

314 長時間使用の $2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}$ 鋼の電子顕微鏡観察及び再熱処理による靱性の回復

名古屋大学工学部

同上

同上

益本 功

○ウヅナラ-ツマ ツバクマラン

奥村 恭司

1. 緒言

前報⁽¹⁾において、 540°C 、 $88,000$ 時間使用した $2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}$ 鋼及びこれと同等規格鋼材の未使用のものとの組織と機械的性質を調べ、使用材に於いて特に靱性の著しい劣化を認めた。使用材に粗大な炭化物及びリンの粒界偏析が認められたが、脆化はリンの偏析のみに依らないことが分った。本研究では、更に脆化の主因の一つであると思われる炭化物の分布、形態変化などを電子顕微鏡で調べるとともに、使用材の再熱処理による靱性の回復についても検討した。

Table 1 - Chemical compositions(wt %) of materials used

2. 供試材及び実験方法

供試材の化学組成及び光学顕微鏡組織をTable 1及びFig 1に示す。使用材CSは蒸気中で、 540°C 、 $88,000$ 時間使用した $2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}$ 鋼で、未使用材CVはCSとほぼ同一の組成を有するJIS SCM V4相当材である。未使用材に比べ、使用材の地全体に析出物が多く、これらは主に M_7C_3 、 M_{23}C_6 及び M_2C 型炭化物であった。

炭化物の分布と形態は、カーボン蒸着シプリカを作成し、透過型電子顕微鏡により調べた。また長時間使用により劣化した靱性が、再熱処理で回復するかどうかを調べる為、使用材に次の2種類の熱処理を施した後、シャルピー衝撃試験を行った。

熱処理(I): $-700^\circ\text{C} \times 2\text{h} \rightarrow \text{W.Q.}$

この熱処理は、リンなどの不純物の粒界偏析が主原因であるとされている可逆性を有する焼とどし脆化の脱脆化法として使われている。⁽²⁾

熱処理(II): $-1200^\circ\text{C} \times 12\text{h}, \text{W.Q.}, -950^\circ\text{C} \times 2\text{h}, \text{A.C.}, 935^\circ\text{C} \times 4\text{h}, \text{A.C.}, -710^\circ\text{C} \times 2\text{h}, \text{A.C.}$

この熱処理は、長時間使用で形成された炭化物を地に固溶させた後、焼ならし、焼とどし処理を行うものである。

3. 実験結果

Fig 2は、使用材CS及び未使用材CVに観察された炭化物の代表的な電子顕微鏡写真である。未使用材に比べ、使用材の粒内及び粒界に粗大な炭化物が多く観察された。未使用材の粒界に比較的小さな球状の炭化物が観察されるのに対し、使用材では粒界に沿って伸びる粗大な炭化物が多く観察され、その粒界附近に幅の広い無析出帯が認め

MATERIAL		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Sn	Sb	As
DESCRIPTION	SYMBOL											
2 1/4Cr 1Mo SERVICE STEEL	CS	0.12	0.31	0.51	0.020	0.009	2.31	0.98	0.10	0.012	0.003	0.031
2 1/4Cr 1Mo VIRGIN STEEL (JIS SCM V4)	CV	0.14	0.24	0.57	0.009	0.006	2.21	1.05	0.06	0.005	0.004	0.031

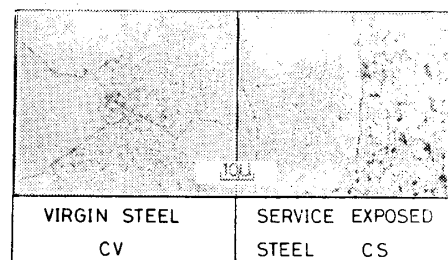


Fig 1- Comparison of microstructures of steel CV and steel CS

られた。

Fig3は、再熱処理を施した後の使用材のシャルピー衝撃試験の結果を示す。熱処理(I)により使用材のシャルピー遷移曲線はやや低温側に移り靱性の向上が認められるが、最大吸収エネルギーはほぼ使用のままのものと同等である。しかし、溶体化処理を含む熱処理(II)を施すと、使用材の靱性がほぼ完全に回復し、未使用材と同程度の高い靱性が得られた。

