

247 鋼の遅れ破壊における水素集積機構に関する研究

大阪大学 工学部

菊田米男 落合真一郎
○林 雅一 栗田達夫

I 緒言

近年 高張力鋼の使用に伴って、水素脆化及びそれによる遅れ破壊現象は重要な問題になり、注目されている。よく知られているように遅れ破壊は、水素が集積することによっても起こる。そこで水素が集積する機構を次の3点にわけて考察しようとするのがこの研究の目的である。

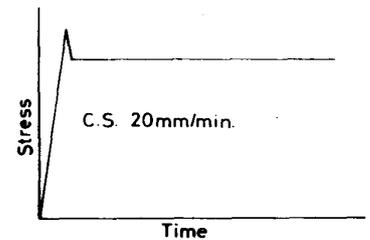
- 1) 塑性歪の分布によっても起こる局所体積的な集積
- 2) 外部応力の集中によっても起こる局所体積的な集積
- 3) 転位等の微小欠陥のもつ低ポテンシャル場への原子オーダーの集積

II 実験方法

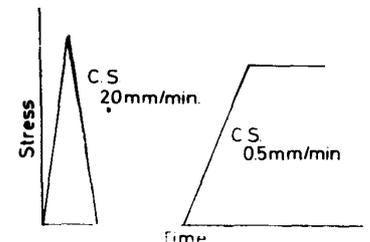
供試材料は H.T.80級高張力鋼を用いた。試片形状は6mmの丸棒試片の中央部に先端半径0.2mm^R、深さ1mmの60°円筒Vノッチを入れたものを使用した。

1)と2)の集積機構における効果の大小関係を求めるために、A、Bの実験をした。

A. 水素の集積に及ぼす塑性歪及び外部応力の影響をみるために950°Cの水素雰囲気中で2hrs保持した後ただちに水焼入れし、水素添加した試片をFig.1(a)、(b)の2種類の方法で遅れ破壊試験を行った。なおC.S.は引張速度を示している。



B. 塑性歪分布による水素の再分布が終了した状態で定応力を負荷した時の水素の挙動を調べるためにアルゴン雰囲気中で950°C、2hrs保持後水焼入れした(水素感受性を高めるため)試片に140kg/mm²の予荷重を与え、かつ2% H₂SO₄を電解液として40mA/cm²の電流密度で24hrs電解し、引張速度2.5mm/minで所定の荷重まで負荷し、定荷重で遅れ破壊試験をした。



C. 水素濃度分布が局所体積的には同じで原子オーダー的には違う(水素が転位線上に集積しているかない)二つの状態において遅れ破壊に要する時間がどのようになるかということとをみるために高温添加による水素を添加した試片を、所定の予荷重を与えた後陰極として2% H₂SO₄を試片表面を定電位にして所定の時間電気分解した。次に予荷重内の所定の応力まで0.5, 50 mm/minの2種類の引張り速度で負荷し遅れ破壊させた。

Fig.1 Exp. Procedures

III 実験結果及び考察

実験Aの結果がFig.2,3に示されているが、実線はFig.1(a)の実験点に対して、また、破線は(b)の実験点に対してひかれている。予荷重をかける時の引張り速度は20mm/minという転位が水素を輸送することのできない速度をとっているため、これによっても水素の局所体積的な集積は起こらない。また(b)の場合、歪特効の後に再び

応力をかけた時、予荷重以下の荷重しか負荷しないので、最初に負荷した時と比較して転位の運動及び増殖は少なく、転位による水素の輸送は無視できる。

Fig. 2 は予荷重が比較的高い場合で、応力時効させた時と、歪時効させた後、応力を再負荷した時の遅れ破壊曲線であるが、応力時効させた時の方が数分間短時間側によっている。また Δ によるプロットは、歪時効させた後、再負荷してから破断までの時間と破断荷重をと、たものであるが、これは (a) の場合の遅れ破壊曲線の内側(短時間側)に傾向なくバラついている。このことは、応力が負荷されている時間と集積した水素量との間に相関関係がないことを表わしている。

