

ÍNDICE GENERAL

Prólogo	9
---------------	---

CAPÍTULO I

Generalidades	11
1. Clasificación	13
2. Descripción cualitativa del fenómeno catalítico	13
3. Aspecto cuantitativo del acto catalítico	14
4. Preparación de catalizadores sólidos industriales	15
5. La catálisis heterogénea en la industria	17

CAPÍTULO II

La cinética de las reacciones químicas en catálisis heterogénea	21
1. Adsorción	23
1.1. Adsorción física	23
1.2. Adsorción química	23
2. Constantes de adsorción	29
3. Cinética heterogénea	30
3.1. Mecanismo Catalítico	30
3.2. Utilidad del estudio cinético	38

CAPÍTULO III

La selección de agentes catalíticos	41
1. Criterios de selección	43
2. Análisis de la transformación	43
3. La selección de agentes catalíticos	44
3.1. Clasificaciones empíricas	46
3.2. Correlaciones científicas y leyes generales	49

CAPÍTULO IV

Criterios para la preparación de catalizadores industriales	63
1. Propiedades y características del catalizador industrial	65

1.1. Actividad	65
1.2. Selectividad	65
1.3. Estabilidad	66
1.4. Morfología	66
1.5. Resistencia mecánica	67
1.6. Características térmicas	67
1.6.1. Conductividad térmica	67
1.6.2. Capacidad calorífica	67
1.7. Regenerabilidad	67
1.8. Reproducibilidad	68
1.9. Originalidad	68
1.10. Precio	68
2. Catalizador ideal y óptimo	68
3. Procedimiento en la preparación de catalizadores	69
3.1. Elaboración de las primeras fórmulas catalíticas	70
3.2. Optimización de un primer tipo de fórmula catalítica	71

CAPÍTULO V

Métodos de preparación de catalizadores	75
1. Precipitación	78
1.1. Precipitados cristalizados	80
1.2. Geles	82
2. Transformaciones hidrotérmicas	84
3. Separación de dos fases	87
3.1. Decantación, filtración y lavado	87
3.2. Secado	88
3.2.1. Secado común. xerogeles	88
3.2.2. Secado especial. aerogeles	89
4. Calcinación	90
4.1. Calcinación de un xerogel	92
4.2. Calcinación de un compuesto cristalino	96
5. Conformación	99
5.1. Obtención de micropartículas	99
5.1.1. Molienda	99
5.1.2. Secado por atomización	100
5.1.3. Coagulación de gotas "oil drop"	100
5.2. Obtención de partículas	100
5.2.1. Pastillado	100
5.2.2. Extrusión	102
5.2.3. Granulado	103
5.3. Otros tipos de conformación	103
6. Impregnación	105
6.1. Técnicas de impregnación sin interacción	106
6.1.1. Humidificación	108
6.1.2. Secado	108
6.1.3. Calcinación	109
6.1.4. Ejemplos	110

6.2. Técnicas de impregnación con interacción	
6.2.1. Intercambio iónico	110
6.2.2. Humidificación en intercambio iónico	114
6.2.3. Lavado	119
6.2.4. Secado	119
6.2.5. Calcinación	120

CAPÍTULO VI

Determinación de las características de los catalizadores sólidos	123
1 Propiedades catalíticas	125
1.1. Actividad	125
1.2. Selectividad	125
1.3. Estabilidad	125
1.4. Regenerabilidad	126
1.5. Tiempo de vida del catalizador	126
2 Tipos de Reactores catalíticos experimentales	126
2.1. Reactores intermitentes	127
2.1.1. Reactores intermitentes cerrados	127
2.1.2. Reactores intermitentes abiertos	127
2.2. Reactores continuos con concentración homogénea	127
2.2.1. Lechos de suspensión	130
2.2.2. Lecho fluidizado	130
2.2.3. Lecho fijo diferencial	130
2.2.4. Flujo continuo y agitación interna	132
2.3. Reactores en régimen continuo con gradientes de concentración	132
2.4. Reactor pulsante cromatográfico	136
3 Selección de condiciones experimentales	136
3.1. Pruebas de exploración	138
3.2. Pruebas de optimización del catalizador	138
3.2.1. Optimización de actividad y selectividad	138
3.2.2. Optimización de la textura del catalizador	139
3.2.3. Estudio de la estabilidad del catalizador	140
3.3. Optimización del proceso	140
3.4. Control de fabricación	141
4 Determinación de las características morfológicas	141
4.1. Forma de las partículas	141
4.2. Distribución granulométrica	142
4.2.1. Tamizado	142
4.2.2. Elutriación o método Roller	144
4.2.3. Sedimentación	145
4.3. Características morfológicas internas	145
4.3.1. Densidad del sólido	146
4.3.2. Densidad de grano y volumen poroso total	147
4.4. Características morfológicas del lecho catalítico	148
4.4.1. Densidad del lecho	149
4.4.2. Fracción de lecho vacío	149

4.5. Características físico-mecánicas	149
4.5.1. Resistencia al aplastamiento	151
4.5.2. Resistencia a la abrasión y atrición	151
4.5.3. Breve descripción de algunos métodos de atrición y abrasión	153
5. La experimentación industrial	161

CAPÍTULO VII

Características fisicoquímicas de catalizadores	165
1. Composición química elemental	167
2. Naturaleza y estructura de los compuestos químicos	167
2.1. Compuestos cristalinos	176
2.2. Compuestos Amorfos	177
3. Textura del catalizador	178
3.1. Superficie específica	178
3.2. Dispersión de agentes activos	181
3.2.1. Quimisorción	181
3.2.2. Difracción de rayos X	187
3.2.3. Microscopía electrónica	189
3.2.4. Análisis de las propiedades magnéticas	191
3.2.5. Microsonda electrónica	192
3.3. Distribución de radio de poros	193
4. Dispersión de agentes activos	198
5. Propiedades electrónicas	204

CAPÍTULO VIII

Reactores heterogéneos	211
1. Condiciones de operación	213
2. Diseño del reactor	214
2.1. Modelos simples	214
2.2. Modelos complejos de reactores	217
2.3. Reactores industriales	219
2.4. Termicidad de la reacción	222
2.5. Transferencia de masa y calor	223
2.5.1. Teoría de la capa laminar	224
2.5.2. Fenómenos difusionales	226
2.5.3. Reactores de lecho fijo o lecho móvil lento	226
2.5.4. Reactores perfectamente agitados	231
2.6. Problemas hidrodinámicos	232
2.6.1. Flujo monofásico	232
2.6.2. Flujo bifásico	232
3. Selección del reactor	232
4. Esquema de la unidad	234

4.1.	Importancia de las propiedades del catalizador	234
4.2.	Importancia de las características termodinámicas y de las condiciones de operación	235
5.	Consideración final	235
Índice		239