

## (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)

—Y開先突合せ溶接試験—

(5) Fracture Surface of Solidification Crack in Carbon-Dioxide Arc  
Welding of SM41 Steel (II)

—Single-Vee Groove Butt Welding Test—

### 材料 (Material)

母材 (Base metal) : 溶接構造用圧延鋼材 SM41 (板厚 25mm).

溶接材料 (Welding material) : 炭酸ガスアーク溶接用鋼ワイヤ YCW1 (径 1.6mm).

化学組成 (重量%) (Chemical composition) (wt.%)

	C	Si	Mn	P	S
母材(分析例)	0.22	0.40	0.93	0.024	0.017
溶着金属(分析例)	0.09	0.46	1.09	0.013	0.012

機械的性質 (Mechanical property)

	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	降伏点(0.2%耐力) (kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	シャルピー吸収エネルギー (kgf·m)
母材(測定例)	45	27	32	— at — °C
溶着金属(測定例)	57	46	31	12 at 0 °C

### 溶接 (Welding)

溶接方法 (Welding method) : 炭酸ガスアーク溶接 (Carbon-dioxide arc welding)

溶接条件 (Welding condition)

開先形状	アーク電圧 (V)	溶接電流 (A)	溶接速度 (mm/min)	積層方法	シールドガス
50° Y形	32~34	350	500~550	1層1パス	100%CO <sub>2</sub>

### 試験 (Test)

試験方法 (Test method) : Y開先突合せ溶接試験

試験片形状 (Specimen configuration) : Fig.1 参照

### 破面の解説 (Fracture Surface Analysis)

Fig.1 に試験片の形状を示す。割れは溶接アークを急に切って、クレータ部に発生させたものである。強制破断して得たマクロ破面には、高温割れ特有のテンパー・カラー (Temper color) が認められ、破面は比較的平滑な様相を示していた。Fig.2 は割れ部の低倍率のミクロ破面であり Fig.3 は Fig.2 のスケッチである。Fig.4 は Fig.3 の A 部を拡大したものである。割れ破面はセル状樹枝状晶の突起による凹凸があり、液膜が存在していたと思われるなめらかな丸みをおびた表面を示している。

