

(株)杉田製線 ○正 菊地 進
千葉工業大学 正 船見国男
(株)後関製作所 杉山嘉俊

千葉工業大学 正 江藤元大
千葉工業大学 正 清水秀治
(株)杉田製線 杉田平次

1. 緒言

熔融亜鉛めっき時に構造物の溶接ビードトウ部や締結部品のボルト首下丸み部などの応力集中部にき裂を生ずることがある。この現象は液体金属ぜい化の一つである熔融亜鉛ぜい化として知られている¹⁾がそのき裂発生メカニズムについては十分に説明はされてるとは言いがたい。

また、き裂はボルト首下丸み半径が小さく応力集中係数が小さい方が発生しやすい傾向がある。

そこで本研究は、熔融亜鉛浴内での4点曲げ試験方法により、V溝付き丸棒試験片とU溝付き丸棒試験片を用い応力集中係数の違いがき裂発生に対してどのような影響を及ぼすのか調べた。

2. 実験方法

実験に用いた材料はSCM435の鋼材で、寸法が $\phi 11.0 \times 350\text{mm}$ で $\alpha = 2.35$ のV溝付き丸棒試験片と $\alpha = 1.4$ のU溝付き丸棒試験片を用いた。V溝およびU溝加工は焼入れ焼戻し後行った。試験片の熱処理は、電気炉で1143Kで30min加熱した後油焼入れを行った。そして838Kで30min焼戻しを行い引張強さ1050MPaの試験片を作成した。試験は、実操業の熔融亜鉛浴炉を利用した4点曲げ試験装置により行った。試験片に加えられた荷重はロードセルにより検出し、荷重点の変位量(たわみ量)は変位変換器により検出した。そしてアンプを通してX-Yレコーダーに荷重-たわみ線図を描かせた。そして、試験片が破断するまでの大気中および500℃の熔融亜鉛浴内での4点曲げ試験における荷重-たわみ曲線の測定および初期荷重応力と破断時間との関係を示す $\sigma-t$ 曲線の測定を行い浸漬時間による熔融亜鉛ぜい化の進行状態を調べた。また、破断した試験片の破面およびき裂部断面の観察を行った。

3. 実験結果

3. 1 応力-たわみ曲線

図1は、V溝試験片及びU溝試験片の大気中及び500℃熔融亜鉛浴内での4点曲げ試験における応力-たわみ曲線の比較を示す。

大気中の4点曲げ試験ではV溝試験片、U溝試

験片とも曲げ強さに差はなかったが、熔融亜鉛浴内での試験では、いずれも曲げ強さが大気中に比較して著しく低下を示し、応力集中係数の大きいV溝試験片の方がその低下量が大きかった。また、破断たわみ量は大気中に比較して熔融亜鉛浴内の方が著しく小さかった。

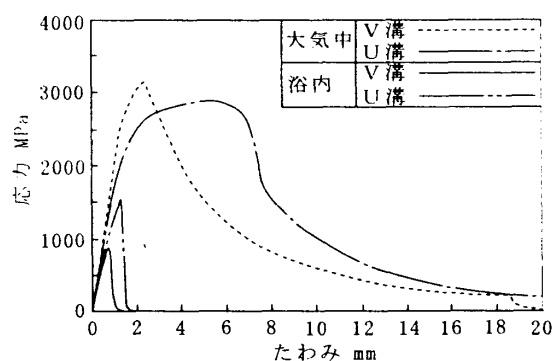


図1. 4点曲げ試験における応力-たわみ曲線

3. 2 応力-時間曲線 ($\sigma-t$ 曲線)

図2は、V溝試験片のいくつかの荷重-時間曲線($W-t$ 曲線)の測定例を示す。この試験は、浴内に無荷重状態で浸漬してから、60sec後に試験片を押し込みたわみを与えることにより任意の荷重まで負荷し、その荷重が時間とともにどのように変化するかを調べたものである。初期の負荷荷重は、図1で求めた最大曲げ荷重より低い荷重で数段階に変化させ試験を行った。

これらから、熔融亜鉛浴内では、最大曲げ荷重より低い荷重でも、時間経過とともに荷重はしだいに低下し破断に至ることがわかる。そして、初期の負荷荷重が高いほど荷重は急激に低下し早期に破断至っている。反対に、初期の負荷荷重が低いほどその低下は緩やかであり、破断に至るまでの時間は長くなっている。また、ある荷重以下では荷重の低下はなく、破断しなくなることがわかる。

図3は、図2に示した例を含め、それらの結果を整理し、熔融亜鉛浴内における初期負荷応力と破断時間の関係を示したものであるが、V溝試験

片およびU溝試験片とも初期の負荷応力が小さくなるにしたがって破断時間は長くなっている。また、応力集中係数の高いV溝試験片の方がU溝試験片に比較して、その応力以下では溶融亜鉛

