

495, 478, 482, 681 hr であり、大きな差は認められなかった。一方、これらの短時間におけるクリープ曲線には Fig. 4 に示すごとく、明らかに窒素の強化作用が認められた。したがって、この温度においても短時間においては窒素は強化作用を有するが、長時間になると、漸次その効果を失うものと判断される。Fig. 1 によれば 550°C において窒化物の析出はほぼ 35hr 以上において開始している。含有窒素量がことなる故、直接には比較し得ないが、Fig. 3 の N 0.024% に対するクリープ曲線の 100~200hr の間におけるやや急激な変化は窒化物の析出と関係をもつことが考えられる。この場合、破断後の組織中には明りように窒化物の析出が認められる。

以上のことから、窒素の効果の温度依存性は試験中における 3.1 で述べた窒化物析出とも関連があると考えられる。

4. 結 言

Si キルド鋼を 500~700°C の温度で長時間加熱した場合に生ずる窒化物の析出挙動を検討し、さらにこれに伴うクリープ強度の変化について述べた。

等温加熱中における窒化物の析出は rate process にしたがって、その活性化エネルギーは約 57000cal/mol と推定された。組成分析の結果によれば、析出窒化物は Si, Mn, N よりなると推定されその結晶構造についてはなお検討中であるが、AIN 型に近似している。

等温加熱に伴うクリープ強度の低下は本鋼の場合、固溶窒素量が約 0.005% 以下においてかなり顕著になる。また窒素の効果の温度依存性は試験中における窒化物の析出と関連があるものと考えられる。

なお、析出相のさらに詳細については鋼組成とくに、Si, Mn の含有量との関連において別途報告する予定である。

文 献

- 1) J. M. ROBERTSON, et al.: I. S. I. Spec. Rep., No. 69 (1961), p. 14
- 2) J. GLEN, et al.: *ibid*, p. 40
- 3) D. S. WOOD, et al.: *ibid*, p. 111
- 4) J. GLEN, et al.: I. S. I. Spec. Rep., No. 70 (1961), p. 222
- 5) K. J. IRVINE: et al.: *ibid*, p. 246
- 6) 寺井: ボイラ鋼管用炭素鋼・Cr-Mo 鋼のクリープ特性に対する脱酸条件の影響についての研究, (1961)
- 7) J. M. ARROWSMITH: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 201 (1963), p. 699
- 8) 薄田, 山本: 日本金属学会講演概要集, (1965) April, p. 88, (1966) April, p. 110
- 9) M. F. DAY, et al.: British Welding J., 12 (1965) Nov., p. 531
- 10) H. FABRITIUS, et al.: Stahl u. Eisen, 86 (1966) 6, p. 354
- 11) 新見: 日本鉄鋼協会, 鉄鋼分析部会, 非金属介在物小委員会提出資料, No. 55 (1966) Feb.
- 12) 新見, 堂谷, 仲山: 日本金属学会講演概要集, (1966) Oct., 207
- 13) 三好, 岡田: 鉄と鋼, 52 (1966) 11, S62

14) 三好, 岡田: 鉄と鋼, 50 (1964) 12, p. 1965

(175) 溶接構造用70キロハイテン (2H Super 鋼板) の溶接継手のラプチャー強度

日本製鋼所, 室蘭製作所

熊田 有宏・○土屋 勝弘

Creep Rupture Properties of Welded Composite of 70kg/mm² High-strength Pressure-vessel Steel (2H Super Steel)

Yūkō KUMADA and Katsuhiko TSUCHIYA

1. 緒 言

最近圧力容器用材料として溶接構造用ハイテンが多く使用されるようになってきており、クリープおよびラプチャー試験結果もいくつか発表されている¹⁾²⁾。設計温度としては 400°C 前後であり比較的低いですが、設計の基準として、高温引張り強さあるいは耐力をとるか、クリープあるいはラプチャー強度をとるかの丁度目付近であり、一応クリープあるいはラプチャー強度を確める必要がある。

本報告は、このような観点から、当所製の 70 キロハイテン 2H Super 鋼板およびその溶接継手についてラプチャー試験を実施し、設計基準としてクリープおよびラプチャー強度をとる必要のある温度範囲を明らかにした。また同時に、ラプチャー試験における、母材、溶着金属部、熱影響部の組織変化を観察し、組織変化とラプチャー挙動との関連を求めた。