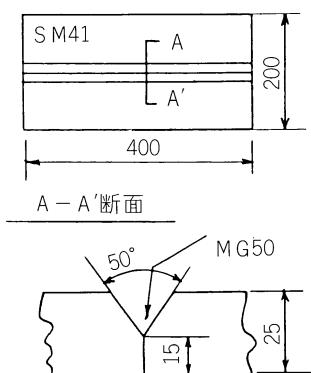


Fig.1 試験片形状

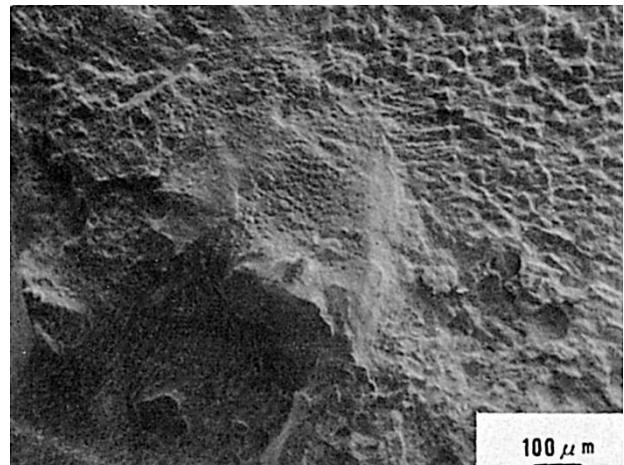


Fig.2 低倍率のミクロ破面

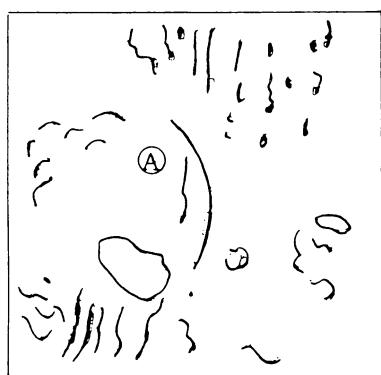


Fig.3 Fig.2 のスケッチ

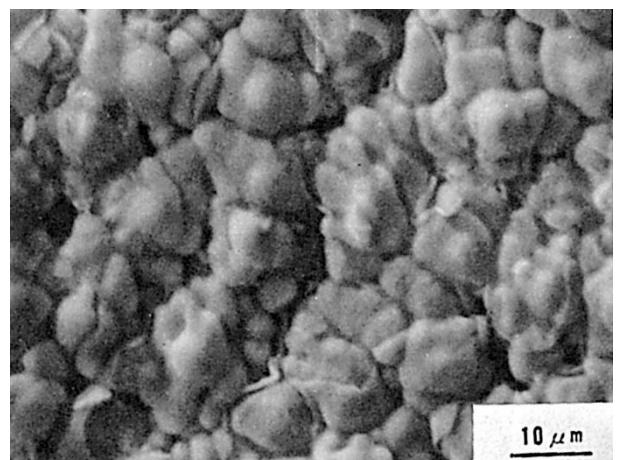


Fig.4 Fig.3 の A 部のミクロ破面

## (6) SM41 鋼の横向き炭酸ガスアーク溶接時に発生した なし形ビート割れの破面

—拘束突合せ溶接型割れ試験—

(6) Fracture Surface of Pear-Shaped Bead Crack in Horizontal  
Carbon-Dioxide Arc Welding of SM41 Steel

— Restraint Butt Welding Type Cracking Test —

### 材 料 (Material)

母 材 (Base metal) : 溶接構造用圧延鋼材 SM41B (板厚 25mm).

溶接材料 (Welding material) : 炭酸ガスアーク溶接用鋼ワイヤ YCW2 (径 1.2mm).

化学組成 (重量%) (Chemical composition) (wt.%)

	C	Si	Mn	P	S
母 材(規格値)	≤0.20	≤0.35	0.60~1.20	≤0.040	≤0.040
溶着金属	0.10	0.50	1.02	0.012	0.008

機械的性質 (Mechanical property)

	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	降伏点(0.2%耐力) (kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	シャルピー吸収エネルギー (kgf·m)
母 材(規格値)	41~52	≥24	≥22	≥2.8 at 0 °C
溶着金属	58.3	48.1	32	15.6 at 0 °C

### 溶接 (Welding)

溶接方法 (Welding method) : 炭酸ガスアーク溶接 (Carbon-dioxide arc welding)

溶接条件 (Welding condition)

開先形状	アーク電圧 (V)	溶接電流 (A)	溶接速度 (mm/min)	積層方法	シールドガス組成
45° V形	33	330~350	500	1層1パス	60% Ar +40%CO <sub>2</sub>

### 試験 (Test)

試験方法 (Test method) : 拘束突合せ溶接型割れ試験

試験片形状 (Specimen configuration) : Fig.1 参照

試験条件 (Test condition) : 溶接後 48hrs 経過後断面検査

試験結果 (Test result) : 溶接全線に割れ発生 (除スタート部およびクレータ部)

### 破面の解説 (Fracture Surface Analysis)

Fig.1 は試験片形状を示したものである。Fig.2 は溶接部横断面のマクロ組織を示したもので、溶込み形状はビードののど厚が最大溶込み幅の約 1.7 倍の、いわゆるなし形を呈し、その断面中心部に約 5mm 幅の高温割れが発生していた。Fig.3 は強制破断して得たマクロ破面を示したものであり、高温割れは断面中央部に平坦ななし地状のうねったバンドとして見られる。Fig.4 および Fig.5 はその高温割れ域の中央部を拡大したミクロ破面を示したもので、高温われ特有のセル状樹枝状晶の丸みをおびた突起が認められる。

