC, B₄C y KBF₄. Además, se determinó el efecto del medio borurante (con distintas proporciones) en el crecimiento de la capa de boruros durante el tratamiento. Se realizó la medición de la resistencia eléctrica del medio borurante in-situ durante el periodo de calentamiento y durante el periodo de inducción del campo eléctrico, dentro de un contenedor metálico cubierto con material cerámico aislante. Finalmente, el espesor de la capa de boruros, en las distintas condiciones, fue medido mediante microscopía óptica y fue relacionado al comportamiento eléctrico del medio borurante y al potencial de boro en cada proporción. Los resultados indicaron una independencia de la resistencia eléctrica, entre los medios borurantes con alto contenido de B₄C y medio contenido de B₄C, mientras que el medio borurante de bajo contenido de B₄C mostró un incremento de la resistencia eléctrica. Esto sugiere que el incremento en el espesor de capa es principalmente dominado por el potencial de boro, y no por el cambio de las propiedades eléctricas del medio borurante durante el tratamiento.



Evaluación del comportamiento bio-tribocorrosivo en capas de boruros de cobalto

Sesión: **TRIBOLOGÍA**
Número de trabajo: **19**

A.M. Delgado-Brito¹, I Campos_Silva², V.H. Castrejón-Sánchez¹

Presentador: **Angel Manuel Delgado Brito**

1 TecNM/ Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Jocotitlán, México
2 Instituto Politécnico Nacional, Grupo Ingeniería de Superficies, Ciudad de México, México

e-mail: angel_manuel05@hotmail.com

Palabras clave: Bio-tribocorrosión, capas de boruros, aleación CoCrMo, desgaste, corrosión

En el presente trabajo de investigación, se estableció el comportamiento bio-tribocorrosivo de capas de boruros de cobalto obtenidas en una aleación CoCrMo mediante dos condiciones. En la primera condición, la aleación CoCrMo (MR), fue sometida al tratamiento termoquímico de borurización en polvo (PPBP), a 1273 K con 6 h de exposición (C1). Para la segunda condición, posterior al PPBP, se realizó un proceso de recocido por difusión (DAP), a una temperatura de 1273 K con 2 h de exposición, en una atmósfera inerte de gas argón (C2). En C1 se obtuvo una capa bifásica (CoB ~20 μm , Co₂B ~13 μm y zona de difusión ~25 μm), mientras que en C2 se observó la presencia de una capa monofásica (Co₂B ~29 μm y zona de difusión ~34 μm).

El estudio bio-tribocorrosivo se realizó exponiendo a C1, C2 y MR a una solución "biológica" de suero de ternera (BCS) al 50% (la concentración en masa de proteínas en la solución fue de 23-28 g/L). La evaluación se llevó a cabo mediante las técnicas de desgaste recíprocante lineal (bola sobre plano), y polarización potenciodinámica, y se estimó la sinergia entre los efectos de desgaste y de corrosión simulando un entorno corrosivo y tribológico similar a las condiciones biológicas y químicas del cuerpo humano (agua, oxígeno, PH, proteínas, enzimas, etc.).



Impacto de los parámetros de tratamiento en el proceso de borurización en caja asistido por un campo de corriente directa pulsante

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **20**

L.E. Castillo-Vela¹, I. Campos-Silva¹, I. Mejía-Caballero¹, J. L. Rosales-Lopez, M. Olivares-Luna¹, K. D. Chaparro-Pérez¹, F. P. Espino-Cortes², J. M. González-Carmona³

Presentador: **Luis Eduardo Castillo Vela**

1 Instituto Politécnico Nacional, Grupo Ingeniería de Superficies, Ciudad de México, México.

2 Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Ciudad de México, México.

3 CIDESI-Querétaro, Departamento de Ingeniería de Superficies, Santiago de Querétaro, México

e-mail: luiscastillo1193@hotmail.com

Palabras clave: Borurización, Capas de boruros, intensidad de corriente, análisis de varianza, electromigración

En este estudio se evaluó el impacto de la intensidad de corriente y la distancia entre electrodos en la cinética de crecimiento de las capas FeB-Fe₂B en los aceros AISI 1018 y AISI 4140, mediante un análisis de varianza (ANOVA). Las condiciones de tratamiento fueron de 1173 K, 45 min de exposición, intensidades de corriente de 2.5 A, 5 A y 7.5 A, con distancias entre electrodos de 10 mm, 15 mm y 20 mm por cada intensidad de corriente. Los resultados del ANOVA mostraron un impacto en el espesor de capa del 50% en la intensidad de corriente, 40% en la distancia entre electrodos, y 3.5% en la interacción entre las dos variables independientes. El análisis del modelo de regresión múltiple, propuesto por el ANOVA, se utilizó para estimar los espesores de capa FeB-Fe₂B en cada uno de los aceros. Los resultados del modelo demostraron un 5% de error en comparación con los espesores de capa experimentales. Adicionalmente, la cantidad de B disponible de la mezcla borurante se evaluó en función de las distancias entre electrodos con la finalidad de estimar la cantidad de B requerido para los espesores de capa FeB-Fe₂B.



Nuevos desarrollos de recubrimientos para aplicaciones de corte y formado en la Industria

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **21**

Marquez, Idalia. Lozada, Alfredo

Presentador: **Idalia Marquez Jurado**

e-mail: idalia.marquez@oerlikon.com

Palabras clave: Recubrimientos, Herramientas de corte, Herramientas de formado, Industria

En la industria, el desarrollo de nuevos tipos de materiales, así como de tecnologías y operaciones requieren que las soluciones de superficie vayan avanzando al paso de los requerimientos. Debido a lo anterior, es de vital importancia mantener los desarrollos sobre nuevos recubrimientos con la velocidad que la industria demanda. Como resultado, en 2024 en Oerlikon Balzers, hemos lanzado para nuestros clientes, dos nuevos recubrimientos: "Balinit Mayura" y "Balinit Alcrona Evo", orientados tanto para operaciones de corte, como de formado e Inyección en plástico. En el presente trabajo se presentan éstos nuevos recubrimientos, así como casos de éxitos ya documentados con clientes utilizando éstas novedosas soluciones.



La Borurización híbrida en el acero AISI 1018: Un enfoque eléctrico y estadístico bajo condiciones de baja y media temperatura de tratamiento

Sesión: **SUPERFICIES**
Número de trabajo: **22**

K. D. Chaparro-Pérez¹, M. Olivares-Luna¹, J. L. Rosales-Lopez¹, L. E. Castillo-Vela¹, F. P. Espino-Cortes², L. M. Hernández-Simón³, I. Campos-Silva¹.

Presentador: **Karen Daniela Chaparro Pérez**

1. Instituto Politécnico Nacional, Grupo Ingeniería de Superficies, SEPI-ESIME, U.P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México, 07738, México
2. Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Ingeniería Eléctrica, SEPI-ESIME, U.P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México, 07738, México
3. Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e investigación (ESIME-Z), Ciudad de México, 07738, México.

e-mail: kdanielachaparroperrez@gmail.com

Palabras clave: Borurado, campo eléctrico, calentamiento Joule, análisis estadístico.

En este estudio, se presentan nuevos hallazgos sobre las propiedades eléctricas del medio borurante y la formación de las capas de boruros FeB y Fe₂B, obtenidas mediante el tratamiento de borurización híbrida, conocido como "Borurización en caja asistida por un campo de corriente directa pulsante (BCDP)", aplicado al acero AISI 1018. Este tratamiento emplea un campo de corriente continua para ionizar los átomos de boro, y un dispositivo electrónico de control programable (DECP) para mantener un flujo constante de boro, asegurando así espesores uniformes de las capas de boruros en ambas superficies del material. La formación de las capas de boruros se realizó en un rango de temperaturas bajas (700 °C) y medias (750 °C, 800 °C y 850 °C), con intensidades de corriente de 5 A, 7,5 A y 10 A, y tiempos de exposición de 1, 2 y 3 horas por cada temperatura. Además, durante el BCDP, considerando una intensidad de corriente de 7,5 A y un tiempo de exposición de 3 horas para todas las temperaturas de tratamiento, se estimó el incremento de temperatura debido al calentamiento Joule y la resistencia eléctrica del medio borurante. A partir de estas estimaciones, se determinó la magnitud del campo eléctrico bajo las condiciones mencionadas utilizando el software COMSOL Multiphysics 6.2. Posteriormente, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la influencia de los parámetros de tratamiento (temperatura, intensidad de corriente y tiempo de exposición) en el espesor total de la capa (FeB+Fe₂B). Este análisis se complementó con un modelo de regresión lineal múltiple para establecer la relación entre las variables independientes y la variable dependiente.



Finalmente, los resultados del ANOVA indicaron que la temperatura fue el parámetro más significativo para el espesor total de la capa ($\text{FeB}+\text{Fe}_2\text{B}$), con una contribución del 77 %, seguida de la intensidad de corriente con un 9,8 %. Además, la magnitud del campo eléctrico, determinada mediante análisis computacional, fue mayor a la temperatura más baja (700 °C), con valores que oscilaron entre 3098 V/m y 2038 V/m, observándose la mayor resistencia del medio borurante (3,06 Ω). Asimismo, la condición expuesta a 700 °C alcanzó una temperatura máxima de 882 °C debido al calentamiento Joule.



Efecto de la geometría del espécimen en el crecimiento de la capa FeB-Fe₂B en un acero AISI 1018 sometido a la borurización híbrida

Sesión: **SUPERFICIES**
Número de trabajo: **23**

Y.A. Figueroa-Ruiz¹*, I. Campos-Silva¹, M. Olivares-Luna¹, K.D. Chaparro-Pérez¹.

Presentador: **Yarely Abigail Figueroa Ruiz.**

¹ Instituto Politécnico Nacional, Grupo Ingeniería de Superficies, SEPI-ESIME, U.P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México 07738, México.

e-mail: yarelyruiz5@gmail.com

Palabras clave: capas de boruro; dimensión de la muestra; ganancia de masa; análisis estadístico.

En el presente trabajo de investigación, se evaluó la ganancia de masa y el crecimiento dimensional de un acero de bajo contenido de carbono sometido a la borurización en caja asistida por un campo de corriente directa pulsante (BCDP). Las muestras del acero AISI 1018 (con diferentes dimensiones) fueron expuestas a 800°C, intensidad de corriente de 7.5 A y un tiempo de exposición de 3600 s. Asimismo para determinar la ganancia de masa por unidad de superficie $G(t)$ de las muestras boruradas se consideró el modelo de difusión propuesto por Campos-Silva y cols. (2010). Los resultados mostraron una correlación entre el espesor de capa FeB-Fe₂B y la ganancia de masa de las muestras boruradas. Adicionalmente, se realizó un análisis estadístico (ANOVA) para cuantificar el impacto de las dimensiones de las muestras del acero AISI 1018 con respecto al espesor de la capa total. Los resultados del ANOVA indicaron que el espesor de la muestra influye en un 49% y el área de la muestra en un 41% en función de la profundidad de la capa FeB-Fe₂B. Finalmente, se realizó un modelo de regresión lineal múltiple para estimar los espesores de la capa FeB-Fe₂B en diferentes dimensiones de las muestras del acero AISI 1018; los resultados mostraron un margen de error del 2% en comparación con los espesores experimentales.



Evaluación mecánica de la superaleación nitrurada IN718: adhesión práctica y daño acumulado

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **24**

G. Luis-Pantoja¹, R. C. Morón², A. M. Delgado-Brito³, I. Campos-Silva¹

Presentador: **Gerardo Luis Pantoja**

1 Grupo Ingeniería de Superficies, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.

2 Tecnológico Nacional de México/IT de Tlalnepantla, Estado de México, México.

3 TecNM/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Estado de México, México.

e-mail: glp2294@hotmail.com

Palabras clave: Nitruración en sales, Rasgado progresivo, Rasgado multi paso, Inconel 718

La superaleación Inconel 718 (IN718) es ampliamente utilizada en industrias aeroespaciales, químicas, petroleras y nucleares debido a su excelente resistencia mecánica a altas temperaturas, así como a la oxidación y la corrosión. Sin embargo, presenta una limitada resistencia al desgaste, lo que restringe su aplicabilidad. Para mejorar sus propiedades tribológicas, se han explorado tratamientos termoquímicos, entre ellos la nitruración en sales fundidas. Este tratamiento, que introduce átomos de nitrógeno en la superficie del material a temperaturas entre 400 °C y 600 °C, forma una capa superficial de CrN y una subcapa de fase γ sobresaturada en nitrógeno, denominada fase S. En este estudio, la nitruración se realizó mediante el proceso TENIFER® a 580 °C durante 8 horas, formando una capa de CrN con un espesor promedio de 7.60 μm y una capa de fase S de 1.30 μm . La capa de CrN aumentó significativamente la dureza superficial de la IN718 en aproximadamente 3.8 veces respecto al material base. Además, se identificaron fases adicionales como TiN, Fe₃N, NbC, Ni₃Nb y Ni₃Ti, que contribuyen a la mejora de las propiedades tribológicas de la aleación. Se evaluó la adhesión del sistema capa-substrato mediante ensayos de rasgado progresivo (RP) y rasgado multi paso (RMP). El ensayo RP reveló que la carga crítica para la falla de delaminación de la capa de CrN fue de aproximadamente 60 N. Durante el ensayo RMP, realizado con cargas subcríticas entre el 10% y el 70% de la carga crítica, se observó un aumento progresivo en el daño acumulado, con una mayor tasa de desgaste y un coeficiente de fricción (COF) máximo de 0.38. Los mecanismos de falla predominantes incluyeron agrietamiento Hertziano y desprendimiento parcial de la capa. Los resultados de este estudio proporcionan información valiosa sobre la efectividad de la nitruración en sales fundidas para mejorar la resistencia al desgaste de la IN718, destacando la importancia de una buena adhesión del sistema capa-substrato para asegurar una mayor durabilidad en aplicaciones industriales críticas. Este



**X SIMPOSIO NACIONAL Y
III REUNIÓN LATINOAMERICANA
DE INGENIERÍA DE SUPERFICIES
Y TRIBOLOGÍA**



tratamiento promete extender la vida útil de componentes fabricados con IN718 en entornos severos, donde se requieren propiedades tribológicas mejoradas.



Análisis bibliométrico de la resistencia a la corrosión de capas boruradas en aleaciones metálicas por técnicas electroquímicas

Sesión: **CORROSIÓN Y ELECTROQUÍMICA**

Número de trabajo: **25**

E. López-López¹, I. Mejía-Caballero², I. Campos-Silva¹

Presentador: **Eduardo López López**

1 Instituto Politécnico Nacional, Grupo Ingeniería de Superficies, SEPI-ESIME, UP Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México 07738, México.

2 Universidad Autónoma Metropolitana, Av San Pablo No 180, Azcapotzalco, Ciudad de México 02200, México.

e-mail: elopezl1403@alumno.ipn.mx

Palabras clave: corrosión, capas-boruradas, análisis-bibliométrico, técnicas-electroquímicas.

En la presente investigación se realizó un estudio bibliométrico acerca de la evaluación de la resistencia a la corrosión de capas boruradas en aleaciones metálicas por técnicas electroquímicas. La trayectoria evolutiva de las publicaciones científicas se evaluó durante el periodo de 1978 a 2022, considerando parámetros bibliométricos con la ayuda de los softwares Bibliometrix y Scopus, para determinar el impacto científico. Los parámetros de evaluación fueron: trascendencia de las publicaciones, autores más destacados y número de citas, entre otros. De igual manera, se estableció un análisis cronológico de la resistencia a la corrosión de capas boruradas en aleaciones metálicas, utilizando pruebas de polarización potenciodinámica (PPT, por sus siglas en inglés) y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS, por sus siglas en inglés). Los resultados de los artículos científicos utilizados para este análisis bibliométrico, indicaron que la resistencia a la corrosión en materiales borurados expuestos a electrolitos básicos y ácidos, dependen de factores como la microestructura y espesor de la capa de boruros, así como una mayor concentración de elementos aleantes en el sustrato (Cr, Ni y Mn). En forma similar, se determinó que la temperatura de borurado y el tiempo de inmersión en el electrolito también influyeron en el comportamiento corrosivo de los materiales borurados.



Efecto de la geometría del espécimen en el comportamiento del campo eléctrico en la borurización híbrida de un acero AISI 1018

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **26**

S. Jiménez-Corona¹, I. Campos-Silva¹, F. P. Espino-Cortés², J. L. Rosales-Lopez¹, M. Olivares-Luna¹, K. D. Chaparro-Pérez¹

Presentador: **Sergio Jiménez Corona**

1 Instituto Politécnico Nacional, Grupo Ingeniería de Superficies, SEPI-ESIME, U.P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México 07738, México.

2 Instituto Politécnico Nacional, SEPI-ESIME, U.P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México 07738, México

e-mail: sergiojn723@gmail.com

Palabras clave: Borurado por BCDP; Campo eléctrico; Capas de boruros

En el presente trabajo de investigación se estudió el tratamiento de borurado asistido por un campo de corriente directa pulsante (BCDP). Para llevar a cabo el BCDP, se utilizaron muestras del acero AISI 1018 con geometría del tipo prisma cuadrangular con dimensiones variables (0.016 m^2 , 0.021 m^2 y 0.0254 m^2 con espesor constante de 0.006 m). Las muestras fueron inmersas en una mezcla borurante de 70% B_4C , 20% SiC , 10% KBF_4 , y la condición de tratamiento fue de 800°C , una intensidad de corriente de 5 A, un tiempo de exposición de 1 h e inversiones de polaridad de 10 s. Durante el tratamiento del BCDP se registraron los parámetros eléctricos (voltaje y resistencia eléctrica). Adicionalmente se realizó un análisis utilizando un arreglo de resistencias eléctricas del sistema medio borurante – muestras metálicas y finalmente, un análisis por elemento finito del comportamiento eléctrico mediante el software COMSOL Multiphysics. Los resultados de la simulación indicaron que la magnitud del campo eléctrico es afectada por el área superficial de las muestras, incrementando el espesor de la capa de boruro en la muestra del acero AISI 1018. La intensidad del campo eléctrico en la muestra con un área de 0.016 m^2 fue de 1588 V/m , y con un espesor de capa total de $53 \text{ }\mu\text{m}$. Por otra parte, la muestra con un área de 0.0254 m^2 presentó una intensidad del campo eléctrico de 1489 V/m , con un espesor de capa total de $46 \text{ }\mu\text{m}$.



Influencia del anodizados electroquímico y tratamiento térmico en los valores obtenidos mediante la técnica de Scratch (rayado)

Sesión: **CORROSIÓN Y ELECTROQUÍMICA**

Número de trabajo: **28**

R.C. Rodríguez Jiménez¹, J. Hernández Torres¹, J.B. Santaella González², S. Muhl, L. García Gonzalez¹

Presentador: **Rebeca Cristal Rodríguez Jiménez**

1 Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Boca del rio, Ver, México.

2 Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Boca del rio, Ver, México.

3 Instituto de Investigación en Materiales, UNAM, México DF, México

e-mail: Rebeca_15_6@hotmail.com

Palabras clave: Ti-6Al-4V, Scratch, Anodización, TiO₂

Ti-6Al-4V, es una aleación de titanio de las más reportadas debido a sus excelentes propiedades mecánicas, sin embargo, presenta una baja resistencia al desgaste, es por ello por lo que. En el presente estudio se realizó el proceso de anodización electroquímica y tratamiento térmico, buscando la mejora de la resistencia al desgaste. Para el proceso de anodización se usó un electrolito de 1M $\text{NH}_2\text{H}_4\text{PO}_4$ y 0.15M NH_4F . Se emplearon dos voltajes y dos tiempos 10 V por 30 minutos y 20 V por 60 minutos. Dentro de los resultados obtenidos, después del proceso de anodización existió el crecimiento de nanotubos de TiO_2 . Los cuales después del proceso de tratamiento térmico a temperatura de 400-650 °C, modificaron sus diámetros internos de 38-58 nm y espesores de 2 a 9 μm . También se realizó la prueba de micro Scratch a las muestras tratadas térmicamente, observando que las muestras anodizadas presentan mejores propiedades de resistencia al desgaste, ya que se encontraron cargas críticas a mayores fuerzas aplicadas comparadas con las tratadas térmicamente, en las cuales se observó una deformación plástica.



Estudio electroquímico y tribológico del acero 316L inmerso en solución Ringer

Sesión: **TRIBOLOGÍA**
Número de trabajo: **29**

M. Villalvazo¹, R. Galván², J. Morales³, J. Hernández⁴, L. García⁵

Presentador: **Mariana Villalvazo Vazquez**

- 1 Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- 2 Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- 3 Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Querétaro, México.
- 4 Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- 5 Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

e-mail: marianavillalvazquez1411@gmail.com

Palabras clave: Acero 316 L, tribología, SEM, EDS, técnicas electroquímicas

El acero 316 L es un material con alta resistencia al desgaste, sin embargo, al ser expuestos a fluidos fisiológicos por largos periodos dicha resistencia tiende a disminuir, entre otras cosas por el efecto de la corrosión debido a la liberación de iones metálicos a los tejidos circundantes y/o a los fluidos corporales, resultando en severos problemas de salud. Con la finalidad de medir el deterioro de la superficie en el acero 316 L se propone realizar pruebas tribológicas "pin on disk" en un microtribómetro y estudiar la cinética de corrosión en solución Ringer a 37 °C, empleando una celda electrolítica típica de tres electrodos. Se realizó el monitoreo del potencial de corrosión, E_{corr} , Espectroscopía de Impedancia Electroquímica, EIE, y Curvas de Polarización, CP, durante 10 días. Además, se estudió la superficie del acero 316 L antes de exponerse al medio y de los 10 días posteriores mediante microscopía electrónica de barrido, MEB y espectroscopía de energía dispersiva, EDS (por sus siglas en inglés), así como el análisis del coeficiente de fricción. En los resultados graficados en los diagramas de Bode y Nyquist es posible observar que durante el tiempo de 18 h se alcanza el mayor módulo de la impedancia con valores de $230,000 \Omega \cdot \text{cm}^2$ en las primeras 24 horas, lo cual se puede atribuir a que el acero 316 L alcanzó un estado de pasivación producido por los óxidos de hierro y cromo. El potencial de corrosión se alcanza después de 3600 s de exposición con un valor de aproximadamente -50 mV vs ECS. La solución no presentó cambios significativos en el pH (7.8) durante los 10 días de exposición, debido a la lenta formación de hidróxidos y óxidos de hierro, cuya presencia se demuestra mediante EDS.



Mientras que la morfología observada en SEM no tiene variaciones representativas después de los 10 días de exposición. Finalmente, el coeficiente de fricción ($\mu = 0.620$) obtenido mediante microtribología del acero 316 L expuesto en la solución Ringer durante 10 días mantuvo valores constantes.



Influencia de la distancia de rociado en las propiedades mecánicas, térmicas y microestructurales de recubrimientos de Zirconia-Ittria-Tantala desarrollados mediante la técnica de plasma por suspensión – SPS

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **30**

María Catalina Galeano Camacho^{1,2}, Hélène Ageorges², J. Muñoz-Saldaña¹

Presentador: **María Catalina Galeano Camacho**

1 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Querétaro, Apartado Postal 1-798, Querétaro, Qro. C.P. 76001, México.

2 Univ. Limoges, CNRS, IRCER, UMR 7315, F-87000 Limoges, France

e-mail: maria.galeano@cinvestav.mx

Palabras clave: Recubrimientos de barreras térmicas, cerámicos, zirconia-itra-tantala (YTZ), fase tetragonal no transformable, plasma por suspensión.

Los recubrimientos de barreras térmicas - TBC (por sus siglas en inglés) son materiales avanzados que se aplican en superficies que están expuestas a altas temperaturas para proteger los componentes metálicos, especialmente en motores de turbinas de gas. La función principal de este tipo de recubrimientos es aislar térmicamente, reduciendo la transferencia de calor hacia los componentes críticos, aumentando su vida útil y mejorando su rendimiento. La elección del material y el diseño del recubrimiento son determinantes para optimizar la eficacia de los TBC, por esto, el sistema ternario ZrO_2 - Y_2O_3 - Ta_2O_5 (YTZ) ha sido investigado en las últimas décadas como una alternativa prometedora con respecto al sistema binario tradicional de zirconia estabilizada con itria (YSZ) ya que este sistema es conocido por mantener la fase tetragonal no transformable - t' y reducir estequiométricamente las vacancias de oxígeno, promoviendo así la estabilización de esta fase, influyendo en la reducción de la conductividad térmica y aumentando la resistencia mecánica. Por consiguiente, este sistema ofrece una estabilidad termodinámica mayor comparada con el sistema convencional 7-8% de zirconia estabilizada con itria (YSZ). Este estudio se enfoca en la influencia de la distancia de rociado en la microestructura, transformación de fase, microdureza y conductividad térmica del sistema ZrO_2 - $xYO_{1.5}$ - $xTaO_{2.5}$ - YTZ ($x=15.4\%$ mol y 16% mol) depositado por la técnica de plasma por suspensión - SPS (por sus siglas en inglés) para aplicaciones en barreras térmicas. La activación mecánica de los polvos del sistema YTZ fue llevada a cabo por medio de molienda de alta energía (Emax) y la transformación de fase subsecuente en el recubrimiento también fue estudiada. Se realizó la caracterización de los recubrimientos mediante difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de



barrido (MEB), microdureza (HV) y conductividad térmica por laser flash. Los resultados muestran que la microestructura es fuertemente afectada por la distancia de rociado y la relación de los gases que promueven la formación del plasma.