2. 供試材および実験方法

供試材は当所製の調質型 70 キロハイテン 2H Super 鋼板およびその溶接継手を用いた。溶接継手については試験の途中での組織変化とラプチャー強度の関係を調べるために S. R. 処理を行なわなかった。試験に供した 2H Super 鋼板 (母材) および溶着金属部の化学成分を Table 1 に、試験前の各部の組織を Photo. 1 に示す。試験片は、直径 6mmφ、標点間距離 30mm で軸方向と板の圧延方向が平行になるように作製した。溶接継手試験片は、軸方向とピード方向が直交しており、平行部は溶着金属部を中心として熱影響部および母材部からなっている。母材試験片および溶接継手試験片のマクロエッチ後の外観を Photo. 2 に示す。

試験温度は 425°C, 450°C, 500°C, 550°C の 4 温度とし、各温度において最高 10,000 hr を目標として試験を実施した。

3. 実験結果

3.1 ラプチャー試験結果

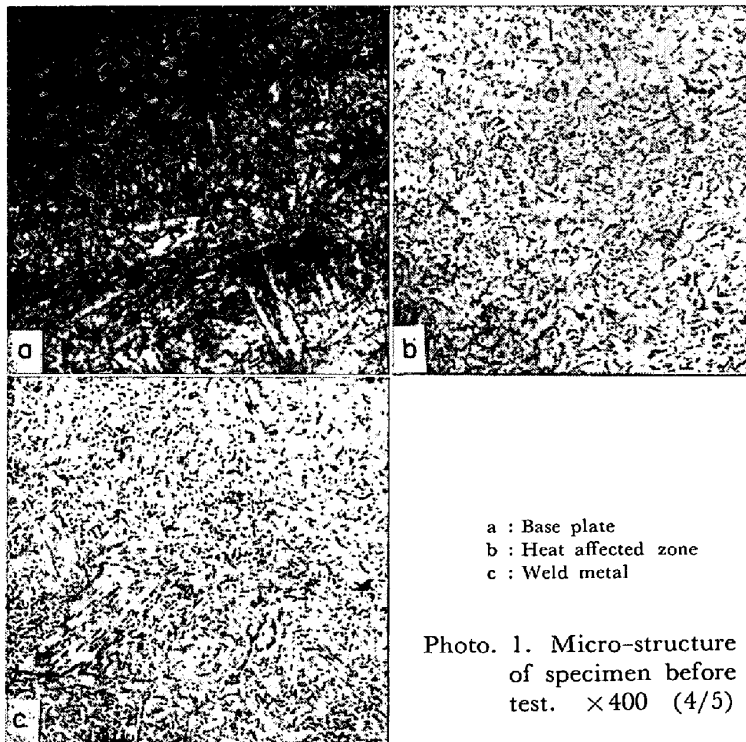
各温度における母材試料と溶接継手試料のラプチャー試験結果を Fig. 1 に示す。これより次のことが分る。425°C の試験温度では、母材試料の方が溶接継手試料よりもラプチャー強度が高い。450°C では両者のラプチャー強度は同程度になり、500°C, 550°C では溶接継手試料の方が強くなるが、550°C ではその差が小さくなる。

3.2 破断部および組織の観察結果

溶接継手試料の場合、425°C と 450°C ではほとんど熱影響部から脆性破断を起こしており、500°C と 550°C ではすべて母材部から脆性破断を起こしている。すべての試験温度において溶着金属部から破断した例はなかつた。

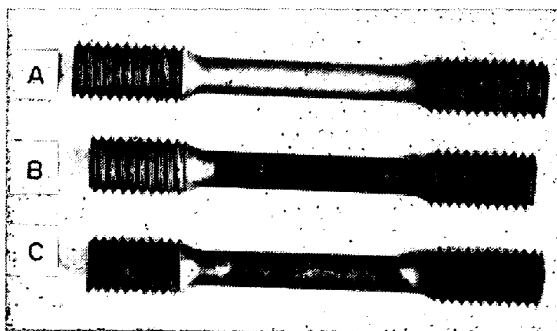
母材試料の場合、425°C と 450°C では明瞭な伸び、絞りをとまなう延性破断を呈するが、500°C、550°C では完全な脆性破断を呈している。

破断部の観察により、脆性破断を呈した試験片では破面の近傍に非常に多くのき裂が結晶粒界に沿って発生しているのが見られた。450°C および 550°C の試験温度で破断した試験片における熱影響部と母材部の組織、な



a : Base plate
b : Heat affected zone
c : Weld metal

Photo. 1. Micro-structure of specimen before test. $\times 400$ (4/5)



A : Unwelded test piece
B, C : Welded composite test piece

Photo. 2. Appearances of test pieces after macro-etching. $\times 1$ (2/3)

Table 1. Chemical composition of specimen.

