

材料別索引 (Material Index)

軟鋼 (Mild Steel)

高温割れ (Hot Cracks)

- (1) 軟鋼の片面サブマージアーク溶接時に発生した終端割れの破面…………… 6
- (2) 軟鋼のシーム溶接開始時に発生した凝固割れの破面…………… 10
- (3) SS41鋼の電子ビーム溶接時に発生した凝固割れの破面 …………… 12
- (4) SM41鋼の炭酸ガスアーク溶接時に発生した凝固割れの破面 (その1) …… 14
- (5) SM41鋼の炭酸ガスアーク溶接時に発生した凝固割れの破面 (その2) …… 16
- (6) SM41鋼の横向き炭酸ガスアーク溶接時に発生したなし形ビード割れの破面…………… 18
- (7) SM41鋼の片面サブマージアーク溶接時に発生した終端割れの破面 …………… 20

ラメラテア (Lamellar Tearings)

- (55) SM41鋼の完全拘束割れ試験による MAG 溶接部の破面 …………… 172

ブローホール, スラグ巻込みなど (Blowholes, Slag Inclusions and Others)

- (75) SS41鋼の被覆アーク溶接時に発生したブローホール …………… 238
- (76) SM41鋼の被覆アーク溶接時に発生したブローホール …………… 240
- (77) 軟鋼の電子ビーム溶接時に発生したブローホール…………… 242
- (78) SM41鋼とニッケルクロムモリブデン鋼の異材継手の MIG 溶接時に発生したブローホール…………… 244
- (79) 軟鋼管のサブマージアーク溶接時に発生したウォームホール…………… 246
- (80) SS41鋼の被覆アーク溶接時に発生した融合不良 …………… 248
- (81) SM41鋼の被覆アーク溶接時に発生したスラグ巻込み …………… 250

静的破壊 (Fractures in Static Tests)

- (85) P 添加40キロ級鋼の点溶接継手の引張破面…………… 266

疲労破壊 (Fractures in Fatigue Tests)

- (122) SM41鋼と HT80鋼との電子ビーム異材溶接部での疲労破面 …………… 386

(123)	軟鋼の管円周継手の繰返し載荷試験時に止端部に発生した疲労破面……………	390
-------	-------------------------------------	-----

溶接構造物における欠陥および破壊の事例

(Failures in Welded Components and Assemblies)

(154)	SS41鋼の反応容器仕切板の溶接部で発生した破壊の破面……………	488
(155)	タンカーにおいて溶接欠陥から発生した脆性破壊の破面……………	492

HT50鋼 (HT50 Steel, 50kgf/mm² Class Steel)

高温割れ (Hot Cracks)

(8)	HT50鋼のサブマージアーク溶接時に発生したなし形ビード割れの破面……………	24
(9)	HT50鋼のサブマージアーク溶接時に通電チップの溶落ちによって発生した凝固割れの破面……………	26
(10)	HT50鋼の片面サブマージアーク溶接時に発生した終端割れの破面……………	30
(11)	圧力容器用炭素鋼のエレクトロスラグ溶接時に発生した凝固割れの破面……………	34

低温割れ (Cold Cracks)

(28)	HT50鋼の被覆アーク溶接部における低温割れ破面……………	88
(29)	HT50鋼のインプラント試験による定荷重負荷と低歪速度負荷の場合における低温割れ破面の比較……………	92
(30)	HT50および HT80鋼の被覆アーク溶接部における低温割れ破面……………	94
(32)	HT50鋼の被覆アーク溶接部におけるルート割れ破面(その1)……………	104
(33)	HT50鋼の被覆アーク溶接部におけるルート割れ破面(その2)……………	108
(34)	HT50鋼の TIG 溶接金属におけるルート割れ破面……………	110
(35)	HT50鋼の水中での被覆アーク溶接部におけるルート割れ破面……………	112
(49)	圧力容器用炭素鋼の被覆アーク溶接部における止端割れ破面……………	150
(50)	HT50鋼の被覆アーク溶接部におけるヒール割れ破面……………	154
(51)	HT50鋼の消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接金属における低温割れ破面……………	156

