

第72回(秋季)講演大会講演論文集(II)*

第 5 会場 (耐熱鋼・性質・加工・分析)

(166) Cr-Mo 系耐熱鋼の高温強度におよぼす Cr の影響

(中 Cr 耐熱鋼の研究-I)

日立製作所, 日立研究所 ○佐々木 良一
Effect of Cr on High Temperature Strength of Cr-Mo Heat-Resisting Steel.

(Study of medium Cr heat-resisting steel-I)

Ryoichi SASAKI.

1. 緒 言

Cr-Mo 系耐熱鋼は熱交換器用あるいは高温配管用として広く使用されており, この系列の中では $2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo 鋼が最も許容応力が高く, これより Cr が多い 5Cr-1/2Mo, 7Cr-1/2Mo, 9Cr-1Mo 鋼は $2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo 鋼よりも低い許容応力に定められている. また COLBECK¹⁾らは Mo-V-W 鋼のクリープ強度は Cr 1% 付近に最大強度の点があつて, Cr 7% まで Cr の増加とともにクリープ強度が低下することを報告している. 今日一般には, この系の耐熱鋼では 5~8%Cr 付近が最もクリープ強度が低いものとされている. しかしながら Cr-Mo-V 鋼のクリープ破断強度におよぼす Cr の影響を調べると, 焼準焼戻では Cr 1% 付近で最大強度を示すが, 炉冷焼戻では Cr 2% までは Cr が増すとともに強度が増した²⁾.

以上のように, Cr-Mo 系鋼の高温強度におよぼす Cr の影響については明確でない点があるので, 1%Mo 鋼に Cr を 1~10% 加えた試料を溶製し, 高温強度におよぼす Cr の影響を調べることとした.

2. 試料および実験

試料は高周波溶解炉で 17 kg 溶解し, 15~20 mm 角に鍛伸してから, 1100°C×2 hr 油焼入, 700°C×2 hr 焼戻の焼入焼戻および 1000°C×2 hr 加熱, 100°C/hr 冷却, 700°C×1 hr 焼戻の炉冷焼戻の熱処理をほどこした. Table 1 は試料の化学組成を示す. 平行部直径 8 mm φ, 標点間隔 28 mm の試片で室温引張試験を, 10 mm 角 2 mm V ノッチ試片 (JIS 4号) でシャルピー衝撃試験を, 平行部直径 6 mm φ, 標点間隔 30 mm の試片を用い, 6 レバー型クリープ破断試験機により主として 600°C でクリープ破断試験を行なった. 試料 No. 5, No. 7 については 550°C および 650°C でも試験した.

* 講演論文原稿受付日
: 昭和41年5月16日

Table 1. Chemical composition of specimens(%).

No.	C	Si	Mn	Cr	Mo
1	0.11	0.42	0.65	1.03	1.12
2	0.10	0.52	0.70	2.30	1.10
5	0.08	0.33	0.59	5.37	1.05
7	0.10	0.36	0.53	7.43	1.10
9	0.11	0.65	0.51	9.22	0.98
10	0.12	0.58	0.50	10.61	0.87

3. 実験結果

Fig. 1 は 600°C のクリープ破断試験結果を示す. 焼入焼戻材では Cr が 5% に増すと 1~2%Cr 鋼よりもわずかに強度が低下し, 7~10%Cr でわずかに強度が増すが大きな差はない. 炉冷焼戻材では 5~7%Cr 鋼が最も強く, これより Cr が少なくとも多くても強度は低下する.

Fig. 2 は引張強さ, 衝撃値および 600°C 1000 hr クリープ破断強度におよぼす Cr の影響を示す. 焼入焼戻では引張強さ, クリープ破断強度におよぼす Cr の影響は小さく, 7~10%Cr がやや高い程度であるが, 炉冷焼戻では引張強さ, クリープ破断強度ともに 7%Cr で山を示し, 9%Cr になると著しく弱くなる. 衝撃値は焼入焼戻では Cr の増加とともに低下し, 炉冷焼戻では 1%Cr および 9%Cr 以上で著しく低い値が 2~7%Cr では 15 kg·m/cm² 以上の高い値を示す.

