研　究　速　報

UDC 669.15'26.017;539.434

Fe-Cr 固溶合金定常クリープの Cr 濃度・応力依存性

Effects of Cr contents and stress on the steady state creep rate of Fe-Cr solid solution alloys

宮 原 一 哉*・石 田 洋 一*

Kazuya MIYAHARA and Yoichi ISHIDA

緒　言

実用耐熱鋼において，Cr は耐酸化性と高温強度とを増す合金元素として，最も重要なものであり，1～3% Cr 添加が，クリープ強度を最も高めることが，明らかにされているが[1]，その強化機構は，なお，十分には，わかっていない．Cr 耐熱鋼の強化機構を知る基礎的研究として Fe-Cr 2元合金のクリープ挙動について，低 Cr 合金 (2.3% Cr) では，門間，須藤らが[2]，高 Cr 合金 (15～25 Cr) では，今井，村田ら[3]および Rossard[4] らが調べている．門間，須藤らは，比較的低温，高応力側で調べ，今井，村田らは，比較的高温，低応力側で調べたため，定常クリープ速度の応力依存性は，二つの研究において，大きな違いが見られた．そこで，本実験は同じ Fe-Cr 2元合金について，Cr 量を大きな範囲で変化させ (0～20 % Cr)，同じ温度でクリープ試験を行ない，固溶 Cr のクリープ強度におよぼす効果を調べ，同時に，Cr 量による定常クリープ速度の応力依存性の変化を調べた．

実　験

真空溶解により，得た試料の化学成分を，第1表に示す．試料の熱処理は，前報[7] と同じであり，試験温度は 500℃，600℃，700℃ である．クリープ試験片の寸法は図1に示す．

実験結果

500℃，600℃ での定常クリープ速度 $\dot{\varepsilon}$ と応力 σ とを $\log\dot{\varepsilon}-\log\sigma$ の関係で図示すると，図 2，3 となる．よ

Table 1 Chemical compositions of alloys.

alloy systems	Cr (wt %)	C (wt %)	Mn (wt %
Fe	Nil	0.009	0.16
Fe-2 Cr	1.94	0.012	0.15
Fe-6 Cr	5.76	0.012	0.16
Fe-12 Cr	11.96	0.009	0.12
Fe-20 Cr	18.90	0.007	0.17

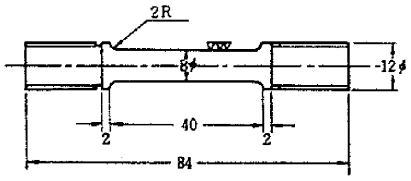

Fig. 1 Specimen for Creep Test

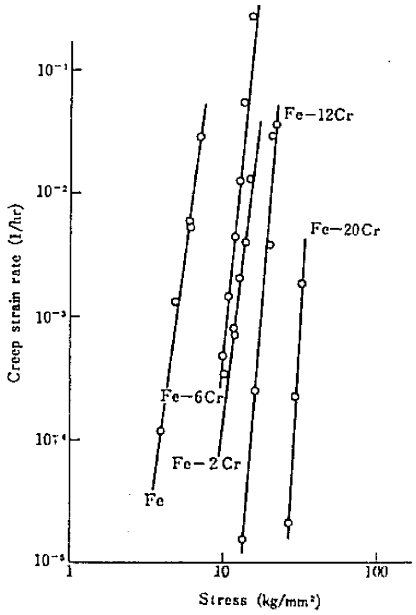

Fig. 2 Creep strain rate-stress relations at 500℃ (～0.45 Tm)

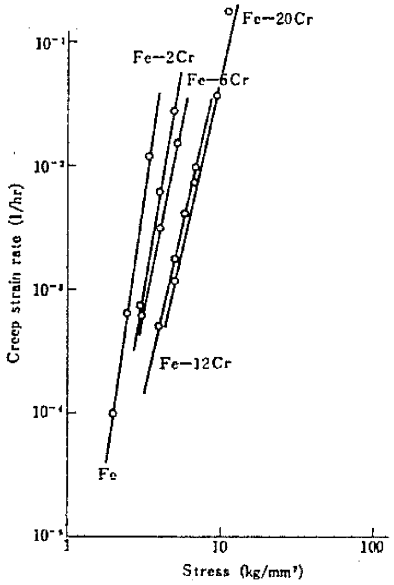

Fig. 3 Creep strain rate-stress rerations at 600℃ (～0.50 Tm)

東京大学生産技術研究所　第4部

Table 2　n Values of each alloy.
Tm: melting point of Fe-Cr alloy (°K)

alloy systems	500°C (~0.45 Tm)	600°C (~0.50 Tm)	700°C (~0.55 Tm)
Fe	9.5	9.0	—
Fe-2 Cr	11	7.5	—
Fe-6 Cr	13	6.0	—
Fe-12 Cr	15	5.2	6.1
Fe-20 Cr	26	5.7	6.0

