

目 次

第1章 緒 論	1	第3章 セラミックスの機械的 性質と破壊力学	43
1.1 セラミックス加工の意義 と特異性	1	3.1 セラミックスの微細構造	43
1.2 各種加工法の概要とセラ ミックス	3	3.2 セラミックスの機械的性 質の特徴	47
1.3 システムとしてのセラミ ックス技術と加工	7	3.2.1 弾性的性質	47
第2章 構造用部材への適用と 加工	11	3.2.2 塑性的性質	47
2.1 素材強度とその問題	11	3.2.3 破壊強度	49
2.1.1 素材の製造と組織構造	11	3.2.4 熱衝撃性	49
2.1.2 高密度化	12	3.3 線形破壊力学の基礎	50
2.1.3 微粒子化	14	3.3.1 き裂先端近傍の応力特 異性の記述	51
2.1.4 き裂と強さ	16	3.3.2 き裂の不安定伝播と脆 性破壊条件	53
2.2 表面性状と強さ	18	3.4 破壊靱性試験と K_{Ic}	54
2.2.1 表面あらさの影響	18	3.4.1 破壊靱性試験	54
2.2.2 焼鈍効果	20	3.4.2 セラミックスの破壊靱 性の実際	58
2.2.3 残留応力の影響	22	第4章 セラミックスの機械加 工用工具とその問題点	65
2.3 形状設計とその問題	23	4.1 セラミックス加工用工具 に要求される機能	65
2.3.1 成形法と形状制約	24	4.1.1 材料を除去する能力	65
2.3.2 強さに対する配慮	28	4.1.2 耐久性	65
2.3.3 加工上の制約と配慮	30	4.1.3 小さい除去量	67
2.4 機械加工の問題点	30	4.2 セラミックス加工用工具 の必要条件	67
2.4.1 機械加工における基本 問題	30	4.2.1 硬 さ	67
2.4.2 加工目標と限度	32	4.2.2 強 さ	68
2.4.3 加工方法の選択	35		
2.4.4 工作物損傷に対する加 工上の配慮	38		
2.4.5 工作機械	40		

(vi) 目 次

4.2.3	刃先の鋭さ	73
4.2.4	耐摩耗性	75
4.2.5	耐熱性	77
4.3	セラミックス加工用工具 としてのダイヤモンド	79
4.4	切削工具とその問題点	81
4.5	研削工具とその問題点	84
4.5.1	砥粒	85
4.5.2	粒度	86
4.5.3	集中度	86
4.5.4	結合剤	87
4.5.5	セラミックスの研削に おける加工条件	90
4.5.6	セラミックスの研削加 工に用いる工作機械の 条件	91
第5章 セラミックスのマイク ロ切削94		
5.1	セラミックスのマイクロ 切削の意義	94
5.2	マイクロ切削における材 料除去機構の解析	95
5.2.1	線形破壊力学適用の基 本的考え方	95
5.2.2	解析手順と解析モデル	98
5.2.3	き裂挙動の解析	99
5.3	マイクロ切削過程の SEMによる直接観察	102
5.3.1	SEM 直接観察法	102
5.3.2	き裂の動的挙動の観察 例	103
5.4	脆性破壊型材料除去機構	104
5.5	塑性変形型 (crack-free	

型) 材料除去の可能性107

第6章 セラミックスの研削加 工112		
6.1	セラミックスにおける研 削加工の必要性	112
6.2	セラミックス研削の力学 的機構	112
6.2.1	砥粒押し込みモデルに よる応力解析と応力拡 大係数 K の定式化	113
6.2.2	脆性破壊条件および降 伏条件	118
6.2.3	研削における材料除去 機構	120
6.3	被研削性の評価	121
6.3.1	研削抵抗からみた被研 削性評価	121
6.3.2	工作物特性による評価	125
6.3.3	加工エネルギーによる評 価	128
6.4	微粒砥石の研削特性に及 ぼす加工条件の影響	129
6.4.1	工作物速度の影響	129
6.4.2	砥石周速度の影響	130
6.4.3	砥石切込み量の影響	131
6.5	砥石条件の影響	131
6.5.1	コンセントレーション の影響	131
6.5.2	目直しの影響	132
6.5.3	砥粒径の影響	133
6.5.4	砥粒強度の影響	134
6.6	砥石の選択と使用法	134
6.7	研削盤の選択	135
6.8	定圧研削	136

