

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. Alcances	2
2. Antecedentes	3
2.1. Aspersión térmica	3
2.2. Cold spray	5
2.2.1. Aspectos fluidodinámicos	6
2.2.2. Adhesión	8
2.2.3. Eficiencia de adherencia	9
2.2.4. Tamaño de partículas y porosidad	10
2.2.5. Materiales en cold spray	11
2.3. Simulación numérica	12
2.3.1. Ecuaciones de estado	12
2.3.2. Modelamiento	14
2.3.3. Estabilidad	16
2.3.4. Tipos de análisis	16
2.3.5. Contacto	18
2.3.6. Fricción y coeficiente de roce	20
2.4. Dureza	21
2.4.1. Mecanismos de endurecimiento en metales	21
2.4.2. Dureza Vickers	22
3. Revisión Bibliográfica	23
3.1. Relación entre dureza y límite de fluencia	23
3.2. Simulaciones de cold spray con múltiples partículas	24
4. Metodología	28
4.1. Metodología experimental	28
4.1.1. Materiales utilizados	28
4.1.2. Parámetros de formación del recubrimiento	29
4.1.3. Variables medidas	30
4.1.4. Equipos utilizados	31
4.2. Metodología numérica	39

4.2.1. Modelo físico	39
4.2.2. Temperatura de partículas	40
4.2.3. Temperatura del sustrato	42
4.2.4. Parámetros utilizados del material	44
4.2.5. Estimación del número de partículas	45
4.2.6. Sensibilidad de malla	46
4.2.7. Modelamiento con ABAQUS	47
4.2.8. Implementación de la eficiencia de adherencia	54
4.3. Relación entre fase de simulación y fase experimental	58
5. Resultados y análisis	59
5.1. Resultados experimentales	59
5.1.1. Polvos de alimentación y tamaño de partícula seleccionado	59
5.1.2. Velocidad de las partículas	61
5.1.3. Recubrimientos obtenidos por cold spray	61
5.1.4. Medición de microdureza Vickers	62
5.2. Resultados simulaciones	65
5.2.1. Configuración original de partículas	65
5.2.2. Configuración ‘Pared de Partículas’ (PW)	71
5.2.3. Zonas de deformación	74
5.3. Resultados de dureza a partir de simulaciones	76
6. Discusión y conclusiones	78
6.1. Discusión de resultados	78
6.2. Conclusiones	83
7. Trabajos futuros	85
7.1. Sección experimental	85
7.2. Sección de simulaciones	85
Bibliografía	87
Anexos	92
A. Código Python para el modelo utilizado	93
B. Código para posiciones de partículas en apilamiento 3-2	102
C. Código para posiciones de partículas en apilamiento aleatorio	103