

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	17
CONSIDERACIONES SOBRE LOS SISTEMAS PROTECTORES Y DURABILIDAD DE LOS MISMOS	17
EXPECTATIVA DE VIDA, DURABILIDAD Y GARANTIAS	19
1. CORROSIÓN	23
1.1. FACTORES DE LA CORROSIÓN	24
1.2. EL PROCESO ELECTROQUÍMICO DE LA CORROSIÓN	25
1.2.1. Reacción anódica	26
1.2.2. Reacción catódica	27
1.3. TIPOS DE CORROSIÓN	30
1.3.1. Corrosión atmosférica general o uniforme	31
1.3.2. Corrosión galvánica	32
1.3.3. Corrosión por picaduras	36
1.3.4. Corrosión en hendiduras o resquicios (aireación diferencial)	37
1.3.5. Corrosión selectiva	38
1.3.6. Corrosión bajo tensión	38
1.3.7. Corrosión intercrystalina	39

1.3.8.	Corrosión por fricción. Desgaste con corrosión	40
1.3.9.	Fatiga con corrosión	41
1.3.10.	Corrosión por erosión	42
1.3.11.	Corrosión por hidrógeno	43
2.	CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	45
2.1.	CLASIFICACIÓN DE LAS PINTURAS POR SU FUNCIÓN. CONCEPTOS BÁSICOS	49
2.1.1.	Capa de imprimación	50
2.1.2.	Shop-Primers	51
2.1.3.	Capas intermedias	53
2.1.4.	Capas de acabado	53
2.2.	CLASIFICACIÓN DE LAS PINTURAS POR LA NATURALEZA DEL LIGANTE	55
2.2.1.	Polímeros	55
2.2.2.	Formación de película. Mecanismos principales	55
	2.2.2.1 Secado físico	56
	2.2.2.2 Curado Químico	58
2.3.	DESCRIPCIÓN Y PROPIEDADES DE LOS TIPOS MAS IMPORTANTES DE PINTURAS SEGÚN LA NATURALEZA QUÍMICA DE LAS RESINAS	60
2.3.1.	Pinturas de Secado Físico	61
	2.3.1.1 Breas y asfaltos	61
	2.3.1.2 Clorocauchos	62
	2.3.1.3 Acrílicas	63
	2.3.1.4 Vinílicas	65
2.3.2.	Pinturas de curado químico de un solo componente	66
	2.3.2.1 Alquídicas	67
	2.3.2.2 Alquídicas modificadas	68
	2.3.2.3 Epoxiéster	69
2.3.3.	Pinturas de curado químico de dos componentes	70

ÍNDICE

2.3.3.1 Epoxi	70
Aminas como agente de curado	72
2.3.3.1.1 Poliaminas alifáticas	72
2.3.3.1.2 Poliaminas cicloalifáticas	73
2.3.3.1.3 Poliaminas aromáticas	74
2.3.3.1.4 Aductos de poliamina	75
2.3.3.1.5 Fenalcaminas	75
Poliamidas como agente de curado	76
2.3.3.1.6 Poliamidas no modificadas	76
2.3.3.1.7 Poliamidas modificadas	77
2.3.3.1.8 Otros agentes de curado	77
2.3.3.1.9 Breas-Epoxi	77
2.3.3.2 Factores a considerar para la elección de un recubrimien- to epoxi	79
2.3.3.3 Poliuretanos de dos componentes	80
2.3.3.4 Polisiloxanos	82
2.3.3.5 Poliureas	83
2.3.4. Otros mecanismos de formación de película	85
2.3.4.1 Poliuretanos de un componente	86
2.3.4.2 Silicatos de Zn	86
2.3.4.3 Siliconas curadas a altas temperaturas	90
3. FICHAS TÉCNICAS	95
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	96
3.2. METODO DE APLICACIÓN	97
3.3. CONDICIONES AMBIENTALES	101
3.4. PREPARACIÓN DEL PRODUCTO PARA SU APLICACIÓN	102
3.4.1. Proporción de la mezcla	102
3.4.2. Vida de la mezcla	102