6.8.1 一般的研削特性……………136	7.3.4 フェライトの加工……………170
6.8.2 工作物材質による研削特性……………137	7.4 界面反応加工の機構 ……172
6.8.3 研削液の効果……………140	7.4.1 界面反応現象と加工への応用……………172
6.9 高精度研削 ……140	7.4.2 加工に用いられる界面反応現象……………175
6.9.1 セラミックスにおける高精度研削の必要性……………140	7.5 固体粒子による界面反応ポリッシング ……179
6.9.2 加工段階を重ねる鏡面研削……………141	7.5.1 加工特性……………179
6.9.3 通常砥石による界面反応鏡面研削……………142	7.5.2 加工面性状……………181
第7章 セラミックスの砥粒加工と超精密加工 ……146	7.6 水による界面反応ポリッシング ……184
7.1 砥粒加工の機構 ……146	7.6.1 加工特性……………184
7.1.1 微小庄子による変形・破壊と加工……………146	7.6.2 加工面性状……………186
7.1.2 加工単位と変形・破壊……………148	7.7 EEM ……188
7.1.3 破壊靱性と表面損傷……………150	7.7.1 原理と装置……………188
7.1.4 遊離砥粒による加工形態……………151	7.7.2 加工の機構と特性……………189
7.2 ガラスのラッピング, ポリッシング ……153	7.7.3 表面性状……………191
7.2.1 ラッピング特性……………153	7.8 流体浮上研摩 ……194
7.2.2 ポリッシングとその機構……………158	7.8.1 非接触研摩の必要性……………194
7.2.3 レンズの加工……………162	7.8.2 原理と装置……………195
7.3 セラミックスのラッピング, ポリッシング ……164	7.8.3 加工特性と表面性状……………198
7.3.1 エレクトロセラミックスの砥粒加工……………164	第8章 セラミックスの切断と穴あけ ……203
7.3.2 絶縁セラミックスの加工……………165	8.1 切断・穴あけ加工の意義と分類……………203
7.3.3 素子セラミックスの加工……………168	8.2 外周刃による切断 ……204
	8.2.1 外周刃の特徴と用途……………204
	8.2.2 外周刃砥石の切断性能……………207
	8.2.3 ダイシング砥石と切断性能……………208
	8.3 内周刃による切断 ……209
	8.3.1 内周刃の特徴と用途……………209
	8.3.2 新しい内面刃砥石の開

(viii) 目 次

発	211
8.4 マルチワイヤソーによる切断	212
8.4.1 マルチワイヤソーの原理と特徴	212
8.4.2 マルチワイヤソーの適用例と切断性能	213
8.4.3 新しいマルチワイヤソーの開発	214
8.5 慣用多刃方式による切断	216
8.5.1 慣用多刃方式の原理と特徴	216
8.5.2 慣用多刃方式の切断性能	217
8.6 振動多刃方式による切断	218
8.6.1 振動多刃方式の原理と特徴	218
8.6.2 X方向加振系による振動多刃方式の切断性能	221
8.6.3 2方向加振系による振動多刃方式の切断性能	223
8.7 超音波加工による穴あけ	226
8.7.1 超音波加工の原理と特徴	227
8.7.2 超音波振動子と振幅拡大用ホーン	228
8.7.3 加工特性と加工能率向上への工夫	230
8.7.4 低周波振動加工との比較	232
8.8 レーザによる穴あけ	233
8.8.1 レーザ加工の原理と特徴	233

8.8.2 穴あけ特性と問題点	235
-----------------	-----

第9章 セラミックスの接合 …241

9.1 接合の意義と役割	241
9.2 接合法の分類	243
9.3 機械的接合法	243
9.3.1 ボルト締結	243
9.3.2 焼ばめ	244
9.4 化学反応接合法	245
9.4.1 有機、無機接着剤接合	245
9.4.2 金属助剤接合	245
9.4.3 酸化物助剤接合	247
9.4.4 化合物助剤接合	247
9.5 拡散反応接合法	250
9.5.1 高強度接合法の必要性	250
9.5.2 ホットプレス接合	250
9.5.3 低温融剤接合	254
9.5.4 熱間静水圧プレス(HIP)接合	258
9.6 熱溶融接合法(レーザ接)	259
9.7 接合形状設計	262

第10章 セラミックコーティング …265

10.1 コーティング加工の意義	265
10.1.1 金属へのコーティング	265
10.1.2 セラミックコーティングの意義	265
10.2 ほうろう	266
10.2.1 製造工程	266
10.2.2 応用	269
10.3 CVD法	270

10.3.1	方法	270
10.3.2	工業的応用	272
10.4	PVD法	275
10.4.1	方法	275
10.4.2	工業的応用	278
10.5	溶射法	279
10.5.1	ガス溶射	280
10.5.2	プラズマ溶射	280
10.5.3	爆発溶射	282
10.5.4	線爆溶射法	282
10.5.5	工業的応用	283
10.6	拡散被覆法	285
10.6.1	複合拡散浸透法	286
10.6.2	塩浴被覆法	287
第11章 セラミックス構造用部材の強度信頼性評価 …291		
11.1	強度信頼性評価の基本的考えかた	291
11.2	破損に対する安全/危険限界	292
11.2.1	K の解析解	293
11.2.2	K の数値解	294

目 次 (ix)

11.3	破損寿命	295
11.3.1	静疲労特性… $K-da/dt$ 関係	295
11.3.2	繰り返し疲労特性… $\Delta K-da/dN$ 関係	297
11.4	強度のばらつきと統計的扱い	299
11.4.1	ワイブルの最弱リンク理論	300
11.4.2	セラミックスの強度のばらつきの例	301
11.5	強度信頼性評価の例…セラミック切削工具の場合	302
11.5.1	切削工具の脆性損傷の解析アルゴリズム	302
11.5.2	K の定式化と安全/危険限界の決定	304
11.5.3	断続切削における工具欠損寿命予測	307
索引		311