Influencia del tratamiento térmico aplicado a los sustratos de FTO/TiO₂ a las propiedades fotovoltaicas de las celdas solares de perovskita híbrida

Sesión: **SUPERFICIES**
Número de trabajo: **31**

Mario A. Millán-Franco, Hailin Hu

Presentador: **Mario Alejandro Millan Franco**

Universidad del Valle, Cali Colombia
Instituto de energías renovables, UNAM- México

e-mail: mario.millan@correounivalle.edu.co

Palabras clave: Tratamiento térmico, morfología, cristalinidad, defectos, celdas solares, recubrimientos

El estudio de los tratamientos térmicos aplicados a los óxidos semiconductores que hacen parte de las celdas solares de perovskita híbrida son importantes debido a que estos promueven propiedades que permiten un mejor funcionamiento del dispositivo. Se realizó un estudio que muestra claramente el efecto que causa el recocido de la heterounión TiO₂/FTO en los parámetros fotovoltaicos de las celdas solares de perovskita, se utilizaron cuatro temperaturas (400°C, 450°C, 500°C y 550°C) que son usadas típicamente para sintetizar el TiO₂ en la fase anatasa. La cristalinidad del TiO₂ es de vital importancia en este estudio debido a que se observa como el recubrimiento tratado a 400°C tiene una baja cristalinidad y un gap 3.5eV, de igual manera se observa que el recubrimiento tratado a 550°C tiene una alta cristalinidad y un gap de 3.2eV, pero su morfología observada mediante microscopia electrónica es inadecuada para la fabricación de dispositivos fotovoltaicos. Mediante estudios morfológicos realizados mediante las microscopias SEM y AFM a la superficie del TiO₂ se encontraron defectos como fracturas y erupciones que dejaron huecos que fueron en algunos casos recubiertos por un velo que permite recubrir la superficie de FTO expuesta. Finalmente, se fabricaron las celdas solares con los recubrimientos recocidos, donde el dispositivo con mejores parámetros fotovoltaicos fue el tratado térmicamente a 450°C con una eficiencia de 15.9%.



Propiedades Mecánicas de la región de reacción de un cerámico de $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ infiltrado con cenizas volcánicas del Popocatepetl

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **32**

I. F. Bedoya Trujillo^{1,2}, M. C. Galeano Camacho², J. Zárate Medina¹, J. Muñoz Saldana².

Presentador: **María Catalina Galeano Camacho**

1 Instituto de investigación en metalurgia y materiales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, C. de Santiago Tapia 403, Centro, 58000 Morelia, Michoacán, México.

2 Laboratorio Nacional de Proyección Térmica, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Lib. Norponiente 2000, Fracc. Real de Juriquilla, 76230 Querétaro, Querétaro, México.

e-mail: 1729214f@umich.mx

Palabras clave: Zirconato de lantano, cenizas volcánicas, nanodureza, apatita, zirconia.

Los materiales de barrera térmica, empleados como recubrimientos en la industria aeronáutica, son significativamente afectados por la infiltración de partículas ricas en silicio en estado fundido. En este estudio, se analizan y discuten los productos de reacción obtenidos tras la infiltración de cerámicos densos de zirconato de lantano ($\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, LZO) con cenizas volcánicas del Popocatepetl (CVs) a 1250 °C durante 10 horas. Los polvos precursores de LZO se sintetizaron mediante coprecipitación inversa a partir de disoluciones acuosas de óxido de lantano, cloruro de circonio octahidratado, ácido nítrico e hidróxido de amonio como agente precipitante. Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de secado, molienda de polvos, prensado isostático y calcinación a 1450 °C, logrando la fase pirocloro. La infiltración se realizó a 1250 °C durante 10 horas, depositando 20 mg/cm² de CVs sobre el cerámico de LZO. La muestra infiltrada fue preparada metalográficamente en sección transversal y los productos de reacción entre las CVs y el cerámico de LZO fueron caracterizados mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de energía dispersiva de rayos X (EDS), difracción de rayos X en incidencia rasante (GIXRD) y espectroscopía Raman. Además, se midieron las propiedades mecánicas, como la nanodureza y el módulo de Young, de las fases reprecipitadas en función de la profundidad de infiltración en la región de reacción. Se encontró que la variación de las propiedades mecánicas en la región de reacción se debe a las diferentes fases reprecipitadas, como la ZrO_2 monoclinica y la apatita de lantano, influenciadas por la cinética de reacción y sus composiciones químicas determinadas mediante EDS. Adicionalmente, se realizó una caracterización EBSD (Difracción de Electrones Retrodispersados) correlativa en la región de infiltración para determinar la orientación cristalina de las fases reprecipitadas.



Efecto de los esfuerzos de contacto en la resistencia al desgaste del UHMWPE reforzado con nanotubos de C vs recubrimientos sólidos lubricantes

Sesión: **TRIBOLOGÍA**
Número de trabajo: **33**

N. Camacho, J.M. Carmona-González, D.G. Espinosa-Arbeláez, R. Hernández-Bravo, J. Muñoz, V. Mujica, G.C. Mondragón Rodríguez

Presentador: **Guillermo Cesar Mondragón Rodríguez**

Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, CIDESI, av. Pie de la Cuesta No 702, 76125, Querétaro, México.
Cinvestav sede Querétaro

e-mail: gcmondragonr@gmail.com

Palabras clave: Implantes, UHMWPE, nanotubos de carbono, desgaste.

De acuerdo a la organización mundial de la salud la población envejece más rápido y se prevé que entre 2015 y 2050, se duplicará el porcentaje de las personas mayores de 60 años, pasando de 12 % a ~ 22 %. Para el 2050 el 80 % de las personas mayores vivirán en países de ingresos bajos y medianos lo que incluye a México. Algunas de las afecciones más comunes son la osteoartritis y la diabetes que incrementan la posibilidad de daños en las articulaciones, p.ej. rodilla, cadera, etc. En el ejemplo del reemplazo total o parcial de la rodilla, la solución que actualmente se ha establecido como estándar de referencia es el sistema que comprende un componente femoral, un componente tibial y un espaciador de polímero de ultra alto peso molecular (UHMWPE). Conceptos muy similares de dispositivos se aplican en otras articulaciones como la cadera o codo que requieren un reemplazo. Particularmente en los sistemas protésicos que se aplican en rodilla se han detectado una serie de variables que impactan directamente en el desempeño de los materiales del implante. Esto es debido a que en el implante de rodilla se presentan esfuerzos de contacto que pueden llegar a ser muy elevados lo cual puede causar un desgaste acelerado del espaciador. La consecuencia puede llevar a una cirugía de revisión y cambio del espaciador que implica tiempos de recuperación que se complican en pacientes de edad avanzada. Estos antecedentes muestran que es necesario desarrollar polímeros con mayor resistencia al desgaste que garanticen su vida útil durante la vida del paciente. En el presente trabajo se desarrollaron recubrimientos de carburo de titanio c-TiC que se depositaron mediante la técnica de pulverización con magnetrón de corte semi-industrial. Se abordarán las variables de proceso que afectan el contenido de Ti y las características microestructurales de los recubrimientos. Como punto central en la investigación se



evaluó el efecto de los esfuerzos de contacto (hasta ~ 80 MPa considerando una esfera sobre plano) y el uso de recubrimientos sólidos lubricantes base Ti en la resistencia al desgaste de UHMWPE dopado con nanotubos de carbono (CNTs). Bajo esta configuración UHMWPE-CNTs vs c-TiC se alcanzaron mejoras considerables en la resistencia al desgaste del polímero reforzado en comparación con el polímero sin refuerzo, lo cual se explica por la capacidad auto lubricante del par tribológico, así como la capacidad regenerativa de la microestructura nano-granular el recubrimiento.



El control de calidad en procesos de recubrimientos en la industria automotriz

Sesión: **SUPERFICIES**
Número de trabajo: **34**

Johans Restrepo

Presentador: **Johans Restrepo**

Magni Coatings

e-mail: johansrestrepo@gmail.com

Palabras clave: recubrimientos, control de calidad, fiabilidad

En la industria automotriz, los procesos de pretratamiento y aplicación de recubrimientos son críticos, ya que en muchos casos representan la etapa final en la fabricación de las piezas. Estos procesos deben garantizar que las piezas mantengan su durabilidad a lo largo de al menos 15 años de vida útil del vehículo. Sin embargo, es común que a escala industrial surjan problemas durante la limpieza o la aplicación de recubrimientos, lo que puede resultar en la instalación de piezas defectuosas en vehículos. Esto no solo compromete la seguridad del usuario, sino que también puede generar rechazos de calidad en el campo, causando pérdidas económicas significativas para todas las empresas involucradas en la cadena de suministro. Por esta razón, es fundamental contar con un control de calidad riguroso durante los procesos de pretratamiento y recubrimiento. Los CQi, desarrollados por AIAG se presentan como la mejor alternativa para la autoevaluación de estos procesos, ayudando a reducir los problemas de calidad. Este trabajo tiene como objetivo presentar algunas de las herramientas clave para el monitoreo de procesos a escala industrial, en conformidad con los requisitos de los principales OEMs.



Influencia de las propiedades mecánicas en la aleación CoCrMo mejoradas superficialmente a través del proceso de borurización en la aplicación del potencial de picadura y un potencial de protección catódica

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **35**

Ivone Mejía Caballero, César David Reséndiz Calderón, José Antonio Hernández López, Ana Laura Ramírez Ledesma, Jorge Iván Aldana González, Alan Daniel Contla Pacheco, Silvia Corona Avendaño, Manuel Eduardo Palomar Pardavé, Iván Enrique Campos S.

Presentador: **Ivone Mejía Caballero**

Universidad Autónoma Metropolitana, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Universidad Autónoma de México
Instituto Politécnico Nacional.

e-mail: ivmc@azc.ua.mx

Palabras clave: Capa borurada, aleación CoCrMo, corrosión, desgaste, dureza.

En este trabajo investigación se realiza una modificación superficial en la aleación CoCrMo a través del proceso termoquímico de borurización para incrementar las propiedades mecánicas del material. En el presente trabajo de investigación se evalúa la resistencia a la corrosión en una solución de 3.5% de NaCl, antes y después de aplicar un potencial de picadura y un potencial de protección catódica. Así mismo, se determina la dureza y la resistencia al desgaste en la aleación borurada antes y después de aplicar el potencial de picadura y de protección catódica, para determinar la influencia de las propiedades químicas en el desempeño mecánico de la aleación. La técnica para determinar la resistencia a la corrosión es la técnica de polarización potenciodinámica. Posteriormente, se aplica el potencial de picadura y un potencial catódico usando la técnica potencioestática(cronoamperometría), y posteriormente se determina la dureza Vickers y la resistencia al desgaste usando la técnica de desgaste recíprocante lineal cuando se aplica el potencial de picadura y el potencial de protección catódica en la aleación CoCrMo borurada.



Caracterización y desempeño al desgaste de sustratos borurados en aceros Grado herramienta

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **36**

Edgar Vera Cárdenas, Armando I Martínez Pérez, José Luis Bernal Ponce

Presentador: **José Luis Bernal Ponce**

Instituto Tecnológico de Pachuca, Instituto Tecnológico de Orizaba

e-mail: jose.bp@orizaba.tecnm.mx

Palabras clave: desgaste por deslizamiento, aceros grado herramienta, sustratos borurados

En la presente investigación se realiza una caracterización microestructural y tribológica de dos aceros grado herramienta borurados. El proceso de borurado se desarrolló a una temperatura de 1273 K durante un tiempo de exposición de 8 h. La caracterización microestructural a partir de Microscopía Electrónica de Barrido y Difracción de rayos X en los sustratos borurados muestra la presencia de las fases FeB, Fe₂B, CrB. La adhesión de las capas boruradas fue evaluada mediante el método de indentación Daimler Benz Rockwell C. Los ensayos de desgaste por deslizamiento fueron realizados en una máquina de desgaste recíprocante a temperatura ambiente., a una frecuencia de 10Hz y 15 mm, con una presión Herziana de 2.01 GPa, La microscopia electrónica de barrido permitió analizar los mecanismos de desgaste. Se muestra también la variación del coeficiente de fricción versus el número de ciclos. Finalmente los resultados experimentales de los sustratos borurados muestran que el principal mecanismo de desgaste fue por deformación plástica y desgaste por abrasión leve, y en los sustratos no borurados se presentó agrietamiento y desprendimiento.



Efecto de la adición de un sistema de enfriamiento en un plasma anódico

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **37**

Daniela Shealsey Jacobo Mora, Stephen Muhl Saunders, Marco Antonio Martínez Fuentes

Presentador: **Daniela Shealsey Jacobo Mora**

Instituto de Investigaciones en materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México

e-mail: shealseyjacobob15@gmail.com

Palabras clave: Magnetron sputtering

En este trabajo se depositaron películas delgadas de Titanio usando un plasma híbrido de tipo Magnetron sputtering [MS] DC y un plasma de tipo anódico con la adición de un ánodo de grafito al sistema, en el cual se complementa con un sistema de enfriamiento independiente. El método se basa en la exposición de sustratos durante intervalos de tiempo definidos, con la variación de gas (Ar), corriente MS, voltaje aplicado al ánodo de grafito, así como la aplicación del segundo sistema de enfriamiento. Los cambios en las propiedades de las películas fueron observados obteniendo las tasas de depósito mediante perfilometría óptica y estudios OES durante los depósitos.



Enigma o rompecabezas de la relación entre: herramienta – recubrimiento – desgaste

Sesión: **TRIBOLOGÍA**
Número de trabajo: **38**

Stephen Muhl

Presentador: **Stephen Muhl**

Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM

e-mail: muhl@unam.mx

Palabras clave: Herramientas de corte, recubrimientos, propiedades tribológicas

Una larga experiencia de uso e investigación sobre herramientas de corte ha demostrado claramente que hay una relación piramidal, o tripartita, entre el diseño de una herramienta, incluyendo la selección de lubricantes y/o recubrimientos, las propiedades de materiales de ser maquinados y la eficacia de operación, o sea el desgaste que sufre la herramienta. Uno de los problemas es que dicha relación es extremadamente complicada e involucra múltiples factores, los cuales frecuentemente no son independientes. En este trabajo trato de presentar una clara descripción de los factores más sobresalientes para el desarrollo de buenas herramientas de corte, y usando como ejemplo, brocas, también presento algunas secuelas de dicho proceso de desarrollo. Además, los resultados de las características de varios recubrimientos usados para mejorar el rendimiento de brocas.



Explorando la síntesis de una aleación multielemental de C-Cu-Mo-Ti-Ta, depositada mediante la técnica sputtering con magnetrón

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **39**

Julio César Cruz Cárdenas, Fernando Benítez, Cecilia Molina, Stephen Muhl, Marco Martínez, Verónica Vázquez, Juan Muro, Natalia Rivera

Presentador: **Julio César Cruz Cárdenas**

Instituto de Investigaciones en Materiales-UNAM. Facultad de Ciencias-UNAM

e-mail: juliocruz@ens.cnyn.unam.mx

Palabras clave: Multi-elemental, aleación de alta entropía, depósito por sputtering, XPS, XRD, RBS, Prueba de rayado, RAMAN,

Las aleaciones de alta entropía, HEA, tienen propiedades superiores a las aleaciones metálicas convencionales, principalmente compuestas de tres elementos. Por ejemplo, mayor dureza, resistencia al desgaste y a la temperatura. En el presente trabajo, estudiamos la síntesis de una aleación multielemental, enfocada a la posibilidad de diseñar una aleación de alta entropía, HEA por sus siglas en inglés, de CCuMoTiTa depositada mediante sputtering con magnetrón. No se ha informado de una HEA con estos materiales en la literatura, por lo tanto, se espera que pueda tener propiedades nuevas y diferentes. La síntesis se llevó a cabo añadiendo pequeñas piezas de los diferentes elementos sobre el racetrack de un blanco de Ti. Después de la deposición, las películas fueron recocidas durante una hora a 800°C utilizando un sistema de Procesamiento Térmico Rápido (RTP) marca Annealsys. Las muestras fueron caracterizadas por espectroscopia RAMAN, espectrometría de retrodispersión de Rutherford (RBS), espectroscopia fotoelectrónica de rayos-X (XPS), pruebas de rayado y difracción de rayos-X (XRD). Las mediciones de XRD y RAMAN mostraron que las películas tenían una estructura cristalina, antes y después del recocido. Además, contenían una mezcla de óxidos, principalmente rutilo. Con XPS, se observó el enlace de la mayoría de los elementos con átomos de oxígeno. La composición se estudió utilizando la técnica RBS con un haz de protones de 1.5 MeV de energía. Finalmente, con la prueba de rayado, se determinaron las cargas críticas, Lc1 y Lc2, de las películas depositadas antes del recocido.



Estudio de la resistencia a la corrosión en agua de mar natural más ácido sulfúrico de multicapas Cr/CrC/DLC/CNx/DLC depositadas por HiPIMS sobre acero AISI 4317

Sesión: **CORROSIÓN Y ELECTROQUÍMICA**

Número de trabajo: **40**

Jesús Chagoya-Serna¹; Luis A. López²; Martín Flores²; Andrés González³.

Presentador: **José Jesús Chagoya Serna**

1 Departamento de Ingenierías, CUCSUR, Universidad de Guadalajara.

2 Departamento de Ingeniería de Proyectos, CUCEI, Universidad de Guadalajara.

3 Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

e-mail: jose.chagoya@academicos.udg.mx

Palabras clave: Recubrimientos, corrosión, rodamientos, HiPIMS.

Este trabajo muestra el comportamiento ante la corrosión de rodamientos de acero AISI 4317 en agua de mar natural, más ácido sulfúrico diluido. Una de las muchas aplicaciones de estos rodamientos es en las palas tipo almeja de las grúas de pórtico, en terminales marítimas. El rendimiento de estos rodamientos se ve afectado por el desgaste y la corrosión provocados por iones cloruro y otros tipos de iones, como los iones de azufre, debido a los materiales que se transportan en la terminal marítima. Una forma de reducir la corrosión en estos rodamientos, es utilizar recubrimientos multicapa depositados mediante la técnica de erosión iónica con pulsos de alta potencia (High Power Impulse Magnetron Sputtering: HiPIMS). En este trabajo se muestran los resultados de las mediciones de potencial de circuito abierto (OCP) y las curvas potenciodinámicas utilizadas para evaluar el comportamiento de la corrosión de muestras de acero AISI 4317 recubiertas y sin recubrir. Los ensayos de corrosión se realizaron utilizando como electrolito agua de mar natural de Altamira Tamaulipas más 10% Vol. De ácido sulfúrico diluido (.05M) a una temperatura ambiente de 25 ± 1 °C. La superficie corroída se analizó con microscopía electrónica de barrido (SEM) y microscopía óptica. La estructura de la multicapa fue estudiada por XRD. Los resultados muestran una mejora en la resistencia a la corrosión de las muestras recubiertas con la multicapa.



Caracterización tribológica de películas de hidroxiapatita para la realización de ensayos en tribosimulación

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **41**

Tomas de la Mora Ramírez, Christopher René Torres San Miguel, Noé López Perrusquia y Marco Antonio Doñu Ruíz

Presentador: **Tomas De La Mora Ramírez**

1 Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Ciudad de México 07738, México.

2 Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Carretera Toluca-Atlacomulco, Km 44.8, Ejido de San Juan y San Agustín, Jocotitlán Estado de México.

e-mail: tomas.delamora@tesjo.edu.mx

Palabras clave: tribología, tribosimulación, métodos numéricos, hidroxiapatita

La investigación en el ámbito de la tribología es un área que evalúa entre otras cosas el desgaste en materiales en contacto superficial con diferentes propiedades físicas, químicas y mecánicas. En este sentido se emplea la tribosimulación, el cual es una simulación utilizando métodos numéricos de la réplica de ensayos de desgaste, cuya finalidad es el análisis de un sistema tribológico y sus interacciones con los elementos frontera que influyen en él. Para la realización de ensayos tribológicos experimentales en laboratorio una limitante es el análisis del comportamiento de los mecanismos de desgaste en sus diferentes etapas a niveles microscópicos y su observación en retrospectiva de los daños ocasionados por las diversas constantes involucradas, como puede ser la temperatura generada por el contacto entre superficies durante la prueba, la dureza de los materiales, el coeficiente de fricción y las cargas utilizadas. Por tal motivo la importancia del campo de la tribología ha generado que la aplicación de métodos numéricos haya recibido un fuerte auge en la actualidad, debido a que es utilizado en distintos prototipos, minimizando así los ensayos in vivo, los costos y el tiempo de periodo de pruebas. La metodología utilizada fue la realización de pruebas pin-on-disc con bola de acero inoxidable 316 LVM y bola de alúmina. Estas pruebas se realizaron en seco y utilizando suero de bovino como lubricante. Se obtuvo la tasa de desgaste utilizando la ecuación de desgaste de Archard's. Los resultados obtenidos en la simulación fueron validados por las pruebas experimentales.



Estructura, propiedades mecánicas y comportamiento tribológico de recubrimientos multicapa de Hf/HfN depositados por erosión catódica con magnetrón

Sesión: **TRIBOLOGÍA**
Número de trabajo: **42**

M.A. Hernández Campos¹, L. García Gonzalez¹, J.B. Santaella Gonzalez², S. Mulh¹³, M. Flores Martinez⁴, O. Jiménez Aleman⁴

Presentador: **Marco Antonio Hernández Campos**

1 Centro de Investigación en Micro y nanotecnología, Universidad Veracruzana, Boca del Rio, México.

2 Facultad de Ciencias químicas, Universidad Veracruzana, Boca del Rio, México.

3 Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM, Ciudad de México, México.

4 Departamento de Ingeniería de proyectos, Universidad de Guadalajara, Zapopan, México.

e-mail: marcoahc.07@gmail.com

Palabras clave: recubrimientos multicapa, erosión catódica, tribología.

En este estudio, recubrimientos de 4, 8, 16 y 32 bicapas de Hf/HfN fueron depositados sobre acero AISI 304 por medio de la técnica de erosión catódica con magnetrón. Partiendo de un blanco de hafnio con una fuente de D.C., mediante una atmosfera de argón y de argón-nitrógeno para generar las capas metálica y cerámica respectivamente. Difracción de rayos X, microscopia electrónica de barrido de emisión de campo y espectroscopia de energía dispersiva fueron usados para caracterizar la estructura, morfología superficial, sección transversal y composición química elemental de los recubrimientos multicapa. Además, se caracterizó el comportamiento mecánico y tribológico mediante pruebas de nanoindentación, tribología usando un tribómetro tipo ball-on-disk y perfilometría óptica. Se identificaron las fases de HfN y Hf con una estructura cubica y hexagonal respectivamente lo que podría indicar una relación epitaxial entre ambos materiales. La composición elemental de los recubrimientos revelo la presencia de Hf, N y O. La morfología superficial muestra la presencia de pequeños granos entre 30-40 nm en todos los recubrimientos en los que se observa una tendencia a agruparse conforme aumenta el número de bicapas. La dureza, el coeficiente de fricción y el módulo de Young se mejoraron hasta 30.3 GPa, 0.25 y 246.65 GPa para 16 bicapas, respectivamente. El coeficiente de fricción en la muestra de 16 bicapas obtuvo 1.20×10^{-3} mm³/Nm que es valor aceptable en comparación con el mejor valor encontrado. La sección transversal pudo demostrar la formación de una estructura multicapa con limites bien definidos. Con los espesores de cada capa



individual se pudo obtener la fracción del volumen del cerámico encontrando una correlación con nuestra tasa de desgaste.



Efecto de la protección catódica en desempeño tribocorrosivo de una aleación Co-20%Cr y una ASTM F75 expuestas en una solución que simula el líquido sinovial

Sesión: **CORROSIÓN Y ELECTROQUÍMICA**

Número de trabajo: **43**

I. Mejía-Caballero, A.D. Contla Pacheco, A. M. Delgado-Brito, L. E. Castillo-Vela, A.L. Ramírez-Ledesma, S. Corona-Avendaño, M. E. Palomar-Pardavé, R. Pérez-Pastén-Borja, I. Campos-Silva

Presentador: **Ivvone Mejía Caballero**

Universidad Autónoma Metropolitana, Instituto Politécnico Nacional y Universidad Nacional Autónoma de México.

e-mail: ivmc@azc.uam.mx

Palabras clave: Protección catódica, tribocorrosión, BCDP, aleación Co-20%Cr borurada, aleación ASTM F75 borurada

En el presente trabajo de investigación se determina efecto de la protección catódica en el desempeño tribocorrosivo de cuatro materiales: una aleación Co-20%Cr, Co-20%Cr borurada, una aleación ASTM F75 y una aleación ASTM F75 borurada. La aleación Co-20%Cr fue fabricada en un horno de inducción con sistema de vacío durante 45 minutos utilizando una potencia de 26 kW a una temperatura de fusión de 2273 K. Posteriormente, se realizó un tratamiento térmico de homogenización de las placas por un tiempo de 1 hora a una temperatura de 1323 K. La aleación ASTM F75 fue obtenida comercialmente y fue sometida al mismo proceso de fabricación para poder comprar las propiedades mecánicas de la aleación Co-20%Cr, con la comercial. Las capas boruradas fueron obtenidas a través del proceso de borurización asistido por un campo de corriente directa pulsante (BCDP), aplicando 10 A a una temperatura de 1223 K durante 30 min, para obtener un espesor de capa total de aproximadamente 36 micras. Las pruebas de tribocorrosión fueron realizadas aplicando 0 V (potencial de circuito abierto), -0.5 V y -1 V con respecto al potencial de circuito abierto. Las pruebas de desgaste fueron realizadas aplicando desgaste recíproco lineal con una carga constante de 20 N en una distancia relativa de desgaste de 100 m, en una distancia de huella de 2.5 mm, aplicando una velocidad de deslizamiento de 10mm/s. Posteriormente, fue realizada la caracterización mecánica: microscopía óptica, SEM-EDS y perfilometría óptica. Los resultados demostraron la ausencia de molibdeno en la aleación Co-20%Cr y la presencia de Mo en la aleación comercial ASTM F75, es un factor que determina el desempeño tribocorrosivo de ambas aleaciones.



