

# 目 次

## 序 論 1

### I 章 複合材料と材料設計 3

1. まえがき	3	3. 3 試験片	5
2. 複合材料における材料設計／構造設計	3	3. 4 測定方法	5
3. 材料の高速脆性，高速延性と材料設計	4	3. 5 実験結果と討論	5
3. 1 高速脆性，高速延性測定の必要性	4	4. まとめ	7
3. 2 高ひずみ速度応力－ひずみ関係測定の原理と装置	4		

### II 章 界面状態解析 11

1. 解析の対象とすべき界面	11	3. 9 フィラー表面のぬれについて	22
2. 界面における相互作用	13	4. 複合材料における界面解析	23
3. フィラー材料の表面構造と評価	15	4. 1 シランによる処理について	23
3. 1 表面積	15	4. 2 フィラーと表面処理剤の界面および処理層の状態	25
3. 2 多孔性	15	4. 3 フィラーとマトリックス樹脂界面	28
3. 3 表面極性	15	5. 分散技術について	30
3. 4 表面均一性	16	5. 1 分散技術の内容と定義	30
3. 5 表面の結晶性	16	5. 2 分散技術における粒子構造制御の必要性	30
3. 6 表面の化学構造	17	5. 3 分散技術に関する基礎と問題点	32
3. 7 表面化学構造の評価	21	5. 4 基礎に対応した分散技術	34
3. 8 官能基の利用	21		

### III 章 界面の力学的解析 37

1. 界面の応力解析	37	1. 5 熱変形や硬化収縮による界面応力	63
1. 1 繊維状介在物の界面応力	37	2. 界面の強度評価	68
1. 2 円形，だ円形介在物の界面応力	50	2. 1 単繊維とマトリックスの界面強度	68
1. 3 織物状介在物の界面応力	57	2. 2 多繊維とマトリックスの界面強度	72
1. 4 積層板の界面応力	58	2. 3 積層の界面強度	76

## IV 章 複合系物性における接着性 81

1. まえがき	81	3. 複合系物性について	85
2. 接着性とその改質法	81	3. 1 板状素材複合材料における接着効果	85
2. 1 接着性の表示法	81	3. 2 粒状素材充てん複合材料	89
2. 2 接着性へ及ぼす諸効果	83	3. 3 繊維状素材充てん複合材料	95

## V 章 複合系における界面反応 105

1. はじめに	105	5. 1 無機繊維—金属マトリックス界面の相互作用	121
2. ぬれと接着性	105	5. 2 ガラス—金属の接合	126
3. 無機—有機系複合材料	106	5. 3 セラミック—金属の接合	129
3. 1 無機素材の表面化学的性質	107	6. 金属—金属系複合材料	132
3. 2 有機高分子—無機素材界面の相互作用	113	7. おわりに	134
4. 有機—金属系複合材料	118		
5. 無機—金属系複合材料	121		

## VI 章 フィラー材料の表面処理技術 137

1. カップリング剤 (シリコン系)	137	4. 5 おわりに	170
1. 1 シランカップリング剤	137	5. 粉体の表面処理	170
1. 2 シランカップリング剤の作用機構	137	5. 1 粉体の高性能化へのアプローチ	170
1. 3 シランカップリング剤の使用法	141	5. 2 粉体の表面改質	170
1. 4 応用例	144	6. 粘土鉱物材料の表面処理	178
1. 5 今後の展開	145	6. 1 粘土鉱物とは	178
2. カップリング剤 (チタネート系, アルミネート系)	146	6. 2 粘土鉱物の表面特性	178
2. 1 界面制御とカップリング剤	146	6. 3 無機陽イオンによる表面処理	180
2. 2 カップリング剤の役割	146	6. 4 有機陽イオンによる表面処理	183
2. 3 表面処理法	148	7. 微小中空球体	186
2. 4 機能と特性	150	7. 1 微小中空球体の製法と諸性質	186
2. 5 応用分野	151	7. 2 無機ガラス質微小中空体と樹脂成形	193
2. 6 おわりに	156	8. カプセル化技術	196
3. 無機繊維の表面処理	156	8. 1 表面処理におけるカプセル化法の位置づけ	196
3. 1 表面処理技術の必要性	156	8. 2 粉体のカプセル化法	197
3. 2 ガラス繊維の表面処理	156	9. 無機質マイクロカプセル	200
3. 3 炭素繊維の表面処理	159	9. 1 マイクロカプセルの特徴	200
3. 4 その他の無機繊維の表面処理	160	9. 2 カプセル調製の基本的な手法	200
4. 有機繊維の表面処理	161	9. 3 付着を利用したマイクロカプセル化法	201
4. 1 表面処理技術の必要性	161	9. 4 表面沈積法によるマイクロカプセル化法	201
4. 2 表面処理法の分類	162	9. 5 “界面反応法”を用いた無機質壁マイクロカプセルの調製法	201
4. 3 ポリエステル繊維の表面処理法	162		
4. 4 アラミド繊維の表面処理	166		