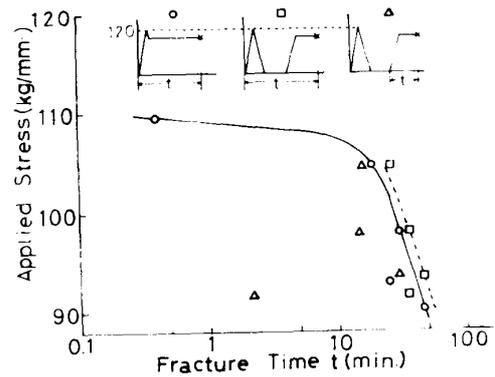


Fig. 2 Stress (or Strain) Aging Effect on Delayed Cracking

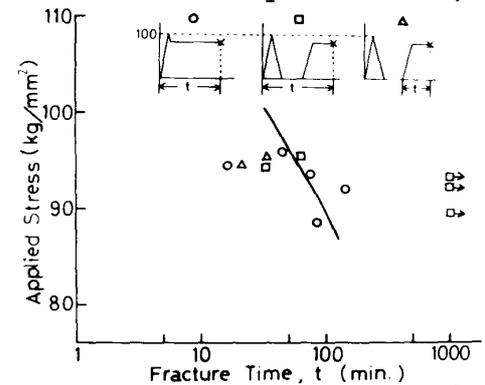


Fig. 3 At Low Pre-Stress Condition

Fig. 3 は予荷重が比較的低い場合である。Fig. 1 (a) の場合の遅れ破壊曲線の内側で Fig. 1 (b) のごとく 50~70分という比較的長時間の歪時効をすると、材料が回復過程に至らないうちに再負荷した場合において破壊をおこさなかった。これは水素の集積に外部応力が影響を与えていることを示している。

まとめると、予荷重が 120 kg/mm^2 の時は、水素の主な集積機構は塑性歪であり、外部応力が水素の集積に及ぼす影響は少ないと考えられる。しかし予荷重が 100 kg/mm^2 においては、応力の影響が現われてくる。

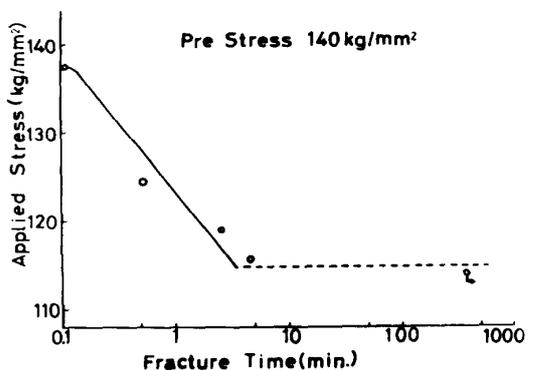


Fig. 4 Stress Effect on Delayed Cracking

以上のことから塑性歪量の多い時は、それだけで十分な水素を集めることができる。しかし塑性歪が少なく、しかも負荷応力が小さくなると臨界水素濃度が大きくなり、塑性歪だけでは十分な水素を、材料が回復するまでに集めることができず、その結果外部応力の影響が現われてくると考えられる。

実験 B の結果が Fig. 4 に示されている。これは塑性歪による水素の集積が完了した状態を陰極電解により実現した時の遅れ破壊曲線である。これが短時間ではあるが遅れ時間をもつ破壊となることは、塑性歪以外の因子すなわち外部応力が水素を集積させていると考えられる。しかし、U.C.S と L.C.S の応力差が 20 kg/mm^2 程度で小さいこと、そして破壊をおこす時間帯が負荷してから 5 分以内であること、これらのことは、水素の集積に外部応力は寄与するが量的には少ないということがいえる。なお緒言で述べた (3) の原子的オーガーの水素の集積についても結果を報告する予定である。