Evaluación adhesiva y tribológica del boro-nitrurado en un acero AISI 1018

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **44**

**A. E. Reyes Hernández¹, G. A. Rodríguez-Castro¹, D. V. Melo Máximo², J. A. Nieto Sosa¹,
A. Meneses Amador¹**

Presentador: **José Antonio Nieto Sosa**

1 Instituto Politécnico Nacional, SEPI ESIME Zacatenco

2 Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Santa Fe.

e-mail: jnietos2100@alumno.ipn.mx

Palabras clave: boro-nitrurado, desgaste, adhesión, coeficiente de fricción

El presente trabajo consiste en la aplicación de los tratamientos termoquímicos de borurización y nitruración a un acero de bajo contenido de carbono con la finalidad de formar un sistema con propiedades mecánicas suavizadas entre capa y sustrato para mejorar la adherencia de la capa y su resistencia al desgaste. Primeramente, se realizó el nitrurado en baño de sales a 580 °C durante 3 y 5 h y posteriormente se le aplicó el borurado a 800 °C durante 0.5 h. Los espesores de capa medidos se encuentran en un rango de 11 a 23 micrómetros; se identificaron por difracción de rayos X las fases Fe₂B, FeB, Fe₂N, principalmente. La dureza se incrementó hasta 16 GPa en la superficie de la capa. En las pruebas de "scratch" se observó una mejora en la adhesión del sistema boro-nitrurado al ser necesario incrementar la carga aplicada para alcanzar el astillamiento identificado en probetas solamente boruradas. En las pruebas de perno sobre disco se concluyó que el sistema boro-nitrurado tiene mayor resistencia al desgaste y requiere de una mayor distancia para alcanzar el comportamiento estable del coeficiente de fricción.



Study of titanium borides under cyclic contact loading

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **45**

Hugo Alberto Pérez Terán, Alfonso Meneses Amador, Germán Anibal Rodríguez Castro

Presentador: **Hugo Alberto Pérez Terán**

SEPI ESIME ZACATENCO INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

e-mail: amenesesa@ipn.mx

Palabras clave: Boriding, mechanical properties, cyclic loads,

In this work, an experimental and numerical study of the contact fatigue test on titanium boride (TiB₂/TiB) coatings is performed. The boride layers were formed at the surface of Ti6Al4V alloy using the powder-pack boriding process at temperatures of 1050 °C for 10, 15 and 20 h of exposure times in order to obtain three different thicknesses. Optical microscopy was used to characterize the boride layer, the results showed an outer TiB₂ layer and an inner TiB layer (whiskers). The mechanical characterization (hardness and Young's modulus) was carried out using Berkovich instrumented indentation technique. From the set of experimental conditions of the boriding process, cyclic contact loads were applied with a MTS Acumen equipment by repetitive impact of a sphere on the layer-substrate system. The experimental methodology consisted first determining the critical static load (load magnitude where cracks are observed) afterward cyclic sub-critical loads are applied with a frequency of 6 Hz for the three coatings. The test results indicate that the thinner coating exhibited better behavior under cyclic contact loads while thicker thickness showed greater damage under similar conditions. In order to evaluate the stress field generated in the boride layer during the application of static and dynamic loads, numerical simulations based in the finite element method were developed. The results showed good approximations with regard to contact diameters and residual depths obtained experimentally.



Diseño y fabricación de recubrimientos multicapa bi-cerámicos de HfN/TiN por co-sputtering

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **46**

J.B. Santaella González^{1,2}, L. García González¹, J. Hernández Torres¹, C. Ferreira Palma², S. Muhl³, R.C. Rodríguez Jiménez¹, S. Hernández Montiel¹, A. Maytorena Sanchez², A. López Velazquez⁴

Presentador: **Jorge Bertin Santaella González**

1 Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

2 Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

3 Instituto de Investigación en Materiales, UNAM, Ciudad de México, México.

4 Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Veracruzana, Xalapa, México.

e-mail: jsantaella@uv.mx

Palabras clave: Co-Sputtering, HfN/TiN, Tribología, Dureza, Scratch.

En la actualidad, la demanda de materiales con mayor resistencia al desgaste y a la corrosión ha impulsado el desarrollo de recubrimientos protectores avanzados. Los recubrimientos multicapa, gracias a su diseño arquitectónico y a la combinación de diferentes materiales, ofrecen una solución prometedora para mejorar las propiedades superficiales de los componentes. En este estudio, se desarrollaron recubrimientos multicapa HfN/TiN mediante co-sputtering mediante el uso de 2 blancos: uno de titanio y otro de hafnio, usando una atmosfera reactiva de Ar+N₂, depositadas sobre sustratos de AISI 316L. Se realizó una variación del número de bicapas cerámicas de 4, 8, y 16 bicapas, logrando optimizar las propiedades mecánicas de los recubrimientos bi-cerámicos. Los resultados de GIXRD mostraron la presencia de una fase cristalina correspondiente a HfN, y mostraron una relación directa entre el aumento del número de bicapas y la disminución del tamaño de cristalito de HfN logrando obtener valores ~16 nm, lo que se tradujo en un incremento significativo en la dureza. La morfología y la sección transversal de las multicapas fue observada mediante FE-SEM, los espesores totales de los recubrimientos multicapa alcanzaron valores ~ 720 nm y se obtuvo una relación de espesores 1:1 de HfN/TiN. Además, las pruebas tribológicas revelaron una excelente resistencia al desgaste, se observó un desgaste tipo abrasivo, y fue posible calcular la tasa de desgaste mediante el volumen removido. Estos hallazgos posicionan a los recubrimientos multicapa HfN/TiN como una solución prometedora para aplicaciones en herramientas de corte, componentes mecánicos y otros sectores como dispositivos médicos que demandan materiales con alta resistencia a condiciones extremas.



Influencia del tratamiento térmico de solubilizado en el rendimiento frente al desgaste en seco de aceros al niobio

Sesión: **TRIBOLOGÍA**
Número de trabajo: **47**

**David Eliud Flores Hernández¹, Ma de Jesús Soria Aguilar¹, Josefina García Guerra^{1,2},
Carlos Alberto León Patiño², Francisco Raúl Carrillo Pedroza¹**

Presentador: **Josefina García Guerra, David Eliud Flores Hernández**

1 Universidad Autónoma de Coahuila

2 Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo

e-mail: josefinagarcia@uadec.edu.mx

Palabras clave: Microaleados, Solubilizado, Desgaste, Ball on flat

En esta investigación, se examinan los aceros microaleados con niobio (Nb), con el objetivo de identificar las condiciones óptimas de solubilización y temple para maximizar las propiedades tribológicas de los aceros microaleados modificados con niobio. Centrando la atención en cómo la incorporación de niobio impacta no solo las propiedades mecánicas, sino también las propiedades tribológicas, como la resistencia al desgaste y el coeficiente de fricción del acero. Para ello se emplearon diversas técnicas de caracterización. Estas incluyen microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido para examinar la microestructura del acero a diferentes escalas, así como mediciones de dureza y microdureza para cuantificar la resistencia superficial del material. Las pruebas tribológicas, se realizaron usando la técnica de "ball on flat", donde una esfera se desliza sobre una superficie plana del material tratado. Esta prueba tribológica permitió medir la resistencia al desgaste y el coeficiente de fricción del acero bajo diferentes condiciones de tratamiento térmico. Además, se empleó perfilometría óptica para determinar la cantidad de material perdido, proporcionando una evaluación cuantitativa del desgaste sufrido por el acero.



Análisis estructural y morfológico de películas delgadas de titanato de estroncio por ablación laser

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **49**

P.A. Calderón Franco¹, D. Cardona Ramírez¹, J.G. Quiñones Galván²

Presentador: **Pablo Agustín Calderón Franco**

1 Facultad de Ciencias Fisico-Matematicas "Mat. Luis Manuel Rivera Gutiérrez", Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia, México.

2 Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenieras. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Mexico.

e-mail: 1423943k@umich.mx

Palabras clave: ablación laser, fluencia laser, películas delgadas, vacío

Una de las técnicas más conocidas para la síntesis de películas delgadas es la técnica de ablación láser o PLD, la cual consiste en incidir un haz de laser donde se desprende material de un blanco sólido formando un plasma que posteriormente se deposita sobre una superficie llamada sustrato, todo esto llevándose a cabo dentro de una cámara de vacío esto para evitar impurificaciones del exterior. Una característica de este plasma es que presenta partículas cargadas y con ayuda de un método de diagnóstico de plasmas como es lo es la sonda de Langmuir se obtienen las curvas de tiempo de vuelo, con las cuales, podemos estimar parámetros de dicho plasma como lo es la energía cinética de las partículas y la densidad de plasma. Pero, además, podemos controlar parámetros del mismo laser como lo es el diámetro del spot, la energía laser y la fluencia laser sin necesidad de ajustar algún parámetro de plasma. En este trabajo se presenta un estudio de las propiedades estructurales y morfológicas de películas delgadas de titanato de estroncio depositadas por ablación laser depositadas en vidrio a diferentes fluencias laser a una presión de vacío de 1×10^{-6} torr, con un blanco sintetizado de titanato de estroncio de 99.9% de pureza. Mediante un estudio de difracción de rayos X se determinó la estructura cristalina del blanco fabricado y de las películas delgadas, mostrando una orientación no preferencial en los planos 011 y 002 con un tamaño de cristal de 37 a 65 nm para las películas respectivamente. Para la caracterización morfológica, se llevó a cabo por medio de microscopia óptica, donde se observó una superficie rugosa y ciertos huecos con tamaño aproximadamente entre 10 y 16 μm .



Assessment of Wear Properties on Treated AZ91E/AlN metal matrix composites by Annealing Process (T6)

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **50**

Josefina García Guerra^{1,2}, Lázaro Abdiel Falcón Franco², Fátima Pamela Lara Castillo², Ma de Jesús Soria Aguilar, José Lemus Ruiz¹, Alejandro Filio García¹

Presentador: **Josefina García Guerra, Alejandro Filio García**

1 Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo

2 Universidad Autónoma de Coahuila

e-mail: josefinagarcia@uadec.edu.mx

Palabras clave: infiltration, composite Mg/AlN, ANOVA, wear

In this work, AlN (49%) reinforced Mg (AZ91E) matrix composite was developed via pressureless infiltration of partially sintered AlN preforms method. Friction coefficient (COF) and wear rate (K) of the composite in a fabricated and thermal-treated (T6) condition was studied using Pin on disc wear tester. Scanning Electron Microscope (SEM) was used to investigate the microstructure of sintered samples. During the experiments, L16 orthogonal design was followed. Wear analysis was done with four wear control factors such as size of the reinforcement (1, 3 y 20 microns), the applied load (1.3 y 5N), the sliding velocity (5, 10, 15 cm/s) and the sliding distance (100, 250 m). In this study, the optimal combination of parameters was found using signal-to-noise (S/N) ratio analysis. Based on the analysis of variance (ANOVA), the sliding velocity, size of reinforcement and applied load are the three parameters that have the greatest influence on wear rate and COF. Results indicate a substantial improvement in the microhardness (289–343 HV), hardness (25–34 HRC), and wear resistance of the MMC after T6 heat treatment (2×10^{-4} to 1×10^{-6} mm³ /Nm). For a better understanding of the wear mechanisms, surfaces of the worn tracks were studied. Oxidation and abrasion were found as the dominant wear mechanisms in both AZ91E and AZ91E/AlN samples. Even though MM exhibited a lower coefficient of friction (COF) (0.50–0.80), composites showed superior wear resistance by 3-fold higher than the base alloy.



Propiedades mecánicas y tribológicas del titanio grado 2 anodizado con dos solventes orgánicos en distintas proporciones

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **51**

G. Rodríguez Castillo¹, A. Maytorena Sánchez², S. Hernández Montiel¹, R. C. Rodríguez Jiménez¹, E. Delgado Alvarado¹, J. Hernández Torres¹, M. Flores Martínez³, L. García González¹

Presentador: **Rebeca Cristal Rodríguez Jiménez**

1 Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz 94294, México.

2 Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz 94294, México.

3 Departamento de Ingeniería de Proyectos, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco 44430, México

e-mail: leagarcia@uv.mx

Palabras clave: Anodizado, TiO₂, tribología, dureza, recubrimiento.

Se modificó la superficie de titanio grado 2 por la técnica de anodizado electroquímico, usando como medio en la anodización dos solventes orgánicos mezclados en distintas proporciones, con el fin de generar un recubrimiento protector y así mejorar las propiedades mecánicas y tribológicas de este material. Se usaron glicerol y etilenglicol (G-EG), en proporciones: 100%G, 100%EG, 50-50%, 75%G-25%EG y 25%G-75% EG, respectivamente, también se usó agua desionizada en un 10% del vol total de la mezcla y fluoruro de amonio (NH₄F) en una concentración molar fija de 0.30 M. Se determinó la relación que existe entre los componentes de la solución electrolítica y la obtención de nanoestructuras de TiO₂ y determinar la correlación de estos con respecto a sus valores de dureza, coeficiente de fricción, desgaste y rugosidad de la superficie del titanio modificado. Las muestras tratadas se caracterizaron mediante: FE-SEM, EDS, microdurómetro Vickers, microtribómetro y AFM. Las placas anodizadas presentaron un porcentaje atómico con relación 2:1 entre el oxígeno y el titanio, lo cual da evidencia de la generación de un óxido de titanio, un aumento en los valores de dureza Vickers (256 HV) con respecto al titanio sin tratar (240 HV), se disminuyó a la mitad el coeficiente de fricción (0.2) comparado con el del sustrato (0.42), finalmente, se realizó un análisis de la rugosidad en zonas de 1x1 µm; en donde la placa que exhibe un mejor comportamiento en la prueba del coeficiente de fricción, presentó valores de rugosidad; Ra: 29.34 ± 10.05 nm, RMS: 33.88 ± 13.37 nm y Rz: 77.22 ± 25.37 nm. Se obtuvieron micrografías de las placas, donde en todas se observan nanotubos de TiO₂ con diámetros internos de entre 42 y 48 nm, asociados con la presencia de los iones fluoruro contenidos en la mezcla.



Formulación de mezclas de poliéster usando óxido de grafeno como refuerzo para la preparación de materia prima para la fabricación de recubrimientos en aleaciones de aluminio aeronáutico

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **53**

Cintia Yvette López-Ruiz¹, Astrid Lorena Giraldo Betancur¹, Luis Gerardo Trapaga Martínez¹, Carlos Poblano Salas², Diego Germán Espinosa Arbelaez³, John Dairo Henao Penenrey², Adair Jimenez-Nieto⁴

Presentador: **Cintia Yvette López Ruiz**

1 Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Querétaro.

2 Centro de Tecnología Avanzada - CIATEQ A. C., Advanced Materials and Polymers, Mexico.

3 Centro de Investigación y Desarrollo Industrial (CIDESI), Dirección de Ingeniería de Manufactura, laboratorio de ingeniería de superficies, México.

4 Centro de Investigación y Desarrollo Industrial (CIDESI), Biocerámicos, México.

e-mail: cintia.lopez@cinvestav.mx

Palabras clave: HVOF, molienda de alta energía, óxido de grafeno, poliéster, rociado térmico.

En la industria aeronáutica, es común utilizar metales de la familia del aluminio para la fabricación de diversas partes de aeronaves. Estas aleaciones de aluminio se emplean debido a su alta resistencia mecánica, resistencia a la fatiga y facilidad de mecanizado. Sin embargo, muchas de estas aleaciones presentan problemas de corrosión debido a su alto contenido de cobre como aleante principal, lo que hace necesario encontrar recubrimientos que retrasen estos procesos y mejoren la vida útil del aluminio. Este trabajo presenta la preparación de polvos de poliéster reforzados con óxido de grafeno en diferentes porcentajes mediante molienda de alta energía, con el objetivo de obtener un material que pueda ser usado en técnicas de rociado térmico para la protección de aleaciones. Durante la pre-experimentación, se estableció el grado de oxidación, el rango de trabajo de los materiales de refuerzo (en % en peso) y se realizó una molienda en dos etapas para asegurar que las láminas de óxido de grafeno se distribuyeran e incrustaran homogéneamente en las partículas de poliéster. Se variaron los parámetros de procesamiento y se evaluaron sus efectos mediante espectroscopía FTIR y Raman, microscopía SEM y DLS, analizando las propiedades estructurales y morfológicas. Finalmente, se eligieron las mezclas con 0.5% y 0.75% de óxido de grafeno, ya que presentaron una mayor intensidad de los grupos funcionales tanto del óxido de grafeno



como del poliéster, tomando en cuenta los grupos que interactúan químicamente al fundirse en el depósito a través del rociado térmico, además, se observó que las partículas de poliéster, en estas mezclas, conservaron en su mayoría su morfología y tamaño de partícula y las láminas de óxido de grafeno quedaron incrustadas en su superficie. Estas mezclas fueron caracterizadas mediante FTIR, Raman y SEM. Además, se evaluó el comportamiento térmico mediante DSC y TGA, lo que permitió establecer variables termodinámicas de las mezclas. Las características evaluadas indicaron que las mezclas obtenidas pueden ser utilizadas como material de alimentación en tecnologías de rociado térmico (como el HVOF), con parámetros preliminares que se establecen experimentalmente para esta mezcla.



Influencia de las variaciones composicionales en la estructura y bioactividad de vidrios bioactivos del sistema $\text{SiO}_2\text{-CaO-P}_2\text{O}_5$

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **54**

Romero-Argote, Francisco J.¹, Forero-Sosa, Paola A.², Zárate-Treviño, Diana G.³, Henao-Penenrey, John⁴, Giraldo-Betancur, Astrid L.¹.

Presentador: **Francisco Javier Romero Argote**

1 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Querétaro, Libramiento Norponiente, #2000 C.P.76230, Querétaro, México.

2 Universidad Tecnológica de Querétaro, Av. Pie de la Cuesta N °2501, Querétaro 76148, México.

3 Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.

4 CONAHCYT-CIATEQ A.C., Av. Manantiales 23-A, Parque Industrial Bernardo Quintana, El Marqués, Querétaro, 76246, México.

e-mail: francisco.romero@cinvestav.mx

Palabras clave: Vidrios bioactivos, bioactividad, hidroxiapatita, regeneración ósea.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de las variaciones composicionales en las propiedades químicas, físicas y biológicas de vidrios bioactivos del sistema ternario $\text{SiO}_2\text{-CaO-P}_2\text{O}_5$, sintetizados por el método de fundido y enfriado rápido. La evaluación in vitro de bioactividad se realizó por inmersión de pastillas de vidrios en solución de Hanks a 37 °C durante 3, 7 y 14 días. Los cambios y formación de hidroxiapatita en la superficie de los vidrios se identificó mediante difracción de rayos X (XRD). Además, la microscopía electrónica de barrido (SEM) confirmó la formación de hidroxiapatita en la superficie de las pastillas. La espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) permitió identificar los grupos funcionales característicos de la hidroxiapatita y los grupos funcionales iniciales de los vidrios, mostrando variaciones significativas a lo largo de los días de inmersión. Asimismo, se observó que la tasa y el tiempo de bioactividad de los vidrios podían ser afectados o modulados en función de las variaciones composicionales. La respuesta celular se realizó utilizando la línea celular MG-63 correspondiente osteoblastos a partir de osteosarcoma humano. Los resultados obtenidos mostraron una viabilidad celular superior al 90%, indicando que los vidrios bioactivos no presentan citotoxicidad. Se observó proliferación celular en la superficie del material, lo que sugiere que las células osteoblásticas se adhieren y crecen adecuadamente sobre los vidrios. Además, se identificó la formación de nódulos de calcio, un indicativo clave del proceso de regeneración ósea. La presencia de estos nódulos se confirmó mediante la expresión de la proteína osteocalcina, que respalda



tanto la formación de los nódulos de calcio como la regeneración ósea. Estos resultados evidencian que los vidrios bioactivos estudiados favorecen la biocompatibilidad y la capacidad de regeneración ósea. De acuerdo con los resultados obtenidos, estos vidrios bioactivos tienen un potencial significativo para aplicaciones en regeneración ósea y uso en el área biomédica.



Influencia de los parámetros de depósito en la estructura y microestructura de recubrimientos de hidroxiapatita biogénica fabricados por rociado por flama

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **55**

Jhan Danilo Salazar-Martínez¹, Paola Andrea Forero-Sossa², John Henao³, Carlos Agustín Poblano-Salas⁴, Gerardo Trápaga-Martínez¹, Astrid Lorena Giraldo-Betancur¹

Presentador: **Jhan Danilo Salazar-Martínez**

1 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Querétaro, Libramiento Norponiente, #2000 C.P.76230, Querétaro, México.

2 Universidad Tecnológica de Querétaro, Av. Pie de la Cuesta N°2501, Querétaro 76148, México.

3 CONAHCYT-CIATEQ A.C., Av. Manantiales 23-A, Parque Industrial Bernardo Quintana, El Marqués, Querétaro, 76246, México.

4 CIATEQ A.C., Av. Manantiales 23-A, Parque Industrial Bernardo Quintana, El Marqués, Querétaro, 76246, México.

e-mail: jhan.salazar@cinvestav.mx

Palabras clave: hidroxiapatita biogénica, proyección térmica, parámetros de depósito, recubrimientos.

En los últimos años se han reportado diversos métodos para fabricar recubrimientos bioactivos de hidroxiapatita sobre sustratos metálicos de manera que se puedan combinar las propiedades mecánicas del metal con las propiedades biocompatibles de la cerámica, para que puedan ser utilizados en aplicaciones de implantes ortopédicos. Entre las técnicas de proyección térmica utilizadas para fabricar este tipo de recubrimientos, el rociado por flama ha despertado interés debido a su amplio uso a nivel industrial y sus costos de operación. En este trabajo se evaluó el efecto de la combinación de parámetros de depósito: relación de combustible y oxígeno (F/O) y distancia de rociado (SOD) en la composición, estructura y microestructura de recubrimientos de hidroxiapatita biogénica (BHAp) obtenidos por rociado por flama. Previo al proceso de depósito, se fabricaron polvos de hidroxiapatita biogénica a partir de huesos bovinos, siguiendo la metodología desarrollada en el grupo de investigación, para ser utilizados como materia prima. La composición, estructura y microestructura de la materia prima y de los recubrimientos fabricados fueron evaluadas mediante espectroscopía infrarroja (FTIR), difracción de rayos-X (XRD) y microscopía de barrido electrónico con análisis elemental (SEM-EDS). A partir de los resultados, se determinó que todos los recubrimientos obtenidos presentaron diferente composición que la de la materia prima, lo que podría estar asociado con los efectos térmicos que sufren las



partículas durante el proceso de proyección térmica. También, se evidenció que la presencia de fases secundarias relacionadas con la descomposición térmica de la BHAp se puede modular a partir de la combinación de parámetros de depósito. Adicionalmente, se observó que la presencia de iones de sodio, magnesio, carbonatos, entre otros, provenientes de la fuente biogénica, se conservan en todas las muestras. Finalmente, se encontró que las variaciones en las características microestructurales de los recubrimientos están influenciadas por la combinación de parámetros utilizada durante el proceso de fabricación.



Evaluación Tribológica de Superficies Determinísticas Fabricadas a Través de Fusión Selectiva por Láser y Micro Mecanizado CNC en Acero Inoxidable AISI 316L

Sesión: **TRIBOLOGÍA**
Número de trabajo: **56**

Lopera, Daniel¹; Torres Garay, Jesús Arturo¹; Meneses Múnera, Sebastián¹; Díaz Vallejo, Nathalia²; Ballesteros Ospina, Luis Miguel^{1,4,5}; Bedoya López, Camilo³; Sánchez González, Juan Camilo^{1,4}; Rudas, Sebastián^{1,4}; Toro, Alejandro¹.

Presentador: **Daniel Silva Lopera**

1 Grupo de Tribología y Superficies, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

2 Laboratorio de Fabricación Digital, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

3 Virginia Commonwealth University, Richmond, Estados Unidos.

4 Grupo de Investigación e Innovación Energética, Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia.

5 Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, Querétaro, México.

e-mail: dsilval@unal.edu.co

Palabras clave: Tribología, Superficies determinísticas, SLM (Selective Laser Melting), Micro mecanizado CNC, Coeficiente de fricción, Mecanismos de desgaste.

