

目 次

第 1 章 一般圧力容器の設計

1.1	はじめに	1
1.2	設計条件	2
1.3	代表的な設計規格	3
1.3.1	規格の適用範囲	3
1.3.2	設計応力の比較	6
1.3.3	材料物性値	7
1.3.4	容器の基本板厚	8
1.4	コンポーネントの設計	10
1.4.1	フランジ	10
1.4.2	管板	12
1.4.3	容器の鏡	14
1.4.4	ノズル	16
1.4.5	容器支持構造	19
1.5	設計規格の範囲外の設計	21
1.5.1	総体および局部 S C F	22
1.5.2	極限解析	23
1.5.3	シェークダウンの簡単な評価	26
1.5.4	シェークダウン荷重の解析	29
1.5.5	クリープ条件下でのシェークダウン	32
1.5.6	過渡熱応力解析	33
1.6	計算応力の評価	36
1.6.1	破壊のモード	37
1.6.2	応力の分類	43

1.7 計算機の利用	45
1.8 今後の問題点	47
参考文献	51

第2章 疲れを考慮した圧力容器の設計

2.1 序; 疲れ現象の性質	55
2.2 高サイクル疲れ; 疲れ限度	56
2.3 低サイクル疲れ; ひずみ範囲	56
2.4 平均応力と平均ひずみ	59
2.4.1 高サイクル疲れにおける効果	59
2.4.2 低サイクル疲れにおける効果	60
2.4.3 平均応力の影響に対する余裕	63
2.4.4 平均ひずみの影響	65
2.5 2軸性	67
2.5.1 Tresca もしくは Von Mises の理論の適用	67
2.5.2 応力とひずみの関係	68
2.5.3 特別な場合の応力強さの計算	69
2.6 疲れ挙動に及ぼす切欠き効果	71
2.6.1 応力集中係数概念	71
2.6.2 繰返し数の効果	72
2.6.3 疲れ応力集中係数と切欠き感度の概念	73
2.6.4 累積永久ひずみの影響	75
2.6.5 疲れ強度減少係数使用上の難点	76
2.7 き裂進展速度	77
2.8 累積被害の概念	81
2.9 圧力容器に関する実験研究	82
2.10 設計への適用	84
参考文献	88

第3章 クリープおよびクリープと疲れの複合効果

3.1	高温設計の基礎	92
3.2	高温での材料の挙動	95
3.2.1	クリープデータ	95
3.2.2	クリープ変形の表示	97
3.2.3	変動応力のもとでのクリープ	100
3.3	定常状態の応力および温度のもとでの容器の応力とひずみ	102
3.3.1	時間依存性の応力とひずみの解析	102
3.3.2	材料挙動の仮定	104
3.3.3	理論解析の実験的検証	107
3.3.4	定常状態応力解析に関する近似方法	109
3.3.5	変形を予測する「骨組点」方法	111
3.4	定常運転状態の容器に関する設計基準	112
3.4.1	容器の破損モード	112
3.4.2	材料の破損基準	113
3.4.3	応力解析および破断データからの破壊寿命の予測	114
3.4.4	溶接部の破損	117
3.4.5	引張不安定	120
3.4.6	クリープ座屈	122
3.4.7	モデル試験	124
3.5	繰返し荷重の影響	126
3.5.1	繰返し荷重の概念	126
3.5.2	過渡応力を無視しうる容器の設計へのシェークダウンの適用	127
3.5.3	大きな過渡応力のある容器のシェークダウン	130
3.5.4	継続的な塑性ひずみサイクルの影響	131
3.5.5	高温疲れ	133
3.6	クリープ設計方法の数値計算例	137
3.6.1	解析に用いるクリープ法則および理論	137
3.6.2	解析する不連続部	138
3.6.3	時間零における初期応力	139

3.6.4	定常応力に達する時間	139
3.6.5	定常応力の値	140
3.6.6	過渡クリープ応力	141
3.6.7	過渡クリープおよび定常クリープ中のひずみ	141
3.6.8	過渡クリープおよび定常クリープ中の損傷	142
3.6.9	数値計算例のまとめ	143
3.6.10	数値計算例の検討	143
	参考文献	145

第4章 ぜい性破壊の問題

4.1	序論	153
4.1.1	歴史的展望	153
4.1.2	切欠き棒材の試験	154
4.1.3	大型構造物の挙動との相関	156
4.1.4	材料選定と設計への種々のアプローチ	157
4.2	材料選定の方法	157
4.2.1	料材と使用時の破損との相関	157
4.2.2	遷移温度の基準	160
4.2.3	タイプテストによる基準	163
4.2.4	材料選定のためのアプローチ	173
4.3	材料選定に関する勧告	182
4.3.1	厚さの影響	183
4.3.2	強度の影響	184
4.3.3	溶接の影響	186
4.3.4	材料性質	186
4.3.5	推奨される設計アプローチ	187
4.4	設計の詳細と工作	191
4.5	応力除去と耐圧試験	195
4.6	重要因子についての検討	198
	参考文献	201

第5章 材料選定

5.1 緒言	207
5.2 使用条件に対する適合性	207
5.2.1 耐食性	207
5.2.2 製鋼法による諸特性への影響	210
5.2.3 機械的性質に対する温度の影響	214
5.3 製作	227
5.3.1 板厚	236
5.4 法令による取締り規制	237
5.5 コスト	238
5.5.1 基本的な材料コスト	238
5.5.2 設計根拠に対するコスト	239
5.6 材料の区分	241
5.6.1 炭素鋼	242
5.6.2 低合金鋼	246
5.6.3 焼入れ焼もどしを施した炭素鋼および低合金鋼	249
5.6.4 高合金鋼	249
5.6.5 クラッド鋼板	252
5.6.6 層成容器の材料	253
5.6.7 非鉄材料	254
参考文献	261

