

大阪大学工学部

渡辺 正 紀
○ 藤 原 敏

1. ま え が き

化学工業プラントや高温高圧工業機器においては例えば各装置の標業温度などが高温から低温にわたるまで連続的に変化している場合が少なくない。このため異種材料の溶接が必然的に用いられているが、溶接性と共に継手性能にもまだ多くの問題点がある。

前報¹⁾にて基礎的ではあるが異材継手の常温における平滑材の疲れ破断特性すなわち、疲れ寿命におよぼす後熱処理条件および斜め突合せ角度の影響と破断形態について報告した。本報告では、切欠き材にて実験し疲れき裂伝播速度および経路に影響をおよぼす硬さ分布（脱炭層・侵炭層の生成、熱影響部）の効果について検討を行なった。

2. 実 験 方 法

供試材は前報と同じで、 $2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}$ 鋼とSUS32鋼とをD309相当橋で溶接し実験に用いた。

試験片は疲れ試験時の最大主応力方向と溶接線方向とが直交する $\theta=90^\circ$ 、平行になる 0° および 60° の三方向から採取し、脱炭・侵炭層を生成させるため $730^\circ\text{C} \times 50\text{hr}$ の後熱処理を施した。試験片の形状および寸法を図1に示す。切欠き位置は、熱影響部・脱炭層部など継手の各位置に設けた。図(b)は $\theta=0^\circ$ の場合で切欠き底と融合線までの距離は本報では 3.5mm としに一部 7.0mm も用いた。これらの試験片表面は、き裂の発生、伝播が測定容易となるように充分研磨した。

試験機はシエック式平面曲げ疲れ試験機である。なおき裂長さ測定は光学顕微鏡を応用したもので、 $\pm 0.001\text{mm}$ の精度で測定が可能である。

3. 実 験 結 果

図2は試験結果をS-N線図で表示したもので図より $\theta=90^\circ$ で脱炭部に切欠きがある場合はCr-Mo鋼母材より時間疲れ強さは低下するが、同一後熱処理条件では $\theta=90^\circ$ から 60° 、 0° になるにしたがってそれは上昇し、 $\theta=0^\circ$ の場合の線図は熱影響部のものとほぼ同じになる。これらの継手のき裂の伝播特性の一例を図3に示す。比較のためCr-Mo鋼母材および熱影響部のものも示したが、 $\theta=0^\circ$ では融合線部で急激に da/dn は減少

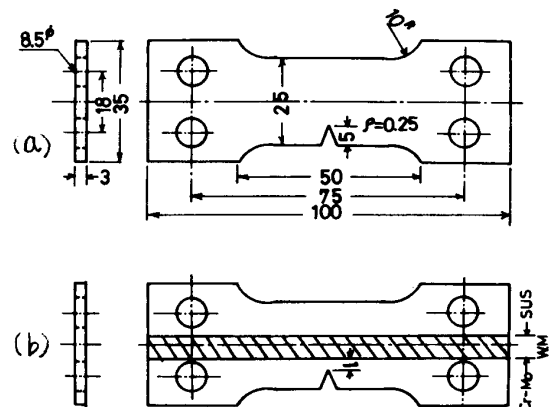


図1. 試験片形状および寸法

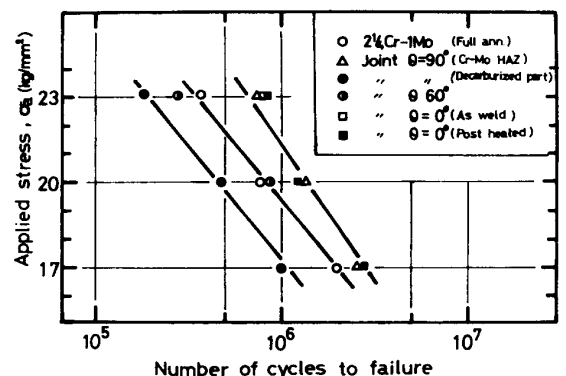


図2. S-N線図

しその後表面き裂(写真1参照)が約1.6mm伝播するまではほぼ一定の速度でその後増大する。これはCr-Mo鋼母材および熱影響部の切欠き底から約1.8mmのあたりで da/dn が増大する時の表面き裂長さによく似ている。