Este estudio presenta la influencia del uso de superficies determinísticas fabricadas por micro mecanizado CNC y Fusión Selectiva por Láser (Selective Laser Melting, SLM) sobre la respuesta tribológica del acero AISI 316L en configuración pin-disco, utilizando un contra cuerpo de polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) y lubricación con solución Ringer-Lactato, de manera que se estudió un par tribológico característico de aplicaciones ortopédicas. Las superficies desgastadas se caracterizaron mediante Microscopía Óptica, Interferometría de Luz Blanca y Microscopía Electrónica de Barrido. La caracterización morfológica antes de las pruebas tribológicas reveló que las superficies micro mecanizadas por CNC tienen mejor control dimensional que las superficies obtenidas por SLM. Por otro lado, las superficies fabricadas por SLM presentaron de manera general un mayor coeficiente de fricción en los ensayos pin-disco. Se identificaron mecanismos de desgaste adhesivo en las superficies fabricadas por CNC, mientras que en las manufacturadas por SLM se observaron evidencias tanto de desgaste adhesivo como abrasivo.



Tribological behavior of TiAlON coatings manufactured by cathodic arc for high temperature applications

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **57**

C. Ortega-Portila*, J.Gonzalez-Carmona, G.Mondragon-Rodriguez.

Presentador: **Ines Carolina Ortega Portilla**

Center for Engineering and Industrial Development (CIDESI), Additive Manufacturing and Materials Development, Querétaro, Av. Pie de la Cuesta 702, C.P. 76125, Santiago de Querétaro, Mexico

e-mail: iortega@posgrado.cidesi.edu.mx

Palabras clave: Tribology, tribo-oxidation, oxynitrides.

Coatings of titanium aluminum oxynitride (TiAlON) and niobium-doped titanium aluminum oxynitride (TiAlNbON) were deposited on AISI D2 steel substrates using the reactive cathodic arc technique. X-ray diffraction (XRD) analysis revealed that TiAlON exhibited crystallographic orientations similar to titanium aluminum nitride (TiAlN), while TiAlNbON showed phase separation into titanium aluminum oxides (Al_2TiO_5), making it a polycrystalline and multiphase coating. Transmission electron microscopy (TEM) confirmed these findings. Surface morphology displayed macroparticles or "droplets" typical of cathodic arc films, increasing substrate roughness by about 50%. The coatings exhibited a nanohardness of 12.85 ± 2.85 GPa, with TiAlNbON showing improved elasticity modulus and plastic deformation resistance. This enhanced the adhesion of the Nb-doped coating by up to 80%. Tribological tests using the pin-on-disk method at temperatures of 25 °C, 500 °C, 700 °C, and 900 °C indicated that when oxidation and tribo-oxidation influence the wear process, Nb's ability to modify oxygen diffusion and stabilize oxides reduces wear, shifting from abrasion mechanisms at lower temperatures to combined abrasion-adhesion mechanisms at higher temperatures.

Presentaciones modalidad Póster



Diseño y modulación del tiempo de respuesta de un sensor galvánico de oxígeno libre de plomo para aplicaciones médicas

Sesión: **CORROSIÓN Y ELECTROQUÍMICA**

Número de trabajo: **1**

Gerardo Montoya Medina, Xavier H. Herrera Téllez, Juan C. Rangel Rodríguez, Héctor Cerecedo Roque, Rosa E. Rivera Martínez, Jesús J. Alcántar Peña, Iker R. Chávez Urbiola, Rodolfo Sánchez Fraga, Antonio Ramírez Martínez, Fernando Fonseca Navarro, Noé Amir Rodríguez Olivares, Luciano Nava Balanzar, Gilberto Martínez Saucedo.

Presentador: **Gerardo Montoya Medina**

1 Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, Querétaro, Qro., México

2 Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, Saltillo, Coah., México

e-mail: g.montoya@posgrado.cidesi.edu.mx

Palabras clave: Libre de plomo, oxígeno, sensor galvánico, libre de soldadura.

Actualmente, se cuenta con distintas tecnologías para detección de oxígeno en el ámbito médico. Los sensores galvánicos predominan en el mercado debido a su accesibilidad y facilidad de operación. Desafortunadamente, la mayoría de estos sensores funcionan a partir de plomo (Pb), un metal relativamente abundante y de bajo costo, el cual, no obstante, es un elemento altamente tóxico. Por lo tanto, su uso es indeseable debido a los riesgos a la salud involucrados y al potencial daño al medio ambiente durante su disposición. En este desarrollo, se diseñó una celda galvánica libre de plomo para la detección de oxígeno en aplicaciones médicas, utilizando cobre (Cu) como ánodo. En un inicio, se utilizaron técnicas de soldadura por electrodo para la manufactura del componente anódico del sensor, utilizando una aleación de estaño/cobre (Sn/Cu). Sin embargo, este material está constantemente sujeto a una solución electrolítica alcalina y a procesos de corrosión, afectando el tiempo de vida del sensor. Por lo tanto, se implementó una unión de Cu/Cu más resistente a la corrosión, sin soldadura, para extracción de corriente. Adicionalmente, se evaluó indirectamente la actividad catalítica del componente catódico para la reducción de oxígeno, a través de los parámetros de estabilización del sensor. Se encontró una relación entre corriente de salida y tiempo de respuesta. Finalmente, se evaluó la estabilidad de la señal de voltaje de salida del sensor a largo plazo.



Analysis of wear behavior of stainless steel system for offshore applications

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **2**

Sandra Rojas Osorio, Karla J. Moreno Bello, J. Santos García Miranda, Luis Daniel Aguilera Camacho, Marco Ulises Negrete Ríos

Presentador: **Sandra Rojas Osorio**

Departamento de Ingeniería Mecánica, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Guanajuato, México

e-mail: d2403015@itcelaya.edu.mx

Palabras clave: Wear, stainless steel, seawater, offshore applications

Wear occurs when two moving parts interact under the action of a force and lose material until they lose the ability to work properly; for wear to occur, the parts must be in direct contact [1]. There are four main wear mechanisms: adhesion, abrasion, corrosion, and delamination [2]; which one is present in a system depends on the characteristics of the materials and the working conditions. Components and machinery used in marine applications are affected by oxidation and corrosion when exposed to environmental factors such as the amount of oxygen, marine fauna, speed, temperature, salinity, and pH of the water [3] in addition to presenting other wear mechanisms. One of the most widely used materials in different industrial sectors (offshore, construction, medicine, power generation, gas/oil production, nuclear reactors, automotive, chemical, and food, among others) [4, 5] is AISI 316 stainless steel (316SS), since due to its excellent resistance to corrosion and oxidation, and excellent mechanical properties; however, its performance in applications with contact and movement in corrosive media is low [5]. It becomes interesting to study its wear mechanisms when subjected to extreme environments. The present work focused on the analysis of the wear mechanism of a stainless-steel system, testing a sample of austenitic 316SS with a counterpart of martensitic steel AISI 420 in a tribological test with pin-on-disk method (ASTM G99) under the action of four loads using synthetic seawater as a lubrication medium for 334 min in 1000m. Two main wear mechanisms were found: adhesion and abrasion, detecting evidence of oxidation; the widest wear track and the highest volume loss were presented with the highest load, while the highest wear rate was obtained with the smallest load. No pattern was detected in the correlation between the amount of oxidation and the increase in load. 316SS presents plastic deformations that generate a larger wear track width [5] and, the decrease in the wear rate could be due to more material debris accumulated causing a change in the contact area between the bodies



and the hardness along the wear track, which is related to the amount of volumetric material lost [6].



Optimización de una mezcla polimérica utilizando materiales de residuos-nuevos para la industria manufacturera

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **3**

Aarón Guerrero Basilio^{1,2}, David. Sánchez- Huitron^{1,2}, Marco Antonio Doñu-Ruiz^{1,2}, Noé López-Perrusquía^{1,2} Daniel Sánchez Huerta^{1,2}, José Antonio Juanico Loran¹

Presentador: **David Sánchez Huitrón**

1 Universidad Politécnica del Valle de México, Grupo Ciencia e Ingeniería de Materiales, Av Mexiquense s/n, esq, Av. Universidad Politécnica, Villa Esmeralda, 54910, Tultitlán, Estado de México.

2 Miembros de la Red de Ingeniería de Superficies y Tribología "REDISYT – CONACYT"
e-mail: sanchezhuitron33@gmail.com

Palabras clave: Dureza, Reciclado Poliestireno, Master Batch, Mezcla.

El presente trabajo tiene como propósito analizar la micro dureza al poliestireno con master batch negro para hallar las diferencias entre utilizar diferentes porcentajes de material nuevo-reciclado, las 5 muestras que se utilizaron para el estudio fueron de ramas obtenidas por el proceso de inyección colada fría, estas mezclas van desde el 100% de material reciclado hasta el 100% de material nuevo (virgen) con intervalos de 25% entre cada muestra. Después de realizar 50 indentaciones bajo el método de micro dureza Vickers los resultados demuestran que, si existe diferencia en utilizar más del 50% de material reciclado contra utilizar el 100%, por lo tanto, se puede concluir que utilizar una mezcla con el 75% de material reciclado o más se obtiene una menor resistencia a la penetración del poliestireno coloreado y que a partir de utilizar una mezcla con el 50% reciclado-50% virgen se obtiene una mayor resistencia a la penetración, pues al principio del trabajo se propone que la mezcla ideal sea del 75% reciclado-25% virgen, pero con base a los datos obtenidos no es posible.



Efecto del oxígeno en el rendimiento de puntos cuánticos de carbón de Hibiscus sabdariffa

Sesión: **NANOPARTÍCULAS Y NANOCOMPUESTOS**

Número de trabajo: **4**

P. E. Castellanos Hernández¹, R. Ruelas Lepe², O. Ceballos Sánchez³, A. Sánchez Martínez⁴

Presentador: **Pedro Ezequiel Castellanos Hernández**

Departamento de Ingeniería de Proyectos, CUCEI, Universidad de Guadalajara.
Zapopan, Jalisco, México.

e-mail: ezequiel.castellanos@alumnos.udg.mx

Palabras clave: Puntos cuánticos de carbono. Pirolisis. Fotoluminiscencia en el azul. Síntesis verde

Se estudiaron puntos cuánticos de carbono (CQDs) a partir de la flor de Jamaica (Hibiscus Sabdariffa) y un método de calcinación fácil, económico y sin impacto al medio ambiente. Se utilizaron diferentes flores de Jamaica para evaluar la influencia de la humedad en las hojas sobre las nanopartículas obtenidas. Se obtuvieron dos grupos de muestras por medio de calcinación en plancha y en mufla a 300 °C (temperatura óptima), donde todas las muestras presentaron absorción en el rango UV y emisión fotoluminiscente (PL) en la región del azul, siendo las de mayor emisión las nanopartículas sintetizadas en plancha y con las flores más húmedas, esto atribuido a la incorporación de grupos oxigenados en la superficie de los puntos cuánticos, los cuales generaron defectos superficiales que son los principales responsables del mecanismo fotoluminiscente. A 300 °C, el aumento del tiempo de calcinación mostró una disminución de la emisión PL y un corrimiento a longitudes más grandes, así como una disminución del band-gap de los CQDs.



Modificación de materiales arcillosos fabricados por manufactura aditiva para su uso como soporte de nanoestructuras con propiedades fotocatalíticas

Sesión: **NANOPARTÍCULAS Y NANOCOMPUESTOS**

Número de trabajo: **5**

C. Hernández¹, L. Melo², D. Melo³, R. Veg⁴, E. Uribe⁵

Presentador: **Celia Massiel Hernández Hernández**

1 Tecnológico Nacional de México-Tlalnepantla, Tlalnepantla de Baz, México

2 Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey-Campus Estado de México, Atizapán de Zaragoza, México

3 Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey-Campus Querétaro, Querétaro, México

e-mail: massiel161296@gmail.com

Palabras clave: Nanoestructuras, fotocatalisis, manufactura aditiva

En este trabajo se aborda el uso de la manufactura aditiva de materiales arcillosos/cerámicos para ser utilizados como soporte de nanoestructuras con propiedades fotocatalíticas para la degradación de diversos contaminantes presentes en agua. Mediante la impresión 3D se fabrica con arcilla moldeable de secado al aire una estructura que se impregna con una semilla acuosa de nanoestructuras de óxido de zinc por dip-coating posteriormente por el método hidrotermal se genera un crecimiento de las mismas. Las muestras se caracterizaron por estereoscopio, microscopía electrónica de barrido (MEB) y análisis de dispersión de energía. Los resultados muestran que es posible modificar la superficie de la arcilla moldeable de secado al aire con las nanoestructuras de óxido de zinc sin embargo el material mostró una disminución de su tamaño durante el proceso hidrotermal ya que se disolvió en el agua por lo que no es viable pasar a las pruebas fotocatalíticas en medio acuoso.



Consideraciones para incluir en un plan de mantenimiento predictivo aplicado al riel

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **6**

Andrea Aketzalli Mandujano Rodríguez, Víctor Hugo Anaya Arcos

Presentador: **Andrea Aketzalli Mandujano Rodríguez**

Grupo de Tribología, SEPI, ESIME ZACATENCO, IPN

e-mail: mandujanoan@gmail.com

Palabras clave: desgaste, defectos, riel, corrosión, fatiga, fricción, métodos no destructivos, grietas,

La tribología juega un papel fundamental en los sistemas ferroviarios, enfocándose en el desarrollo de métodos, técnicas, equipos y pruebas destinados a prevenir el desgaste. El microtribo-sistema de la interfaz rueda-riel es particularmente crítico, ya que es donde se concentra un desgaste significativo debido a las altas presiones de contacto, las cargas dinámicas constantes y la exposición al medio ambiente. Estos factores provocan mecanismos de desgaste específicos que pueden ser identificados y abordados para prolongar la vida útil de los materiales y garantizar la seguridad del sistema ferroviario. Actualmente, existe una amplia variedad de técnicas no destructivas que permiten identificar defectos en los rieles, tales como corrugaciones, abolladuras, descamaciones, grietas, fisuras, desprendimiento de material, corrosión, aplanado y quemaduras. México cuenta con un sistema ferroviario de 23,389 km en operación, situándose entre los diez países con mayor extensión de vías férreas a nivel mundial. Sin embargo, el país aún carece de un enfoque robusto en los planes de mantenimiento predictivo para sus sistemas ferroviarios. Este trabajo tiene como objetivo presentar una serie de recomendaciones técnicas para identificar y mitigar el desgaste y los defectos, principalmente aquellos causados por la fatiga por contacto de rodadura, la corrosión y la fricción en los rieles del sistema ferroviario mexicano. Estas recomendaciones buscan contribuir a la reducción de costos de mantenimiento y a la disminución de la necesidad de reemplazo de componentes mecánicos, con un enfoque especial en la prolongación de la vida útil del riel, el elemento más costoso en términos de mantenimiento y reemplazo.



Modificación superficial microestructural, mecánica y tribológica por carbonitrurado en acero bajo carbono 1018

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **7**

M. Alvarez-Vera, R. Carrera-Espinoza, P. Moreno-Garibaldi, F.J. Romero-Alvarez, V. López-López, D. Gutiérrez-Sosa, I. López-Rodríguez

Presentador: **Melvyn Alvarez Vera**

Universidad de las Américas Puebla UDLAP, Departamento de Ingeniería Industrial y Mecánica, Puebla.

e-mail: melvyn.alvarez@udlap.mx

Palabras clave: Desgaste, fricción, carbonitrurado, AISI 1018

El presente estudio muestra los resultados de tratamiento de carbonitrurado por empaquetamiento de alta temperatura sobre acero comercial de bajo carbono AISI 1018 a 900°C realizado con diferentes tiempos de tratamiento de 2 h, 4 h y 6 h. Los resultados obtenidos de la caracterización microestructural por microscopía óptica, microscopía eléctrica de barrido (SEM) y espectroscopía de energía de dispersión por rayos X (EDS), muestran la formación superficial de una zona compacta de carbonitrurado, una zona de difusión y metal base del acero ferrítico-perlítico. El análisis de fases realizado por difracción de rayos X (DRX) muestra las fases presentes de Fe α -ferrita, cementita Fe₃C y nitruro de hierro Fe₂N. El ensayo de microdureza Vickers muestra un incremento en dureza un incremento en la dureza en la sección transversal de 120 HV0.1 hasta 270 HV0.1. Las pruebas tribológicas de pin-on-disc siguiendo el procedimiento del estándar ASTM G99-17 bajo condición seca de las superficies tratadas, mostraron un incremento en la resistencia al desgaste y un comportamiento estable del coeficiente de fricción conforme se incrementaron los tiempos de tratamiento.



Estudio de las propiedades mecánicas de asfalto modificado con un biopolímero

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **8**

Luz Ma. García-Rivera¹, Marco Antonio Ruiz Rico², Genoveva Hernández Padrón³*

Presentador: **Luz María García Rivera**

1 Posgrado en Ciencia e Ingeniería de Materiales, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada

UNAM-Juriquilla, Querétaro, México

2 Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

3 Departamento de nanotecnología, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada UNAM-Juriquilla, Querétaro, México

e-mail: luzmagriv@gmail.com

Palabras clave: Propiedades mecánicas, asfalto modificado, biopolímeros

El asfalto, también conocido como alquitrán o betún, es un material que se puede extraer de diversas partes del planeta Tierra a partir de procesos de destilación del petróleo crudo; tras su procesamiento presenta una naturaleza viscosa y pegajosa, características que se han aprovechado en temas de construcción y mantenimiento de infraestructuras viales, tales como carreteras y pavimentos. Algunas de sus características destacables son su capacidad impermeabilizante (hidrófobo), su excelente adherencia a diversos sustratos y su notable resistencia mecánica, por lo que se aprovecha para obtener superficies viales lisas y duraderas capaces de soportar el flujo de tráfico vehicular y proteger la estructura subyacente de los elementos ambientales adversos. Valenzuela V. A (2003) En los últimos años se ha enfocado gran parte de la investigación en el desarrollo y aplicación de nuevos materiales, donde los biopolímeros han atraído la atención por su variedad de aplicaciones en distintos sectores de la industria y sociedad. La característica más importante de estos materiales derivados de fuentes naturales renovables son la competitividad contra los materiales utilizados comúnmente en estos sectores con un enfoque sustentable. En el área de construcción, los biopolímeros se han considerado como aditivos prometedores para la mejora de propiedades de los materiales tradicionales, en particular de sus propiedades mecánicas, lo que representa un impacto significativo en la sostenibilidad y eficiencia de la industria de la construcción Adrián et. al. 2020 La celulosa es el biopolímero más abundante en la naturaleza Smith et al. (2019) , una fuente rica de este material es la cáscara de naranja; presenta características fisicoquímicas interesantes para la modificación de asfaltos donde la resistencia mecánica y flexibilidad propias de las fibras de celulosa destacan, así como la capacidad que presenta para absorber y retener



el agua, lo que contribuye a la resistencia del asfalto ante la humedad aumentando de esta forma su durabilidad y estabilidad en superficies viales. En la presente investigación se evaluarán las propiedades mecánicas de esfuerzo, deformación y compresión de mezclas asfálticas modificadas con diferentes concentraciones de celulosa (AMC), extraída de la biomasa lignocelulósica de los residuos de la cáscara de naranja. El objetivo principal del trabajo es evaluar la influencia de la celulosa en el comportamiento mecánico de las mezclas (AMC).



Estudio de la absorción de resonancia de plasmones superficiales de nanopartículas de plata depositadas mediante a PLD a distintas fluencias

Sesión: **NANOPARTÍCULAS Y NANOCOMPUESTOS**

Número de trabajo: **9**

A. Vázquez Francisco¹, M. Flores Castañeda², O. Alonso³, S. Camacho López⁴, J. G. Quiñones Galván³

Presentador: **Abril Vázquez Francisco**

1 Departamento de Ingeniería de Proyectos, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.

2 Departamento de Desarrollo de Formulaciones, Agricultura Nacional S.A. de C.V., Ciudad de México, México.

3 Departamento de Física, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.

4 Departamento de Óptica, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, México.

e-mail: abril.vazquez4166@alumnos.udg.mx

Palabras clave: PLD, SPR, láser, plasmón superficial, curvas de vuelo

Se depositaron nanopartículas de plata sobre sustratos de vidrio mediante PLD (depósito por láser pulsado). Se utilizaron dos valores de fluencia para los experimentos: 2.5 y 8.3 J/cm². Para cada fluencia se hicieron crecer películas, variando el número de pulsos (300, 600, 900 y 1200 pulsos). Los plasmas inducidos por el láser fueron diagnosticados mediante mediciones con una sonda de Langmuir, de las cuales se obtuvieron curvas de tiempo de vuelo (TOF). A partir de las curvas TOF, se calcularon la energía cinética media de los iones y la densidad. La densidad iónica se fijó en 6 x 10¹³ cm⁻³, mientras que la energía cinética media de los iones cambió de 162 eV para 2.5 J/cm² a 254 eV para 8.3 J/cm². Las películas delgadas nanoestructuradas fueron caracterizadas ópticamente mediante espectroscopía UV-Vis, observándose para todas las muestras la conocida señal de absorción de resonancia de plasmones superficiales (SPR) cerca de 400 nm. El análisis de la banda de absorción reveló que las señales correspondientes a las muestras depositadas a 8.3 J/cm² son más estrechas que las de las muestras depositadas a 2.5 J/cm², lo que indica una menor dispersión en el tamaño al usar una fluencia mayor. Sin embargo, el máximo de absorción es mucho más alto para las muestras depositadas con baja fluencia, lo cual está relacionado con la densidad de partículas, lo que significa que una fluencia más baja permite la deposición de un mayor número de nanopartículas. Por otro lado, la posición del pico se desplaza a longitudes de onda más altas a medida que disminuye la fluencia, lo que indica que



las nanopartículas depositadas con mayor fluencia son más pequeñas. En cuanto al número de pulsos, para ambos valores de fluencia se observó un aumento del máximo de absorbancia con el número de pulsos, lo que revela el incremento de la densidad de nanopartículas depositadas en los sustratos de vidrio. Finalmente, se midieron muestras representativas mediante AFM, lo que corroboró los resultados obtenidos por UV-Vis.



Clasificación basada en defectos de superficies en aceros al carbono utilizando datos sintéticos de redes adversarias generativas

Sesión: **SUPERFICIES**
Número de trabajo: **10**

Gómez-Vargas, O.A.; Rueda-Gutiérrez, Allan; Rodríguez-Molina, Alejandro; Ortiz-Domínguez, Martín

Presentador: **Oscar Armando Gómez Varfas**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TLALNEPANTLA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

e-mail: oscar.gv@tlalnepantla.tecnm.mx

Palabras clave: nivel de inclusiones, espesor de capa, defectos superficiales, red adversaria generativa

En la industria metal-mecánica, aeroespacial, automotriz y toda aquella donde se utilicen materiales metálicos, requiere de un control de calidad o de un análisis para determinar cierto tipo o nivel de inclusiones "no-metálicas", espesores de capa y recubrimientos, incluso en "análisis de falla" para identificar las causas posibles que originaron dicha falla. En este entorno, en muchos de los casos es difícil o tardado obtener imágenes que correspondan a cada caso, y que para la clasificación o identificación depende totalmente de la experiencia del evaluador. El presente trabajo trata de sentar las bases para implementar una clasificación precisa del nivel de inclusiones "no-metálicas" sobre un acero bajo carbono a través de la toma de imágenes que serán utilizadas en una red. Se trata de entrenar un algoritmo clasificatorio que integra un mecanismo de atención basada en una red generativa para facilitar tareas que impliquen un sinnúmero de evaluaciones.



Estudio de las propiedades optoelectrónicas y superficiales de películas delgadas de ZnSe dopadas con In sintetizadas por el método sol-gel

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **11**

M. Acosta-Paez¹, A. Sanchez-Martinez¹, O. Ceballos-Sanchez¹, R. Ruelas-Lepe¹, C.E. Perez-Garcia², E. R. López-Mena³, G. Sánchez-Ante³

Presentador: **Marcela Patricia Acosta Páez**

1 Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI), Departamento de Ingeniería de Proyectos, Av. José Guadalupe Zuno # 48, Industrial Los Belenes, 45157 Zapopan, Jalisco, México

2 Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química, Cerro de las Campanas, 76010 Querétaro, Querétaro, México

3 Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Av. Gral Ramón Corona No 2514, Colonia Nuevo México, 45201 Zapopan, Jalisco, México

e-mail: marcela.acosta2673@alumnos.udg.mx

Palabras clave: ZnSe dopadas con indio, sol-gel, propiedades optoelectrónicas

El seleniuro de zinc (ZnSe) es un semiconductor tipo n que, debido a sus excelentes propiedades ópticas tales como un amplio ancho de banda prohibida ($E_g = 2.7$ eV) y una alta transparencia en el espectro visible e infrarrojo, lo vuelve atractivo para diferentes aplicaciones en dispositivos optoelectrónicos. Las películas delgadas de ZnSe han sido estudiadas usando diferentes métodos de síntesis tales como baño químico (CBD), electrodeposición, spray pirólisis y sol-gel [1]. La síntesis química por sol-gel con depósito por spin-coating es una técnica de bajo costo para la preparación de películas delgadas semiconductoras, la cual consiste en depositar una solución precursora sobre un sustrato para formar una película delgada. El depósito por spin-coating tiene diversas ventajas como la uniformidad microestructural y el control sobre el espesor de la película en función del número de capas, la viscosidad de la solución precursora, la concentración molar de los iones precursores, la velocidad (rpm) y el tiempo de giro [2]. Algunos reportes en la literatura muestran que el dopaje de películas delgadas de ZnSe con elementos trivalentes metálicos, como el indio (In), mejora las propiedades estructurales, ópticas, eléctricas y morfológicas debido a la sustitución parcial de iones Zn^{2+} por iones In^{3+} , lo que causa una distorsión de su estructura cristalina [3]. Por ello, en este trabajo se estudió el efecto del dopaje con In a diferentes concentraciones ($x = 0, 3, 5, 7$, y 10 % atómico) en las propiedades fisicoquímicas de películas delgadas de ZnSe sintetizadas por el método sol-gel spin-coating. Las películas de $Zn_{1-x}In_xSe$ fueron tratadas térmicamente a 320 °C en atmósfera de vacío para mejorar su calidad



en términos de estructura y rendimiento eléctrico. Se evaluó el impacto del dopaje con In en las propiedades estructurales, ópticas, eléctricas y superficiales usando difracción de rayos X con haz rasante (GI-XRD), espectroscopia UV-Vis, efecto Hall y espectroscopia fotoelectrónica de rayos X (XPS), respectivamente.