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo
Base plate	0.17	0.24	1.31	0.11	0.10	0.20	0.58
Weld metal	0.10	0.55	1.72	0.28	0.17	0.23	0.44

らびに各部でのき裂の発生状況を Photo. 3 に示す。母材部の組織は試験温度の上昇にともない、Photo. 1(a) の焼戻しマルテンサイトが分解し、炭化物が微細に析出した焼戻し組織に変化し、この部分が 500°C、550°C の試験でのき裂の発生部となつている。一方熱影響部は、425°C、450°C において一時間に、一見粗大な異常組織を呈し同温度域でのき裂の発生部となつている。

4. 結果の検討

実験結果は、425°C および 450°C の試験温度では溶接により生じた熱影響部のラプチャー強度は母材部より低い、500°C および 550°C では逆に熱影響部のラプチャー強度の方が母材部よりも高くなることを示している。このことは、試験温度の相違による熱影響部の著るしい組織変化に起因していると思われる。すなわち、熱影響部は、425°C および 450°C の試験では Photo. 3(b) に示されているような、粗大な、粒間き裂の発生および伝播に対する抵抗性の小さい組織に変化し、熱影響部からの脆性破断を起こすが、500°C および 550°C の試験では、Photo. 3(d) に示されているような微細な組織に再び変化し、Photo. 3(a) に示した母材部の焼戻し組織よりき裂が発生しにくくなるものと考えられる。本実験から明らかなように、溶接による熱影響部のような不安定な組織は、高温にさらされた場合、焼戻されて安定な組織へ移行する途中の段階で著るしくラプチャー強度の低い組織を呈する可能性がある。このように、熱影響部のラプチャー強度が著るしく劣化する温度域の存在することは、溶接部の S.R 処理条件などの選定に際して留意すべき点だと思われる。

本実験に供した 70 キロハイテンの設計基準としてラプチャー強度をとる必要のある温度域を明らかにするために、試験結果より Larson-Miller の方法により外挿した各温度での 100,000hr、10000 hr のラプチャー強度と高温抗張力を比較した結果を Fig. 2 に示す。これより、使用温度が 450°C を越える場合は、長時間の使用に耐えるための設計

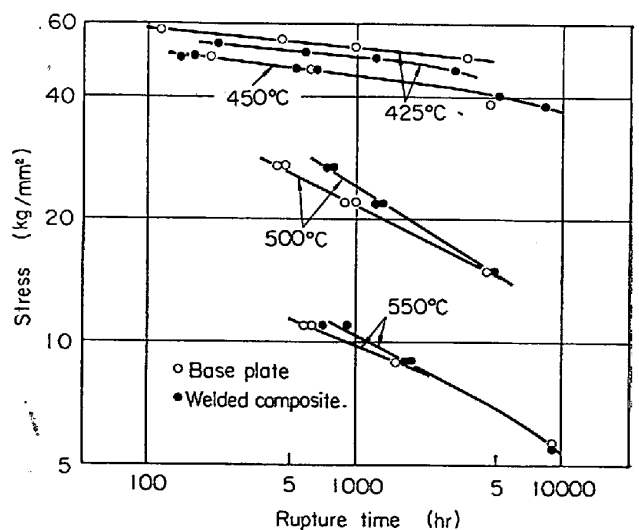
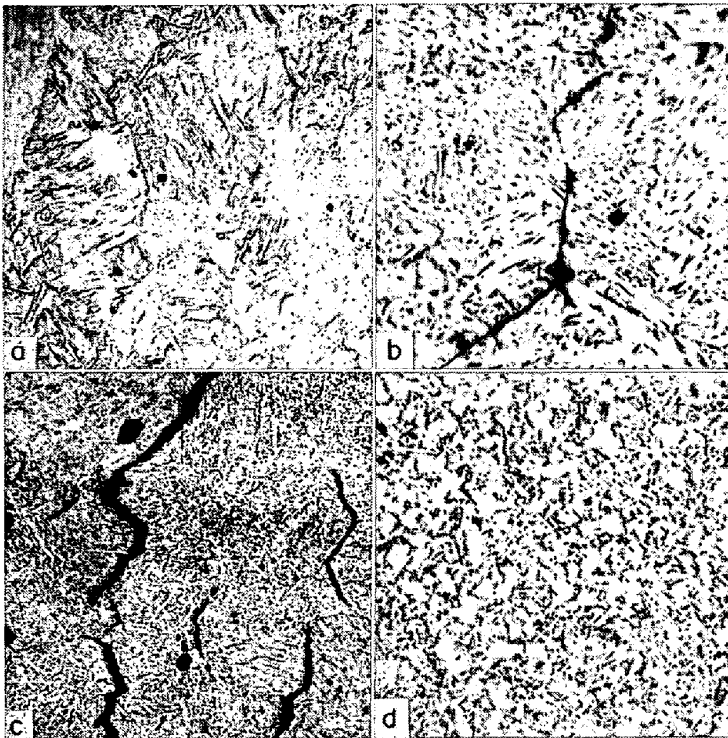


Fig. 1. Rupture test results for base plate and welded composite.