図4は da/dn と K_{max} の関係を示したもので、曲げに対する応力拡大係数としてBowieの式²⁾を用いた。

$$K_{max.} = 1.005 \sigma_{max} \sqrt{a}$$

本実験の場合両振り曲げなので $\sigma_{max} = \sigma_a$ である。図よりき裂の短い間は速い速度で伝播し徐々に遅くなりある一定のき裂長さで付加応力に関係なく共通の直線関係になることがわかる。 $da/dn = C \cdot K_{max}^m$ の式でべき数 m は図から、母材で6.2、熱影響部で3.6、 $\theta=90^\circ$ 脱炭部で6.0となった。平面曲げではき裂の前縁形状は直線にはならない。板内面のき裂形状を加熱着色法(290°C×2hr)で調べ表面き裂長さに対比したものが写真1である。(a)は da/dn の減少過程、(b)は増大過程に入って安定な状態である。表面と中立面でのき裂の長さの差は約1.8~2.0mmで付加応力が大きい場合その差は大きいようである。(c)は $\theta=0^\circ$ で浸炭層の影響で da/dn が非常に減少している時のものである。写真では判別が困難であるが、表面と内部での da/dn が異なるためかしは約1.5mmになっていた。これらの結果から、き裂の伝播方向に高硬度の浸炭層がある場合、伝播速度は非常に減少し、き裂形状は他と異なり寿命も同一後熱処理を施した $\theta=90^\circ$ より増大することがわかった。

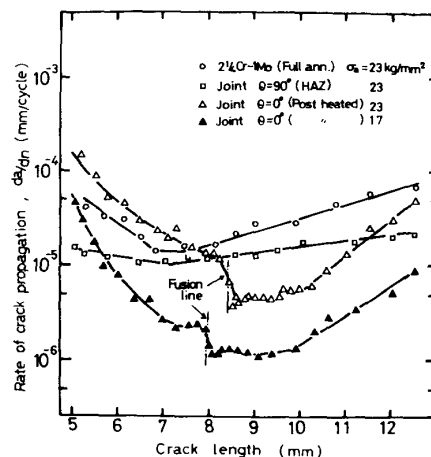


図3. da/dn とCrack lengthの関係

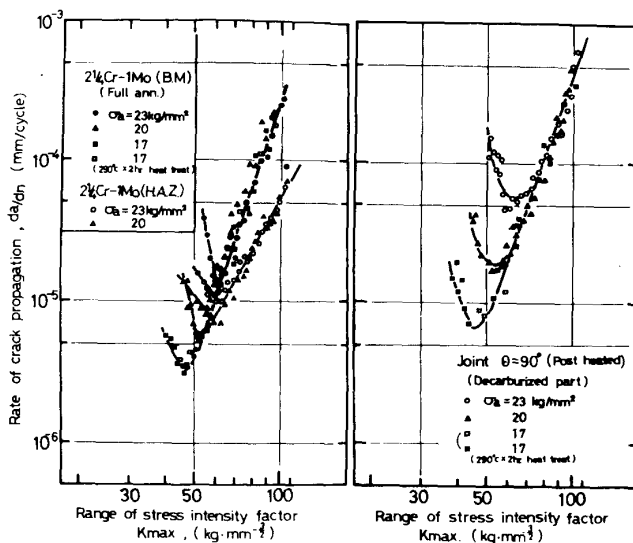
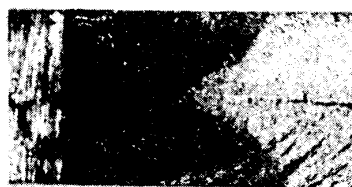


図4. da/dn と K_{max} の関係



(a) 切欠き→表面き裂長さ1.725mm
 $\sigma_a = 23 \text{ kg/mm}^2$



(b) 表面き裂長さ3.650mm
 $\sigma_a = 17 \text{ kg/mm}^2$



(c) $\theta=0^\circ$, Cr-Mo* W.M.
 $\sigma_a = 17 \text{ kg/mm}^2$, 表面き裂長さ6.896mm

写真1. 疲れき裂の前縁形状写真

参考文献 (1) 渡辺, 藤原, 昭和47年溶接学会春季講演予稿集 P.49
(2) R. Robert, T. Rich, ASME 1967年, No.9 777