Efecto del método de obtención en las características y propiedades de recubrimientos base Zn-Al, sobre aceros y fundiciones nodulares

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **12**

Jesús Rafael González Parra^{1,2}, Raúl Valdez Navarro¹, Patricio Sixtos Coss¹, Dayi Gilberto Agredo Díaz^{3,4}, José Javier Cervantes Cabello¹, Helgi Waage Delgadillo¹, Alejandro Jaramillo⁵, Armando Rojas⁶, Arturo Barba Pingarrón¹

Presentador: **Arturo Barba Pingarrón**

1. Centro de Ingeniería de Superficies y Acabados (CENISA). División de Ingeniería Mecánica e Industrial (DIMEI). Facultad de Ingeniería. UNAM
2. Instituto de Física UNAM. (Estancia Postdoctoral).
3. Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Universidad Nacional de Colombia.
4. Fundición de Metales Ofir S.A.S., Colombia
5. Posgrado en Ingeniería UNAM
6. Departamento de Fluidos y Térmica. DIMEI. Facultad de Ingeniería UNAM
- 7.- Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (Estancia Sabática)

e-mail: arturo.barba@ingenieria.unam.edu

Palabras clave: Recubrimientos Zn-Al, Inmersión en caliente, Proyección Térmica, Tratamiento Termoquímico, Energía Solar Concentrada, Aceros al carbono, fundiciones nodulares, Propiedades

En este texto se presenta una comparación entre una serie de recubrimientos de base Zn-Al, generados por diferentes tecnologías de superficie, en las propiedades y características de los propios revestimientos. Las tecnologías comparadas incluyen: inmersión en caliente, tratamiento termoquímico, proyección térmica y el uso de energía solar concentrada, sobre diversos aceros al carbono y fundiciones nodulares. Se realiza la comparación de la morfología y de la microestructura de los recubrimientos mediante microscopía óptica y electrónica, de las microdurezas alcanzadas, de la composición química y de la resistencia a la corrosión. En general, todos los procedimientos logran mejorar la resistencia a la corrosión de los diversos sustratos y las diferencias encontradas radican, fundamentalmente, en la presencia de porosidad y en el nivel de adherencia que se presenta como resultado de los diferentes enfriamientos asociados a las técnicas usadas, de los fenómenos de difusión y de los mecanismos de unión recubrimiento-sustrato de cada uno de los procesos.



Propiedades mecánicas y electroquímicas de multicapas de CrAl/CrAlN y CrAl/CrAlN-(a-CN_x) con diferente composición química depositadas por HIPIMS

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **13**

C.J. Martínez-González^{1,2}, D. Bravo-Bárceñas³, J. Pérez-Álvarez⁴, O. Jiménez⁴, M. Flores⁴

Presentador: **Cecilio Jesús Martínez González**

1 Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán 1421, Olímpica, Guadalajara, Jalisco C.P. 44430, México.

2 Quantum-Ciudad del Conocimiento, Universidad Autónoma de Zacatecas, Av. Marie Curie, 1000 Blv. El Bote, Col. Ciudad Argentum Zacatecas, Zac. CP:98047., México.

3 CONACyT-Universidad de Guadalajara/CUCEI, Boulevard Marcelino García Barragán 1421, Guadalajara, Jalisco CP 44430, México.

4 Departamento de Ingeniería de Proyectos, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán 1421, Olímpica, Guadalajara, Jalisco C.P. 44430, México.

e-mail: cecilio.martinez9250@alumnos.udg.mx

Palabras clave: HIPIMS, Multilayer CrAl/CrAlN, a-CN_x top layer, Fretting, Nano scratch, PDP, EIS.

Se analizó la resistencia a la corrosión de recubrimientos multicapa de CrAl/CrAlN y CrAl/CrAlN-(a-CN_x) depositados a partir de una composición de blanco CrAl 25:75 vol.% en volumen, depositados por erosión catódica con magnetrón y pulsos de alta potencia (HIPIMS) sobre acero para herramientas A11. Los resultados se compararon con otra composición química estudiada previamente. La caracterización morfológica por FE-SEM muestra un espesor de 1.6 y 1.2 µm, respectivamente. La fase de CrAl y (a-CN_x) muestran una morfología similar a la vítrea. Sin embargo, la fase de CrAlN exhibió una morfología ligeramente columnar. El análisis de XRD reveló que las multicapas están más orientadas a la fase AlN, coincidiendo en los ángulos 37.78°, 43.91°, 63.83°, 76.66° y 80.75°. El contenido de Al en la multicapa está relacionado con el cambio en la orientación preferencial del plano (200) en el ángulo 43.91° a un plano preferencial (111) en un ángulo de 37.78°. La presencia de la capa superior (a-CN_x) se confirmó mediante espectroscopia Raman, donde los picos característicos de G y D están entre 1200 y 1700 cm⁻¹. Los resultados de XPS confirmaron la presencia de la fase AlN, donde los picos deconvolucionados coincidieron con las energías de enlace de Cr2p_{3/2}, Al2p y N1s, respectivamente. Los resultados de nanoindentación mostraron durezas de 30.42 GPa ± 2.3 y 25.83 GPa ± 2.28 en ambos recubrimientos multicapa, así como un % de energía de recuperación (ER) superior. Por lo que una capa superior (a-CN_x) aumentó la resistencia



al agrietamiento y así como los valores de energía adhesiva para la multicapa CrAl/CrAlN-(a-CNx) durante la prueba de nano-rasgado. Además, la misma multicapa muestra un comportamiento mejorado durante la prueba de desgaste por fricción con la aplicación de cargas normales altas. Por otra parte, las pruebas de polarización potenciodinámica (PDP) en una solución de NaCl al 3.5 % en peso muestran una mejora en la resistencia a la corrosión para la multicapa CrAl/CrAlN-(a-CNx) de hasta 15 veces en los valores R_p en comparación con el sustrato AISI A11. La impedancia electroquímica también (EIS) muestra una mejora notable de la resistencia a la corrosión. Las multicapas con composición del blanco CrAl 25:75 % en volumen, muestra una ligera mejora en la resistencia mecánica y a la corrosión en comparación con la composición química reportada previamente.



Estudio topográfico y propiedades mecánicas de nanoestructuras de ZnO obtenidas mediante PVD y método hidrotermal

Sesión: **NANOPARTÍCULAS Y NANOCOMPUESTOS**

Número de trabajo: **14**

F.F. Estrada¹, I. Arzate², V.A. Castellanos³, R.C. Vega Morón⁴

Presentador: **Fortinio Fabián Estrada Martínez**

1, 3, 4 Tecnológico Nacional de México/IT de Tlalnepantla. Tlalnepantla, Estado de México.

2. Instituto Politécnico Nacional, Centro de nanociencias y micro y nanotecnologías. Ciudad de México. México

e-mail: ffabian_ffem@hotmail.com

Palabras clave: PVD, Hidrotermal, nanoestructuras, ZnO.

Estudio topográfico y propiedades mecánicas de nanoestructuras de ZnO obtenidas mediante PVD y método hidrotermal. En el presente trabajo de investigación se describe la topografía superficial de las nanoestructuras de óxido de zinc (ZnO) depositadas sobre sustratos de acero AISI 316L que fueron sintetizadas mediante la combinación del depósito físico en fase vapor y método hidrotermal, con la finalidad de estudiar las propiedades mecánicas de la superficie de los sustratos recubiertos. Se caracterizaron mediante la técnica de microscopía de fuerza atómica para analizar la rugosidad de las nanoestructuras obtenidas, y se obtuvieron valores de Ra (área de 20x20 μm^2) 26.8 y 76.5 μm . Mediante nanoindentación se obtuvieron dureza y módulo reducido, aplicando 500 mN de carga normal. Se encontró que la dureza obtenida en los recubrimientos no es homogénea, obteniendo valores entre 0.07 y 2.76 GPa sobre la superficie de los sustratos y se obtuvo un módulo reducido variado en un rango de 17.6 a 128.5 GPa.



Caracterización de películas cerámicas multicapa sobre aceros D2 y 440

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **15**

A. A. Avalos Roa¹, Lizbeth Melo Máximo¹, Dulce Viridiana Melo Máximo², Roberto Carlos Vega Morón¹, Fernando Noe Santiago³

Presentador: **Abraham Alejandro Avalos Roa**

1, Tecnológico nacional de México/IT de Tlalnepantla.

2, Escuela de ingeniería y ciencias, Tecnológico de Monterrey.

3, SADOSA SA. de CV.

e-mail: M18250510@tlalnepantla.tecnm.mx

Palabras clave: Nitruros, desgaste, recubrimientos, arco catódico.

En este trabajo se aplican diversas técnicas de caracterización microestructural y análisis tribológico de películas multicapa de nitruros de aluminio titanio, depositadas mediante la técnica de arco catódico sobre sustratos de acero AISI 440 y AISI D2. El espesor de la película se determina mediante la prueba de microabrasión. La caracterización incluye técnicas como microscopía electrónica de barrido (MEB), para observar la superficie de las películas y mediante el análisis por dispersión de energía, se observa su composición elemental. Además, se realiza el estudio por difracción de rayos X (DRX), para obtener las fases presentes en las películas analizadas. Asimismo, se analiza la rugosidad del recubrimiento mediante perfilometría óptica, y la adhesión se evalúa mediante la prueba VDI 3198, donde se observa una adhesión aceptable. Finalmente, se realiza el estudio tribológico en seco a través de la prueba de perno sobre disco para conocer su desempeño tribológico.



Caracterización de películas delgadas CrN/TiN generadas por el método de arco catódico

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **16**

Juan David Resendiz Albino¹, Lizbeth Melo Máximo¹, Dulce Viridiana Melo Máximo², Roberto Carlos Morón¹, Fernando Noé Santiago³

Presentador: **Juan David Resendiz Albino**

1, TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO/IT DE TLALNEPANTLA

2, ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS, TECNOLÓGICO DE MONTERREY

3, SADOSA S.A. DE C.V.

e-mail: M18250525@tlalnepantla.tecnm.mx

Palabras clave: arco catódico, pvd, adhesión, caracterización, xrd

En el siguiente trabajo se presenta la caracterización de películas delgadas obtenidas por medio de la aplicación del proceso de Physical Vapor Deposition (PVD) por Arco Catódico. Mediante el cual se obtuvieron depósitos de nitruros de cromo y nitruros de titanio sobre acero M2, este acero es un material ideal para uso en condiciones de alta velocidad proporcionando excelente resistencia al desgaste. El objetivo principal es realizar una caracterización microestructural y prueba de adhesión. Las técnicas de caracterización incluyen el análisis de rugosidad mediante perfilometría óptica para conocer su rugosidad; difracción de rayos X (XRD), que proporciona información acerca de las fases presentes en las películas; microscopía electrónica de barrido (MEB) más espectroscopia de dispersión de energía (EDS), para conocer los elementos presentes en la película. Mediante EDS se identificó Ti y Cr, por XRD se encontraron las fases presentes de TiN y CrN y por la prueba de adhesión se observó que algunas películas se encontraban en el rango de aceptables de acuerdo a la norma VDI 3198.



Adhesion Characterization on AISI 9254 steel boriding

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **17**

Lizbeth Sánchez Fuentes^{1,2}, Noé López Perrusquia², Milton Carlos Elías Espinosa³, Dulce Viridiana Melo Máximo⁴, Tomas de la Mora Ramírez⁶, Víctor Hugo Olmos Domínguez⁵, Marco Antonio Doñu Ruiz²

Presentador: **Lizbeth Sánchez Fuentes**

1 Doctorado en Ciencia de Materiales, Universidad Politécnica del Valle de México, Grupo Ciencia e Ingeniería de Materiales. Av. Mexiquense, Tultitlán. Edo. México. México

2 Universidad Politécnica del Valle de México, Grupo Ciencia e Ingeniería de Materiales. Av. Mexiquense, Tultitlán. Edo. México. México

3 Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Santa Fe, School of Engineering and Science, México City 01389, México.

4 Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México, Av Lago de Guadalupe, Margarita Maza de Juárez, 52926, Méx.

5 Universidad UNITEC Atizapán | Universidad Tecnológica de México, Blvd Calacoaya 7, La Ermita, 52970 Cdad. López Mateos, Méx.

6 Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán

e-mail: ingelizsf@gmail.com

Palabras clave: Characterization, boriding, steel

The automotive, maritime, aeronautical and agricultural industries need a series of innovative coatings on engineered components and/or parts that meet today's needs and are environmentally friendly [1, 2]. On the other hand, it is important to consider the extreme working conditions that engineering parts are exposed to and their useful life; therefore, guaranteeing good adhesion by means of boriding can be the key to reducing wear and improving the useful life of engineering parts. [3, 4]. The boriding process by boron dehydrated paste allows to modify the surface properties of the material. [5]. Currently, there is little literature on adhesion with thermochemical reuse processes, with the purpose of preserving the environment and obtaining a layer with good adhesion in order to extend the life of the parts. [6, 7]. In this study, AISI 9254 steel was used with a chemical composition of, 0.51-0.59%, Si, 1.20-1.60%, Mn, 0.60-0.80%, P max 0.035%, S max 0.040%, y Cr, 0.60-0.80%. Specimens with dimensions 2.54 cm x 2.54 cm x 1.5 cm. The boriding process was performed with reused boron paste in a box with temperature at 1000°C por 4hrs (BDP4), by means of a conventional muffle without inert gas; after the permanence, it is removed for cooling at room temperature. The characterization of the type and morphology of the iron boride obtained was performed by optical microscopy. (MO) using the equipment ZEISS Axio Vert.A1. the phases generated were identified by X-Ray Diffraction (XRD) with Bruker D8 Advance



equipment, Cu $K\alpha$ $\lambda=1.5406$ Å radiation. For the analysis of adhesion, the following standard was used: Daimler-Benz Rockwell-C test, VDI 3198 standard [8]. Likewise, the type of adhesion, delamination and cracks of the iron boride generated on the surface were evaluated by means of the following equipment: Jeol JSM-6010LA (SEM). The results were favorable to show the morphology of an iron boride Fe₂B as well as substrate within the sample on the surface of the BDP4 sample. In addition, a sawing morphology is observed with time and temperature of BDP4, a thickness of 70.89 ± 5.41 μm . In conclusion, the surface performance of steels used in the automotive, marine and aeronautical industries with BDP4 treatment is promising, as it shows a Fe₂B coating confirmed by XRD. as well as EDS-SEM evaluation, Furthermore, the adhesion is acceptable with the BDP4 treatment. The BDP4 treatment is optimistic for application in various industrial applications.



Caracterización del Acero AISI 4140 Aleado con Boro para Mejorar la Resistencia al Desgaste por Deslizamiento: Efectos del Pulido y la Boronización

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **18**

D.M. Flores Arcos^{1,2,3}, M. A. Doñu Ruiz³, N. López Perrusquia³, E.D. García Bustos³, L. Melo Máximo⁴, D.Melo Máximo⁴, M. Castillo Moreno¹, M. Limón Hernández¹

Presentador: **Daniel Misael Flores Arcos**

1 TecNM: TES de Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México.

2 Grupo de Ciencia e Ingeniería de Materiales, Universidad Politécnica del Valle de México,

Tultitlán de Mariano Escobedo, México.

3 Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlán de Mariano Escobedo, México.

4 Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México

e-mail: daniel.flores.arcos27@gmail.com

Palabras clave: Morfología, Desgaste adhesivo, Reciprocante, Rugosidad.

Tipo de presentación: PÓSTER

En este estudio se caracteriza el acero AISI 4140 aleado con boro con el objetivo de optimizar su resistencia al desgaste por deslizamiento lineal reciprocante en condiciones secas. El proceso de boronización se llevó a cabo mediante un método de polvo de pasta deshidratada, a temperaturas de 900°C y 950°C durante 1 hora cada una. Se redujo el espesor de la capa de boro mediante pulido, generando dos tipos de muestras: BPN (acero AISI 4140 borurado y pulido) y BSN (acero AISI 4140 borurado sin pulir). El análisis metalográfico reveló una bicapa compuesta por FeB y Fe₂B. Para el estudio del desgaste, se utilizaron un Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) para observar los mecanismos de desgaste, y un rugosímetro para medir la rugosidad superficial. Las muestras fueron sometidas a cargas de 10 N, 15 N y 20 N, con una amplitud de deslizamiento de 10 mm, una velocidad constante de 10 mm/s, y una duración de 3600 segundos. Se analizaron las cicatrices de desgaste y las superficies desgastadas de las muestras BPN y BSN utilizando MEB para comprender los mecanismos de desgaste. Se identificaron principalmente mecanismos abrasivos y adhesivos, así como deformación plástica y fatiga. El estudio permitió discernir qué mecanismos se debían a la película formada por la operación de contacto-deslizamiento y cuáles fueron consecuencia directa de la prueba tribológica. Ambos tipos de muestras demostraron buena resistencia al desgaste. Sin embargo, las muestras BSN mostraron una mayor resistencia al desgaste, atribuida a la capa superficial más gruesa comparada con las muestras BPN. Los análisis de coeficiente de



fricción (COF) indicaron similitudes en el comportamiento de ambas muestras durante el ejercicio recíprocante.



Influencia del Grafito en la Formación de Capas de Boruro en el Acero AISI H13 mediante Borurado en Caja Asistido por Corriente Directa Pulsante (BCDP)

Sesión: **SUPERFICIES**
Número de trabajo: **19**

J.L. Rosales-Lopez^a, M. Olivares-Luna^a, L. E. Castillo-Vela^a, G. Luis-Pantoja^a, K. D. Chaparro-Pérez^a, A. M. Delgado-Brito^b, I. Campos-Silva^a

Presentador: **Jorge Luis Rosales López**

^a Instituto Politécnico Nacional, Grupo Ingeniería de Superficies, SEPI-ESIME, U.P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México, 07738, México

^b Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Ingeniería de materiales, Jocotitlán, 50700, Edo Mex, México.

e-mail: jrosales96@hotmail.com

Palabras clave: PDCPB; Formación de Capa Fe₂B; Borurado Asistido por Grafito; Mecanismos de Adhesión Superficial.

En este estudio, se investigó la influencia del grafito como diluyente en la mezcla borurante de bajo contenido de B₄C en el crecimiento de capas monofásicas Fe₂B sobre la superficie del acero AISI H13, utilizando la técnica de Borurado en Caja Asistido por Corriente Directa Pulsante (BCDP). El grafito, conocido por su baja resistencia eléctrica y alta estabilidad a temperaturas elevadas, fue incorporado como diluyente en la mezcla borurante, mejorando significativamente la conductividad eléctrica del medio borurante. Los resultados demostraron que la presencia de grafito disminuyó la resistencia eléctrica de la mezcla borurante, facilitando una mejor difusión del boro en la superficie del acero y promoviendo el crecimiento de una capa monofásica Fe₂B con propiedades mecánicas mejoradas. Además, se evaluó la adhesión de la capa de boruro mediante ensayos de rasgado, observándose que la adición de grafito no solo acelera el crecimiento de la capa, sino que también mejora la adhesión entre la capa y el sustrato, reduciendo la aparición de microgrietas y delaminación. La caracterización microestructural mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopia de energía dispersiva (EDS) confirmó la uniformidad y la composición de la capa formada.



Estudio del efecto de la temperatura de sinterización en la resistencia al microdesgaste de los sistemas Ti_xTiB_2 para potenciales aplicaciones biomédicas

Sesión: **TRIBOLOGÍA**
Número de trabajo: **20**

D.I. Bravo-Bárceñas¹, D. A. Casillas-Lemus², D.A. Salcedo-Gabiño², R. Suárez-Martínez¹, E. Rodríguez-de Anda³, O. Jimenez-Alemán³, I. Farias³

Presentador: **Dr. David Israel Bravo Barceñas**

1 IxM CONAHCyT-Universidad de Guadalajara/CUCEI, Guadalajara, Jalisco 44430, México.

2 Universidad de Guadalajara, Departamento de Física-CUCEI-Licenciatura en Ciencia de Materiales, Guadalajara, Jalisco 44430, México.

3 Universidad de Guadalajara, Departamento de Ingeniería de Proyectos-CUCEI, Zapopan, Jalisco, C.P. 45157, México.

e-mail: david.bravo@academicos.udg.mx

Palabras clave: Propiedades elastoplásticas, Sistemas Ti_xTiB_2 , TiH_2 , Microdesgaste

En el presente trabajo se estudió el efecto de la temperatura de sinterización en las propiedades físicas, químicas, mecánicas y de resistencia al desgaste a escala microscópica de compuestos procesados por metalurgia de polvos. Se emplearon polvos metálicos de titanio, hidruro de titanio (TiH_2) y partículas cerámicas de diboruro de Titanio (TiB_2) como reforzamiento (de 0, 3, 10 y 30 % Vol.), las cuales se fabricaron mediante sinterización en condiciones de alto vacío (10^{-6} mbar), empleando temperaturas de 850 y 1300 °C durante 2 horas. La caracterización estructural, tanto de los polvos de partida como de las muestras aquí procesadas, se llevó a cabo mediante Difracción de Rayos X (XRD), además el análisis de la microestructura de las muestras se realizó mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDS). Los resultados de XRD revelaron la presencia de la fase α -Ti para todas las muestras y de las fases TiB y TiB_2 , las cuales interactúan con la fase α -Ti, para las muestras con reforzamiento. En los resultados de SEM-EDS se corroboró lo obtenido mediante XRD, no se observa la presencia de compuestos con H, además para una mayor concentración de partículas de reforzamiento se incrementa la presencia de la fase TiB mostrando la relación de los picos basados en la microestructura de la muestra y el tamaño del cristal. Asimismo, se establecieron las propiedades elastoplásticas de los compuestos mediante indentación instrumentada. Las muestras sinterizadas a 1300 °C presentaron un aumento en la propiedad de nanodureza, esto se atribuye a la formación de "whiskers" y a la alta densificación de estas muestras, lo que contribuyen a mejorar su propiedad mecánica, adicionalmente el módulo de elasticidad reducido presentó una ligera disminución



conforme disminuye la temperatura de sinterizado y aumenta la concentración de las partículas de reforzamiento. Finalmente se realizaron ensayos de desgaste recíproco lineal a escala micrométrica. El coeficiente de fricción exhibió una reducción conforme disminuye la temperatura de sinterización, así como con el aumento de la concentración de las partículas de reforzamiento pasando de 0.20 a 0.10 para 850 y 1300 °C, respectivamente, para la máxima concentración de TiB₂. El aumento en la temperatura de sinterización y en la adición de las partículas de TiB₂ influenciaron en la reducción de la tasa de desgaste de los compuestos estudiados, traducándose esto en un aumento en la resistencia al microdesgaste para las muestras con mayor cantidad de partículas de TiB₂.



Análisis numérico del desgaste en seco de un material reticular sometido a una prueba por deslizamiento recíprocante ball on flat

Sesión: **SIMULACIÓN Y MODELADO**

Número de trabajo: **21**

E. Coutiño Moreno^{1,2}, M. A. Doñu Ruiz¹, T. de la Mora Ramírez², N. López Perrusquia¹, D. Maldonado Onofre^{1,2}

Presentador: **Elvis Coutiño Moreno**

1 Grupo de Ciencia e Ingeniería de Materiales, Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlán de Mariano Escobedo 54910, México.

2 Tecnológico Nacional de México: Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Jocotitlán 50700, México.

e-mail: elvis.coutino.moreno@upvm.edu.mx

Palabras clave: Material reticular, Desgaste, Simulación, Ley de Archard, Prótesis

Cuando los componentes de un sistema biomecánico se encuentran sometidos a cargas externas y movimientos relativos entre sí, el fenómeno de desgaste influye directamente en la vida útil de los mismos. El daño ocasionado por este fenómeno implica el reemplazo total de piezas en implantes biomédicos, lo que representa costos de cirugías y recuperación, así como la reducción de la calidad de vida del paciente. Uno de los principales retos en el diseño de implantes biomédicos de reemplazo, es el desarrollo de nuevos materiales o geometrías para la reducción del desgaste y la aparición de fenómenos como la protección contra la tensión en los huesos. Los metamateriales, también conocidos como "Materiales reticulares" o "Materiales celulares", pueden tener diseños específicos para cada paciente con una rigidez más cercana a la del hueso, lo que los convierte en una opción perfecta para aplicaciones biomédicas. Una de las principales aplicaciones propuestas de los metamateriales hasta el momento, es el diseño y fabricación de implantes biomédicos de reemplazo. En el presente trabajo se simula el proceso de desgaste en seco de un material reticular cuando este es sometido a una prueba de deslizamiento recíprocante ball on flat. El estudio está dirigido al análisis y predicción del desgaste mecánico en prótesis fabricadas con un material reticular y acero inoxidable 316 LVM mediante el método de elementos finitos utilizando el software Abaqus ® V. 2020. El mecanismo de desgaste entre las superficies del material reticular y del acero inoxidable 316 LVM se modeló utilizando la teoría de desgaste de Archard para determinar los parámetros de daño, deformación plástica y fatiga. El proceso de desgaste se discretizó en varios pasos, incluyendo el desarrollo de un programa en código Fortran, e integración de una subrutina preestablecida conocida como UMESHMOTION, seguido de una actualización de la malla cada vez que se deformaron los nodos de contacto.