い直線関係があるので，前報[7] の(1)式を用い，n 値を求めて整理すると，表2となる．

考　察

実験結果から次のことが注目された．

(1)　ある一定のクリープ歪速度 ($\dot{\varepsilon}=10^{-2}$ 1/hr) を与える応力と Cr 量との関係を求めると，図4となる．Cr 量の増加と共に，クリープ強度は，大きくなるが，特に，500°C において，2% Cr 合金の強度が，異常に大きい．Fe-2 Cr と Fe-6 Cr のクリープ曲線について，比較してみると（図5），同じ応力にもかかわらず，Fe-2 Cr の定常クリープでの歪速度が小さく，瞬間歪および加速クリープに入るまでの時間も小さい．これは，Cr 耐熱鋼において，1～3% Cr で強度が大きくなることと対応していると思われるが，本実験のように固溶炭素量の少ない場合にも，このように，耐熱鋼 (0.2% C) と，同様の傾向が認められることが，Fe-Cr 2元合金の固有の特徴によるものか，あるいは，門間，須藤らが低合金鋼の場合において提案している[8] I. S. 効果によるものか明らかではない．

また，図 2，3 および前報[7] の図 2，3 から知られるように，固溶強化は，低温側(500°C) では，析出強化より大きくなり得るが，高温側 (600～700°C) では，小さくなる．このことから，少なくとも，Fe-Cr 合金においては，析出強化機構が固溶効果以上に，高温強度に対し重要であることが認識される．

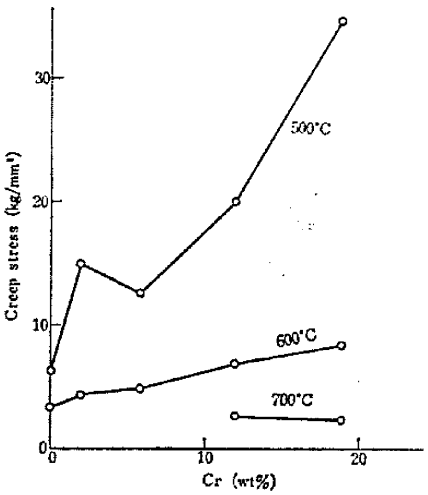

Fig. 4　Creep stress to attain a creep rate ($\dot{\varepsilon}=10^{-2}$/hr) for varing Cr Conteut

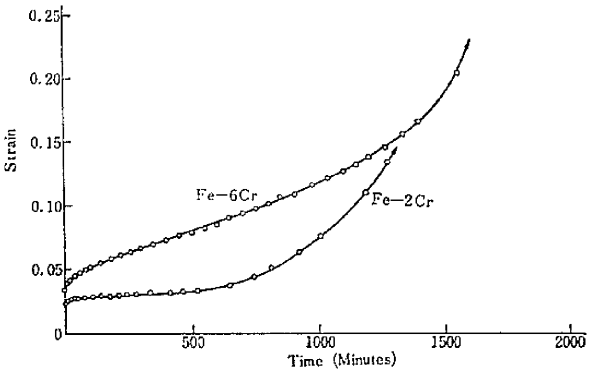

Fig. 5　Creep curves of Fe-2Cr and Fe-6Cr at 12 kg/mm² and 500°C

(2)　今までの多くの研究では，固溶合金の n 値は3～5位であるが[4)~5)]，本実験では，500°C において，非常に大きな値が得られた．門間，須藤らは，2.3% Cr-Fe 合金において，350～600°C で，11 を得，今井，村田らは，15～25% Cr-Fe 合金の 600～800°C において，ほぼ5の値を得ている．表2から，これらの値は，筆者らの得た値とよく一致することがわかるが，同時に n 値は，試験温度により，大きく変ることも知られる．

応力指数 n の Cr 量変化に注目すると，低温側 (500°C) では，Cr 量と共に大きく増加するが，高温側 (600～700°C) では，Cr 量と共に減少し，ほぼ一定値6をとる．従来，固溶合金の値 n は，大別して，(イ)溶質原子濃度の増加と共に，減少し，3の値に近づく場合と，(ロ)変化せず，ほぼ5の値を保つ場合，との二つがある[4)~6)]．筆者らの実験は，高温において，Cr 量と共に減少している点で，前者と傾向が同じであるが，n の値は3よりずっと大きい．この実験により Fe-Cr 合金の n 値が，Cr 量と共に変化することが知られたが，低温および高温での，n の変化を決める機構の理解は，これからの課題である．

クリープ試験にあたり，藤田利夫助教授の有益な御助言をいただいたことを付記し，感謝の意を表します．

(1969年6月26日受理)

文　献

1) 住友，岡田，鉄鋼と合金元素(上) (1966) p 324
2) 門間，須藤，中村，学振 123 委員会 第1分科会資料 昭和41年3月 p 1
3) 今井，村田，日本金属学会誌，30 (1966) 740
4) O.D. Sherby P.M. Burke Mechanical Behanior of Crystalline Solids at Elevated Temperatures (1968) p 369
5) 辛島，及川，渡辺，日本金属学会誌，5 (1966) 517
6) J. Weertman. Trans Quart. ASM. 61 (1968) 681
7) 宮原，石田，本誌，21 (1969) 554
8) 門間，須藤，日本金属学会誌，30 (1966) 558