

例 神戸製鋼所

中央研究所

○ 高橋 英司

深田 利昭

1. 緒言

耐熱用低合金 Cr-Mo-V 鋼は火力発電用部材などによく用いられているが、この成分系の鋼は、従来より溶接部に再熱割れが生じやすいことが知られている。本研究では、Cr-Mo-V 鋼溶接部の再熱割れにおよぼす化学成分の影響について検討するとともに、同鋼における再熱割れの発生特性ならびに割れの微視的様相などについて検討を行なった。

表1 基準としたCr-Mo-V鋼の化学組成(%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
0.18	0.34	0.75	0.004	0.007	0.02	1.16	0.96

V	Cu	Ti	Al	Sn	As	Sb
0.14	<0.002	0.024	0.007	0.001	<0.002	<0.0005

2. 供試材および実験方法

供試材は表1に示すような組成の1¼Cr-1Mo-0.15V鋼を基準にして、V, C, Cu, Pの含有量をそれぞれ単独で変化させたものを用いた。これらは高周波炉により90kg鋼塊を溶製した後、35mm²の形状に鍛造して試作した。

また、再熱割れ試験は熱・応力(歪)サイク

ル再現装置を用いた変温応力緩和試験により行なった。この方法は、あらかじめHAZ粗粒域に相当する熱サイクル(最高加熱温度1350℃, 800~500℃冷却時間13.5sec)を付与した試験片に、室温にて所定の初期応力に達するま

で歪を与え、以後その歪を一定に保ちながら応力除去焼鈍に相当する熱履歴を加えるものである。図1に用いた試験片の形状を示す。

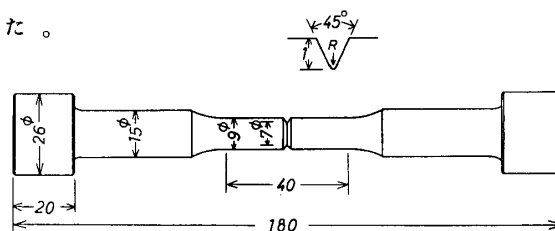


図1 変温応力緩和試験片形状

3. 実験結果

(1) Cr-Mo-V鋼の再熱割れ感受性はV, C, Cuの含有量が増大すると高くなるが、Vの効果が特に大きい。またPについては、今回の実験範囲(0.004~0.032%)では再熱割れとの有意な関連は認められなかった。(図2)

(2) 再現HAZ部の応力緩和挙動と再熱割れ感受性との間には大筋で相関があり、応力緩和の少ないものほど再熱割れ感受性が高い傾向を示す。また、応力緩和挙動におよぼすVの影響は大きく、その含有量が増大すると応力緩和量が著しく減少する。(図3)

(3) Cr-Mo-V鋼の再熱割れは600~700℃の温度範囲で

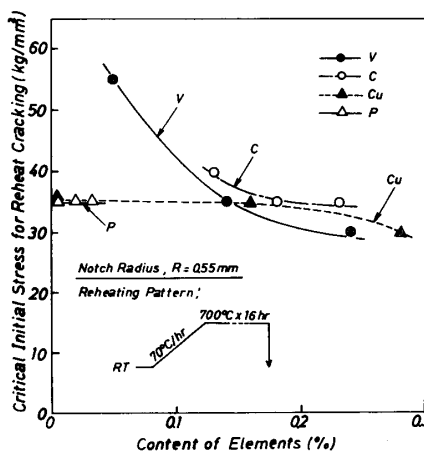


図2 再熱割れにおよぼす化学成分の影響

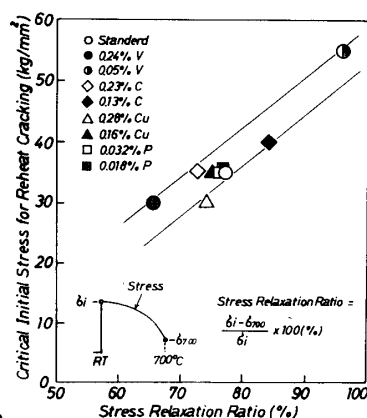


図3 応力緩和量と再熱割れ感受性との関係

発生しやすく，その破壊様式は，初期応力が高く比較的低温短時間側で割れる場合にはくさび型の粒界破壊であり，初期応力が低く応力緩和がかなり進行した高温側で割れる場合には粒界に沿って空洞が形成する空泡型となる。（図4，写真1）

(5) Cr-Mo-V鋼の再熱割れとしては，通常の場合くさび型よりも空泡型のものの方が起きやすいようである。また，鋼中のV含有量が低下すると，再熱割れが空泡型のものとなる初期応力範囲が狭くなる傾向がみられる。（図5）