Evaluación de recubrimientos borurados sobre acero para herramientas AISI A2, D2YH13, y su aplicación sobre pines para soldadura por fricción

Sesión: **SUPERFICIES**
Número de trabajo: **23**

D. Gómez, C. Martínez, V. Baltazar, D. Bravo, O. Jiménez

Presentador: **Daniel Gómez García**

1. Maestría en Ciencia e Ingeniería de los Materiales, UAZ, Zac., Zacatecas, México.
2. Maestría en Ciencia de Materiales, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.

e-mail: mi.gomez.34154127@uaz.edu.mx

Palabras clave: Borurado, Desgaste, FSW, Acero para herramientas, Propiedades mecánicas, Indentación, Perfilometría.

En el presente proyecto de investigación se evaluaron las propiedades físico-químicas, mecánicas, y resistencia al desgaste de recubrimientos borurados sobre la superficie de los aceros AISI D2, A2 y H13. El tratamiento realizado sobre los sustratos fue la técnica de borurado en caja. El borurado se realizó a una temperatura de 950 °C durante 4 horas sin atmósfera controlada, y se saturaron las muestras con una mezcla de boro activo, constituida por 20% (B₄C), 10% (KBF₄) y 70% (SiC). El tratamiento termoquímico se llevó a cabo bajo tres variables experimentales: 1. Borurado con los sustratos en condición de entrega, 2. Borurado en condición de entrega y posterior temple y 3. Temple de los sustratos y posterior borurado. Se realizaron pruebas de microscopía óptica, espectroscopia de fluorescencia de rayos-X y difracción de rayos-X para caracterizar las propiedades físico-químicas de los sustratos y recubrimientos. El comportamiento mecánico se evaluó mediante ensayos de dureza y microdureza. Y La adhesión de los recubrimientos se evaluó mediante la prueba de rasgado e indentación VDI 3198. La resistencia al desgaste se evaluó en base a la norma pin on disk G 99-05 en condiciones secas, a una carga de 65N y a una distancia de 300 m. se empleó perfilometría óptica para determinar el volumen desgastado sobre la huella de desgaste. El análisis de los productos tribológicos se realizó mediante espectroscopia Raman. Los resultados mostraron una mejora en las propiedades mecánicas respecto al sustrato sin procesar. El método que permitió una mayor resistencia al desgaste fue el borurado seguido de un temple, que eliminó la fase FeB. El acero D2 tuvo el mejor rendimiento, seguido por el A2 y luego el H13.



Simulación numérica para evaluar el comportamiento hiperelástico del PLA

Sesión: **SIMULACIÓN Y MODELADO**

Número de trabajo: **24**

Daniel Maldonado-Onofre, Quirino Estrada Barbosa, Tomas de la Mora-Ramírez, Noé López Perrusquia, Marco Antonio Doñu Rioz, Elvis Coutiño Moreno

Presentador: **Daniel Maldonado Onofre**

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, México, Universidad Politécnica del Valle de México

e-mail: daniel.maldonado@tesjo.edu.mx

Palabras clave: Hiperelástico, tensión, simulación, modelos constitutivos, elemento finito.

Actualmente, en diversas áreas de la ingeniería, está en auge la aplicación de elastómeros, especialmente en el control de cargas de impacto y vibraciones mecánicas. La capacidad de un elastómero para asumir grandes deformaciones y regresar a su estado original tras ser descargado se conoce como hiperelasticidad. Esta característica permite su utilización en múltiples aplicaciones industriales. A diferencia de otros materiales, cuyo comportamiento mecánico puede describirse mediante constantes elásticas como el módulo de Young y el coeficiente de Poisson, el Método de Elementos Finitos (MEF) se ha consolidado como una herramienta clave en el análisis y diseño de productos basados en materiales elastoméricos. La mayoría de los paquetes comerciales de MEF incluyen diversos modelos constitutivos para describir el comportamiento hiperelástico. El presente trabajo aborda las consideraciones necesarias en la simulación numérica de materiales hiperelásticos, con el objetivo de obtener resultados precisos al analizar el comportamiento del PLA en pruebas de tensión, limitándose a la implementación y evaluación de modelos constitutivos.



Efecto de los postratamientos de recocido por difusión y envejecimiento en la adhesión práctica de las capas de boruros en la aleación CoCrMo

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **25**

A. Hernández-Ruiz¹; A. M. Delgado-Brito²; V. H. Castrejón-Sánchez²; K. D. Chaparro-Pérez¹; A. Cervantes-Tobón³; I. Campos-Silva¹

Presentador: **Alejandro Hernández Ruiz**

1 Instituto Politécnico Nacional, Grupo Ingeniería de Superficies, SEPI-ESIME, U.P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México, 07738, México.

2 TecNM/ Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán. Carretera Toluca-Atlacomulco km. 44.8, Ejido de San Juan y San Agustín, Jocotitlán, México.

3 Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, U.P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México, 07738, México.

e-mail: alexhzruiz.25@gmail.com

Palabras clave: borurización; capa de boruro; proceso de recocido por difusión; tratamiento de envejecimiento; adhesión práctica; mecanismos de falla.

En este estudio, se investigó la influencia de los postratamientos en las propiedades adhesivas de una capa de boruros de cobalto. En primer lugar, se realizó un proceso de borurización en polvo sobre la aleación CoCrMo (C1). Se obtuvo una capa de CoB-Co₂B con un espesor total de ~36 μm y una zona de difusión de ~32 μm para C1. Además, C1 fue sometido a dos tratamientos posteriores: i) un tratamiento de envejecimiento (C2) y ii) un proceso de recocido por difusión seguido de un tratamiento de envejecimiento (C3). Para C2, se logró una capa de Co₂B de ~39 μm de espesor y una zona de difusión de ~45 μm , mientras que para C3, se obtuvieron una capa de Co₂B con un espesor de ~29 μm y una zona de difusión de ~55 μm . Además, se utilizó la técnica de microindentación instrumentada Vickers para evaluar los sistemas de capa de boruro-sustrato. Se estimaron la dureza, el módulo elástico y los esfuerzos residuales en todas las condiciones experimentales, aplicando una carga constante de 500 mN. Posteriormente, la adhesión práctica de C1, C2 y C3 fue evaluada mediante la prueba de rasgado con un indentador de diamante Rockwell C, incrementando gradualmente la fuerza normal de 5 a 150 N. Notablemente, la carga crítica requerida para el desprendimiento completo de la capa de boruro mostró un aumento de ~19% para C2 y aproximadamente 41% para C3 en comparación con C1.



Análisis de la evolución de distorsiones en el proceso de manufactura aditiva por la técnica de Depósito de Metales por Láser

Sesión: **SUPERFICIES**
Número de trabajo: **26**

Eleazar Sánchez Martínez¹, Ignacio Rojas Rodríguez², Juansethi Ibarra Medina³, Aldo López-Martínez¹

Presentador: **Eleazar Sánchez Martínez**

1 Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), Querétaro, Qro.

2 Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ), Querétaro, Qro.

3 Investigadores por México-CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Cd. México, México.

e-mail: eleazar.sanchez@cidesi.edu.mx

Palabras clave: Manufactura Aditiva, Distorsiones Térmicas, Depósito de Metales por Láser

En la presente investigación, se muestra un análisis de la evolución de las distorsiones en el proceso de manufactura aditiva por la técnica de Depósito de Metales por Láser (LMD) con acero Maraging 18-Ni. Análisis durante el proceso experimental de depósitos de polvo metálico sobre sustratos de acero AISI 1018, el cual consiste en una serie de corridas de depósito de polvo metálico en acuerdo a los factores predominantes. Incluyendo la preparación de los sustratos y estrategias de sujeción y depósito. Dando como resultado la evolución de las distorsiones geométricas en las piezas usadas como sustratos en función de las estrategias de sujeción y depósito.



Optimización de proceso de Depósito Metálico por Láser con alimentación de alambre en manufactura aditiva

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **27**

**Jose Refugio Fujarte Sandoval¹, Ignacio Rojas Rodríguez², Juansethi Ibarra Medina³,
Luis Del Llano Vizcaya¹**

Presentador: **Jose Refugio Fujarte Sandoval**

1 Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), Querétaro, Qro.

2 Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ), Querétaro, Qro.

3 Investigadores por México-CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Cd. México, México.

e-mail: jose.fujarte@cidesi.edu.mx

Palabras clave: Manufactura Aditiva, Depósito de Metales por Láser. Alambre

La técnica de manufactura conocida como Laser Metal Deposition (LMD) es una de las técnicas de manufactura aditiva, la cual ofrece mayores capacidades en aplicaciones de recuperación, rediseño y/o recubrimientos de piezas y componentes funcionales en un amplio espectro de industrias. En este proyecto se estudió la formación de depósitos, mediante el uso de la técnica de aportación de alambre de SS 318 sobre un sustrato de SS 304. Se caracterizó y analizó la correlación entre variables de proceso en la obtención de depósitos de gran calidad; evaluando los mediante mediciones dimensionales y predicciones analíticas en base a comportamiento del cordón resultante sobre el sustrato.



Efecto del ángulo de ataque en la erosión mediante partícula sólida en una sección de ducto API 5L-X52

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **28**

J. A. Frias-Flores, E. A. Gallardo-Hernández, M. Vite-Torres, J. G. Godínez-Salcedo

Presentador: **Javier Alejandro Frias Flores**

1. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional Adolfo López Mateos, CDMX, México.
2. Escuela de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, CDMX, México

e-mail: jfriasf1000@alumno.ipn.mx

Palabras clave: Desgaste, erosión, API, tasa de erosión

El desgaste dentro de las industrias sigue representando un reto para la ingeniería y una pérdida de capital en muchos de los sectores industriales como la industria minera, aeronáutica, automotriz, ferroviaria, entre otras. Dentro de los fenómenos de desgaste, la erosión por partícula sólida (EPS) es uno de los temas de interés persistentes en varios sectores industriales llegando a afectar una amplia variedad de equipos, algunos de los equipos más afectados por este fenómeno son los ductos y tuberías. En la mayoría de industrias donde se requiere transportar material duro ya sea en seco o mediante algún fluido mediante ductos se sufre de este fenómeno y debido a las dimensiones de dichos ductos su análisis toma mayor relevancia por la inversión que representan. En este estudio se analiza en efecto que tiene el ángulo de incidencia sobre una sección de tubería de acero al carbón (API 5L-X52) al ser impactado con partículas duras de óxido de aluminio (Al_2O_3) el cuál tiene un tamaño de partícula promedio de 90 micras, se hace uso de una banco de pruebas desarrollado por el grupo de tribología de la SEPI ESIME Zacatenco el cual se basó en la norma ASTM G76 para su construcción. Se realizó la caracterización física y química de ambos materiales de trabajo previo a las pruebas experimentales, Se caracterizó la velocidad de partícula con el método de doble disco y se realizaron pruebas desde los 15° hasta los 90° para finalmente obtener la tasa de erosión bajo estas condiciones así como la pérdida de masa en relación al tiempo y ángulo de ataque.



Biolubricante en un compresor de pistón: Análisis de desgaste

Sesión: **LUBRICANTES**

Número de trabajo: **29**

Christopher Lorenzo

Presentador: **Christopher Lorenzo**

SEPI, ESIME ZACATENCO, IPN

e-mail: chris10alfaro10@gmail.com

Palabras clave: Biolubricante, desgaste, fricción

Los compresores son fundamentales en el desarrollo de la sociedad, por ejemplo, a lo largo del tiempo el sector industrial se fue modernizando y requiriendo equipamiento diferente, tal es el caso del compresor como equipamiento, los cuales se pueden utilizar en una gran variedad de industrias como la farmacéutica, automotriz, centrales eléctricas, sistemas de refrigeración, etc. Asegurar un equipo resistente y con gran desempeño podrá contribuir al desarrollo sostenible.



Purificación y mejora de un lubricante automotriz usado

Sesión: **LUBRICANTES**

Número de trabajo: **30**

MIA. Marcos Uriel Conde Ríos, Andrés López Velázquez, Shirley Jackelin Domínguez Ramírez, Oscar Velázquez Camilo, Leandro García González, Teresa Hernández Quiroz*

Presentador: **Marcos Uriel Conde Ríos**

Universidad Veracruzana

e-mail: mconde@uv.mx

Palabras clave: Lubricante usado, viscosidad, tribología, coeficiente de fricción

El aceite automotriz usado es el lubricante que, tras ser utilizado en motores, pierde su capacidad para proteger y lubricar adecuadamente. Este aceite se contamina con suciedad y subproductos de combustión, lo que afecta su funcionamiento. Sin embargo, puede ser purificado para eliminar impurezas y metales pesados mediante procesos que incluyen el uso de filtros como carbón activado y areniscas fedelpásticas. La purificación permite regenerar sus propiedades lubricantes, pudiendo reutilizarse en aplicaciones industriales. En este trabajo, se purificó un lubricante automotriz contaminado utilizando adsorción con areniscas fedelpásticas, lo que permitió recuperar el aceite y evaluarlo bajo normas SAE y API para determinar su clasificación y posibles usos en motores, con resultados específicos en rendimiento, viscosidad y valores de fricción. El rendimiento obtenido en este proceso de purificación fue del 98%, la viscosidad del aceite contaminado en comparación con el aceite purificado tuvo una variación de 0.000088 m²/s a 0.000077 m²/s, respectivamente, cumpliendo el purificado las características de la NOM-116-SCFI-2018. En la evaluación tribológica del aceite purificado sin y con aditivo, se obtuvieron datos de coeficiente de fricción: el aceite sin aditivar tuvo un coeficiente de fricción de 0.0144 y el aceite purificado aditivado con el 0.1% presenta un coeficiente de fricción de 0.0137 comportándose más estable e indicando una mejora en la lubricación ya que el coeficiente de fricción disminuye con el aditivo.



Análisis acústico de la interacción neumático-pavimento y el desgaste adhesivo

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **32**

F. Gálvez-Avalos,¹ A. Perez-Núñez², M.E. Sedano-Hernandez³, F.J. Aranda-García⁴, C. Sedano-de la Rosa⁵, K. Espinoza⁶

Presentador: **Fernando Gálvez Avalos**

Departamento de Ingenierías, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara Av. Independencia Nacional #151, Autlán de Navarro, Jalisco, CP 48900, México

e-mail: fernando.galvez@alumnos.udg.mx

Palabras clave: Experimentos en tribología; Fricción; Topografía de superficie; Ruido; Velocidad;

El desgaste adhesivo de los neumáticos al rodar y el ruido del tráfico son fenómenos relacionados. En este trabajo se aplicó una ecuación para normalizar los niveles de sonido de la banda de rodadura y de la textura de rodamiento a distintas velocidades. Se utilizó un sonómetro para medir los niveles de ruido en un simulador de desgaste de neumáticos. Además, un microscopio digital para observar la adhesión de materiales y correlacionar el desprendimiento de partículas de la huella de rodadura con el desgaste. El objetivo de este trabajo es correlacionar el desgaste de los neumáticos con el ruido y la velocidad, prediciendo y cuantificando este fenómeno a través de caracterizaciones experimentales y simuladas. El estudio investiga la relación entre el ruido generado por la interacción neumático-pavimento y la velocidad del vehículo, considerando el desgaste adhesivo y la temperatura del concreto. Se realizaron pruebas a diferentes velocidades para medir el ruido y el desgaste del neumático utilizando un banco de desgaste y diversos instrumentos, siguiendo normas internacionales.



Efecto de la carga, temperatura y velocidad en el desgaste adhesivo en la interacción neumático-concreto

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **33**

A. Perez Nuñez, F. Gálvez, M. E. Sedano Hernández, Francisco J. Aranda García, C. Sedano de-la-Rosa, Karlos Espinoza

Presentador: **Karlos Emmanuel Espinoza Ramos**

Centro Universitario de la Costa Sur, UDG, Autlán de Navarro, México

e-mail: karlos.espinoza@academicos.udg.mx

Palabras clave: Fricción; Desgaste; Factores de emisión; Tribología

Este estudio investiga la relación entre el tráfico vehicular y la generación de microplásticos, destacando el riesgo que estos representan para la salud. Se propone que un aumento en la carga aplicada, la temperatura del concreto y la velocidad del neumático incrementa el desgaste adhesivo en la interacción neumático-concreto. Se realizaron ensayos controlados para medir el caucho desprendido, utilizando un banco de pruebas, raspando el concreto y pesando las muestras con una balanza de alta precisión.



Simulación del módulo elástico y flujo salival en espuma metálica de Ti-Ta-Sn con porosidad de 30% y 40% para aplicaciones biomédicas

Sesión: **SIMULACIÓN Y MODELADO**

Número de trabajo: **35**

Abraham Alberto Mejía Hernández¹, Claudio Aguilar Ramírez², Omar Sinuhe Delgado Ramírez¹, Ismeli Alfonso López², Edgar Alberto Martínez¹, Ilse Nayeli Orozco Montañez¹, Trinidad Alexis Tafoya Palma¹.

Presentador: **Trinidad Alexis Tafoya Palma**

1-Instituto Tecnológico Superior de Puruándiro

2-Universidad Técnica Federico Santa María

3-UNAM. Instituto de Investigaciones en Materiales-ENES Morelia.

e-mail: abraham.mejia@puruandiro.tecnm.mx

Palabras clave: Simulación Gambit, Modulo elástico, Aleación Metálica Ti-Ta-Sn

El objetivo de esta investigación es examinar cómo la porosidad afecta el módulo elástico en espumas metálicas Ti-Ta-Sn con 30% y 40% de porosidad mediante la realización de simulaciones Gambit-AnsysWorbench. Es importante saber que este tipo de simulación es esencial para evaluar cómo la porosidad influye en las propiedades mecánicas del material, especialmente su rigidez, que es crucial en aplicaciones biomédicas como implantes ortopédicos y dentales. Las espumas sinterizadas se obtuvieron por el método de pulvimetalurgia, se sintetizaron en un horno convencional en una atmósfera controlada de Argón con una pureza del 99,99%. Se realizaron ensayos mecánicos no destructivos mediante ultrasonido, midiendo los valores de los módulos elásticos de las aleaciones Ti-Ta-Sn mencionadas anteriormente obteniendo los siguientes resultados ~118, ~110 GPa, respectivamente. Las muestras fueron modeladas y simuladas mediante análisis de elementos finitos (FEA). Las porosidades se distribuyeron en el modelo de la pieza de 8mm x 8mm, la distribución de porosidad de forma radial, utilizando el software de diseño de materiales Gambit-AnsysWorbench (ANSYS) con un rango de poro de 100 a 500 μm . Estas distribuciones de porosidad graduada radial tuvieron valores de porosidad promedio de 30 y 40%. Los resultados mostraron que el módulo disminuyó en función del nivel de porosidad en todos los materiales simulados. Las espumas de Ti-Ta-Sn, con porosidades promedio de 30 y 40%, tuvieron un módulo mayor a 30 GPa, lo cual es un requisito para ser utilizado como biomaterial. Las espumas mostraron un comportamiento de módulo casi similar. En conclusión, se utilizaron ciertos modelos teóricos de Gibson-Ashby y Knudsen-Spriggs para obtener el módulo modelo de ambas espumas.



Evaluación del comportamiento tribológico de UHMWPE-MWCNT para su aplicación en implantes articulares

Sesión: **TRIBOLOGÍA**
Número de trabajo: **36**

J. Hincapié-Bedoya, N. Camacho, D.G. Espinosa-Arbelaez, G.C Mondragón-Rodríguez 2, J. Corona-Castuera, C.A. Poblano-Salas

Presentador: **Juanita Hincapie Bedoya**

Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ), Av. Manantiales 23 A, Parque Industrial Bernardo Quintana, El Marqués, Qro. C.P. 76246, México.
Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), Av. Playa Pie de la Cuesta 702, Desarrollo San Pablo, Querétaro, Qro, C.P. 76125, México

e-mail: juanitahb07@gmail.com

Palabras clave: Pin-on-disk, UHMWPE, MWCNTs, tribología, nanocompuesto

Debido al desgaste que presentan los insertos poliméricos cuando se emplean como par tribológico en prótesis para artroplastia total de cadera, se busca la mejora de las propiedades mecánicas del material para aumentar la durabilidad y prevenir fallas prematuras en dichos implantes. La incorporación de materiales lubricantes como los nanotubos de carbono multipared (MWCNT) a la matriz polimérica es investigada como una alternativa para reducir el coeficiente de fricción y la tasa de desgaste del polímero. El presente estudio se centra en obtener un nanocompuesto de polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) reforzado con MWCNT (0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 2.5, 5.0 y 10 % en peso) mediante moldeo a compresión. Se seleccionó el nanocompuesto UHMWPE-1.25 wt% MWCNT para estudiar el comportamiento tribológico utilizando un tribómetro tipo Pin-on-Disc con deslizamiento recíprocante y fluido corporal simulado (SBF) como lubricante a 36.5°C, con un pH de 7.4, ya que con esta concentración se obtuvo la dureza más alta. El diseño de experimentos consideró el uso de esferas de acero inoxidable (SS 100Cr6) y Al₂O₃ como pares tribológicos con el UHMWPE y el UHMWPE-MWCNT, manteniendo una carga (3N), longitud de la huella y número de ciclos constantes. El efecto del 1.25 wt% de MWCNTs en las propiedades estructurales, mecánicas y morfológicas del UHMWPE fueron evaluadas mediante espectroscopia Raman, calorimetría diferencial de barrido (DSC), microscopía electrónica de barrido (MEB), dureza Shore D y perfilometría óptica. El UHMWPE-1.25 wt% MWCNT presentó una mayor dureza y mejor resistencia al desgaste que su contraparte sin refuerzo. El método de manufactura permite obtener una rugosidad que se encuentra en el rango sugerido por la norma ISO 7206:2 para componentes articulares de prótesis.



Efecto del ácido oléico como aditivo en glicerol en un tribopar en configuración de perno en disco

Sesión: **LUBRICANTES**

Número de trabajo: **37**

I. Domínguez-López 1, M. Díaz-Gutiérrez 2*, Adrián L. García-García 1, José D. O. Barceinas-Sánchez 1

Presentador: **Montserrat Díaz Gutiérrez**

1 Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN, Unidad Querétaro.

2 Universidad Tecnológica de Querétaro
e-mail: montserrat.diazgtz@gmail.com

Palabras clave: Tribología Verde, Perno en Disco, Glicerol, Ácido Oléico.

La crisis del cambio climático causada principalmente por el uso de fuentes fósiles de energía, ha propiciado la búsqueda de alternativas para sustituir los derivados del petróleo. La Tribología Verde se enfoca principalmente en minimizar la contaminación, el riesgo para la salud humana y el medio ambiente [1]. Algunos de los principios en los que se fundamenta la Tribología Verde resaltan la importancia del uso de lubricantes de base biológica, principalmente a base de residuos vegetales y agua. El término biolubricante se aplica a todos los lubricantes que son altamente biodegradables, de baja toxicidad para los seres vivos, de baja bioacumulación, y que provienen de fuentes renovables. Los aceites vegetales son la opción más común de biolubricante, los cuales están formados esencialmente por moléculas de triglicéridos, es decir: ésteres de glicerol y ácido grasos de cadena lineal. El glicerol se obtiene en grandes cantidades como un subproducto en la producción de biodiesel. Por otro lado, se sabe que el ácido oleico presenta una biodegradabilidad del 93% en 28 días de acuerdo con la norma OECD 301B. Por otro lado, se considera que es un producto químico no peligroso y no presenta riesgos de toxicidad ni de bioacumulación de acuerdo con la OSHA 2012. También se ha reportado que su uso como aditivo en biolubricantes mejora el rendimiento tribológico al reducir la fricción, el desgaste y la corrosión. En el presente trabajo reportamos el desempeño tribológico del glicerol adicionado con ácido oleico en un tribómetro de perno en disco desarrollado en el CICATA-Querétaro y comparamos con los resultados obtenidos en un tribómetro de bola en disco, en condiciones de contacto rodante-deslizante.

[1] Nosonovsky M, Bhushan B. Green Tribology, its History, Challenges, and Perspectives. Green Tribol., 2012, p. 3–22. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23681-5_1.