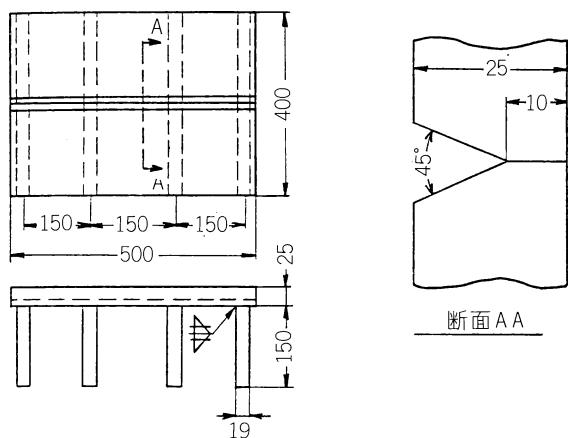


Fig. 1 試験片形状

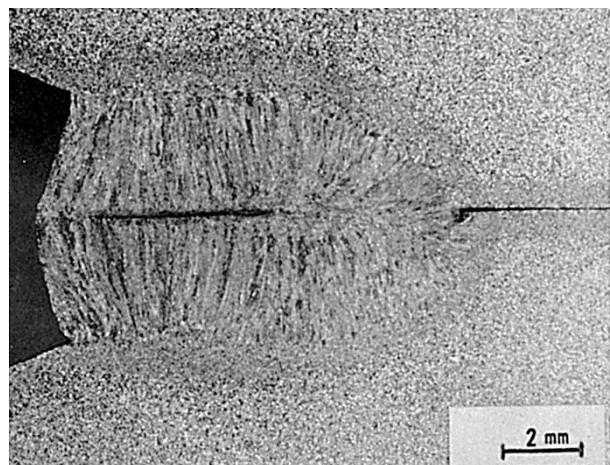


Fig. 2 溶接部の横断面マクロ組織

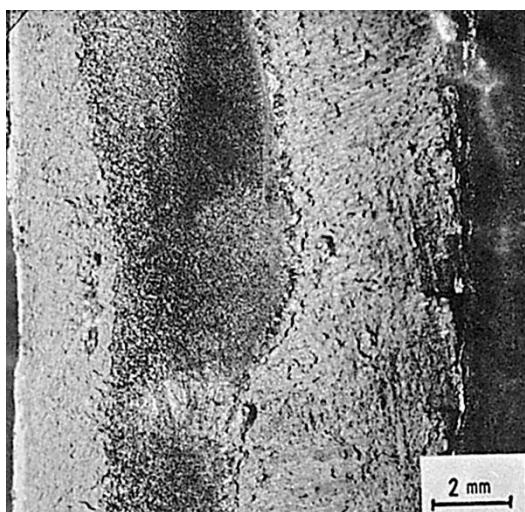


Fig. 3 マクロ破面

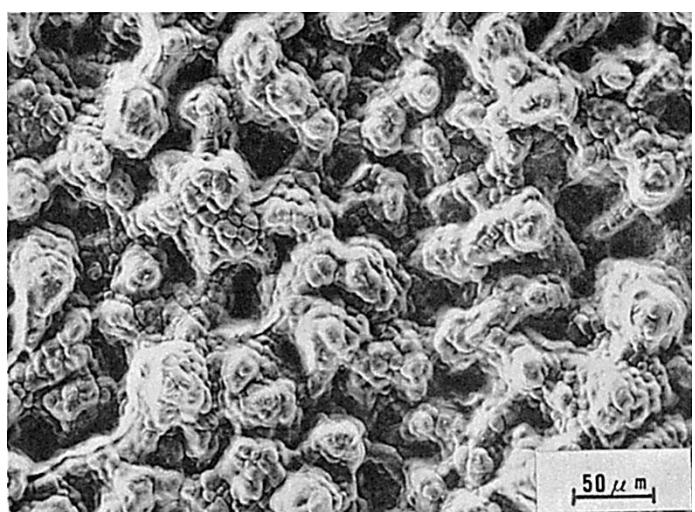


Fig. 4 ミクロ破面

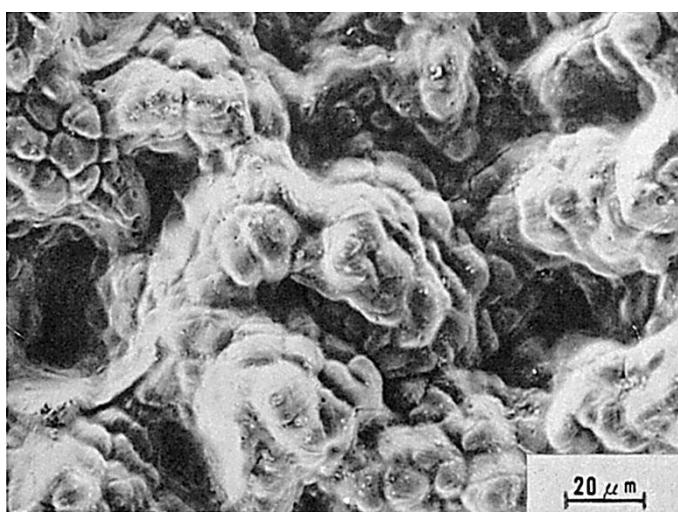


Fig. 5 Fig. 4 の中央部を拡大したミクロ破面

## (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

(7) Fracture Surface of End Crack in Submerged-Arc Welding of SM41 Steel

### 材料 (Material)

母材 (Base metal) : 溶接構造用圧延鋼材 SM41B (板厚 19mm) .

溶接材料 (Welding material) : ワイヤ : US-43

表フラックス : PFI-45

裏フラックス : PFI-50R

化学組成 (重量%) (Chemical composition) (wt.%)

	C	Si	Mn	P	S
母材(規格値)	≤0.20	≤0.35	0.60～1.20	≤0.040	≤0.040
溶着金属	0.11	0.26	0.95	0.011	0.008

機械的性質 (Mechanical property)