ラメラテア (Lamellar Tearings)

(56)	HT50鋼の板厚方向インプラント試験片の破面……………	176
------	-----------------------------	-----

ブローホール，スラグ巻込みなど (Blowholes, Slag Inclusions and Others)

- (82) HT50鋼のサブマージアーク溶接時に発生したスラグ巻込み 252

静的破壊 (Fractures in Static Tests)

- (83) HT50鋼の板厚方向引張破面 258
(84) 低硫 HT50鋼の板厚方向引張破面 262
(86) HT50鋼の溶接継手引張試験における止端割れの破面 268
(87) 伸び異常低下を示した HT50 鋼サブマージアーク溶接金属の引張破面 272

衝撃破壊 (Fractures in Impact Tests)

- (105) HT50鋼のサブマージアーク溶接における溶接金属の衝撃破面
(その 1) 330
(106) HT50鋼のサブマージアーク溶接における溶接金属の衝撃破面
(その 2) 332
(110) 制御圧延鋼の大電流 MIG 溶接金属における後熱処理前後の衝撃破面 344

疲労破壊 (Fractures in Fatigue Tests)

- (125) HT50鋼の被覆アーク溶接における溶接金属の疲労破面 398
(127) HT50鋼の溶接継手を直角に横切って伝ばした疲労き裂の破面 400

水素侵食 (Hydrogen-Attacked Failures)

- (152) 高温高圧水素環境下に曝された HT50鋼および 2¼ Cr-1Mo 鋼の再現
HAZ 衝撃破面 480

溶接構造物における欠陥および破壊の事例

(Failures in Welded Components and Assemblies)

- (156) アンモニア受液器の鏡板・胴板仮付溶接部に発生した割れの破面 498
(157) HT50鋼の回転ドラム溶接部に発生した疲労き裂の破面 502

HT60鋼 (HT60 Steel, 60kgf/mm² Class Steel)

高温割れ (Hot Cracks)

- (12) HT60鋼のエレクトロガス溶接時に発生した凝固割れの破面 36

低温割れ (Cold Cracks)

(36)	HT60鋼の被覆アーク溶接部におけるルート割れ破面	114
(37)	HT60鋼の MAG 溶接部におけるルート割れ破面	118
(38)	HT60鋼の被覆アーク溶接金属におけるルート割れ破面	122
(39)	ラインパイプ用鋼の被覆アーク溶接部におけるルート割れ破面	124
(40)	圧力容器用炭素鋼の被覆アーク溶接部におけるルート割れ破面	126

ラメラテア (Lamellar Tearings)

(54)	HT60鋼のガス切断部端面割れの破面	170
(57)	HT60鋼のインプラント試験片の破面	180
(58)	HT60鋼の MAG 溶接部の板厚方向インプラント試験片の破面	184

静的破壊 (Fractures in Static Tests)

(88)	HT60鋼の溶接継手引張試験において溶接欠陥及び水素割れから発生した脆性破壊の破面	276
(92)	SR 割れ再現試験における HT60, HT80及び HT100鋼の破面	286

疲労破壊 (Fractures in Fatigue Tests)

(120)	HT60鋼の被覆アーク溶接における熱影響部の疲労破面	402
(120)	HT60鋼の被覆アーク溶接における溶接金属の疲労破面	404

溶接構造物における欠陥および破壊の事例

(Failures in Welded Components and Assemblies)

(150)	HT60鋼のフラッシュ溶接継手のフランジ加工時に見られた割れの破面	504
-------	---	-----

HT70およびHT80鋼 (HT70 and HT80 Steels, 70~80kgf/mm² Class Steel)

高温割れ (Hot Cracks)

(13)	HT80鋼の電子ビーム溶接時に発生した凝固割れの破面	38
------	----------------------------------	----

低温割れ (Cold Cracks)