Fig4は、熱処理(I)を施した後の使用材の電子顕微鏡写真を示す。使用のままの鋼材に比べて、熱処理(I)を受けたものの炭化物の分布、大きさに顕著な変化は見られなかった。一方、熱処理(II)を施した使用材の場合、

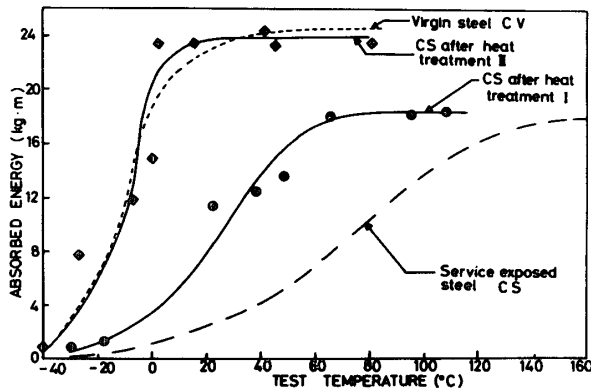


Fig 3 - Improvement in notch toughness of the service exposed steel CS due to heat treatments(I)and(II)

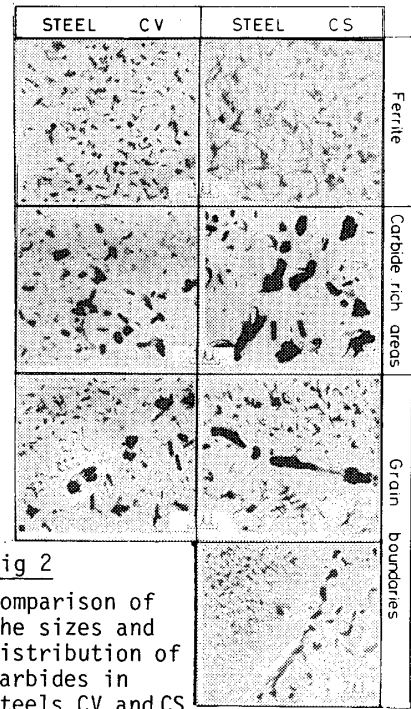


Fig 2 Comparison of the sizes and distribution of carbides in steels CV and CS

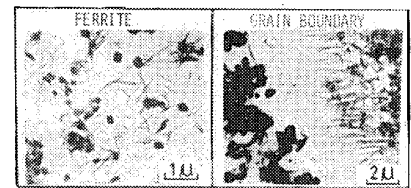


Fig 4 - Carbides in steel CS after heat treatment(I)

使用のままのものの粗大な炭化物がFig5に示す様に微細となり、未使用材に近い組織が認められた。

4. まとめ

長時間使用で著しい脆化が生じた24Cr-1Mo鋼の粒内及び粒界に粗大な炭化物が観察された。この材料にリンなどの不純物の粒界偏析を低下させる熱処理(熱処理I)を行うと靱性の向上が認められるが、十分でない。他方溶体化処理を行い炭化物を微細化した熱処理(II)によって靱性の完全な回復が認められ、炭化物の粗大化と形態変化も長時間使用材の脆化の主要因であることが明らかになった。

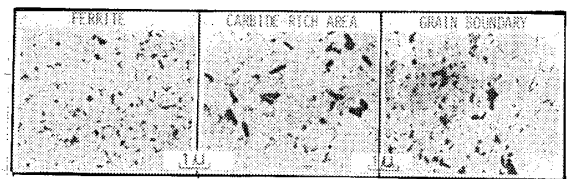


Fig 5 - Changes in the carbide morphology and distribution in steel CS after heat treatment(II)

(1) Masumoto et al., Transactions of the JWS 14 (1983) 1, p.34

(2) 例えば、渡辺ら 鉄と鋼 62 (1976) 4, S 282