	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	降伏点(0.2%耐力) (kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	シャルピー吸収エネルギー (kgf·m)
母材(測定例)	50～62	≥32	≥21	≥2.8 at 0 °C

### 溶接 (Welding)

溶接方法 (Welding method) : FCB 3 電極片面サブマージ溶接 (Tandem submerged-arc welding)

溶接条件 (Welding condition)

開先形状	アーク電圧 (V)	溶接電流 (A)	溶接速度 (mm/min)	積層方法
50°, ルート 3mm	L : 35 T <sub>1</sub> : 40 T <sub>2</sub> : 43	L : 1,250 T <sub>1</sub> : 900 T <sub>2</sub> : 900	680	1層1パス

(L ; 第1電極 T<sub>1</sub> ; 第2電極 L<sub>2</sub> ; 第3電極)

### 試験 (Test)

試験片形状 (Specimen configuration) : Fig.1 参照

試験結果 (Test result) : 終端部に割れ発生

### 破面の解説 (Fracture Surface Analysis)

Fig.1 に示す試験板に FCB 片面サブマージ溶接を行なったとき, 継手終端部に 100mm 長さの終端割れが発生した. (片面サブマージ溶接においては, 1m 程度の短かい溶接継手でも高い確率で終端部に割れが発生する. このためこれを防止する方法として, 「シーリング・ビード法」「クレーター会合法」「スリット・タブ法」等が実用化されている.)