3.4.3.	Temperatura de aplicación	103
3.4.4.	Diluyente	103
3.4.5.	Diluyente de limpieza	104
3.5.	ESPESOR DE PELÍCULA	105
3.5.1.	Espesor de película mínimo para aplicación	105
3.5.2.	Espesor de película máximo para aplicación	106
3.6.	SÓLIDOS EN VOLUMEN	106
3.6.1.	Rendimiento teórico	108
3.6.2.	Rendimiento práctico. Establecimiento del consumo real de pintura	109
3.6.2.1	Exceso de consumo – pérdidas aparentes	109
3.6.2.2	Pérdidas por la distribución de la pintura	110
3.6.2.3	Pintura desperdiciada. Conversión de rendimiento teórico a práctico. Factor de pérdida.	110
3.6.3.	Estimación de pintura necesaria para una obra	114
3.6.4.	Comparación de costes de pintura	114
3.6.5.	Control del espesor por el consumo	115
3.7.	PESO ESPECÍFICO	116
3.8.	INTERVALO DE REPINTADO	117
3.9.	TIEMPOS DE SECADO	119
3.9.1.	Secado al tacto	119
3.9.2.	Secado para manipulación	120
3.9.3.	Curado total	120
3.10.	PUNTO DE INFLAMACIÓN	121
4.	PREPARACIÓN DE SUPERFICIES	123
4.1.	CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO	123
4.2.	PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE PARA SU PINTADO	125

ÍNDICE

4.2.1.	Preparación previa al tratamiento de superficies. Métodos para eliminar materias extrañas	126
4.2.2.	Preparación mediante limpieza manual y chorro abrasivo	128
4.2.3.	Estado inicial de la superficie	131
4.2.4.	Sistemas de preparación	131
4.2.5.	Preparación secundaria o localizada	131
4.2.6.	Descripción correcta de un grado de preparación	132
4.2.7.	Grados normalizados para la preparación primaria (total). Norma de referencia UNE EN ISO 8501-1	132
4.2.8.	Grados de preparación normalizados para la preparación secundaria (parcial). Norma de referencia UNE-EN ISO 8501-2	133
4.2.9.	Limpieza con agua a presión	135
4.3.	ABRASIVOS	139
4.3.1.	Tipos de abrasivo	139
4.3.2.	Especificación para abrasivos minerales (ISO-11126)	140
4.3.3.	Rugosidad Superficial. Valores Ra, Rz, Rmax	142
4.3.4.	Relación entre granulometría del abrasivo y perfil de rugosidad	142
4.3.5.	Distribución de los tamaños de abrasivos	143
4.3.6.	Consumo de aire y energía	144
4.3.7.	Consumo de abrasivo	145
4.3.8.	Rendimientos de chorreado con abrasivo a 7-8 bar (boquilla 12 mm)	145
4.4.	DIFERENCIAS ENTRE TRABAJOS EN TALLER Y EN OBRA	146
4.5.	REPARACIÓN DE DAÑOS, SOLDADURAS Y QUEMADURAS	148
ANEXO 4.1.	REFERENCIAS VISUALES DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	149
5.	INSPECCIÓN	153
5.1.	NIVELES DE INSPECCIÓN	154
5.2.	OBLIGACIONES DEL INSPECTOR	155

