


| | | | |
|--|--|--------|-------------|
|  | GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | Código | FO-SB-12/v0 |
| | ESQUEMA HOJA DE RESUMEN | Página | 1/125 |

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): LUIS FRANCISCO APELLIDOS: RODRÍGUEZ WILCHES

FACULTAD: CIENCIAS BÁSICAS

PLAN DE ESTUDIOS: MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES

DIRECTORES:

NOMBRE(S): MARTHA YASMID APELLIDOS: FERRER PACHECO

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RECUBRIMIENTOS NANOESTRUCTURADOS DE CIRCONA-ALÚMINA-CERIA POR PROYECCIÓN TÉRMICA POR LLAMA

RESUMEN

La proyección térmica por llama, de partículas aglomeradas de tamaño nanométrico tiene como objetivo construir recubrimientos parcialmente nanoestructurados o bimodales, donde se encuentran zonas completamente fundidas y zonas donde se ha retenido partículas nanométricas, lo cual es ventajoso en aplicaciones que requieran por ejemplo un aumento en la tenacidad a la fractura y aislamiento térmico. En este trabajo se aglomeraron polvos nanométricos de circonita, alúmina y ceria por el método de disco, para hacer recubrimientos por llama sobre baldosas de arcilla roja, con el fin de mejorar sus propiedades frente al desgaste. Se planteó como objetivo la obtención y caracterización de recubrimientos nanoestructurados de circonita-alúmina-ceria por proyección térmica por llama. Se llegó a la conclusión de que la aglomeración por disco de polvos nanométricos de circonita-alúmina-ceria, mostró ser útil ya que se obtuvieron polvos micrométricos en el tamaño adecuado para ser utilizados en proyección térmica, con la suficiente resistencia mecánica para ser manipulados sin que se fracturen en el proceso, este resultado fue particularmente evidente en el polvo nombrado como P2, el cual fue obtenido con 20% en peso de Ceria.

PALABRAS CLAVE: Partículas aglomeradas, proyección térmica por llama, recubrimientos nanoestructurados, tenacidad.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 125 PLANOS: ILUSTRACIONES: 53 CD ROOM: 1

| Elaboró | | Revisó | | Aprobó | |
|------------------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| Equipo Operativo del Proceso | | Comité de Calidad | | Comité de Calidad | |
| Fecha | 24/10/2014 | Fecha | 05/12/2014 | Fecha | 05/12/2014 |

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
NANOESTRUCTURADOS DE CIRCONA-ALÚMINA-CERIA POR PROYECCIÓN
TÉRMICA POR LLAMA

LUIS FRANCISCO RODRÍGUEZ WILCHES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PLAN DE ESTUDIOS DE MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE LOS MATERIALES
SAN JOSE DE CÚCUTA

2018

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
NANOESTRUCTURADOS DE CIRCONA-ALÚMINA-CERIA POR PROYECCIÓN
TÉRMICA POR LLAMA

LUIS FRANCISCO RODRÍGUEZ WILCHES

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
MAGISTER EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES

DIRECTORES

MARTHA YASMID FERRER PACHECO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

PLAN DE ESTUDIOS DE MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE LOS MATERIALES

SAN JOSE DE CÚCUTA

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 10 DE DICIEMBRE DE 2018

HORA: 2:00 PM

LUGAR: AULA 305, EDIFICIO DE POSGRADOS

PLAN DE ESTUDIOS: MAestrÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES


Título del Trabajo de Investigación: "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RECUBRIMIENTOS NANOESTRUCTURADOS DE CIRCONA-ALÚMINA-CERIA, POR PROYECCIÓN TÉRMICA POR LLAMA"

Jurados: Ph.D. MARTHA YASMID FERRER PACHECO
Ph.D. JHON JAIRO OLAYA FLOREZ
Ph.D. ISMAEL HUMBERTO GARCÍA PÁEZ

Director: Ph.D. MARTHA YASMID FERRER PACHECO

| Nombre del estudiante: | Código | Calificación | |
|----------------------------------|---------|--------------|--------|
| | | Letra | Número |
| LUIS FRANCISCO RODRÍGUEZ WILCHES | 1380033 | Cuatro, ocho | 4,8 |

MERITORIA




JHON JAIRO OLAYA FLOREZ



ISMAEL HUMBERTO GARCÍA PÁEZ



MARTHA YASMID FERRER PACHECO


Vo.Bo JORGE HERNANDO BAUTISTA RUIZ
Director Comité Curricular
Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales

*A Martha mi esposa, soporte de mi vida y
a mis hijos Juan Diego y Andrés Felipe*

Tabla de contenido

| | Pág. |
|--|-------------|
| Introducción | 15 |
| 1. Generalidades de la proyección térmica | 17 |
| 1.1 Proyección térmica | 17 |
| 1.2 Proyección térmica por llama (flame spray) | 23 |
| 1.2.1 Características de la llama. | 25 |
| 1.2.2 Material Precursor.. | 30 |
| 1.2.3 Interacción de las partículas con la llama. | 30 |
| 1.2.4 Transferencia del calor. | 31 |
| 1.3 Propiedades de los materiales utilizados | 33 |
| 1.3.1 La alúmina. | 34 |
| 1.3.2 La circona | 37 |
| 1.3.3 La ceria | 42 |
| 1.4 Aglomeración de partículas nanométricas | 44 |
| 1.5 Simulación numérica con el software jets & poudres | 45 |
| 1.6 Revisión de literatura | 47 |
| 1.6.1 Resultados a nivel nacional.. | 47 |
| 1.6.2 Resultados a nivel Internacional. | 52 |
| 2. Metodología | 55 |
| 2.1 Diseño experimental | 55 |
| 2.1.1 Elección de los factores y niveles. | 56 |
| 2.2 Aglomeración de las partículas | 57 |
| 2.3 Obtención de los parámetros de proyección | 61 |
| 2.3.1 Parámetros reportados en la literatura.. | 62 |

| | |
|---|----|
| 2.3.2 Simulación numérica: interacción de las partículas con la llama. | 65 |
| 2.4 Cámara de proyección | 67 |
| 2.5 Caracterización | 68 |
| 2.5.1 Sustratos. | 68 |
| 2.5.2 Polvos precursores. | 69 |
| 2.5.3 Composición química y microestructural. | 70 |
| 2.5.4 Morfología.. | 71 |
| 2.6 Mecánica | 74 |
| 2.6.1 Adhesión. | 74 |
| 2.6.2 Microdureza.. | 76 |
| 2.6.3 Desgaste.. | 77 |
| 3. Resultados y análisis | 80 |
| 3.1 Morfología del sustrato | 80 |
| 3.2 Resultados polvos | 81 |
| 3.2.1 Granulometría del óxido de Cerio. | 81 |
| 3.2.2 Composición química de los compuestos | 82 |
| 3.2.3 Morfología de los polvos aglomerados.. | 82 |
| 3.2.4 Composición elemental por EDS. | 84 |
| 3.3 Microestructura | 86 |
| 3.4 Parámetros de proyección | 87 |
| 3.4.1 Optimización de los parámetros de proyección. | 87 |
| 3.4.2 Resultados de la simulación.. | 89 |
| 3.4.3 Análisis estadístico | 91 |
| 3.5 Parámetros de proyección utilizados en la obtención de recubrimientos | 95 |
| 3.6 Caracterización de los recubrimientos | 96 |

| | |
|--|-----|
| 3.6.1 Propiedades físicas de los recubrimientos. | 96 |
| 3.6.2 Morfología de los recubrimientos | 99 |
| 3.6.3 Composición elemental de los recubrimientos.: | 102 |
| 3.6.4 Microestructura de los recubrimientos | 107 |
| 3.6.5 Microdureza de los recubrimientos | 109 |
| 3.7 Tribología (tasa de desgaste y coeficiente de rozamiento) | 110 |
| 4. Conclusiones | 115 |
| 4.1 Conclusiones con respecto de los polvos aglomerados | 115 |
| 4.1.1 Con respecto al método de aglomeración . | 115 |
| 4.1.2 Con respecto a la composición química de los polvos aglomerados | 115 |
| 4.1.3 Con respecto a su morfología y tamaño.. | 116 |
| 4.2 Conclusiones con respecto a los parámetros de proyección | 116 |
| 4.3 Conclusiones respecto a los recubrimientos | 116 |
| 4.3.1 Con respecto a las propiedades físicas de los recubrimientos. | 116 |
| 4.3.2 Con respecto a la morfología y microestructura. | 117 |
| 4.3.3 Con respecto a la microdureza y desgaste de los recubrimientos.. | 118 |
| 5. Referencias Bibliográficas | 119 |