

東京工業大学

田村 博  
○ 渡辺 健彦

## 1. 緒言

最近のように高張力鋼の所要強度が増大してくると、フェライト鋼においてもオーステナイト鋼同様に高温割れの発生の傾向が増加しつつある。従って鋼溶接構造物におこる割れとしても、従来広く研究の行なわれている低温割れのほかに、溶接金属ならびに熱影響部におこる高温割れが非常に重要である。最近、この高温割れに対してNemsworthらは指針を与え、この割れを偏析による割れ(液化割れ)と延性低下による割れの2つに分類している。

以上のいきさつから今回はこのうち特に溶接熱影響部に生ずる偏析による割れを解明すべく基礎資料を得る目的で、従来から特に高温割れ感受性が高いと考えられているオーステナイトステンレス鋼を使用し、その熱影響部における結晶粒および合金元素の挙動に関して、主に高温顕微鏡とX線マイクロアナライザーを用いて調べたものである。

## 2. 供試材ならびに実験方法

供試材にはAISI310型およびAISI304型のオーステナイトステンレス鋼を入手状態のままの母材から切り出して使用した。その化学成分を表1に示す。試験片の形状および寸法は図1に示す通りで、試験片の中央部の裏面には

表1. 供試材の化学成分 (wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe
310	0.06	0.98	1.66	0.030	0.006	19.80	25.05	Bal.
304	0.07	0.72	1.64	0.030	0.005	8.90	18.46	Bal.

直径1.4mmで深さ0.8mm位の小穴があけてあり、ここへ測温用PR熱電対を溶着した。試験片の加熱は主に引張型高温顕微鏡の炉内で交流直接通電で行ない、同時に鏡面に仕上げた試料表面の組織の直接観察を行なった。なお炉内は最初に約 $10^{-4}$ mmHg位の真空にして、引き続き高純度アルゴンガスを導入し1atmアルゴン雰囲気とした。

加熱速度と種々変化させて実験を行なった。使用した加熱速度は $140^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ ~約 $1^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ の間で選

定した。なお炉内での冷却にはアルゴンガスを試料に吹きつけて急冷状態を作るようにした。また、試料の急速加熱時における熱分析を行なうために、カンタル線炉を用い、あらかじめ $1500^{\circ}\text{C}$ 位の温度に保持した炉内へ試料を投入し、電子管式ペンレコーダで温度変化を直記した。この時使用した試料寸法は約 $5 \times 5 \times 7\text{mm}$ であり、熱電対は試料に直径1.5mmの穴をあけて埋め込み、その部分をアルミナセメントでおおい酸化を防いだ。

X線マイクロアナライザーによる線分析は供試材の圧延方向と直角方向に走査して行なった。分析の試料電流は $2.1 \times 10^{-2} \mu\text{A}$ 、加速電圧は25kVを使用した。

## 3. 実験結果

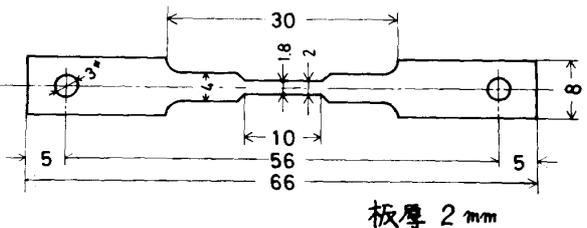


図1. 試験片形状および寸法

### 3-1. 供試材の固相温度

まず310型と304型供試材の急速加熱(約 $50^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ ) 途上および炉冷途上における固相温度は310型についてはそれぞれ $1420^{\circ}\text{C}$ ,  $1380^{\circ}\text{C}$ でありまた, 304型についてはそれぞれ $1445^{\circ}\text{C}$ ,  $1415^{\circ}\text{C}$ であった。熱分析の代表例を図2に示す。