(25)	水素添加 HT80鋼の三点曲げ試験における水素脆化擬へき開破面	76
(26)	水素脆化破面の結晶方位	80
(27)	HT80鋼再現熱影響部の青熱脆化域での水素脆化破面	84
(30)	HT50および HT80鋼の被覆アーク溶接部における低温割れ破面	94
(31)	HT80鋼の被覆アーク溶接部における低温割れ破面	100
(41)	HT80鋼の被覆アーク溶接部におけるルート割れ破面	128
(42)	HT80鋼の炭酸ガスアーク溶接部におけるルート割れ破面	130
(43)	HT80鋼の水中での被覆アーク溶接部におけるルート割れ破面	134

ラメラテア (Lamellar Tearings)

(59)	HT80鋼 (0.023%S) の板厚方向インプラント試験片の破面	188
(60)	HT80鋼 (0.004%S) の板厚方向インプラント試験片の破面	192
(61)	HT80鋼 (0.023%S) の45°方向インプラント試験片の破面	194

後熱処理割れ (Stress-Relief Cracks)

(62)	HT80鋼の被覆アーク溶接熱影響部の SR 割れの破面	202
(63)	HT80鋼の電子ビーム溶接熱影響部の SR 割れの破面	204

静的破壊 (Fractures in Static Tests)

(92)	SR 割れ再現試験における HT60, HT80及び HT100鋼の破面	286
(93)	SR 割れ再現試験における HT80鋼の破面	292

衝撃破壊 (Fractures in Impact Tests)

(101)	HT80鋼再現 HAZ 材の衝撃破面	320
(103)	HT70鋼のサブマージアーク溶接におけるボンド部の衝撃破面	326
(111)	HT80鋼の被覆アーク溶接における溶接金属の衝撃破面	346
(112)	HT80鋼の MIG 溶接における溶接金属の衝撃破面	350
(113)	HT80鋼のサブマージアーク溶接における溶接金属の衝撃破面	352

疲労破壊 (Fractures in Fatigue Tests)

(122)	SM41鋼と HT80鋼との電子ビーム異材溶接部での疲労破面	386
(132)	HT80鋼の被覆アーク溶接継手人工欠陥材の疲労破面	410

(133)	HT80鋼の水圧タンク・マンホール部の疲労破面	412
(134)	HT80鋼のサブマージアーク溶接における多層盛溶接部での疲労破面	414

応力腐食割れ (Stress-Corrosion Cracks)

(145)	HT80鋼の焼入材の SCC 破面	462
-------	-------------------------	-----

溶接構造物における欠陥および破壊の事例

(Failures in Welded Components and Assemblies)

(159)	HT80鋼の低温貯蔵タンクで発見されたスラグ巻込み	506
-------	---------------------------------	-----

HT100およびHY130鋼 (HT100 and HY130 Steels, 100kgf/mm² Class Steel)

低温割れ (Cold Cracks)

(44)	HT100鋼の被覆アーク溶接部におけるルート割れ破面	136
(45)	HT100鋼の MIG 溶接部におけるルート割れ破面	140
(46)	HY130鋼の溶接金属におけるルート割れ破面 (その1)	142
(47)	HY130鋼の溶接金属におけるルート割れ破面 (その2)	144
(48)	HY130鋼の溶接金属におけるルート割れ破面 (その3)	148

後熱処理割れ (Stress-Relief Cracks)

(70)	HT100鋼の肉盛溶接部のアンダークラッド・クラッキングの破面	220
------	---------------------------------------	-----

静的破壊 (Fractures in Static Tests)

(92)	SR 割れ再現試験における HT60, HT80及び HT100鋼の破面	286
------	--	-----

耐熱用炭素鋼および低合金鋼 (Heat-Resistant Carbon Steel and Low Alloy Steel)

高温割れ (Hot Cracks)

(14)	2¼ Cr-1Mo 鋼の電子ビーム溶接時に発生した凝固割れの破面	40
(20)	インコネル系溶接棒によるオーステナイト系ステンレス鋼管と2¼ Cr-1Mo 鋼管の被覆アーク溶接時に発生した凝固割れの破面	54

低温割れ (Cold Cracks)

- (49) 圧力容器用炭素鋼の被覆アーク溶接部における止端割れ破面…………… 150
(52) 2¼ Cr-1Mo 鋼の多層サブマージアーク溶接金属における横割れ破面…………… 158