Estudio de la tribocorrosión en agua de mar de multicapas amorfas de ZrWTiSi/ZrWTiC/DLC depositadas por HIPIMS variando su contenido de Si y W

Sesión: **CORROSIÓN Y ELECTROQUÍMICA**
Número de trabajo: **38**

Luis Alberto López Tejeda¹, Martín Flores Martínez¹, José de Jesús Chagoya Serna²

Presentador: **Luis Alberto López Tejeda**

1 Departamento de Ingeniería de Proyectos, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Guadalajara Jalisco México

2 Departamento de Ingenierías, CUCSUR, Universidad de Guadalajara, Autlán, México.
e-mail: beto85a@gmail.com

Palabras clave: Corrosión, Tribocorrosión, HIPIMS

Las capas delgadas en fase amorfas mejoran la impermeabilidad en multicapas usadas para mejorar la resistencia a la corrosión y tribocorrosión de aceros de aleación como el 4317, además al incluir en la arquitectura de la multicapa una capa externa de DLC se reduce el coeficiente de fricción. En este trabajo se estudia la corrosión y la tribocorrosión de multicapas de ZrWTiSi/ZrWTiC/DLC, además de cómo afecta variación de la cantidad de tungsteno y silicio en la capa de ZrWTiSi. Las multicapas se depositaron por High Power Impulse Magnetron Sputtering: HiPIMS, sobre un acero AISI 4317 utilizado en la industria para la fabricación de rodamientos. La multicapa se depositó utilizando blancos de Zr50W35Ti15, WSi, C en forma de grafito y de Cr para depositar la capa de adhesión. La variación del tungsteno y el silicio se realizó aplicando tres voltajes de 950V, 750V y 550V (que a su vez modifican la potencia promedio) en el blanco de WSi. La optimización de los parámetros las fuentes HIPIMS realizó mediante el análisis de la función de distribución de la energía de iones (IEDF) en el plasma, realizado mediante un espectrómetro de masas con cuadrupolo electrostático (EQP). Se realizaron diversas variaciones, la frecuencia desde 300 a 450 Hz y el ancho del pulso desde 50 a 200 μ s también se varió el tiempo de retardo en el co-depósito sincronizado desde 10 a 30 μ s. La respuesta a la tribocorrosión se estudió realizando pruebas en un tribómetro con configuración bola sobre placa con movimiento recíprocante, con un recorrido de 0.5 cm a 2 Hz, en sustituto de agua de mar, la medición de potencial de circuito abierto se utilizan electrodos de grafito y calomelanos. Los estudios de difracción de rayos X mostraron fases amorfas en las capas de ZrWTiSi y ZrWTiC del recubrimiento, mientras que en los estudios de corrosión mostraron una significativa disminución en la tasa de desgaste por corrosión y el potencial de circuito abierto en los estudios de tribocorrosión mostraron una menor tendencia a la corrosión de los recubrimientos en comparación con el sustrato.



Sistema de recolección de agua por condensación en superficies de cobre con diferentes tratamientos

Sesión: **SUPERFICIES**
Número de trabajo: **39**

Verónica Cristel Vazquez De la Cruz, Luis Fernando Benítez Rodríguez, Julio César Cruz Cardenas, Stephen Muhl Saunders

Presentador: **Verónica Cristel Vazquez De La Cruz**
Instituto de Investigación en Materiales.

e-mail: cristelvazquez@ciencias.unam.mx

Palabras clave: Arduino, agua, cobre, ángulo de contacto, rugosidad, peltier

Se diseñó un sistema automatizado con ARDUINO que nos permite medir continuamente las condiciones ambientales y definir el punto de rocío correspondiente para obtener agua condensada en un sistema de recolección. Con el fin de explorar la mejor superficie para obtener condensación y precipitación de agua se estudiaron varias placas de cobre con diferentes tratamientos, incluyendo cobre prístino, cobre tratado (tamaño de grano de 50 μm), y cobre con MWCNT en la superficie, cada una de ellas fue caracterizada utilizando técnicas como ángulo de contacto, análisis de rugosidad, microscopía electrónica de barrido (SEM), y análisis de imágenes, las placas fueron puestas en buen contacto térmico con una celda Peltier con su respectivo sistema de enfriamiento por agua.

A partir de la temperatura y humedad relativa obtenida con un sensor DHT11, y utilizando una curva de calibración que relaciona el voltaje y la temperatura de la superficie, el programa determinó el voltaje necesario para ajustar la temperatura al punto de rocío de manera continua y así mantener las condiciones óptimas para condensar agua bajo cualquier condición externa.



Comportamiento de grafitización de un recubrimiento a-C:H depositado sobre acero AISI 4140

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **40**

José Solís Romero¹, Ariosto Medina Flores², Oscar A. Gómez Vargas¹, Diana Yoselín Vargas-López¹, Miriam Álvarez-Noriega¹

Presentador: **José Solís Romero**

1 Tecnológico Nacional de México/ IT de Tlalnepantla. Av. Instituto Tecnológico S/N, Col. La Comunidad Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México, 54070

2 UMSNH, Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales. Morelia, Michoacán, México, C.P. 58000, México.

e-mail: jsr.ssra@gmail.com

Palabras clave: DLC, tribología, grafitización, acero 4140

El empleo de recubrimientos de carbono-quasi diamante (DLC) en la industria automotriz obedece principalmente a su resistencia al desgaste y bajo coeficiente de fricción, lo que sin duda representa una estrategia clave para reducir el daño ambiental de algunos componentes químicos que contienen los lubricantes, así como también para alargar la durabilidad de elementos de máquinas. En particular, los bajos coeficientes de fricción que se reportan en la literatura, son consistentes con el proceso de grafitización inducida por el desgaste en la estructura del DLC. El objetivo de este trabajo es analizar el efecto que tiene la carga o presión Hertziana aplicada sobre el comportamiento friccional y el proceso de grafitización que se presenta durante el desgaste en seco del recubrimiento hidrogenado DLC (a-C:H), con una capa adherente de Cr y una capa intermedia de WC. Los experimentos se realizaron con el sistema tribológico pin-on-plate con movimiento recíprocante de 10 Hz sobre acero AISI 4140 revestido con el recubrimiento mencionado. La contraparte (pin) fue de acero AISI 52100 de 6 mm de diámetro y punta semiesférica de 110-120 mm de radio. La carrera fue de 5 mm. La configuración utilizada aproxima las condiciones de deslizamiento de un contacto en los pistones de una máquina de combustión interna. Por lo tanto, las presiones de contacto seleccionadas fueron 0.1, 0.16, 0.17 y 0.19 GPa. La velocidad promedio fue de 0.1 ms⁻¹. La temperatura promedio se registró en 20±2 °C. Los resultados muestran que la carga de contacto tiene influencia en el proceso de grafitización. La temperatura de contacto se incrementa lo que permite facilitar la liberación de átomos de hidrógeno de la estructura sp³. Las cargas altas mejoran la deformación por cortante durante el deslizamiento y por tanto la transformación de la estructura débil hidrogenada del DLC en grafito. Se llevaron a cabo determinaciones analíticas empleando formulaciones matemáticas como la relación de Clapeyron a fin



de estimar los incrementos de temperatura de grafitización en función de la presión de contacto.



Caracterización del efecto del uso de reductores naturales en películas base gelatina-almidón

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **42**

Alexia Yosabed Morales Chávez, Víctor Alfredo Nolasco Arizmendi, Lizbeth Melo Máximo, Celia Massiel Hernández Hernández

Presentador: **Alexia Yosabed Morales Chávez**

tecnológico Nacional de México-Tlalnepantla
Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji

e-mail: Male1230@outlook.com

Palabras clave: Biodegradables, Caracterización, Nanoestructuras, Porosidad

El presente trabajo caracteriza el efecto de las nanoestructuras presentes en películas biodegradables elaboradas con gelatina/almidón con el objetivo de obtener un material homogéneo y libre de defectos (burbujas y porosidad). Estas películas tienen aplicaciones en embalaje de alimentos, por lo que se evaluaron ingredientes naturales para determinar su impacto en la estructura de las películas mejorando el proceso de incorporación de los mismos. La caracterización se realizó mediante microscopio óptico, microscopio electrónico de barrido y estereoscopio; destacando la importancia de un enfoque riguroso en la formulación y caracterización de materiales biodegradables, sentando las bases para futuros desarrollos en películas para embalaje.



Caracterización por técnicas avanzadas de microscopia de películas base gelatina almidón

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **43**

F.A. Reyes Hernández¹, V.A. Nolasco Arizmendi², L. Melo Máximo³, F.F. Estrada Martínez⁴

Presentador: **Francisco Alejandro Reyes Hernandez**

1, 2 Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji, Tula de Allende, Estado de Hidalgo.

3, 4 TecNM-Tlalnepantla, Tlalnepantla de Baz, Estado de México

e-mail: freyeshernandez2@gmail.com

Palabras clave: Biodegradables, Caracterización, Estructura, Nanoestructuras

El presente trabajo se centra en el análisis de películas elaboradas a base de gelatina-almidón evaluando sus características para ser utilizadas como materiales avanzados en envases biodegradables y como una alternativa en aplicaciones industriales al modificar su estructura, reduciendo la acumulación de plásticos derivados del petróleo que afectan negativamente el ecosistema. Las películas se caracterizaron por técnicas avanzadas como Microscopía Óptica (OM), Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y Estereoscopia, para determinar cómo la incorporación de nanoestructuras modifica su composición.



Sliding wear and fracture toughness of WC-CoCr +NiCrFeSiBC+Mo thermal Sprayed coatings

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **44**

J. Ibarra, M. A. González, E. Rodríguez, G. I. Vásquez, A. Medina, J. Bernal, C. Aguilar, E.E. Vélez

Presentador: **José De Jesús Ibarra Montalvo**

TecNM/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Zapopan, Camino Arenero No. 1101, Colonia el Bajío, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México.

CONAHCYT-Universidad de Guadalajara, CUCEI, Ciudad Universitaria, Blvd. Marcelino García Barragán 1421, Guadalajara, Jalisco, C.P 44430, México.

Universidad de Guadalajara, Departamento de Ingeniería de Proyectos/CUCEI, Ciudad Universitaria, Blvd. Marcelino García Barragán 1421, Guadalajara, Jalisco C.P. 44430, México.

UMSNH. Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales. Edificio U. Ciudad Universitaria. Morelia Michoacan México, C.P 58000.

Instituto Tecnológico de Orizaba / Tecnológico Nacional de México. Ote. 9, Emiliano Zapata, C.P 94320, Orizaba, Veracruz México.

Departamento de Ingeniería Metalúrgica y Materiales, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

Departamento de Ingeniería Mecánica Eléctrica, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán # 1421, Guadalajara, C.P. 44430, México.

e-mail: jose.ibarra@zapopan.tecmm.edu.mx

Palabras clave: HVOF; NiCrFeSiBC; Wear; X-ray

In this research, three coating systems (pure WC-CoCr and WC-CoCr/NiCrFeSiBC+Mo, 88:12 and 83:17 wt. %) were thermally sprayed on an AISI 1018 steel substrate through the High-Velocity Oxygen Fuel (HVOF) process. The coatings were characterized using a field emission scanning electron microscope (FESEM) equipped with the energy dispersive spectroscopy (EDS) and X-ray diffractometry (XRD). An analysis of the wear rate for ball-on-flat linear reciprocating sliding tribological tests for the coatings was also carried out. The coating micro-structure presents well-dispersed NiCrFeSiBC splats. Adding 12 % NiCrFeSiBC+Mo to commercial WC-CoCr CERMETS would be beneficial because the wear rate at higher loads decreased by approximately 30.2 % (maintaining high hardness) and the highest resistance to fracture toughness also occurs. Analysis of wear tracks shows that the material removal at all charges occurred mainly by an abrasive wear mechanism.



Análisis tribológico en recubrimiento por borurado en acero AISI 5115

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **45**

M. Alvarez-Vera, R. Carrera-Espinoza, P. Moreno-Garibaldi, F.J. Romero-Alvarez, V. López-López, D. Gutiérrez-Sosa, I. López-Rodríguez

Presentador: **Melvyn Alvarez Vera**

Universidad de las Américas Puebla UDLAP, Departamento de Ingeniería Industrial y Mecánica, Puebla.

e-mail: melvyn.alvarez@udlap.mx

Palabras clave: Desgaste, fricción, borurado, AISI 5115

En el presente estudio se presenta el tratamiento de borurado por empaquetamiento sobre acero de bajo carbono AISI 5115 a 950°C realizado a un tiempo de 4 h. Los resultados obtenidos de la caracterización microestructural por microscopía óptica, microscopía eléctrica de barrido (MEB) y mapeo de composición por espectroscopía de energía con dispersión por rayos X (EDS), muestran la formación superficial de un recubrimiento de borurado, una zona de difusión y metal base del acero ferrítico-perlítico. El análisis de fases realizado por difracción de rayos X (DRX) muestra las fases presentes de Fe α -ferrita, boruro de hierro FeB y Fe₂B, boruro de cromo Cr₂B y boruro de manganeso MnB. El análisis de microdureza Vickers muestra un incremento en dureza en la sección transversal de 185 $\pm$ 15 HV0.1 hasta 992 $\pm$ 98 HV0.1. Las pruebas tribológicas de pin-on-disc siguiendo el procedimiento del estándar ASTM G99-17 usando un pin de carburo de tungsteno WC bajo condición seca de las superficies, mostraron un incremento en la resistencia al desgaste y un comportamiento estable del coeficiente de fricción.



Evaluación de las propiedades mecánicas de filamento Epa-CF sometido a compresión con geometría TPMS

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **46**

Gerardo Pérez Mendoza¹, Humiko Yahaira Hernández Acosta², Alejandro Cid², Marco Antonio Doñu Ruiz³, Noe López Perrusquia³

Presentador: **Gerardo Julián Pérez Mendoza**

1 Doctorado en Ciencia de Materiales, Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlán, México

2 Universidad Politécnica del Valle de México, Grupo de Manufactura Aditiva Avanzada, Tultitlán, México

3 Universidad Politécnica del Valle de México, Grupo Ciencia e Ingeniería de Materiales, Tultitlán, México

e-mail: geras493@hotmail.es

Palabras clave: propiedades mecánicas, nylon, impresión 3D, estructuras TPMS

Las superficies mínimas triplemente periódicas (TPMS) cuentan con propiedades mecánicas capaces de absorber energía y reducir el impacto, abriendo nuevas posibilidades en las áreas aeroespacial, la industrial y la biomédica. La tecnología de impresión 3D ofrece una amplia gama de posibilidades al poder generar geometrías complejas que el torno y la inyección de plásticos resultan complicadas de realizar, aunado a la gran cantidad de materiales y los diferentes métodos de impresión 3D. En el siguiente trabajo se estudian las propiedades mecánicas del filamento ePA-CF (Nylon – fibra de carbono) sometido a compresión bajo norma ASTM-ASTM D695-02 y una geometría tipo giroide con una porosidad de .5 utilizando la impresora 3D marca bambu-lab modelo X1 carbono. Para los ensayos se utilizó una máquina de ensayos universales de la marca shimadzu modelo AG con capacidad de 100kN .



Estudio superficial de la rugosidad y morfología de la aspereza de un recubrimiento bifásico de boro en un acero herramental

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **47**

C.E. Lomelí Ortiz¹, A. Rosas Martínez¹, D. Sánchez Huerta¹, N. López Perrusquia¹, M. Flores Martínez², S. Muhl Saunders³

Presentador: **Alonso Rosas Martínez**

1 Universidad Politécnica del Valle de México, Estado de México, México.

2 DIP, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

3 Instituto de Investigación en Materiales – UNAM, CDMX, México.

e-mail: alonsorosasmartinez@gmail.com

Palabras clave: tribología, borurado, asperezas, cluster

En el área de tribología estudiar las superficies o rugosidades es de gran relevancia y esto se debe a que los primeros contactos, propiciados por la rugosidad, con movimiento relativo van a definir el comportamiento del desgaste y coeficiente de fricción hasta llegar al fallo catastrófico, al generar un recubrimiento termoquímico de boro se presentará aumento en las propiedades mecánicas, rugosidad y asperezas, es por eso que se estudia un recubrimiento de borurado en un aceros A36; se utiliza la técnica de borurado con pasta deshidratada, los tiempos de permanencia se analizan a 10, 30 y 50 minutos con una temperatura de incubación de 900 °C; se realizan estudios de XRD para evidenciar la presencia del recubrimiento de FeB y Fe₂B, de igual forma se efectúan limpiezas por ultrasonido antes y después del tratamiento termoquímico; se estudia la topología de la muestra, antes y después del recubrimiento mediante perfilómetro óptico y se evidencia la existencia de morfologías llamadas clúster y valles de asperezas, revelando que la rugosidad Sa, Sq y Sz aumenta en los recubrimientos con 30 minutos de permanencia y disminuyen al presentar 50 minutos de incubación al mostrar crecimiento no homogéneo de las asperezas y sus acumulaciones de las morfologías llamadas clúster; se observan los cambios superficiales de las 4 condiciones experimentales con microscopio óptico, por último, se estima el cálculo del área real de contacto para cada condición.



Caracterización tribológica del micro desgaste de un acero herramental con capa bifásica FeB + Fe₂B y acerrada de boro

Sesión: **TRIBOLOGÍA**
Número de trabajo: **48**

D. Sánchez Huerta¹, N. López Perrusquia¹, I. Hilerio Cruz², M. Flores Martínez³, E.D. García Bustos⁴, M.A. Doñu Ruiz⁴, S. Muhl Saunder⁵

Presentador: **Daniel Sánchez Huerta**

1 Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlan, Estado de México

2 Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco, CDMX

3 DIP, Universidad de Guadalajara, Jalisco

4 Cátedras CONAHCYT, Universidad Politécnica del Valle de México. Tultitlan, Estado de México.

5 Instituto de Investigación en Materiales, UNAM, CDMX

e-mail: ingenierodaniel@outlook.com

Palabras clave: Ball cratering, borurado, micro desgaste, zonas de caracterización

Los recubrimientos duros son una buena alternativa para mejorar la resistencia al desgaste, en condiciones de trabajo se presentan distintos tribosistemas por lo que analizar las condiciones más severas ayuda a establecer posibles comportamientos en condiciones ligeras; en el caso del boro, el recubrimiento cuenta con altas durezas y para este recubrimiento se presentaron endurecimientos de hasta 2300 HV; el estudio se realiza en 6 recubrimientos de boro (900 y 950 °C con 0.5, 2 y 3 h de incubación respectivamente) y el sustrato, la mezcla del slurry es del 80 % de SiC con agua desionizada; con perfilómetro óptico se detectan los cambios en la huella de cráter y como esta afecta al desgaste micro abrasivo al presentar desgastes de tres y dos cuerpos; también, mediante análisis de MEB se evidencia la morfología acerrada y se proponen nuevas caracterizaciones en los cráteres de desgaste y espesores del recubrimiento del boro, proponiendo 5 zonas y tipos de desgaste en combinación con la vista superficial y lateral del recubrimiento, que junto al análisis de diámetro de cráter y profundidad de desgaste se puede establecer que la fase FeB es la que presenta una mayor resistencia al desgaste.



Efecto de los tratamientos térmicos en recubrimientos multicapa de Hf/HfN sobre acero AISI 304

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **49**

N. B. Ramírez Mateos¹, M. A. Hernández Campos², S. Muhl Saunders³, J. B. Santaella González¹, J. Hernández Torres², N. Flores Ramírez⁴, J. Morales Hernández⁵ and L. García González²

Presentador: **Santaella González Jorge Bertín**

1 Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México.

2 Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México.

3 Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

4 Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

5 Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Pedro Escobedo, Querétaro, México.

e-mail: leagarcia@uv.mx

Palabras clave: Erosión catódica, recubrimientos, Hf/HfN, coeficiente de fricción.

En el presente trabajo se sintetizaron recubrimientos multicapa de Hf/HfN sobre un acero AISI 304 por la técnica de erosión catódica. Se realizaron tratamientos térmicos post depósito a 400 °C, 500 °C y 600 °C, para finalmente analizar y caracterizar mediante DRX, EDS, FE-SEM y Tribología. Sin tratamiento térmico, DRX identifica la presencia de Hf y HfN, sin embargo, con los tratamientos térmicos aparece la fase de HfO₂. El valor del coeficiente de fricción es muy similar para las muestras tratadas a 400°C y 500°C, alcanzando un valor de 0.15, mientras que para el tratamiento térmico de 600°C este valor aumenta hasta un valor muy similar al del acero AISI 304. Este comportamiento puede atribuirse a que la capa de HfO₂ formada sobre la superficie del material a partir de 600°C es muy grande, lo cual es corroborado por EDS y además se aprecia por FE-SEM un aumento en las dimensiones de los cúmulos.



Efecto de la concentración de glicerol con iones cloruro en la superficie del titanio grado 2 anodizado

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **50**

A. Maytorena Sánchez, I. A. Pulido Cano, J. Hernández Torres, L. Peredo, L. M. C. Pérez Pérez, C. Ferreira Palma, J. B. Santaella González, S. Hernández Montiel and L. García González

Presentador: **Alan Maytorena Sánchez**

a Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

b Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

e-mail: alan_ms24@hotmail.com

Palabras clave: Titanio grado 2, anodización electroquímica, dureza

En el presente proyecto, se realizó el estudio de la modificación superficial del titanio grado 2 mediante el proceso de anodización electroquímica utilizando una solución electrolítica de glicerol y iones cloruro. Se estudió el efecto de la concentración de glicerol con 50 %, 55 % y 60 % en peso y HCl 0.5 M, en donde las placas anodizadas fueron tratadas térmicamente a 650 °C durante 4 h. De acuerdo con los resultados obtenidos, se obtuvo una capa de óxido de TiO_2 con nanotubos, además se observó una combinación de fases de anatasa y rutilo en el recubrimiento. Así mismo, se encontró que la capa de óxido mejoró de manera significativa la superficie del titanio, proporcionando un aumento de sus valores de dureza y una notable mejora resistencia al desgaste. Finalmente, mediante un análisis estructural, los recubrimientos de dióxido de titanio anodizado con 55 % en peso de glicerol presentaron mayores esfuerzos de compresión.



Efecto del flujo de nitrógeno sobre la dureza y propiedades tribológicas de recubrimientos multicapas Hf/HfN fabricados por sputtering

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **51**

L. García-González¹, J.B. Santaella-González², D.J. Araujo-Perez², L. Zamora-Peredo¹, A. Báez-Rodríguez¹, J.C. Nolasco Montaña¹, and J. Hernández-Torres¹

Presentador: **Jorge Bertin Santaella González**

1 Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, C.P. 94294, Boca del Río, Veracruz, México.

2 Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana Campus Veracruz. C.P. 94294, Boca del Río, Veracruz, México

e-mail: julihernandez@uv.mx

Palabras clave: HfN, recubrimientos multicapa, tribología

Se depositaron recubrimientos multicapa nanoestructurados de Hf/HfN sobre sustratos de acero inoxidable 316 mediante la técnica de sputtering magnetrón DC. Se varió el flujo de nitrógeno en 2.5, 3.5, 4.5 y 5.5 sccm, y se mantuvo constante el flujo de Ar en 10 sccm. La dureza y efecto tribológico de las muestras fabricadas fueron medidas en función de la variación del flujo de nitrógeno. La microdureza Vickers y el comportamiento tribológico se correlacionaron con la espectroscopia de fotoelectrones de rayos X y la microscopia electrónica de barrido, donde se observaron cambios en su espesor, morfología y estructura. Los resultados de DRX para la muestra de mayor dureza, confirma la presencia de la fase de HfN observada en XPS. Los resultados mostraron que, a medida que disminuía el flujo de nitrógeno, la dureza de los recubrimientos aumentaba hasta 41 GPa, mientras que la tasa de desgaste de la muestra y el coeficiente de fricción disminuían hasta 6×10^{-5} mm³/N/m y 0.2, respectivamente. Las muestras con mejores propiedades mostraron una estructura más ordenada, un mayor volumen de fracción cerámica, así como un menor tamaño de grano.



Estudio comparativo del desgaste entre un tribómetro de tecnología propia y un tribómetro comercial

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **52**

Daniel Eduardo Tuxpan Espinosa, Ramiro de Jesús García Mesa, Clarita Muñoz Prado, Andrés López Velázquez, Fernando Aldana Franco

Presentador: **Daniel Eduardo Tuxpan Espinosa**

Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Región Xalapa, Universidad Veracruzana

e-mail: danieleduardotues@gmail.com

Palabras clave: Tribómetro, ensayo ball-on-disc, AISI 1045, desgaste

En este trabajo se presenta un estudio comparativo del desgaste obtenido en un tribómetro electrohidráulico de tecnología propia y un tribómetro comercial. Ambos equipos realizan pruebas de tipo ball-on-disc, según la ASTM G-99, sin embargo para el sistema de aplicación de carga uno actúa por medio de pesos calibrados, mientras que el otro trabaja por medio de un sistema electrohidráulico. Las probetas de acero AISI 1045, de 30 mm de diámetro y 5 mm de espesor, fueron pulidas con la ayuda de una pulidora metalográfica y caracterizadas mediante pruebas de dureza y medición de peso, y su contraparte consistió de una bola de acero AISI 52100 de 6 mm de diámetro. Las pruebas realizadas generaron huellas, que al ser nuevamente medido su peso, indican que la pérdida de material entre ambos equipos es equivalente. A su vez, se realizó un proceso de validación estadístico-matemático, en donde se encontró que el estudio realizado posee un nivel de confianza del 95% con un grado de precisión medio-alto. Finalmente, al visualizar las huellas en un microscopio se encontró que el tribómetro electrohidráulico generó un mecanismo de desgaste abrasivo y adhesivo, además de presentar deformación plástica a lo largo de los bordes, mientras que el tribómetro comercial presentó un mecanismo de desgaste abrasivo y a lo largo de los bordes se presentan facturas.