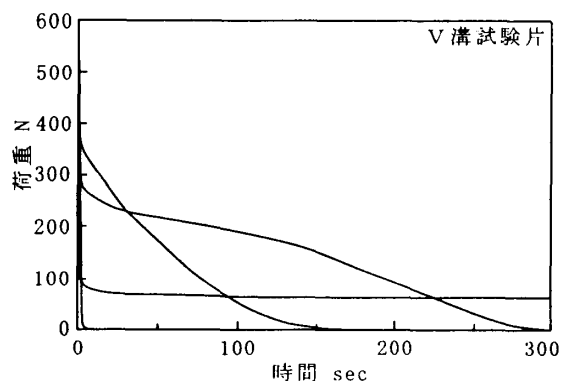


図3. 溶融亜鉛浴内での4点曲げ試験により求めた荷重-時間曲線の一例 (V溝試験片)

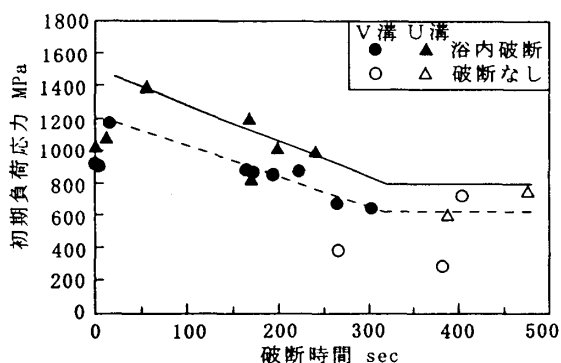


図4. 溶融亜鉛浴内での4点曲げ試験における初期負荷応力と破断時間の関係

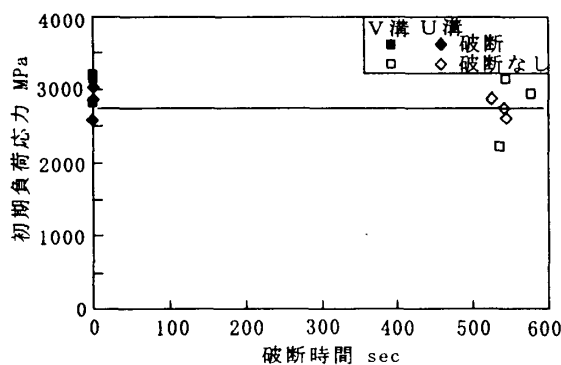


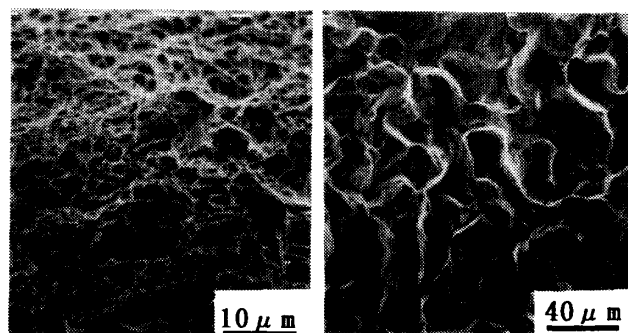
図5. 大気中での4点曲げ試験における初期負荷応力と破断時間の関係

ぜい化割れが発生しないと考えられる限界応力は低かった。

図5は、大気中における初期負荷応力と破断時間の関係を示すが、溶融亜鉛浴内とは異なり、最大応力より低い応力で保持しても応力の低下はなく破断はなかった。また、V溝試験片とU溝試験片に差はなかった。

3. 3 破面観察

大気中で破断した試験片は、ディンプルからなる延性破面であり、溶融亜鉛浴内で破断した破面は粒界割れからなるぜい性破面であった。



(大気中) (溶融亜鉛浴内)
図6. 破断面の一例

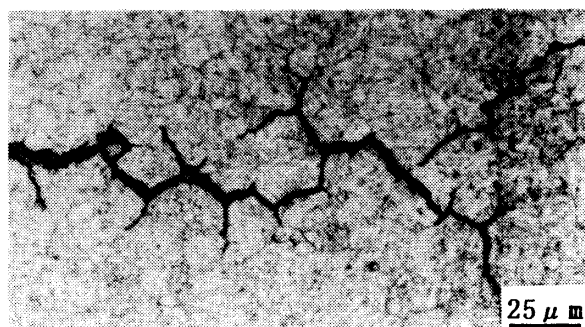


図7. 溶融亜鉛浴内で発生したき裂断面写真

4. 結言

- 1) 大気中に比較して溶融亜鉛浴内では、曲げ強さおよび破断たわみ量が著しく低下した。
- 2) 応力集中係数の大きい方が、浴内での曲げ強さおよび破断たわみ量は小さくなった。
- 3) 溶融亜鉛浴内では、溶融亜鉛浴内での曲げ強さより小さな応力でも、時間経過とともに破断することがある。また、初期の負荷応力が低くなるとともに破断時間は長くなり、応力集中係数が高いV溝試験片の方が、その応力以下では溶融亜鉛ぜい化が生じないと考えられる限界応力は小さかった。

参考文献

- 1) 菊池昌利, 鉄と鋼, 68, 1870(1982)