後熱処理割れ (Stress-Relief Cracks)

- (64) 圧力容器用低合金鋼の被覆アーク溶接熱影響部の SR 割れの破面…………… 206
(65) 1Cr-0.5Mo 鋼の被覆アーク溶接熱影響部の SR 割れの破面…………… 208
(66) 2¼ Cr-1Mo 鋼の被覆アーク溶接熱影響部の SR 割れの破面…………… 210
(67) 2¼ Cr-1Mo 鋼のエレクトロスラグ溶接金属の S R 割れの破面…………… 212
(68) 2¼ Cr-1Mo 鋼の TIG 溶接金属の SR 割れの破面…………… 214
(69) 圧力容器用低合金鋼の肉盛溶接部のアンダークラッド・クラッキングの破面…………… 216

静的破壊 (Fractures in Static Tests)

- (91) 2¼ Cr-1Mo 鋼に肉盛したオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属の PWHT 後の σ 脆化による曲げ破面…………… 284
(94) SR 割れ再現試験における 1Cr-0.5Mo 鋼の破面…………… 294
(95) SR 割れ再現試験における 2¼ Cr-1Mo 鋼熱影響部の破面…………… 296
(96) SR 割れ再現試験における圧力容器用低合金鋼の破面(その 1)…………… 300
(97) SR 割れ再現試験における圧力容器用低合金鋼の破面(その 2)…………… 302

衝撃破壊 (Fractures in Impact Tests)

- (107) 圧力容器用炭素鋼の電子ビーム溶接における溶接金属の衝撃破面…………… 334
(114) 0.5Mo 鋼の電子ビーム溶接における溶接金属の衝撃破面…………… 354
(115) 2¼ Cr-1Mo 鋼のサブマージアーク溶接における溶接金属の衝撃破面(その 1)…………… 356
(116) 2¼ Cr-1Mo 鋼のサブマージアーク溶接における溶接金属の衝撃破面(その 2)…………… 360

疲労破壊 (Fractures in Fatigue Tests)

- (124) 圧力容器用炭素鋼の被覆アーク溶接における溶接金属の疲労破面…………… 392
(125) 圧力容器用炭素鋼の溶接継手を直角に横切って伝ばした疲労き裂の破面…………… 396

(130) 圧力容器用低合金鋼のサブマージアーク溶接における熱影響部の疲労破面	406
(131) 圧力容器用低合金鋼のサブマージアーク溶接における溶接金属の疲労破面	408

水素侵食 (Hydrogen-Attacked Failures)

(151) 圧力容器用炭素鋼の熱影響部の水素侵食割れ破面	478
(152) 高温高圧水素環境下に曝された HT50鋼および2¼ Cr-1Mo 鋼の再現 HAZ 衝撃破面	480
(153) 2¼ Cr-1Mo 鋼の溶接金属の水素侵食割れ破面	482

溶接構造物における欠陥および破壊の事例

(Failures in Welded Components and Assemblies)

(156) アンモニア受液器の鏡板・胴板仮付溶接部に発生した割れの破面	498
(160) 1Cr-0.5Mo 遠心力鋳鋼管製のボイラ蒸気管の熱影響部で発見された割れの破面	508
(161) 2¼ Cr-1Mo 鋼溶接部の焼ならし後の塑性加工時に発生した脆性破壊の破面	512

低温用炭素鋼および低合金鋼 (Carbon Steel and Low Alloy Steel for Low Temperature Service)

高温割れ (Hot Cracks)

(11) 圧力容器用炭素鋼のエレクトロスラグ溶接時に発生した凝固割れの破面	34
(19) オーステナイト系ステンレス鋼溶接棒による3.5%Ni 鋼の被覆アーク溶接時に発生した凝固割れの破面	52

低温割れ (Cold Cracks)

(26) 水素脆化破面の結晶方位	80
(39) ラインパイプ用鋼の被覆アーク溶接部におけるルート割れ破面	124
(40) 圧力容器用炭素鋼の被覆アーク溶接部におけるルート割れ破面	126
(53) 9%Ni 鋼の共金サブマージアーク溶接金属における低温割れ破面	162