基準としてはラプチャー強度をとるべきであることがわかる。



a : Base plate. 450°C×201hr ruptured specimen
 b : Heat affected zone. 425°C×215hr ruptured specimen
 c : Base plate. 550°C×1586hr ruptured specimen
 d : Heat affected zone. 550°C×1666hr ruptured specimen

Photo. 3. Micro-structure after test. ×400 (4/5)

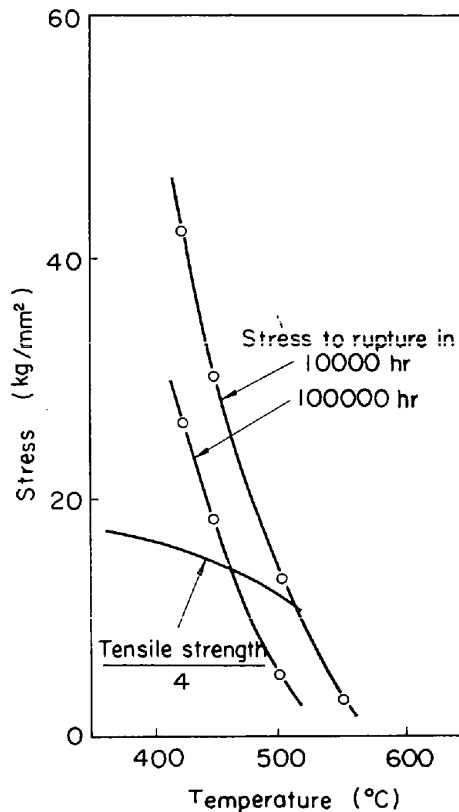


Fig. 2. Comparison between rupture strength and tensile strength.

5. 結 言

当所製の 70 キロハイテン 2H Super 鋼板およびその溶接継手について、425°C、450°C、500°C、550°C の 4 温度でラプチャー試験を行ない、試験の途中における各部の組織変化とラプチャー挙動の関係を調べた。溶接継手試料のラプチャー強度は 425°C、450°C の試験温度では母材試料より低くなった。このことは、同温度域で熱影響部が一時的に粒界き裂の発生および伝播の生じやすい組織になり、熱影響部から破断が起るためであることが考察された。500°C、550°C の試験では、熱影響部は再び微細な組織に変化し、同温度域における母材部の焼戻し組織よりもき裂が発生しにくくなることが分つた。このことより、溶接継手のラプチャー挙動は S.R 処理条件等により著るしく影響される可能性のあることが明らかになった。本試料の場合、使用温度が 450°C を越える場合は、長時間使用に耐えるための設計基準としてはラプチャー強度をとるべきであることがわかつた。

文 献

- 1) V. S. ROBINSON, A. W. PENSE and R. D. STOUT: Welding Research Supplement, December (1964), p. 531
- 2) J. J. DEBARBADILLO, A. W. PENSE and R. D. STOUT: Welding Research Supplement, (1965), p. 357

(181) 17Cr-10Ni-2Mo 鋼のクリープ破断強度におよぼす Cu, Nb, V および B の影響

(オーステナイト耐熱鋼の研究—V)

日立製作所, 日立研究所

佐々木良一・○幡谷 文男

The Effect of Cu, Nb, V and B on the Creep Rupture Strength of 17Cr-10Ni-2Mo Steels

(Study on austenitic heat resisting steels—V)

Ryōichi SASAKI and Humio HATAYA

1. 結 言

高温強度が高く、加工性、溶接性および耐酸化性などがすぐれ、かつ安価なオーステナイト耐熱鋼を開発する目的で 17Cr-10Ni-2Mo 鋼に Cu, Nb, V および B を添加し強度および靱性を調べた。クリープ破断強度におよぼすこれら諸元素の影響を明らかにし、かつ著しく強度の高い 2, 3 の鋼種が得られたので、これらの結果について報告する。

2. 試料および実験方法

SUS 32 TB を修正した 17Cr-10Ni-1.7Mo 鋼に Cu および少量の Nb, V, B を添加した。Table 1 は試料の化学組成を示す。各元素の組み合わせには直交配列表