### 3-2. 310型供試材の急速加熱( $140^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ )による結晶粒界液化現象

写真1は310型供試材を $140^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ の加熱速度でピーク温度 $1358^{\circ}\text{C}$ まで急熱急冷した組織である。この組織は腐食液を用いておらず, 鏡面研磨のみである。明らかに粒界の優先溶融が認められる。写真2は約 $1.7^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ の比較的ゆるやかな速度で加熱して行き約 $1380^{\circ}\text{C}$ 近傍に到達後急冷した組織であり, 粒界三重点から溶融しはじめ全面へと広がろうとしている状態がうかがえる。このゆるやかな加熱速度の時には溶融開始温度は3-1での熱分析によって求めた310型の炉中冷却途上の固相温度約 $1380^{\circ}\text{C}$ に大体一致していた。以上のように加熱速度が大きい時には, 結晶粒界が固相よりもより低い温度で溶融する現象がみられ, その溶融温度範囲は実測で $1355^{\circ}\text{C}\sim 1360^{\circ}\text{C}$ の間であった。これは急速加熱熱分析によって求めた固相温度 $1420^{\circ}\text{C}$ よりはるかに低い温度である。

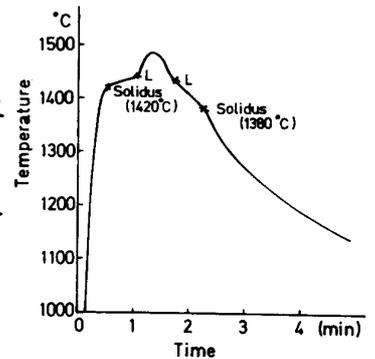


図2. 310型について

### 3-3. 合金元素のX線マイクロアナライザーによる分析

結晶粒界への合金元素の偏析状態をX線マイクロアナライザーで調べた結果, 310型供試材を急速加熱( $140^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ )によって $1350^{\circ}\text{C}$ に到達せしめた場合には結晶粒界には幾分かの偏析が認められた。その一例を図3に示す。なお分析した元素はCr, Ni, Mn, Si, P, S, Cであったが, P, S, Cは微量でかつ軽元素のため分析が比較的難しいゆえに, 必要な時以外はできるだけ割愛した。図3から明らかのようにCr, Ni, Mn, Siの偏析が認められる。これに対して加熱速度を $1.7^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ と小さくして同じく $1350^{\circ}\text{C}$ に到達せしめた時にはこれらの元素の偏析はみあたらずであった。以上のごとき影響部における諸現象についての一考察を報告する予定である。

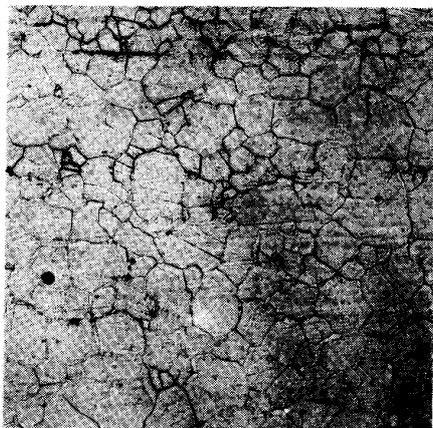


写真1. 310型 ( $\times 100 \times \frac{2}{3}$ )

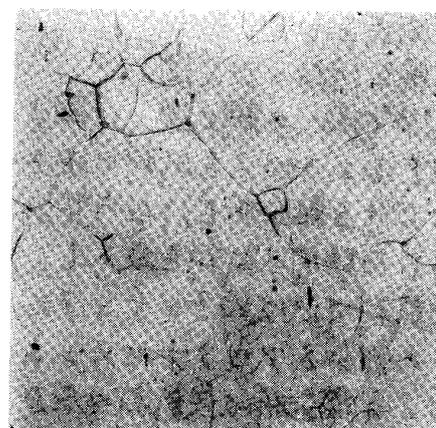


写真2. 310型 ( $\times 100 \times \frac{2}{3}$ )

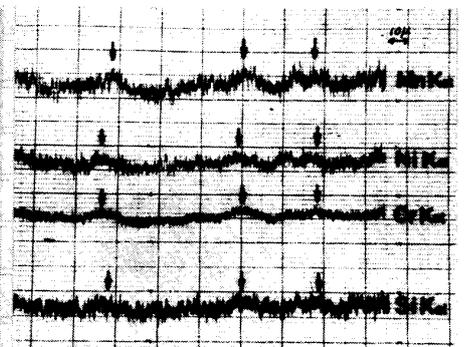


図3. X線マイクロアナライザー分析例。矢印は結晶粒界の位置。