衝撃破壊 (Fractures in Impact Tests)

(102)	低温用アルミキルド鋼の片面サブマージアーク溶接におけるボンド部の衝撃破面.....	322
(104)	低温圧力容器用炭素鋼の大電流 MIG 溶接における酸素含有量の異なる Ti-B 系溶接金属の衝撃破面	328
(108)	ラインパイプ用鋼のサブマージアーク溶接における酸素含有量の異なる溶接金属の衝撃破面.....	336
(109)	ラインパイプ用制御圧延鋼の大電流 MIG 溶接金属における後熱処理前後の衝撃破面.....	340
(117)	3.5%Ni 鋼の被覆アーク溶接における溶接金属の衝撃破面.....	362
(118)	3.5%Ni 鋼のサブマージアーク溶接における溶接金属の破面に対する凝固組織方位の影響.....	366
(119)	9 %Ni 鋼の被覆アーク溶接における共金系溶接金属の衝撃破面	372
(120)	9 %Ni 鋼の被覆アーク溶接におけるインコネル系溶接金属の衝撃破面.....	376

応力腐食割れ (Stress-Corrosion Cracks)

(146)	ラインパイプ用鋼の熱影響部の水素誘起割れの破面.....	464
-------	------------------------------	-----

中，高炭素鋼およびそれらの低合金鋼 (Medium and High Carbon Steels, and Their Low Alloy Steel)

高温割れ (Hot Cracks)

(15)	中炭素鋼の TIG 溶接時に発生した凝固割れの破面	42
(16)	高炭素鋼の TIG 溶接時に発生した凝固割れの破面	44
(22)	中炭素鋼の熱影響部に発生した液化割れの破面.....	58
(23)	中炭素鋼の再加熱を受けた溶接金属に発生した液化割れの破面.....	62

ブローホール，スラグ巻込みなど (Blowholes, Slag Inclusions and Others)

(78)	SM41鋼とニッケルクロムモリブデン鋼の異材継手の MIG 溶接時に発生したブローホール.....	244
------	---	-----

静的破壊 (Fractures in Static Tests)

- (90) 部分溶融域にまで加熱された中炭素鋼の曲げ破面…………… 282

疲労破壊 (Fractures in Fatigue Tests)

- (121) S35C 鋼の高周波焼入れ領域近傍での疲労破面…………… 382

ステンレス鋼 (Stainless Steel)

高温割れ (Hot Cracks)

- (17) マルテンサイト系ステンレス鋼の TIG 溶接時に発生した凝固割れの破面 … 46
- (18) オーステナイト系ステンレス鋼の被覆アーク溶接時に発生した凝固割れの破面…………… 50
- (19) オーステナイト系ステンレス鋼溶接棒による3.5%Ni 鋼の被覆アーク溶接時に発生した凝固割れの破面…………… 52
- (20) インコネル系溶接棒によるオーステナイト系ステンレス鋼管と 2¼Cr-1Mo 鋼管の被覆アーク溶接時に発生した凝固割れの破面…………… 54
- (21) インコネル系ワイヤによるステンレスクラッド材の TIG 溶接時に発生した凝固割れの破面…………… 56

静的破壊 (Fractures in Static Tests)

- (89) オーステナイト系ステンレス鋼用被覆アーク溶接棒の全溶着金属の引張破面…280
- (91) 2¼Cr-1Mo 鋼に肉盛したオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属の PWHT 後の σ 脆化による曲げ破面…………… 284
- (98) 1350℃におけるオーステナイト系ステンレス鋼熱影響部の引張破面…………… 304
- (99) 1350℃における Nb 入りオーステナイト系ステンレス鋼熱影響部の引張破面…………… 306
- (100) 高温延性試験における完全オーステナイト系ステンレス鋼の破面…………… 308

疲労破壊 (Fractures in Fatigue Tests)