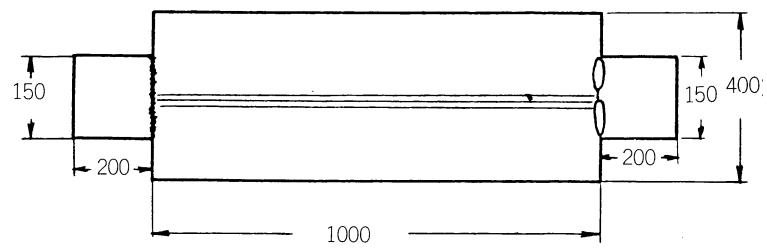


Fig. 1 試験片形状



Fig. 2 マクロ破面

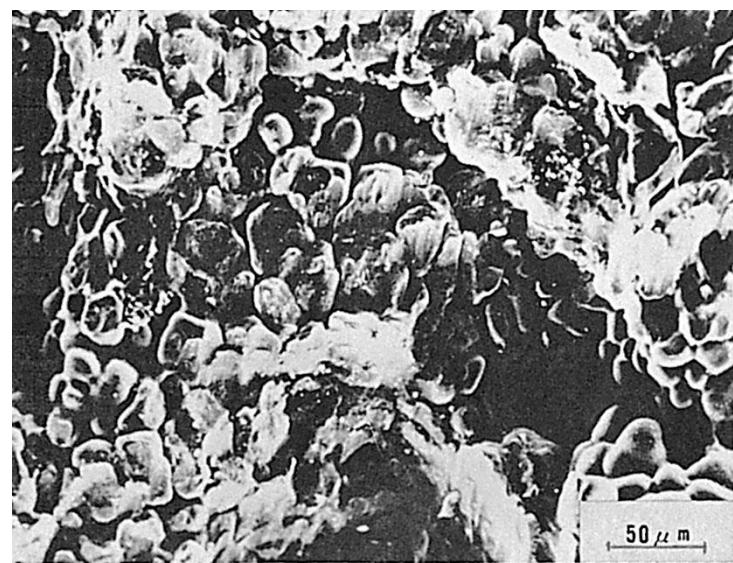


Fig. 3 A部のミクロ破面

Fig.2 に割れ部分を取り出し曲げ破断した破面を示す。裏ビート近くに、7mm ほどの幅をもった終端割れが 100mm の長さにのび、割れは継手始端側で裏ビートにまで開口している。開口部近くはいちじるしく酸化されており、かなりの高温で割れが発生したことがわかる。

