

INDICE

1. PANORAMA CIENTÍFICO	1
1.1. EMBUTICIÓN DE CHAPAS RECUBIERTAS.....	1
1.1.1. Factores del proceso de embutición.....	3
1.1.2. Aceros para embutición	5
1.1.3. Recubrimientos de protección anticorrosiva	7
1.1.4. Recubrimientos en el acero.....	7
1.1.4.1. Recubrimiento del acero por electrocincado.....	7
1.1.4.2. Recubrimiento de cinc por inmersión en caliente.....	9
1.1.4.3. Recubrimiento Zn-Fe o “Galvannealed”.....	10
1.1.4.4. Recubrimiento Zn-Ni.....	11
1.1.5. Tratamientos superficiales en las matrices de embutición	14
1.1.6. Deformaciones y roturas en la embutición. Curvas FLD	16
1.1.7. Diseño de matrices para embutición de componentes de carrocerías.....	18
1.1.8. Embutición de piezas complejas. Efectos de las pasadas múltiples.....	21
1.2. TRIBOLOGÍA DE LA EMBUTICIÓN	24
1.2.1. Condiciones de lubricación y parámetros operacionales.....	27
1.2.2. Efectos microhidrodinámicos con contactos plano-plano.....	30
1.2.3. Embutición en condiciones de lubricación límite.....	35
1.2.4. Textura superficial en chapas para embutición	37
1.2.5. Lubricantes para embutición	39
1.3. MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA EMBUTICIÓN	42
1.4. ENSAYOS DE FRICCIÓN EN ESTAMPACIÓN	44
1.4.1. Finalidad de los ensayos de fricción.....	44
1.4.2. Ensayos de contacto plano.....	45
1.4.3. Tribómetros de simulación de rozamiento en zonas curvas.....	46
1.4.4. Ensayo DBS de simulación Draw-Beads.....	46

1.4.5. Ensayos de simulación de embutición.....	47
1.4.6. Ensayos con deformación plástica equipos RON.....	47
1.4.7. Limitaciones de los ensayos de fricción.....	47
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	51
2.1. Objetivos de la investigación.....	51
2.2. Materiales empleados.....	53
2.3. Lubricantes.....	57
2.4. Diseño del equipo para ensayos multifriccion en contactos plano-plano.....	58
2.4.1. Condiciones de contacto en el ensayo.....	58
2.4.2. Componentes y funcionamiento del equipo.....	62
2.4.3. Cálculo del coeficiente de rozamiento en el ensayo.....	66
2.4.5. Variables del ensayo de fricción plana y codificación de muestras.....	71
2.5. Ensayos de fricción en microtribómetro <i>pin on disc</i>	74
2.5.1 Ensayos pin-on-disk en contactos bola-plano.....	75
2.5.2 Ensayos pin-on-disk en contactos plano-plano.....	76
2.6. Resumen de las condiciones de ensayos.....	77
2.7. Caracterización superficial de las chapas.....	78
2.7.1. Medidas de las áreas de contacto real.....	78
2.7.1. Determinación de texturas y topografía superficial.....	81
3. RESULTADOS Y ANALISIS DE ENSAYOS MULTIFRICCION...83	83
3.1. – Resultados Multifriccion contactos plano-plano.....	83
3.1.1. Efectos de la presión.....	87
3.1.2. Influencia de la Velocidad.....	92
3.1.3. Efectos de las pasadas sucesivas.....	98
3.1.4. Efectos del lubricante.....	102
3.2. Determinación de valores de la sección real de contacto.....	103

3.3. Modificaciones de la topografía superficial.....	111
3.4. Mecanismos de deformación del recubrimiento. Difracción de Rayos X.	114
3.5. Análisis de los lubricantes	119
4. RESULTADOS Y ANALISIS DE ENSAYOS PIN ON DISC.....	123
4.1. Ensayos con contacto esfera-plano en seco.	125
4.2. Contactos esfera-plano con lubricación.....	129
4.3 Contactos plano-plano con lubricación.....	131
5. RESULTADOS Y ANALISIS DE ENSAYOS PIN ON DISC CON TRATAMIENTOS.	134
5.1. Contactos esfera-plano en seco.....	134
5.2. Efectos sobre el desgaste	137
5.3. Imágenes y análisis SEM de los materiales	140
5.4. Ensayos pin on disc con tratamientos y contactos esfera-plano con lubricación.	146
5.5. Contactos plano-plano con lubricación.....	147
6.-MODELIZACION DEL COMPORTAMIENTO TRIBOLÓGICO.....	153
6.1. Valores del coeficiente de fricción y regímenes de lubricación	153
6.2. Condiciones óptimas de procesado de chapas Zn-Ni.	156
6.3. Modelos paramétricos.....	158
6.4. Fricción en Condiciones BL. Efectos de la fracción de superficie de contacto Sc.....	161
6.5. Efectos de la Presión y la Velocidad	164
6.6. Efectos de los aditivos BL y la Temperatura	167
7. CONCLUSIONES	170
7.1. Sobre el régimen de lubricación existente en las operaciones reales de embutición.	170
7.2. Sobre los valores del COF en régimen de lubricación límite.	170
7.3. Sobre los efectos de las variables del proceso.	171

7.4. Sobre los efectos de la superficie real de contacto y los mecanismos de lubricación.....	172
7.5. Condiciones críticas de procesado.....	173
7.6. Modelización de los valores de COF.....	174
7.7. Sobre el comportamiento en ensayos pin-on-disc con herramientas de acero templado.....	175
7.8. Sobre los efectos de los tratamientos superficiales de nitruración...	176
8. TAREAS ADICIONALES	178
9. BIBLIOGRAFIA.....	180