

345 調質高張力鋼再現熱影響部組織における J_{Ic} 値に及ぼす 島状マルテンサイトの影響

秋田大学 鉱山学部

 藤田 春彦
 ○神谷 修
 田中 学

1 緒言 調質高張力鋼の溶接熱影響部では、島状マルテンサイト（以後M-Aという）による靱性の劣化が問題となっている。既報⁽¹⁾においてはHT80鋼の種々の熱サイクル再現組織における J_{Ic} 値の温度依存性を明らかにしたが、本報では特にM-Aに注目し、 J_{Ic} 破壊靱性値に与える影響を詳細に検討した。また、走査電顕（SEM）により、静的な破壊過程でのM-Aの挙動を調べた。

2 実験方法 表1に示す化学成分の80 Kgf/mm²級調質高張力鋼に、最高加熱温度1300℃とし直ちに冷却し、800～500℃の冷却時間（以後 T_c という）を9, 17, 43, 89, 223 secとした再現溶接熱サイクルを与えた。次にシャルピーサイズ3点曲げ破壊靱性試験片を製作し、常温から-150℃の試験温度で電位差法により J_{Ic} 値を測定した⁽¹⁾。一方、同じ材料から引張試験片（5φ, 平行部12mm）を製作し、-50℃における降伏強さ、最大引張り強さ、伸びを求め、 J_{Ic} 値との比較を試みた。M-Aの量は、試料を研磨後、二段電解腐食⁽²⁾し、SEMおよびエーリア・アナライザを用い全体に対する面積比として測定した。また、試験片のビッカース硬度、結晶粒度を測定するとともに、SEMにより破面を観察し、主き裂および二次き裂の発生、伝播に及ぼすM-Aの影響を調べた。

3 実験結果と考察 図1に T_c と J_{Ic} の関係を、試験温度をパラメータとして示した。いづれの温度でも J_{Ic} 値は、 $T_c=100$ sec近傍で最小となり、その時のき裂発生様式は局部的にティアディンガルを含むへき開であった。 $T_c=89$ sec の J_{Ic} は2 Kgf/mm² 程度であり素材の J_{Ic} 値の1/5以下となっている。平面ひずみ、小規模降伏条件下では J_{Ic} と K_{Ic} の関係は次式で表わされる。

$$J_{Ic} = (1 - \nu^2) K_{Ic}^2 / E \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで $K_{Ic} = \sigma \sqrt{\pi a_c}$ を代入すると

$$J_{Ic} = (1 - \nu^2) \pi \sigma^2 a_c / E \quad \cdots \cdots (2)$$

(2)式より、素材と $T_c=89$ sec 材に同一の応力 σ を負荷した場合、 $T_c=89$ sec 材は素材の限界き裂長さ (a_c) の1/5で破壊することがわかる。

このような J_{Ic} 値低下の原因を調べるため、再現熱サイクル組織の硬度、降伏応力、結晶粒度、M-Aの量を測定した。その結果を図2に示したが、M-A量の変化が、図1における J_{Ic} の変化に良く対応している。硬度や降伏応力は、 T_c の増加に伴って一方向的に減少しているが、一般に同種の鋼においては、硬度、降伏強度の低下は破壊靱性値を増加させるため、 $T_c=89$ sec 材の J_{Ic} 値低下を説明することはできない。したがってM-A量の増加が J_{Ic} 低下の原因の大部分と考えられる。図3に種々の試験温度における J_{Ic} とM-A量の関係を示した。いづれの温度においてもM-Aが約5%以上で J_{Ic} 値が急激に減少していることがわかる。M-Aの影響をさらに詳しく検討するため、 J を弾性成分と塑性成分に分けて考察する。

$$J = J_e + J_p \quad (e: \text{elastic}, p: \text{plastic}) \quad \cdots \cdots (3)$$

図4に素材, $T_c = 89 \text{ sec}$ 材および比較のためSS41鋼における J_e , J_p の温度による変化を示した。通常, 降伏強度の低下に対応し J_e は減少するが, この場合SS41にみられるように J_p は増加する。しかし, $T_c = 89 \text{ sec}$ 材では J_p が素材の1/3程度に減少していることがわかる。したがってM-Aの存在は J_{ic} のうち特に塑性成分 J_p を減少させるものと考えられる。 J_p はおもにき裂先端の鈍化に対応しており, フラクトグラフ的にはS_NW値の低下として確認された。⁽¹⁾