第6章 製造

6.1 緒言	265
6.2 使用板材の検査	265
6.2.1 超音波探傷試験	266
6.2.2 鋼材に対する超音波探傷試験	267
6.3 板取り	268
6.3.1 機械切断	269

6.3.2	ガス切断	269
6.3.3	プラズマアーク切断	270
6.4	鋼材の加工	271
6.4.1	胴板	271
6.4.2	鏡板	274
6.5	主要継手の溶接	276
6.5.1	エレクトロスラグ溶接	276
6.5.2	サブマージアーク溶接	279
6.6	半自動溶接	282
6.6.1	フラックス入りワイヤ溶接	282
6.6.2	ガスシールド溶接	283
6.6.3	手溶接	283
6.7	組立	284
6.8	ノズル溶接	286
6.9	管と管板の溶接	288
6.10	クラッド容器	293
6.11	多層容器	296
6.12	溶接後熱処理	298
6.12.1	応力除去	298
6.13	焼入れ, 焼もどしされた容器	299
6.13.1	焼入れ, 焼もどしされた板材から作る容器	299
6.13.2	溶接後焼入れ, 焼もどしされる容器	300
	参考文献	303

第7章 検 査

7.1	検査のための組織	305
7.1.1	実用規格, および仕様書, 一般注意事項	308
7.1.2	承認された権威機関	312
7.2	主要検査法	313
7.2.1	破壊試験	314
7.2.2	非破壊試験	317

7.3	材料, およびコンポーネントの検査	334
7.3.1	板	334
7.3.2	パイプ, およびチューブ	335
7.3.3	鍛造品	336
7.3.4	鋳造品	337
7.4	溶接検査	337
7.4.1	突合せ溶接	338
7.4.2	ノズル溶接	340
7.4.3	すみ肉溶接	341
7.5	実証試験	342
7.5.1	昇圧の方法	343
7.5.2	漏えい試験	344
7.6	運転中の容器の検査	344
7.7	検査の原理と今後の開発	345
7.8	後 論	347
	参考文献	348

第8章 高圧容器の設計

8.1	はじめに	355
8.2	厚肉容器に対する通常設計法の限界	356
8.3	弾性範囲での厚肉容器設計の理論	358
8.3.1	圧力を受ける単層円筒	358
8.3.2	多層円筒の製作	362
8.3.3	内圧を受ける単層球	365
8.3.4	多層球殻の製作	366
8.4	厚肉殻のプレストレス	367
8.4.1	円筒容器：焼ばめ法	367
8.4.2	多層円筒焼ばめ法	373
8.4.3	線巻き円筒	376
8.4.4	半径方法塑性膨張：自緊	379
8.4.5	自緊法と焼ばめ法の比較	389

8.4.6	球殻の自緊法	391
8.5	熱応力, クリープおよびクリープ破断	393
8.5.1	熱勾配のみによる厚肉単層円筒の条件	393
8.5.2	熱および圧力勾配 (複合円筒)	395
8.5.3	クリープおよびクリープ破断	395
8.5.4	厚肉球殻に生ずる熱圧力	399
8.5.5	厚肉球殻のクリープと応力破断	400
8.6	動的および疲れ挙動	400
8.6.1	爆発による圧力	400
8.6.2	変動応力	402
8.7	配管系およびその付属品	405
	参考文献	407

第9章 特殊用途容器の諸問題

A	高力材料製容器	409
9A.1	初期の歴史	409
9A.2	破壊じん性	413
9A.3	材料	417
9A.4	施工	420
9A.5	疲れ	423
9A.6	環境	425
9A.7	将来の可能性	426
	参考文献	427
B	原子炉圧力容器と照射ぜい化の問題	429
9B.1	序論	429
9B.2	照射損傷の性質	430
9B.3	機械的性質に及ぼす影響	431
9B.4	ぜい化に及ぼす照射変数の影響	435
9B.4.1	中性子線量または照射量	435
9B.4.2	照射温度	438
9B.4.3	中性子スペクトル	441

9B.4.4	中性子束	444
9B.4.5	試験法の影響	445
9B.4.6	材料変数の影響	446
9B.4.7	応力およびひずみの影響	449
9B.5	性質の監視（損傷の監視）	449
9B.6	工学的意味に関する議論	453
	参考文献	455

第10章 圧力容器の欠陥と損傷

10.1	緒言	459
10.2	圧力容器損傷の統計	459
10.2.1	使用前の損傷	460
10.2.2	使用中の損傷	460
10.3	選択した損傷例	461
10.3.1	設計不良により生じた過大応力による損傷	461
10.3.2	疲れおよび腐食疲れ	465
10.3.3	クリープ破断	468
10.3.4	腐食および応力腐食による損傷	472
10.3.5	高速破壊	478
10.3.6	材料上の観点	483
10.3.7	溶接による割れおよび冶金的切欠き	486
10.3.8	熱処理中に生ずる欠陥と損傷	493
10.3.9	取扱い中，輸送中，試運転中あるいは使用中に起こる 欠陥あるいは損傷	496
10.4	総括	497
	参考文献	498
	付表	501
	索引	523