

II. 溶接継手における破壊 および腐食

Failures in Welded Joints

II. 1 静的破壊 (Fractures in Static Tests)

概説 (Outline)

本項には静的荷重（通常の引張試験程度のゆっくりした速度で加わる荷重や定荷重）により、室温又は高温で破断した溶接継手、溶着金属、母材あるいは再現熱影響部などの試験片の破面写真が集録されている。

一般に構造物の静的荷重による破壊事例は、衝突や繰返しなどの動的荷重によるそれに比べて少なく、静的破壊のフラクトグラフィ (Fractography) に関する知見は、母材の引張りや曲げなどの静的試験から得られたものが多いが、溶接部の静的破壊のフラクトグラフィに関する普遍的な説明はまだなされていない。これは溶接部のフラクトグラフィ的研究が数少ない上に、溶接部が一度溶融し凝固した溶接金属及び溶接熱により溶融点直下から母材の変態温度近傍までの種々の温度に急熱・急冷されて材質が複雑に変化している熱影響部から形成され、材質がほぼ一様な母材に比べてその破壊型式がかなり複雑であるためと考えられる。

ここでは本項に集録されている溶接部の静的破面に対する理解を助けるための基礎的知識として、一般によく知られている母材の引張試験における破壊ならびに高温破壊における破面の特徴について概説する。

(1) 引張試験破面のマクロ的及びミクロ的特徴^{1) 2)}

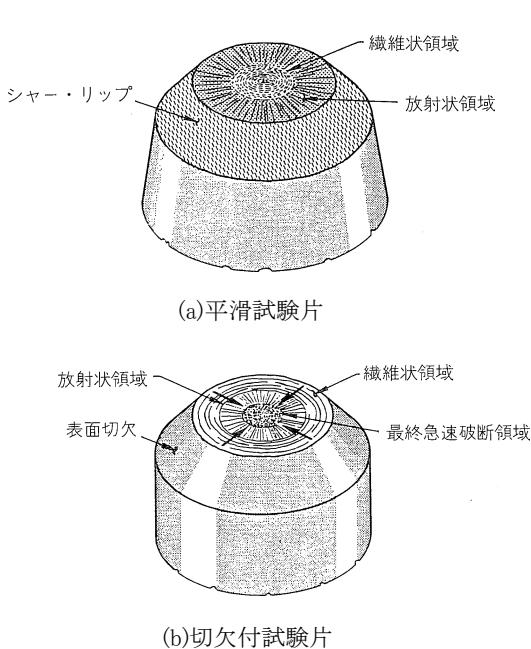


Fig.1 丸棒試験片の引張破面のマクロ的特徴
(Metals Handbook)³⁾

Fig.1(a)³⁾は平滑丸棒試験片でよく見られるいわゆるカップ・アンド・コーン (Cup and cone) 型破面のマクロ的特徴を図示したもので、破面中央から外側へ向って纖維状 (Fibrous) 領域、放射状 (Radial) 領域及びシャー・リップ (Shear lip) が存在する。纖維状領域は割れが発生してゆっくりと延性的に伝ばした領域で、割れがジグザグに伝ばしたためにできた細かい凹凸があり、同心円状の縞模様を形成している。この領域はミクロ的には微小空洞の合体による等軸ディンプル (Equiaxed dimple) である。その外周の放射状領域は割れが急速に伝ばした領域で、割れが同一平面上にないため割れの伝ば方向に沿った段ができる、それが放射状の模様を形成したものである。ミクロ的には材料の熱処理条件や試験温度によって擬へき開又は粒界ディンプル又は両者の混在した破壊様相となる。

最も外周にあるシャー・リップは破壊の最終段階であるせん断破壊部分で、ミクロ的に

は伸長型ディンプル (Elongated dimple) である。以上のマクロ的な三種類の領域の破面に占める割合は、材質、熱処理条件、使用温度、表面仕上げ、切欠きの有無などにより微妙に変化する。例えば延性材料の引張試験では放射状破面は現われないことが多い。又 Ni-Cr-Mo 鋼で試験温度を変えて引張試験を行なうと、試験温度が低下するにつれて纖維状領域及びシャー・リップは減少し放射状領域は増大する⁴⁾。

Fig.1(b)³⁾ は切欠付丸棒試験片の引張り破面のマクロ的特徴を図示したもので、割れは切欠底部から発生し、最も外周に纖維状領域が、その内周に放射状領域が形成される。中央部は急速破断を起した部分でこの場合はシャー・リップは存在しない。

Fig.2(a)(b)³⁾ は板状試験片の引張り破面を示したもので丸棒試験片と同様の破面形態を示すが、放射状模様がシェブロン（山形、Chevron）模様を形成し、山の頂点が割れが伝ばしてきた方向を指しているのが特徴的である。

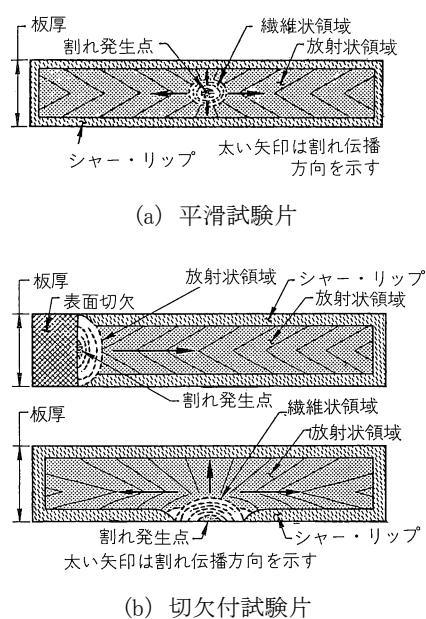


Fig.2 板状試験片の引張破面のマクロ的特徴
(Metals Handbook)³⁾

なお丸棒試験片の引張破壊ではカップ・アンド・コーン型とは破壊形態が異なる異形カップ・アンド・コーン型破面が現われることがある。これらは材料の加工方向と試験片の軸方向が一致する場合に現われ、縦割れ（軸方向割れ）を伴っているのが共通的な特徴である。

(2) 高温破壊のミクロ的特徴¹⁾

高温になると材料の変形の時間的依存性すなわちクリープ (Creep) が著しくなり、それについて粒界におけるすべりが起りやすくなるので破壊は粒内型から粒界型に移行する。破壊が高応力下で起る場合は破面は脆性的な粒界破壊となり、鋭いくさび形空洞（粒界すべりにより粒界の三重点などに生じた応力集中により形成されたもので W 型空洞と呼ぶ）がみられる。一方低応力下の破壊の場合は粒界面にディンプル状の模様がみられる延性的な粒界破壊となる。この場合は粒界の析出粒子などの位置に粒界すべりにより小空洞が形成され、これに原子空孔が集って成長し破壊したものとされている。

参考文献

- 1) 小寺沢良一編著：フラクトグラフィとその応用，日刊工業新聞社，pp.57～59。
- 2) 小林卓也，井上 肇，林 慎也：圧力技術，Vol.12(1974)，No.5，pp.225～231。
- 3) ASM : Metals Handbook, Vol.9 (8th edition), p.27, 29,38.
- 4) 吉田 享：金属材料，Vol.14 (1974), No.12, pp.10～11.