$T_c = 89 \text{ sec}$ 材を -50°C にて靱性試験を行ない, き裂発生直後に余荷し, 試験片中央部を縦割りにしSEM観察をした例を写真1(a), (b), 示す。その結果次のようなことが明らかになった。長いM-Aが平行に存在する場合, へき開はこれらを分断する面に発生, 伝播する。また, き裂の発生段階でのM-Aの優先的な割れやマトリクス境界からののはかれは観察されない。したがって現段階では, J_{ic} の低下はM-Aの直接的な割れやはかれが原因ではなく, M-Aを含む複合組織としてのB_E組織⁽²⁾におけるへき開強度の低下, 例えばM-Aの存在による有効表面エネルギー γ_{eff} ⁽³⁾の減少等が考えられる。この点については今後, TEMによる転位密度の測定等を行ない検討していかねばならない。

表1. 供試材の化学成分

Steels	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V	Mo	Cu
HT80	0.13	0.25	0.82	0.009	0.005	0.85	0.48	0.04	0.48	0.22

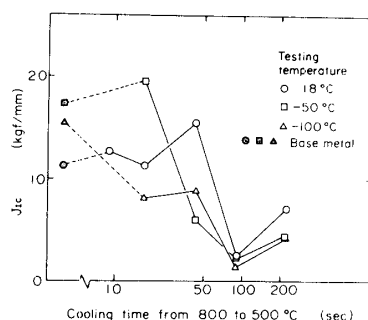


図1. 冷却時間と J_{ic} 値の関係

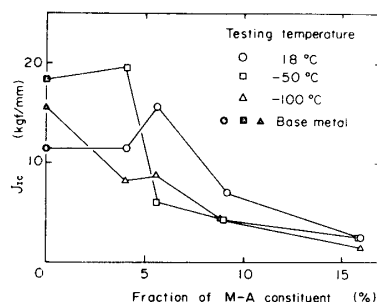


図3. M-Aの量と J_{ic} 値の関係

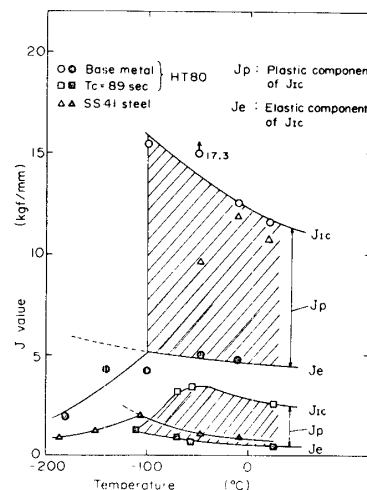


図4. M-Aによる J_e , J_p の低下

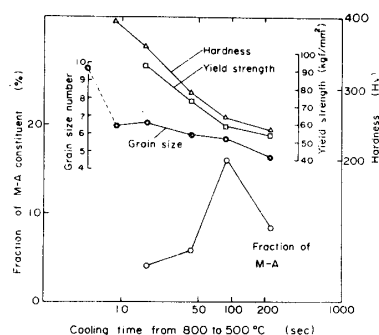
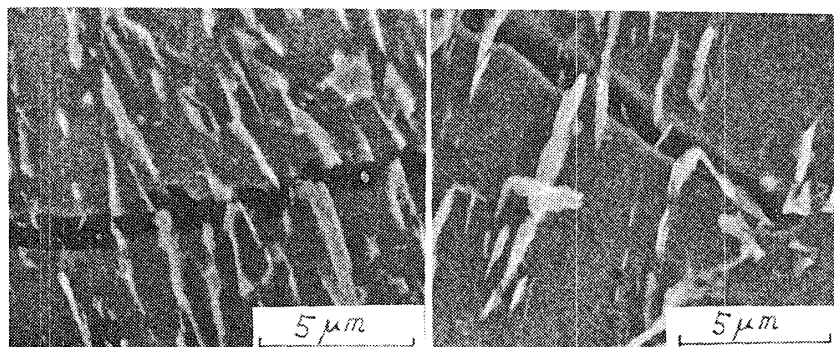


図2. 再現HAZ組織における諸特性



(a) 主き裂

(b) 二次き裂

写真1. J_{ic} 試験におけるき裂とM-A ($T_c = 89 \text{ sec}$, -50°C)

参考文献 (1) 藤田, 神谷, 田中; 溶接学会講演概要, No.29(1981), 254-255, (2) 井川, 大重, 田上; 溶接学会誌, 49-7(1980), 467-472, (3) 中沢, 小林; 「固体の強度」p165 (共立出版)