9. 6 無機質壁マイクロカプセルの生成 機構と物性の調節法 .....	207
---	-----

9. 7 無機質壁マイクロカプセル化による 効果 .....	210
-----------------------------------	-----

## VII 章 マトリックス材料の改質 217

1. はじめに .....	217	3. 1 共重合による化学的改質 .....	230
2. ポリオレフィン系マトリックス材料の改 質技術 .....	217	3. 2 ポリマーブレンドによる物理的改質 .....	231
2. 1 ランダム共重合法 .....	218	3. 3 結晶構造の物理的改質 .....	234
2. 2 グラフト重合法 .....	218	4. 複合材料物性と改質技術 .....	235
2. 3 表面処理 .....	227	4. 1 分散混合型複合材料 .....	235
2. 4 結晶構造の物理的改質 .....	229	4. 2 積層型複合材料 .....	244
3. その他高分子マトリックス材料の改質技術 .....	230	5. おわりに .....	248

## VIII 章 各種複合材料における界面効果 251

1. 炭素繊維と複合材料 .....	251	5. 4 ウィスカー強化セラミックス .....	288
1. 1 はじめに .....	251	6. 航空宇宙機器用複合材料 .....	291
1. 2 CFの表面 .....	252	6. 1 はじめに .....	291
1. 3 CFの表面処理と効果 .....	254	6. 2 強化繊維の特性 .....	291
1. 4 CF-樹脂間の接着性 .....	256	6. 3 航空機への応用 .....	291
1. 5 CFRM .....	258	6. 4 宇宙機器への応用 .....	296
2. C/C 複合材料 .....	260	6. 5 熱可塑性樹脂の応用 .....	297
2. 1 はじめに .....	260	6. 6 織物の応用 .....	298
2. 2 炭素繊維/炭素複合材料の作成 .....	261	7. 磁気記録材料 .....	299
2. 3 炭素繊維/ガラス状炭素複合材料 .....	261	7. 1 はじめに .....	299
2. 4 炭素繊維/CVD 炭素複合材料 .....	264	7. 2 塗布型磁気記録材料の構成と製造方法 .....	300
2. 5 炭素繊維/炭素複合材料の評価 .....	267	7. 3 磁性塗料中における磁性粉の分散特性 .....	302
2. 6 おわりに .....	267	7. 4 磁性塗料および磁性塗膜のレオロジー 特性 .....	305
3. ゴム系複合材料 .....	268	7. 5 おわりに .....	307
3. 1 はじめに .....	268	8. 医用材料 .....	308
3. 2 ゴムブレンドの界面 .....	269	8. 1 緒 論 .....	308
3. 3 ゴムと充てん剤の界面 .....	272	8. 2 血液凝固のメカニズムと抗血栓性材料 の分類 .....	308
3. 4 ゴムと繊維の界面 .....	275	8. 3 抗血栓性材料獲得機序 .....	309
3. 5 おわりに .....	276	8. 4 抗血栓性材料の表面分子設計 .....	311
4. 分散強化型合金 .....	276	8. 5 結 語 .....	315
4. 1 意外な組み合わせの成功 .....	276	9. 予防歯科材料 .....	315
4. 2 どうしたらセラミック微粒子を固体 金属中に分散できるか .....	277	9. 1 歯科疾患 .....	315
4. 3 分散粒子を小さくすることの効果 .....	281	9. 2 歯科疾患の予防器材 .....	317
4. 4 機械的性質と用途 .....	283	9. 3 再発予防材料と進行抑制材料 .....	321
5. 繊維強化セラミックス .....	284	10. 樹脂モールド絶縁材料 .....	324
5. 1 はじめに .....	284	10. 1 はじめに .....	324
5. 2 FRC 設計上の留意点 .....	285	10. 2 浸透速度式 .....	325
5. 3 FRC の現状 .....	286		

10. 3	繊維配向モデル	325	11. 1	緒言	332
10. 4	毛細管圧力	326	11. 2	構造による固体潤滑複合材料の分類	332
10. 5	ぬれ性の測定	327	11. 3	成分による特徴	332
10. 6	浸透上昇速度	328	11. 4	界面の問題	334
10. 7	含浸速度	329	11. 5	理想的な製造法と使用法	336
10. 8	結論	332	11. 6	設計例	337
11.	固体潤滑複合材料	332	11. 7	むすび	341

## IX 章 米国における複合材料の研究動向 347

1.	緒言	347	2. 3	有機高分子系複合材料	353
2.	NASA による複合材料の開発	348	2. 4	民間航空機用複合材料の開発	357
2. 1	複合材料に関する主要研究報告	348	3.	結論	358
2. 2	高温用無機系複合材料	349			

### 索引 361

### 資料広告