

(269) オーステナイト系耐熱鋼の熱疲労試験後の組織変化および破壊形態

日新製鋼・同南製鋼所 藤岡外喜夫 衣笠雅孝

飯泉省三 ○田中照夫

1. 緒言 オーステナイト系ステンレス鋼の熱疲労特性については、前報¹⁾にて高温特性とともに報告した。熱疲労においては、高温特性とともに金属組織学的考察もまた重要である。本報告ではオーステナイト系耐熱鋼について高温側で圧縮、低温側で引張応力が作用するようにした熱疲労試験後の組織変化および破壊形態について報告する。

2. 供試材および実験方法 供試材は表1に示すオーステナイト系耐熱鋼6鋼種を使用した。試験機は島津サーボハンサEHF-ET-10型。熱疲労試験機を使用した。試験片は平行部10⁺×70mm、標点間距離24mmの中実丸棒試験片を使用した。試験は自由熱ひずみ範囲の中点をひずみの零点とし、この点を中心に高温で圧縮、低温で引張応力となるようなひずみ制御で行なった。上限温度は、700、800および1000℃を選びそれぞれ保持時間を20、40および58secとし、下限温度はいずれも200℃一定とし、保持時間は零とした。加熱および冷却速度は15℃/secとした。試験後の試片について断面観察を行ない、析出物はEPMAおよび相残査のX線回折により同定した。破面観察は走査型電顕により行なった。

表1. 供試材の化学組成 (単位: %)

成分 鋼種	C	Si	Mn	Ni	Cr	その他
SUS304	0.06	0.49	1.13	9.23	18.45	—
SUS321	0.05	0.78	1.68	10.31	17.47	Ti 0.61
SUS310S	0.07	0.85	1.60	19.28	25.36	—
RC-3	0.04	3.08	0.87	12.91	18.52	Nb 0.18
RC-4	0.07	3.30	0.68	14.99	18.15	Al 0.60
Incoloy 800	0.04	0.65	0.95	31.26	19.71	Al 0.46 Ti 0.46

3. 結果および考察 1) 断面形状の光学顕微鏡観察 SUS310Sの200~700℃および200~800℃の場合、一部粒界亀裂を認め、亀裂が粒界を伝播しているのが認められたが、他のいずれの場合も今回試験した全ひずみ範囲($\Delta\epsilon_t = 0.8 \sim 1.4\%$)では粒界亀裂は認められず、亀裂は試片表面部より発生し粒内を貫通していた。

2) 走査電顕による破面観察 200~700℃および200~800℃の試験後の破面は、いずれも起点部近傍ではストライエーションパターンを認め粒内疲労破面を呈していた。その一例をみると、SUS304の200~700℃試験後の破面は、起点部近傍から遠ざかるにつれストライエーション間隔は大きくなり亀裂伝播速度が大きくなることを示した全面粒内疲労破面(写真1)を呈していた。SUS304の200~800℃試験後の破面は、アイソプリパターンを呈した部分が認められ、Incoloy 800の200~800℃試験後の破面はかなりの部分がアイソプリパターンを呈していた。200~1000℃試験後のSUS310Sにもアイソプリパターンを呈した部分が認められた。なお、SUS310SおよびRC-4の200~700℃試験後の破面は、起点部から遠ざかるにつれ粒界破壊部(写真2)が混在していた。

3) 組織変化 SUS310SおよびRC-4の200~700℃試験後の組織は、粒界近傍に微細な析出物(δ相およびCr₂₃C₆) (写真3)が多く認められた。SUS321でもその傾向は若干異なるが粒界近傍に微細な析出物(δ相および炭化物)が認められた。一方、SUS304、RC-3およびIncoloy 800ではこのような形態の析出物は認められず、粒界での析出程度は少なかつた(主にCr₂₃C₆)。SUS310Sは200~800℃の場合も粒界近傍に微細な析出物が顕著に認められた。

SUS310SおよびRC-4のような形態の析出物を生じ、しかも粒界破面を混在する場合、機械的性質も期待できる十分な熱疲労特性を示さず、試験結果もバラつく傾向が認められた。一方、組織変化があまり認められな、RC-3、Incoloy 800では機械的性質も期待できる十分な熱疲労特性が得られ、全ひずみ範囲が小さくなると熱疲労寿命はかなり大きくなる。つまり、組織的に安定な材料ほど熱疲労特性はよいと考える。

引用文献 1) 藤岡、衣笠、飯泉、田中：鉄と鋼 60 (1974) 11, 249

写真1. 破面電顕写真 SUS304, 200~700℃ $\Delta\epsilon_t = 1.04$, $N^{\circ} = 1590$

写真2. 破面電顕写真 SUS310S, 200~700℃ $\Delta\epsilon_t = 0.96$, $N^{\circ} = 1620$

写真3. 断面組織写真 SUS310S, 200~700℃ $\Delta\epsilon_t = 1.10$, $N^{\circ} = 780$