

(217) 鋼における疲れき裂の伝播

富士製鉄 中央研究所

石黒隆義 ○半沢 貢

横田彦二郎

1. 緒 言

疲れ機構を解明するために、疲れ過程を損傷、き裂の発生およびき裂の伝播の3過程に分け、それぞれについて一連の実験を行なっているが、ここでは、各種の鋼について疲れき裂の伝播がどのように異なるか、さらに疲れき裂の伝播過程について検討した結果を報告する。

2. 実験方法

供試鋼は極軟鋼からHT-80までの5鋼種である。試験片は板厚1mm幅40mmで中央に幅0.5mm長さ4mmのスリットを入れた。試験機はパイプフロア万能疲れ試験機を用い、片振り引張荷重で繰返し速度は8400cpmで試験し、100倍の読取り顕微鏡で疲れき裂を連続して測定した。

3. 実験結果および考察

各鋼種について疲れき裂伝播速度を最大応力による応力強度係数 K に対して整理した。その結果、極軟鋼以外は試験応力が異なつても一本の伝播曲線となり鋼種間の差もあまりない。例として図1にHT-60の場合を示す。しかし、 K 値が大きくなると伝播曲線はねてくる傾向があり、塑性領域を考慮した K 値を用いると直線性はよくなる。これはき裂先端の塑性変形が伝播に影響することを示す。

極軟鋼では図2のように明瞭な fracture mode transition point があり、伝播曲線は不連続となる。この点の K 値は試験応力によらずほぼ一定であり、試験片の塑性領域変化の観察と大体一致する。平面応力状態では平面歪よりも塑性変形量が多く、伝播速度は遅くなる。fracture mode transition point は塑性変形領域の変化からみるとHT-80以外は全て認められるが、伝播曲線上では現われない。降伏比が小さく、Lüders strain の大きいものの方が現われやすい。

試験応力を階段状に下げると図3のようになり、前の応力によって加工硬化している領域では伝播速度は遅くなり、曲線の勾配は小さく、応力が異なつても一定である。前の応力の影響範囲は軟らかい鋼の方が大きい。図4は応力を下げた直後を詳細に測定した結果である。伝播速度はき裂の進展につれ減少し増加している。これはき裂先端は加工硬化しているが、先端のごく近傍は疲れ損傷を受けており、このため累積損傷によつて加工硬化部分よりも伝播速度が速くなるのであろう。き裂先端を観察すると、slip line のみられない広い塑性変形領域と、さらに先端近傍で疲れ特有の太いslip line の認められる狭い領域がある。前者は静的応力によるものであろうが、単純な静的応力による場合よりもその進展速度は速いようである。後者は繰返し応力によるものであり図4の傾向と一致する。疲れき裂は先端が加工硬化しついで疲れ損傷を受けて伝播する。

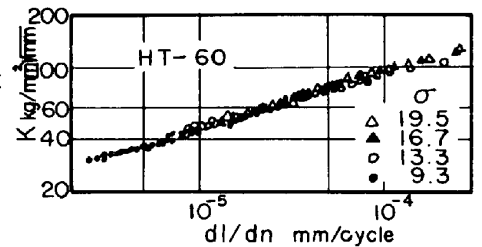


図 1

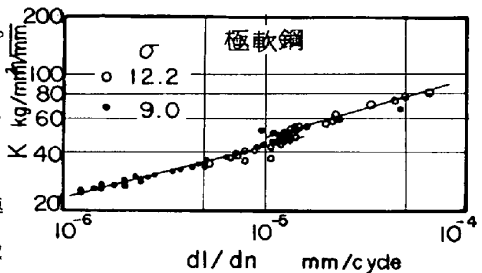


図 2

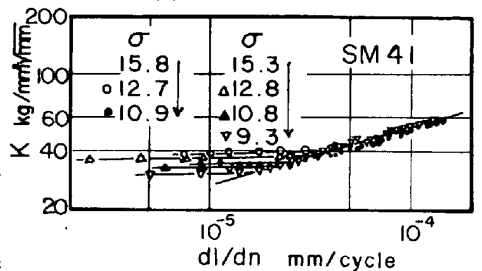


図 3

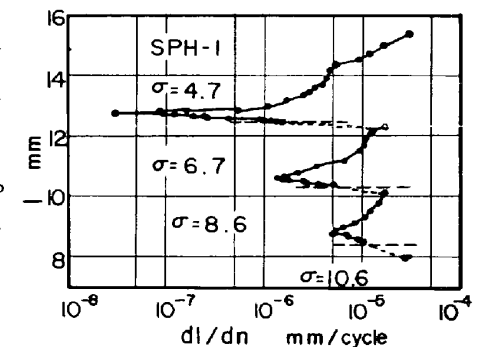


図 4