Fig. 3 はクリープ破断強度の高い試料 No. 5, No. 7 の 550°C および 650°C のクリープ破断強度を示す. 550°C 10,000 hr 強度は 15~17 kg/mm² を示し Cr-Mo 系鋼としては非常にすぐれている.

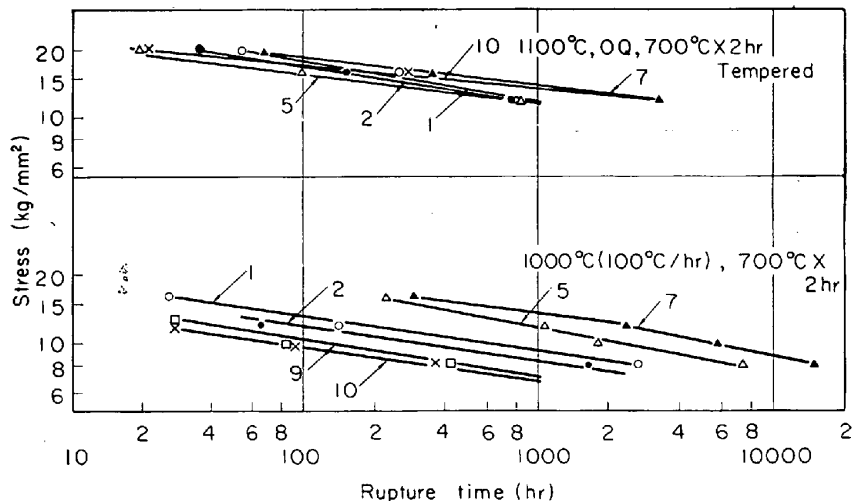
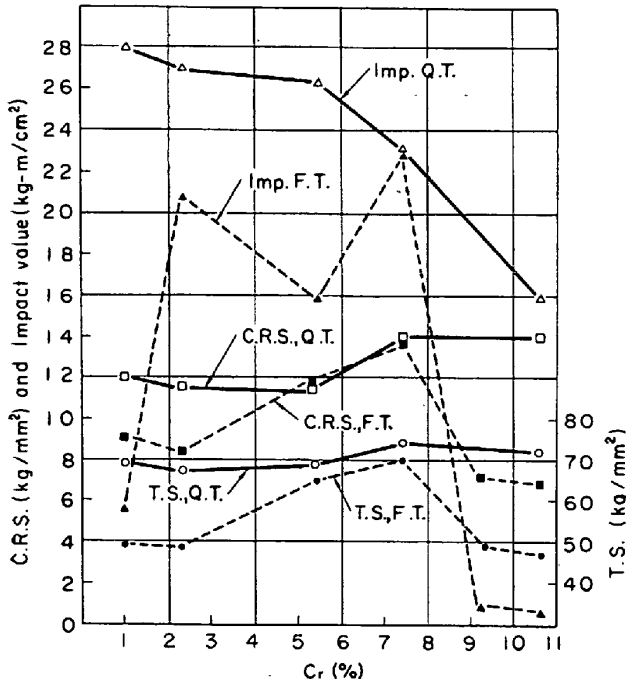


Fig. 1. The effect of Cr on the creep rupture strength of Cr-Mo steels.



Q. T.: 1100°C oil quenched and tempered at 700°C
 F. T.: 100°C/hr cooled from 1000°C and tempered at 700°C
 T. S.: Tensile strength
 C. R. S.: 1000 hr creep rupture strength at 600°C
 Imp.: 2 mmV notch Charpy impact value

Fig. 2. The effect of Cr on the mechanical strength of Cr-Mo steels.