5.2.1.	Antes de la preparación de superficies	156
5.2.2.	Durante la preparación de superficies	157
5.2.3.	Antes de la aplicación de la pintura	157
5.2.4.	Durante la aplicación	158
5.2.5.	Después de la aplicación	159
5.3.	EQUIPO DE INSPECCIÓN	159
5.4.	NOTAS, INFORMES Y DOCUMENTACIÓN	160
5.4.1.	Datos básicos	161
5.4.2.	Áreas de referencia	162
5.4.2.1	Superficies previamente recubiertas	163
5.4.2.2	Evaluación del recubrimiento	163
5.5.	CONDICIONES ATMOSFÉRICAS	164
5.5.1.	Humedad relativa, temperatura del aire, punto de rocío	164
5.5.2.	Temperatura del aire/temperatura del sustrato	165
5.6.	PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	166
5.6.1.	Preparación del acero	166
5.6.2.	Obtención del grado de limpieza y rugosidad requerida.	175
5.7.	PRUEBAS Y ENSAYOS DE LA PELÍCULA SECA	179
5.7.1.	Medición del espesor de película	179
5.7.1.1	Medición de espesores húmedos	179
5.7.1.2	Medición de espesores secos	180
5.7.1.3	Número de medidas a tomar	181
5.7.1.4	Normas relativas a la medición de espesores	181
5.7.2.	Adherencia	183
5.7.2.1	Ensayos por corte	184
5.7.2.2	UNE EN ISO 4624. Comprobación de la adherencia mediante tracción	187
5.7.3.	Porosidad	191

ÍNDICE

5.7.4.	Dureza ISO 15184:1998	192
5.7.5.	Deficiencias en la formación de la película	194
5.7.5.1	Suciedad y partículas extrañas en la capa de pintura	194
5.7.5.2	Descuelgues	195
5.7.5.3	Piel de naranja	197
5.7.5.4	Arrugamiento	198
5.7.5.5	Velo y matizado amínico	199
5.7.5.6	Pulverización seca	201
5.7.5.7	Falta de adherencia: descamación y desprendimientos	202
5.7.5.8	Ojos de pez	205
5.7.5.9	Marcas de brocha y de rodillo	206
5.7.5.10	Corrosión prematura por bajo espesor o ataque químico	207
5.7.5.11	Película abierta	209
5.7.5.12	Poros	210
5.7.5.13	Ampollamiento	211
5.7.5.14	CuarTEAMIENTO	214
5.7.5.15	Grado de curado	216
5.7.6.	Análisis de fallos de pintado	217
5.7.6.1	Consideraciones sobre algunos modos específicos de fallo en varios tipos de pinturas	218
5.7.6.2	Metodología en el reconocimiento y análisis de fallos	222
5.7.7.	Criterios para llevar a cabo un mantenimiento	230
5.7.8.	Atención a las zonas de difícil acceso	240
	ANEXO 1 PPI; PROGRAMA DE PUNTOS DE INSPECCIÓN	243
6.	SISTEMAS DE PINTADO PROTECTORES	245
6.1.	DIFERENCIACIÓN POR ZONAS EN UN MISMO RECINTO	246
6.2.	CONSIDERACIONES A LA HORA DE ELABORAR UNA ESPECIFICACIÓN	246
6.3.	EVALUACIÓN DE AMBIENTES SEGÚN ISO-12944-2	248

6.4.	EXPECTATIVA DE VIDA HASTA UN PRIMER MANTENIMIENTO SEGÚN NACE	254
6.5.	SISTEMA DE PINTADO PARA CONDICIONES ESPECIALES	255
6.5.1.	Estructuras remachadas o atornilladas	255
6.5.2.	Tratamientos de la interfase metal/hormigón	256
6.5.3.	Superficies sometidas a abrasión o impacto	257
6.5.4.	Superficies sometidas a altas temperaturas	258
6.6.	SUPERFICIES SUMERGIDAS O ENTERRADAS	260
6.6.1.	Elementos sumergidos en agua	260
6.6.2.	Protección catódica	261
6.7.	SISTEMAS DE PINTADO PARA ELEMENTOS SUMERGIDOS Y ENTERRADOS	262
6.7.1.	Agua potable. Interior de tuberías y depósitos. Productos ensayados según normas:	262
6.7.2.	Agua no potable, agua de mar	262
6.7.3.	Elementos enterrados	263
6.7.4.	Exterior de tubería enterrada	263
6.8.	PINTADO DEL INTERIOR DE DEPOSITOS	266
6.9.	SUPERFICIES SOMETIDAS A INMERSIÓN Y/O SALPICADURAS DE PRODUCTOS QUÍMICOS	268
6.9.1.	Sistema de pintado para inmersión y/o salpicaduras de algunos productos químicos	269
6.9.2.	Sistemas de pintado para productos derivados del petróleo	269
6.9.2.1	Tanques de crudo, fuel-oil, jet-fuel. Productos ensayados según normas	270
6.9.2.2	Tanques de gasolinas oxigenadas. Productos ensayados según normas	270
6.10.	SISTEMAS DE PINTADO PARA GALVANIZADO Y METALES NO FÉRRICOS	271