Comparación de la resistencia al lavado con agua entre grasas comerciales y un compuesto proveniente de residuos plásticos, con base en la norma ASTM D1264

Sesión: **LUBRICANTES**

Número de trabajo: **53**

R. García-Medina¹, A. López-Velázquez², E. Álvarez-Sánchez³, R. Aldana-Franco⁴, F. Aldana-Franco⁵, J. Leyva-Retureta⁶

Presentador: **Rubén Eliseo García Medina**

1 Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Veracruzana, Xalapa, México.

e-mail: rubengarcia@uv.mx

Palabras clave: Grasas lubricantes, residuos plásticos, resistencia al lavado con agua.

Este estudio, basado en la norma ASTM D1264, evalúa las propiedades de resistencia al lavado con agua de grasas lubricantes comerciales y un compuesto derivado de residuos plásticos. El objetivo fue comparar el comportamiento de este compuesto, que presenta características físicas similares a las grasas lubricantes, con cuatro grasas comerciales. Se realizaron 50 experimentos, con cinco repeticiones por cada muestra a dos temperaturas (38°C y 73°C). Los resultados, analizados mediante ANOVA de dos vías, mostraron que el compuesto basado en residuos plásticos tiene propiedades de resistencia al agua comparables a las de una de las grasas comerciales (Control 4), destacándose por una resistencia significativamente mayor en comparación con los otros controles. Este hallazgo sugiere que el compuesto plástico podría ser una alternativa viable para aplicaciones industriales, alineándose con la sostenibilidad.



Analysis of Sputtering Yield Amplification (SYA) using Optical Emission Spectroscopy (OES), employing materials Cu, Ti, Mo, Ta, C, and Si

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **55**

Marco Antonio Martínez-Fuentes, Julio Cesar Cruz Cárdenas, Stephen Muhl, Carlos David Ramos-Vilchis

Presentador: **Marco Antonio Martínez Fuentes**

Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México

e-mail: mamf@ciencias.unam.mx

Palabras clave: SYA, OES, Mo, Ta, Cu, C, Ti

Sputtering Yield Amplification (SYA) is a phenomenon involving the modification of collision cascades induced by momentum transfer on a target's surface through the addition of heavy dopant atoms. This process enhances the emission of target atoms, typically lighter than the dopants. In our study, we employed small pieces of three doping materials (Ta, Mo, and Cu) to generate individual film deposits, from which atoms are expelled and returned to the surface of the Si target. Using Optical Emission Spectroscopy (OES), we analyzed the intensity of emission lines from both neutral and ionized species within the sputtering plasma in situ. This data provided real-time insights into the behavior of the SYA phenomenon. Furthermore, we compared these results with an SYA experiment using five small pieces of Different doping materials (Cu, Ti, Mo, Ta and C) simultaneously, employing the OES technique.



Fabricación y caracterización mecánica y antibacterial de recubrimientos multicapasobtenidos por evaporación catódica reactiva

Sesión: **PELÍCULAS DELGADAS**

Número de trabajo: **56**

Juana Yessica Pérez Ávila, Joaquin Peña, Lizbeth Melo-Máximo, Ana Laura Torres Huerta, Dulce Viridiana Melo-Máximo

Presentador: **Juana Yessica Pérez Ávila**

Tecnológico de Monterrey, ITTLA-tecnológico Nacional de México

e-mail: j.perez@tec.mx

Palabras clave: Película delgada, PVD, antibacterial, implantes

En este trabajo se reporta la fabricación y caracterización mecánica y antibacterial de recubrimientos multicapa obtenidos por PVD para su aplicación en implantes. Los recubrimientos fueron fabricados mediante la técnica de evaporación catódica reactiva con la finalidad de reducir el desgaste y contar con una superficie antibacterial. Estos recubrimientos fueron caracterizados mediante microscopia óptica, microscopia electrónica de barrido, microscopia de fuerza atómica, nanoindentación y difracción de rayos X. Además, se evaluaron las propiedades de los recubrimientos en condiciones de desgaste mediante la técnica de pin on disc. Las propiedades antibacteriales fueron evaluadas considerando la resistencia ante E.Coli. Los resultados muestran una mejora en el desempeño tribológico y en las propiedades antibacteriales del material base.



Evaluación de la resistencia a la oxidación de recubrimientos obtenidos por arco catódico

Sesión: **CORROSIÓN Y ELECTROQUÍMICA**

Número de trabajo: **57**

**Aaron Hidalgo Badillo, Diego González Muñoz, Fernando Noe Santiago Sánchez,
Lizbeth Melo-Máximo, Dulce Viridiana Melo-Máximo**

Presentador: **Sebastián González Covarrubias**

SADOSA, SA de C.V.
ITTLA-Tecnológico Nacional de México.
Tecnológico de Monterrey

e-mail: sebastian.gonzalez.c07@gmail.com

Palabras clave: recubrimiento, corrosión por oxidación

Los recubrimientos PVD han revolucionado la ingeniería de superficies al proporcionar una alta dureza, un bajo coeficiente de fricción y una protección efectiva para prolongar la vida útil de herramientas y repuestos mecánicos. Algunos de estos recubrimientos son colocados en materiales de alto desempeño tanto de resistencia al desgaste como resistencia a altas temperaturas. En este trabajo se propone la evaluación de recubrimientos obtenidos por arco catódico sobre hierro puro con la finalidad de conocer su comportamiento en atmosferas oxidantes. Las muestras con y sin recubrimiento se evaluaron antes y después de la prueba de corrosión mediante microscopia electrónica de barrido, microscopia óptica, difracción de rayos X y microscopia de fuerza atómica. La oxidación se evaluó mediante análisis termogravimétricos. De los resultados obtenidos se puede observar un cambio en la cinética de oxidación en los materiales con y sin recubrimiento.



Fabricación de recubrimiento compuesto para la mejora de las propiedades acero 316L obtenido por manufactura aditiva

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **58**

Valeria Orozco-del Pozo, Axel. Gonzalez-Falcon, Beatriz. Sanchez-Sanchez, Selene. López-Valadez, Lizbeth Melo-Máximo, Dulce Viridiana Melo-Máximo

Presentador: **Valeria Orozco-Del Pozo**

Tecnológico de Monterrey
ITTILA-Tecnológico Nacional de México

e-mail: A01378710@tec.mx

Palabras clave: nanopartículas, implante, manufactura aditiva

El acero inoxidable 316L es uno de los materiales utilizados para aplicaciones de implantes dentales; sin embargo, sus propiedades tribológicas no brindan la resistencia mecánica y estabilidad que debe tener un implante dental. En este estudio se mejoraron las propiedades mecánicas y tribológicas de esta aleación en particular para que pueda resistir la abrasión existente de los implantes contra los tejidos corporales, al tener resistencia al desgaste, bajo coeficiente de fricción y rugosidad. El acero inoxidable 316L mejorado se logró recubriéndolo con películas delgadas de nitruros metálicos mediante evaporación catódica reactiva por deposición física de vapor (PVD-RMS). Para proporcionar propiedades antibacterianas, se depositaron nanopartículas de diferentes materiales sobre las películas delgadas. La morfología y topografía de la superficie se examinaron mediante microscopía electrónica de barrido y microscopía de fuerza atómica. Las propiedades mecánicas y tribológicas se analizaron mediante una prueba de nanoindentación, pin on disc y una prueba de adhesión de los recubrimientos. La aplicación de un sistema multicapas incluyendo una capa de nanopartículas de diferentes materiales mejoraron considerablemente sus propiedades antibacteriales.



Modificación de superficies por medio de nanoestructuras para la remoción de metales en agua

Sesión: **NANOPARTÍCULAS Y NANOCOMPUESTOS**

Número de trabajo: **59**

Dulce Guadalupe Vargas Páez, Lizbeth Melo Máximo, Leonardo González Reyes, Dulce Viridiana Melo Máximo

Presentador: **Dulce Guadalupe Vargas Páez**

Tecnológico de Monterrey, ITTLA-Tecnológico Nacional de México

e-mail: A01754735@tec.mx

Palabras clave: fotocatalisis, nanoparticulas, metales en agua

En este trabajo se estudia la remoción de cobre de soluciones acuosas utilizando superficies recubiertas de óxidos metálicos y la técnica de fotocatalisis. Se analiza la influencia de factores como la concentración de del metal en el agua, el pH y la intensidad de la luz en la eficiencia de la remoción. Los resultados indican que la remoción de cobre es significativamente mayor en presencia de luz UV y que la eficiencia de la remoción aumenta con la concentración de los óxidos metálicos. Los materiales obtenidos se caracterizaron mediante microscopia electrónica de barrido, microscopia de fuerza atómica y en la remoción de utilizó un espectrómetro UV-VIS. Esta investigación demuestra la potencial aplicación de superficies fotocatalíticas para la remoción de iones metálicos de soluciones acuosas, lo que tiene implicaciones importantes para el tratamiento de aguas contaminadas.



Análisis de desgaste de un acero 1018 en diferentes condiciones de tratamiento térmico, comparado contra un acero 12L14

Sesión: **TRIBOLOGÍA**

Número de trabajo: **60**

J. D-Acosta¹, D.A. Díaz-Díaz¹, K.A. Belmares-Morales¹, D.J. Araujo-Pérez¹, L. García-González², E. Absalón-Sánchez¹, y G. Solís-Bravo¹.

Presentador: **Daniel De Jesús Araujo Pérez**

1 Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana. Boca del Río, Veracruz. México

2 Centro de Investigaciones en Micro y Nanotecnología. Universidad Veracruzana. Boca del Río, Veracruz. México.

e-mail: daaraujo@uv.mx

Palabras clave: Tribología, AISI-1018, AISI 12L14, recocido, normalizado, dureza.

El acero 12L14 es un acero que debido sus altos contenidos de inclusiones no metálicas y plomo, les proporciona altas tasas de desgaste, que facilita su maquinabilidad y la vida útil de los equipos, no obstante, se busca evitar su uso debido a problemas ambientales. La industria siderúrgica ha recurrido a la tribología para buscar aceros de fácil desgaste, que faciliten su maquinabilidad, en este trabajo se ha considerado al acero AISI-1018 como una opción, pues, tiene bajos costos y durezas, y su tasa de desgaste se podría incrementar aún más con tratamientos térmicos. El presente trabajo se enfocó en desarrollar características de maquinabilidad comparables a las del acero 12L14, empleando un acero AISI-1018. Se diseñaron y se llevaron a cabo tres tratamientos térmicos de recocido (a 900 °C) y normalizado (a 900 °C y 930 °C) para un acero AISI-1018, con el objetivo de incrementar el contenido de ferrita y disminuir el tamaño de los granos perlíticos. La microestructura de las muestras se estudió con microscopía óptica, la dureza con Rockwell B (HRB) y su desgaste a través de tribología pin-on-disk usando un par de Acero 100Cr6. Los resultados mostraron que, para el acero AISI-1018 el tamaño de grano de las zonas de perlita disminuyó desde 16.41 μm hasta 13.82 μm para la normalizada a 930 °C. Los valores de dureza muestran que todas las muestras AISI-1018 tratadas térmicamente obtuvieron una dureza menor que la del acero 12L14 de 79.11 HBR. Presentándose la mayor disminución desde 94.1 HRB del acero 1018 sin tratar, hasta 73.13 HRB para la muestra en su condición de recocido a 900 °C. En el comportamiento tribológico, se pudo observar que no hubo un cambio significativo en el coeficiente de fricción de las muestras de acero 1018 sin tratamientos con respecto a las tratadas, sin embargo, si se pudo observar que fue menor al de la muestra del acero 12L14. Respecto a la tasa de desgaste, el mayor valor lo obtuvo el acero AISI-1018 en su condición de recocido a 900 °C, la cual es 74% mayor que la del acero 12L14, mientras



que para los aceros AISI-1018 normalizados la tasa de desgaste fue menor que la del acero 12L14 en un 43 %, lo que, en conjunto con las bajas durezas, se podría concluir que la muestra que presentaría una mejor respuesta a las operaciones de maquinado fue la recocida a 900 °C.



Adhesion strength of thermal barrier coatings reinforcing by SiC-ZrB₂ and subjected to thermal cycles

Sesión: **SUPERFICIES**

Número de trabajo: **61**

G.I. Vásquez^a, M.A. González^b, E. Rodríguez^c, J. Ibarra^a, E.E. Vélez^d

Presentador: **Gabriel Israel Vásquez Hernández**

a TecNM/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez; Unidad Académica Zapopan, Zapopan, Jalisco C.P. 45019, México

b CONAHCyT- Universidad de Guadalajara, Departamento de Ingeniería de Proyectos/CUCEI, Ciudad Universitaria, Blvd. Marcelino García Barragán 1421, Guadalajara, Jalisco C.P. 44430, México

c Universidad de Guadalajara, Departamento de Ingeniería de Proyectos/CUCEI, Ciudad Universitaria, Blvd. Marcelino García Barragán 1421, Guadalajara, Jalisco C.P. 44430, México

d Departamento de Ingeniería Mecánica Eléctrica, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán #1421, Guadalajara 44430, Jalisco México
e-mail: gabriel.vasquez@zapopan.tecmm.edu.mx

Palabras clave: Thermal cycle, Adhesion strength, SiC-ZrB₂, CTE.

In this study, the adhesion resistance before and after cyclic thermal treatments in NiCoCrAlY (BC) coatings reinforced with dispersed SiC-ZrB₂ particles and conventional NiCoCrAlY was evaluated. The ASTM-C-633 standard test method for adhesion or cohesion strength of thermal spray coatings was used. Using X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM) techniques, the microstructure and morphology of the coatings were characterized. Also, the coefficient of thermal expansion was measured. The addition of SiC-ZrB₂ particles improves adhesion compared to the system without reinforcement after 275 cycles, this improvement occurred due to a self-healing mechanism. Furthermore, the lower thermal expansion coefficient of the BC layer reinforced with SiC-ZrB₂ delays the formation of cracks associated with CTE mismatch and contributes to improving the long-term adhesion resistance.



Mechanical and corrosion resistance of WC reinforced Ti-30Zr alloys processed by arc melting

Sesión: **CORROSIÓN Y ELECTROQUÍMICA**

Número de trabajo: **62**

E. Rayas¹, J. Chávez¹, F. Alvarado², L. Olmos³, O. Jiménez¹

Presentador: **Omar Jiménez Alemán**

1 Universidad de Guadalajara

2 Universidad Autónoma de Zacatecas

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

e-mail: omar.aleman@academicos.udg.mx

Palabras clave: Ti-Zr alloys, Microstructure, Corrosion resistance

In this work, a Ti-30Zr alloys with additions of 5, 10 and 15 %wt. of tungsten carbide (WC) used as reinforcement were fabricated by means of arc melting. The effects of the WC particles added to the Ti-30Zr alloy were studied in terms of structure, microstructure, microhardness and corrosion. The microscopy analysis revealed a martensitic microstructure derived from the composition and the fast-cooling process. This observation was corroborated by the XRD analysis. The microhardness of the Ti-30Zr alloys did not show any considerable change with the addition of WC particles showing values around 320 HV, being the sample with the addition of 5 %wt. of WC which denoted the higher microhardness increment (380 HV). The addition of WC had a positive impact on the Ti-30Zr alloy, decreasing the corrosion rate of these alloys with the amount of reinforcement.



Índice por autor

A

Acosta
M., 102
Ageorges
H., 56
Agredo
D., 104
Aguilar
C, 128, 137
C., 2
Aguilera
L., 90
Alcántar
J., 89
Aldana
F., 145, 146
J., 63
R., 146
Alvarado
F., 155
Alvarez
M., 96, 138
Álvarez
E., 146
M., 133
Anaya
V., 41, 95
Aouadi
S., 8, 10
Aranda
F., 126, 127
Araujo
D., 144, 152
Arzate
I., 107
Avalos
A., 108
Ávila
E., 38

B

Báez
A., 144
Ballesteros

L., 25, 27, 86

Baltazar
V., 118
Barba
A., 104
Barceinas
J., 130
Bayro
R., 25
Bedoya
C., 86
I., 59
Belmares
K., 152
Benítez
F., 67
L., 132
Bernal
J., 64, 137
Blanco
O., 99
Bravo
D., 25, 27, 105,
115, 118
Broitman
E., 7, 11
Brühl
S., 18

C

Calderón
P., 77
Camacho
N., 60, 129
S., 99
Campos
I., 42, 43, 44, 46,
48, 49, 51, 52,
63, 72, 114, 120
Cardoso
E., 40
Carmona
J., 60
Carrera
R., 96, 138

Carrillo
F., 76
Casillas
D., 115
Castellanos
P., 93
V., 107
Castillo
L., 42, 44, 46, 72,
114
M., 112
Castrejón
V., 43, 120
Castro
B., 30
Ceballos
O., 32, 93, 102
Cerecedo
H., 89
Cervantes
A., 120
J., 104

Ch

Chagoya
J., 68, 131
Chaparro
K., 42, 44, 46, 48,
52, 114, 120
Chávez
I., 20, 89
J., 155

C

Conde
U., 125
Contla
A., 63, 72
Corona
J., 129
S., 63, 72
Coutiño
E., 117, 119
Cruz

A., 40
J., 67, 132, 147

D

de la Mora
T., 69, 110, 117,
119
Del Llano
L., 122
Delgado
A., 43, 49, 72, 114,
120
E., 79
O., 128
Díaz
D., 152
M., 130
N., 86
Domínguez
I., 130
S., 30, 101, 125
Doñu
M., 69, 92, 110,
112, 117, 119,
139, 141

E

Elías
M., 110
Espino
F., 42, 44, 46, 52
Espinosa
D., 60, 80, 129
M., 30
Espinoza
K., 126, 127
Estrada
F., 107, 136
Q., 119

F

Falcón
L., 78



**X SIMPOSIO NACIONAL Y
III REUNIÓN LATINOAMERICANA
DE INGENIERÍA DE SUPERFICIES
Y TRIBOLOGÍA**



REDISYT

Farias A., 80, 82, 84
I., 115

Félix C., 25

Ferreira C., 75, 143

Figueroa Y., 48

Filio A., 78

Flores D., 76, 112
I., 29
J., 30
M., 5, 29, 68, 79,
99, 105, 131,
140, 141
N., 142

Fonseca F., 89

Forero P., 82, 84

Frias J., 123

Fujarte J., 122

Fuliberto J., 39

G

Galeano M., 56, 59

Gallardo E., 23, 123

Galván R., 54

Gálvez F., 126, 127

García L., 53

García A., 34, 36, 75, 130
E., 112, 141
J., 76, 78, 90
L., 22, 54, 79, 97,
125, 142, 143,
144, 152
M., 39
R., 145, 146

Giraldo

A., 80, 82, 84

Godínez J., 123

Gómez D., 118
G., 34, 35
O., 101, 133
R., 34

Gonzalez A., 150

J., 87
L., 151
M., 32

González A., 68
D., 149
J., 25, 27, 36, 38,
44, 104
M., 137, 154

Guerrero A., 92

Gutiérrez D., 96, 138

H

Henao J., 80, 84
P., 82

Hernandez A., 29

Hernández A., 120
C., 76, 94, 135
G., 22, 97
H., 139
J., 23, 53, 54, 63,
75, 79, 142, 143,
144

L., 46
M., 142
R., 60
S., 75, 79, 143
T., 125

Herrera X., 89

Hidalgo A., 136, 149

Hilerio I., 141

Hincapié

J., 129

Hu H., 58

Humarán V., 36

Hur A., 38

I

Ibarra J., 121, 122, 137,
154

J

Jacobo D., 65

Jaramillo A., 104

Jimenez A., 80
O., 115

Jiménez O., 105, 118, 155
S., 52

Juanico J., 92

L

Lara F., 78

León C., 76

Leyva J., 146

Limón M., 112

Lomelí C., 140

Lopera D., 86

Lopez E., 102
J., 33

López A., 75, 121, 125,
145, 146
C., 80
E., 32, 51, 117

I., 96, 128, 138
L., 68, 131
N., 69, 92, 110,
112, 119, 139,
140, 141
S., 150
V., 96, 138

Lorenzo

C., 124

Lozada A., 45

Luis G., 49, 68, 114

M

Maldonado D., 117, 119

Mandujano A., 95

Marcos K., 33
M., 125

Marquez I., 45

Martinez M., 23, 147

Martínez A., 38, 64
C., 105, 118
E., 36, 128
G., 89
M., 32, 65, 67

Mata A., 27

Maya R., 30

Maytorena A., 75, 79, 143

Medina A., 133, 137

Mejía A., 128
I., 44, 51, 63, 72

Melo D., 73, 94, 108,
109, 110, 112,
148, 149, 150,
151
L., 94, 108, 109,
112, 135, 136,



**X SIMPOSIO NACIONAL Y
III REUNIÓN LATINOAMERICANA
DE INGENIERÍA DE SUPERFICIES
Y TRIBOLOGÍA**

148, 149, 150,
151

Mendoza

D., 27
J., 38

Meneses

A., 73, 74
S., 86

Millán

M., 58

Miranda

A., 139

Molina

C., 67
Mondragón
G., 14, 38, 60, 129

Montoya

G., 89

Morales

A., 40, 135
J., 54, 142

Moreno

K., 90
M., 27, 38
P., 96, 138

Morón

R., 49

Mozqueda

L., 39

Muhl

S., 3, 53, 65, 66, 67,
75, 132, 140,
141, 142, 147

Mujica

V., 60

Muñoz

A., 17
C., 145
J., 15, 56, 59, 60

Muro

J., 67

N

Nava

L., 89

Negrete

M., 90

Nieto

A., 73

Nogueira

J., 152

Nolasco

J., 144
V., 135, 136

O

Olivares

M., 42, 44, 46, 48,
52, 114

Olmos

L., 155
V., 110

Orozco

I., 128
V., 150

Ortega

C., 38, 87
J., 34

Ortiz

M., 40, 101

Oseguera

J., 148

P

Palomar

M., 63, 72

Perez

A., 126, 127
C., 102

Pérez

G., 139
H., 74
J., 105, 148
L., 143
M., 30
R., 72

Poblano

C., 80, 84, 129

Pulido

I., 143

Q

Quiñones

J., 34, 35, 77, 99

R

Ramírez

A., 63, 72, 89

C., 77

N., 142

Ramos

C., 147
C., 3

Rangel

J., 89

Rayas

E., 155

Resendiz

J., 109

Reséndiz

C., 63

Restrepo

J., 62

Reyes

A., 73
F., 136

Rivera

L., 34, 35
N., 67
R., 89

Rodriguez

L., 29

Rodríguez

A., 101
E., 115, 137, 154
G., 73, 74, 79
N., 89
R., 53, 75, 79

Rojas

A., 104
I., 121, 122
S., 90

Romero

B., 23, 29
F., 82, 96, 138

Rosales

J., 42, 44, 46, 52,
114

Rosas

A., 140

Rubio

F., 29

Rudas

J., 25, 27
S., 86

Rueda

A., 101

Ruelas

R., 32, 93, 102



REDISYT

Ruiz

M., 92, 97

S

Salazar

J., 84

Salcedo

D., 115

Sanchez

A., 102
B., 150
E., 121
G., 102
S., 29

Sánchez

A., 32, 93, 120, 152
D., 92, 140, 141
J., 86

L., 110

R., 89

Santaella

J., 53, 75, 142, 143,
144

Santiago

F., 44, 108, 109,
149

Sedano

C., 126, 127
M., 126, 127

Sixtos

P., 104

Solis

J., 133

Solís

G., 152

Soria

M., 76, 78

Suárez

R., 115

T

Tafoya

T., 128

Toro

A., 86

Torres

A., 148
C., 69
J., 86



**X SIMPOSIO NACIONAL Y
III REUNIÓN LATINOAMERICANA
DE INGENIERÍA DE SUPERFICIES
Y TRIBOLOGÍA**



REDISYT

Totozintle

H., 34

Trapaga

L., 80

Trápaga

G., 84

Tuxpan

D., 145

U

Uribe

E., 94

Urriolagoitia

G., 23, 29

V

Valdez

R., 104

Vargas

D., 133, 151

F., 12

Vásquez

G., 137, 154

Vazquez

V., 132

Vázquez

V., 67

Vega

R., 94, 107, 108,
109

Velázquez

O., 125

Vélez

E., 137, 154

Vera

E., 38, 64

Villada

J., 25

Villalvazo

M., 54

Vite

M., 23, 123

W

Waage

H., 104

Z

Zamora

L., 143, 144

Zárate

J., 59

P., 82



XI Simposio Nacional y IV Reunión Latinoamericana de Ingeniería de Superficies y Tribología

Viña del Mar, Valparaíso, Chile

Del 27 al 31 de Octubre de 2025

Evento Presencial y Gratuito

REDISYT 2025 Fechas:

Envío de resúmenes: del 15 de mayo al 15 de agosto 2025

Envío de constancias de aceptación: 25 de agosto 2025

Recepción de trabajos número especial:
Septiembre 2025

Contacto e información

E-mail: redisyt.mx@gmail.com

Página web: <https://www.iim.unam.mx/redisyt/index.html>



**UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA**

ISBN: 978-607-26871-0-3



9 786072 687103