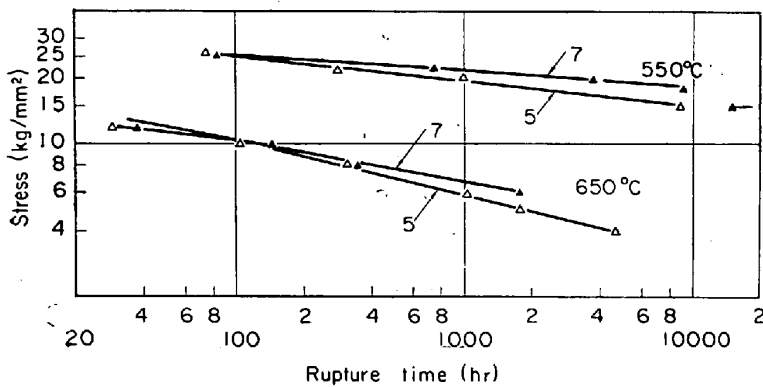
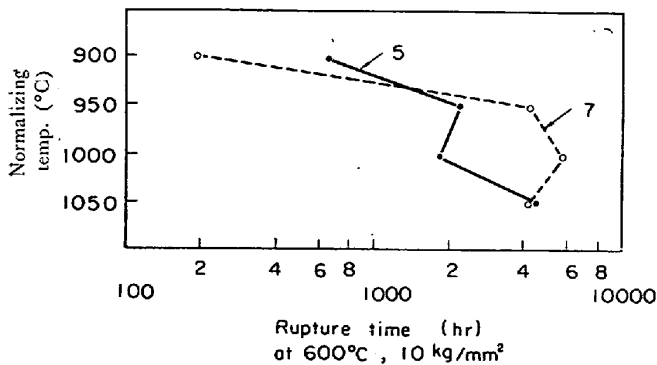


Fig. 3. Creep rupture curves of No. 5 and No. 7 (F. T.).



Cooling rate: 100°C/hr, Temper: 700°C×2 hr

Fig. 4. The effect of normalizing temperature on the rupture time.

Fig. 4 は試料 No. 5, No. 7 のクリープ破断強度におよぼす焼準温度の影響を示す。600°Cで応力 10kg/mm²の条件では、焼準温度 900°Cの時は短時間で破断し、2¹/₄Cr-1Mo 鋼と大差ないが、950°C以上の焼準では破断時間は著しく長くなり 2¹/₄Cr-1Mo 鋼よりもかなり強い。

4. 検 討

試料 No. 1, 2, 9, 10 は、焼入焼戻では高強度を示すが、焼入冷却速度に敏感で、炉冷焼戻では低強度となる。しかし、No. 5, No. 7 は 950°C以上の焼準では冷却速度に鈍感で、焼入焼戻と炉冷焼戻とでほとんどクリープ破断強度が変わらない。これは実用化の上できわめて大きな利点で、小物でも、大物でも安定した特性が得やすい。

約 7%Cr までは Cr が増すことにより焼入性が向上し、100°C/hr 冷却におけるフェライトの析出が阻止され、7Cr-1Mo 鋼ではまったくフェライトは析出しなくなるが、さらに Cr が増すと再びフェライトの析出が多くなる。この組織変化に対応して 7%Cr 付近に強度の山がでたものと解される。焼準温度が 900°Cでは炭化物が地に十分溶けこまず、焼入性が低く、したがって 100°C/hr 冷却で多量のフェライトが析出し、950°C から焼準した場合はフェライトはほとんど認められなくなるので、焼戻後の組織は微細な Cr 炭化物が一様に分布する組織となる。クリープ破断時間の変化もこの組織変化に対応する。炭素被膜抽出レプリカにより炭化物の電子線回折を行なった結果、試料 No. 5, No. 7 の炭化物は M₆C+M₂₃C₆ と判定された。

5. 結 言

- Cr-Mo 系耐熱鋼の強度におよぼす Cr の影響を調べ、要約すると次の結果を得た。
- (1) 油焼入焼戻では Cr 量が 1~10% に変わっても引張強さ、クリープ破断強度はあまり変わらない。
 - (2) 炉冷焼戻では Cr 量が 7% 付近で強度の山を示し、Cr がそれ以下でも、また以上でもクリープ破断強度は著しく小さくなる。
 - (3) 5~7%Cr-1Mo 鋼のクリープ破断強度は焼準温度に敏感で、高強度を得るには 950°C 以上で焼準することが必要である。
 - (4) 5~7%Cr-1Mo 鋼のクリープ破断強度は焼入冷却速度に鈍感で、油焼入焼戻と炉冷焼戻とでほとんど同一の強度を示す。

文 献

- 1) COLBECK and RAIT: BISI Special Report, No. 43 (1952), p. 107
- 2) 佐々木: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 182