- (135) オーステナイト系ステンレス鋼の TIG 溶接における熱影響部の疲労破面 … 418
- (136) オーステナイト系ステンレス鋼の TIG 溶接における溶接金属の疲労破面 … 420
- (137) 二相ステンレス鋼の TIG 溶接における溶接金属の疲労破面…………… 422
- (138) オーステナイト系ステンレス鋼の管溶接部の疲労破面…………… 426

(139)	オーステナイト系ステンレス鋼の管内面溶接部のパルセーティング・ストレス・クリープ破面	430
(140)	オーステナイト系ステンレス鋼の被覆アーク溶接における溶接金属の熱疲労破面	434

腐食 (Corrosion Failures)

(141)	フェライト系ステンレス鋼における熱影響部の粒界腐食	442
(142)	オーステナイト系ステンレス鋼における熱影響部のウェルド・ディケイ	444
(143)	安定形オーステナイト系ステンレス鋼における熱影響部のナイフライン・アタック	448
(144)	オーステナイト系ステンレス鋼溶接部のキャビテーション壊食面	452

応力腐食割れ (Stress-Corrosion Cracks)

(147)	鋭敏化処理を受けたオーステナイト系ステンレス鋼の高温高圧水中における粒界形 SCC 破面	466
(148)	オーステナイト系ステンレス鋼の熱影響部の粒界形 SCC 破面	468
(149)	高温純水中でオーステナイト系ステンレス鋼溶着部に発生した SCC 破面	470
(150)	オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部の塩化物水溶液中での SCC 破面	472

溶接構造物における欠陥および破壊の事例

(Failures in Welded Components and Assemblies)

(155)	オーステナイト系ステンレス鋼パイプ製のはしご支柱の溶接部の破断部の破面	526
-------	-------------------------------------	-----

インコネル等 (Inconel and Other Alloys)

高温割れ (Hot Cracks)

(20)	インコネル系溶接棒によるオーステナイト系ステンレス鋼管と2¼ Cr-1Mo 鋼管の被覆アーク溶接時に発生した凝固割れの破面	54
(21)	インコネル系ワイヤによるステンレスクラッド材の TIG 溶接時に発生した凝固割れの破面	56

(24) Fe-36%Ni 合金インバーの再加熱を受けた溶接金属に発生した延性低下割 れの破面.....	66
---	----

衝撃破壊 (Fractures in Impact Tests)

(120) 9%Ni 鋼の被覆アーク溶接におけるインコネル系溶接金属の衝撃破面.....	376
--	-----

鋳鉄, 硬化肉盛等 (Cast Iron, Hardfacing and Others)

その他の割れ (Other Cracks)

(71) 鋳鉄上に純鉄系の被覆アーク溶接棒で単相ビードをおいた場合に発生した 割れの破面.....	226
(72) 被覆アーク溶接による13Mn 系硬化肉盛部の1層目に発生した割れの破面...	228
(73) サブマージアーク溶接によるCr-Mo 系硬化肉盛部に発生した横割れの破 面.....	232
(74) 被覆アーク溶接による30Cr 鋳鉄系硬化肉盛部に発生した割れの破面	234

溶接構造物における欠陥および破壊の事例

(Failures in Welded Components and Assemblies)

(162) 圧延ロールの肉盛溶接部にて使用中に発生した割れの破面.....	516
(163) 耐摩耗鋼のすみ肉溶接部に発生した割れの破面.....	518
(164) 低マンガン鋼鋳鋼製の揺り腕軸受に発生した疲労破壊の破面.....	522

鉄鋼溶接部の破面写真集

Fractographic Atlas of Steel Weldments

昭和57年5月10日 印刷

昭和57年5月20日 初版発行 (First printing, May 1982)

定価18,000円

編集	(社)溶接学会溶接冶金研究委員会
発行	(社)溶接学会 (Japan Welding Society)
発売元	黒木出版社
	大阪市東区京橋3-10
	〒540 電話(06) 941-9870
	振替口座 大阪5-317723
印刷所	日本写植印刷株式会社
製本所	シンセイ紙工株式会社

無断複製・転載を禁ず

落丁・乱丁本はお取替えいたします

ISBN4-906110-16-9 C3057 ¥18,000E