Fig.3~6 に Fig.2 の A~D 各点のミクロ破面を示す。いずれの破面においてもセル状樹枝状晶の突起が見られる。

Fig.4 B 部のミクロ破面

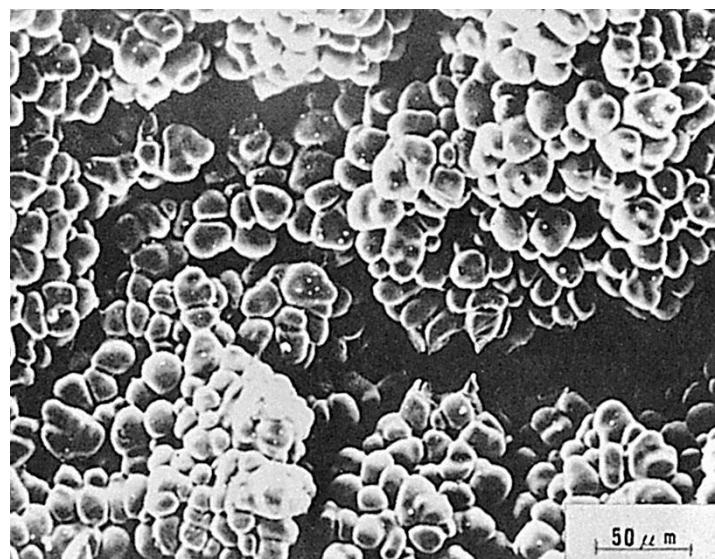


Fig.5 C 部のミクロ破面

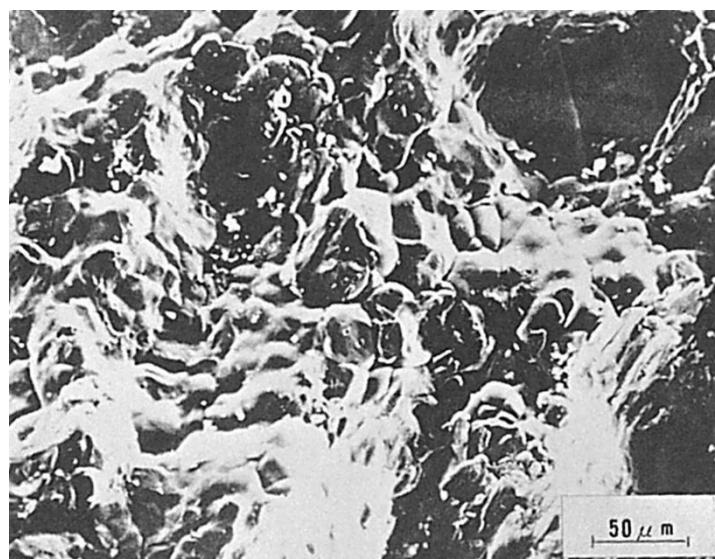
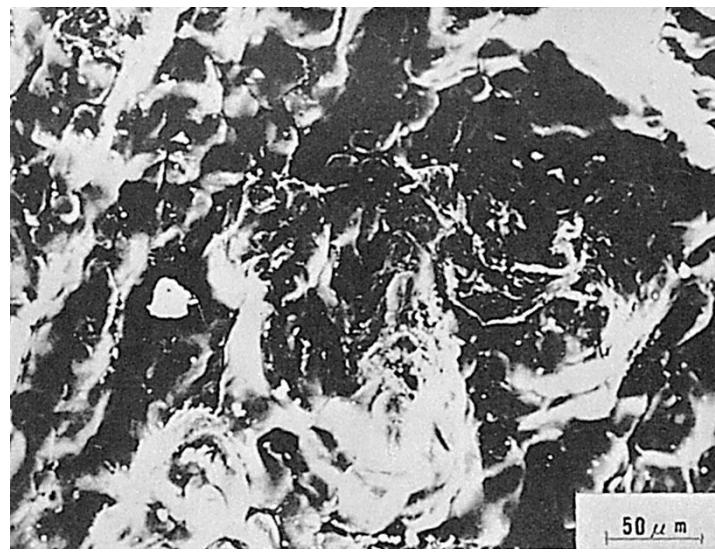


Fig.6 D 部のミクロ破面



## (8) HT50 鋼のサブマージアーク溶接時に発生した なし形ビート割れの破面

— V 溝拘束割れ試験 —

(8) Fracture Surface of Pear-Shaped Bead Crack  
in Submerged-Arc Welding of HT50 Steel

— V-Groove Type Hot Crack Test —

### 材料 (Material)

母材 (Base metal) : 溶接構造用圧延鋼材 SM50B (板厚 32mm) .

溶接材料 (Welding material) : ワイヤ : US-36 (径 4.0mm) .

フラックス : G80 (粒度 20×200mesh)

化学組成 (重量%) (Chemical composition) (wt.%)

	C	Si	Mn	P	S
母材(規格値)	≤0.18	≤0.55	≤1.50	≤0.040	≤0.040

機械的性質 (Mechanical property)

	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	降伏点(0.2%耐力) (kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	シャルピー吸収エネルギー (kgf·m)
母材(規格値)	50~62	≥32	≥21	≥2.8 at 0 °C

### 溶接 (Welding)

溶接方法 (Welding method) : サブマージアーク溶接 (Submerged-arc welding)

溶接条件 (Welding condition)

開先形状	フラックスの乾燥条件	予熱・層間温度 (°C)	アーク電圧 (V)	溶接電流 (A)	溶接速度 (mm/min)	積層方法
60° V形	250°C×1hr	≤100	32	700	45	1層1パス