ÍNDICE

6.11. VALORACIÓN DE UN ESQUEMA DE PINTADO. COSTE INICIAL Y COSTE HASTA UN PRIMER MANTENIMIENTO	271
6.12. EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS ANTICORROSIVOS: PRUEBAS DE LABORATORIO.	274
6.13. NORMAS DE PRODUCTO	276
7. OTRAS FORMAS DE PROTECCIÓN: GALVANIZADO, PROYECCIÓN TÉRMICA DE ZINC Y ACEROS AUTOPATINABLES	279
7.1. DISTINTAS FORMAS DE PROTEGER CON ZINC. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIÓN DE LOS DISTINTOS SISTEMAS	280
7.1.1. Zincado electrolítico (o electrozincado)	282
7.1.2. Metalización con zinc (o proyección térmica de zinc)	282
7.1.2.1 Tipos de proyección térmica	283
7.1.2.2 Requerimientos de aplicación e inspección para la metalización	285
7.1.2.3 Aplicación de capas selladoras y capas de acabado	286
7.1.2.4 Sistemas de metalizado y durabilidad	287
7.1.3. Recubrimientos con polvo de zinc	287
7.1.4. Pinturas ricas en zinc	288
7.1.5. Galvanización en caliente	288
7.2. CATEGORÍAS DE AMBIENTE, RIESGO Y VELOCIDAD DE CORROSIÓN (NORMA UNE EN ISO 14713).	294
7.3. COMPORTAMIENTO FRENTE A LA CORROSIÓN EN AMBIENTE MARINO DEL ACERO GALVANIZADO Y DEL ACERO GALVANIZADO PINTADO. SISTEMA DUPLEX	295
7.4. ACERO PATINABLE: EL ACERO CORTEN	297
7.4.1. Formación de la capa protectora	298
7.4.2. Normas de utilización	298

8. PROTECCIÓN ACTIVA CONTRA LA CORROSIÓN	301
8.1. PROTECCIÓN CATÓDICA	302
8.2. PROTECCIÓN CATÓDICA POR ÁNODOS DE SACRIFICIO	304
8.3. PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA	307
9. PROTECCIÓN PASIVA CONTRA EL FUEGO. PINTURA INTUMESCENTE	311
9.1. REACCIÓN DE LOS MATERIALES. CONCEPTO DE IGNIFUGACIÓN	312
9.2. CONCEPTO DE INTUMESCENCIA	313
9.2.1. Componentes de las pinturas intumescentes	315
9.2.1.1 Agente catalizador	316
9.2.1.2 Agente carbonífero	316
9.2.1.3 Agente espumante	317
9.2.2. Mecanismos de la formación de la intumescencia	317
9.3. ELABORACIÓN DE UN SISTEMA INTUMESCENTE	318
9.3.1. Datos a considerar para diseñar un sistema intumescente	318
9.3.1.1 Cálculo del espesor necesario de pintura intumescente, datos a aportar	318
9.3.1.2 Elaboración del sistema de pintado	319
9.3.2. Preparación de superficies y capa de imprimación	319
9.3.3. Protección con pintura intumescente	320
9.3.4. Capa de acabado	320
9.4. GUÍA DEL PRODUCTO Y GUÍA DE APLICACIÓN. NORMA UNE 48.287	321
9.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN	326