(6) くさび型破壊の破面は平坦な粒界破面であるが，空泡型破壊の場合，空泡が破面全体に分布したはちの巣状の粒界破面を呈する。空泡の微視的な様相は，高温クリープ破壊で見られるものと同様に，いくつかの直線部分でふち取られた多面体形状をなしている。またその表面には，バナジウム炭化物と思われる微小な粒子の存在が認められた。（写真2）

4. 結言

Cr-Mo-V鋼の再熱割れにはVの影響が顕著であり，空泡型の再熱割れが生じやすい。これはバナジウム炭化物の粒内析出が高温域での応力低下を阻止することと，同炭化物の粒界析出が空泡の生成核として作用することによるものと推測された。

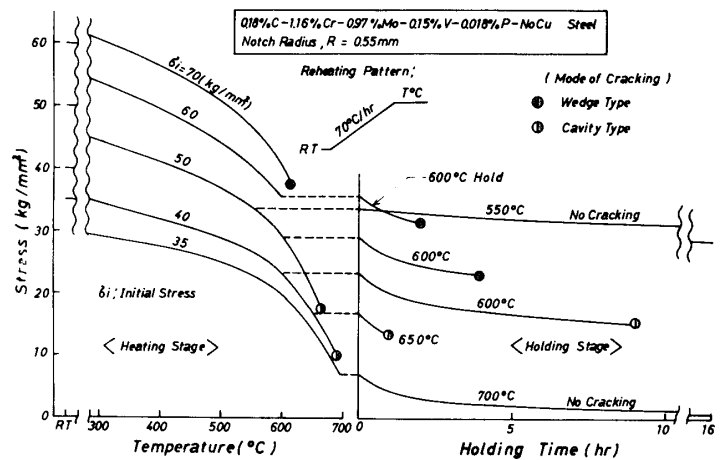


図4 応力緩和過程における再熱割れの発生時期とその破壊様式

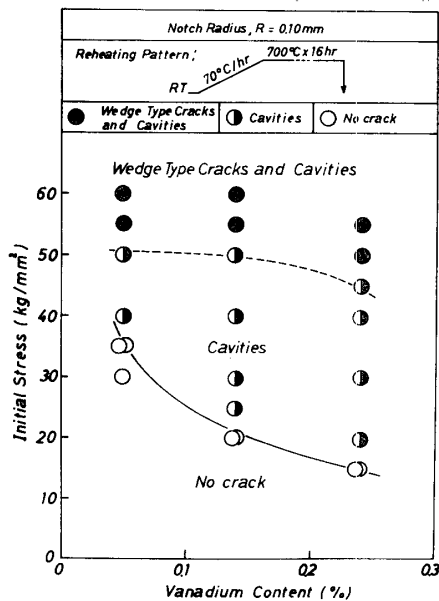


図5 鋼中のV含有量と再熱割れの破壊様式との関連

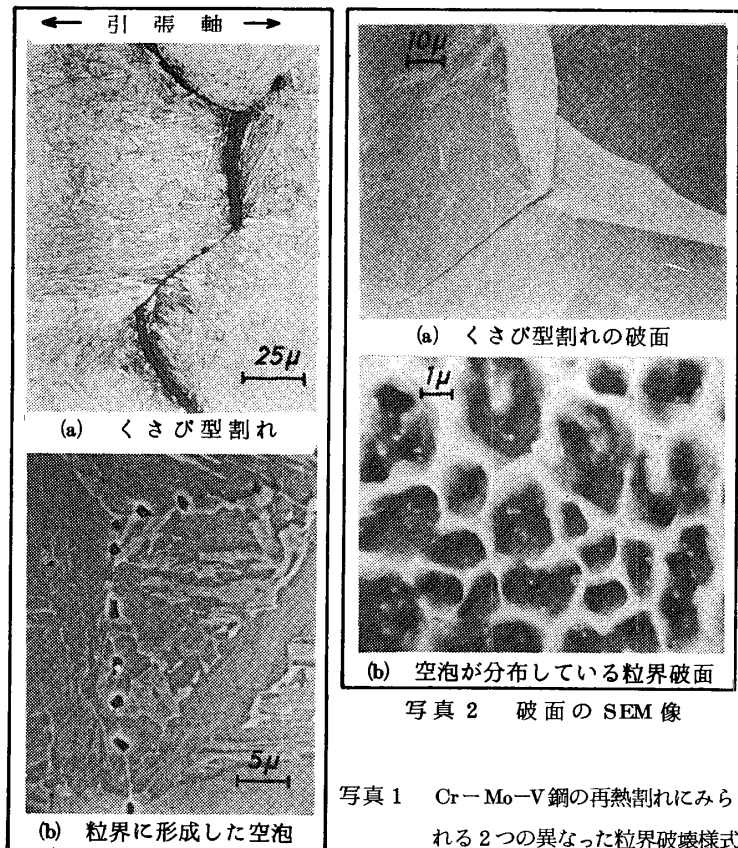


写真2 破面のSEM像

写真1 Cr-Mo-V鋼の再熱割れにみられる2つの異なる粒界破壊様式