### 試験 (Test)

試験方法 (Test method) : V 溝拘束割れ試験

試験片形状 (Specimen configuration) : Fig.1 参照

試験条件 (Test condition) : 溶接後 48hrs 経過後断面検査

試験結果 (Test result) : 溶接全線に割れ発生

### 破面の解説 (Fracture Surface Analysis)

Fig.1 は試験片形状を示したものである。Fig.2 は溶接部横断面のマクロ組織を示したもので、ビードののど厚が最大溶込み幅の 1.3 倍となっていて、いわゆるなし形ビードとなり、その断面中央部に高混割れが発生している。

Fig.3 および Fig.4 はその高温割れ部を強制破断し、拡大したミクロ破面を示したもので、高温割れ特有のセル状樹枝状晶の突起が認められる。

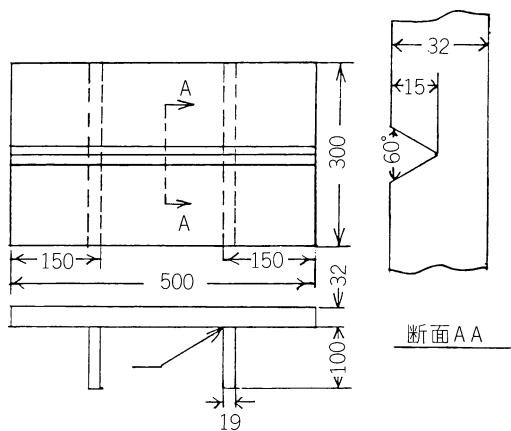


Fig.1 試験片形状

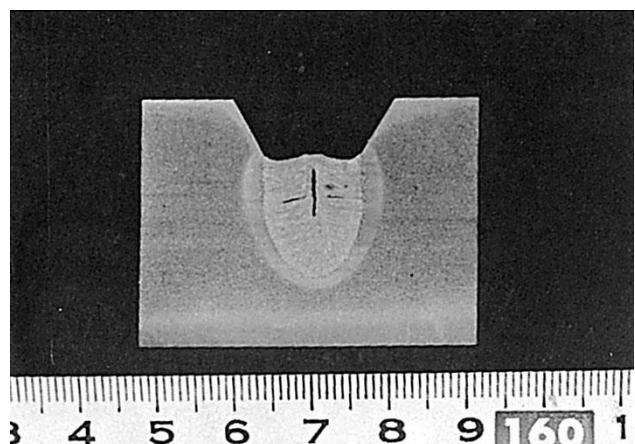


Fig.2 溶接部の横断面マクロ組織

Fig.3 ミクロ破面の一例

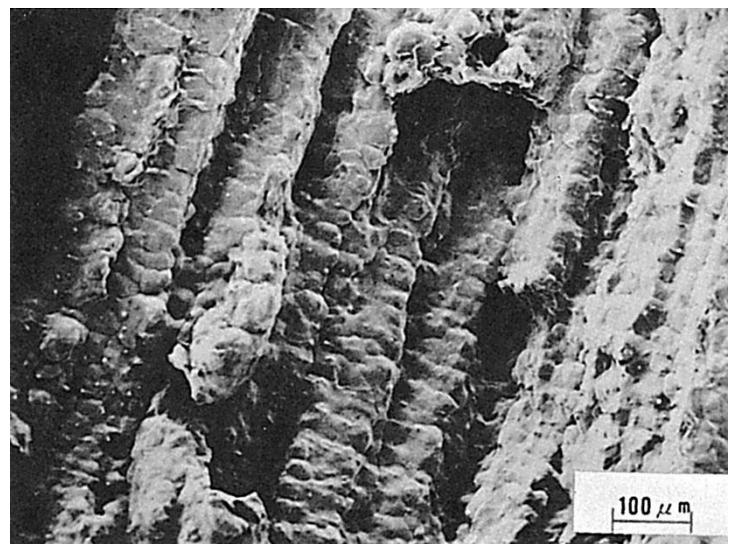


Fig.4 Fig.3 の中央部を  
拡大したミクロ破面

