

(599) 固溶強化した25Cr-35Ni鋼の定常クリープ速度の応力指数及び
クリープの活性化エネルギーについての検討

東京工業大学 工学部 ○近藤義宏 松尾 孝 田中良平

1. 緒言 クリープの活性化エネルギー(Q_c)及び定常クリープ速度の応力指数(n)の値はクリープの変形様式を判断するパラメータとしてよく用いられる。しかし、実用合金ではともに予測を上回る値を示す場合が多く、これらの値の変化が何に起因するかを考察した研究報告は少ない。著者らは先に、C無添加の25Cr-35Ni鋼に種々の元素を添加して定常クリープ速度の負荷応力(σ_a)指数(n)及び負荷応力一定でのクリープの活性化エネルギー(Q_c)を調べたところ、それぞれ4~10及び70~160 kcal/molの範囲で鋼種により大きく異なるのに対し、定常クリープ速度の有効応力($\sigma_e = \sigma_a - \sigma_f$)指数(n_0)及び有効応力一定でのクリープの活性化エネルギー(Q_c^*)を求めるとすべての鋼種について、それぞれ約3及び約65 kcal/molとなることを明らかにした^{1)~3)}。そこで本研究では、それぞれの鋼種の Q_c が Q_c^* に比べて、また n が n_0 に比べて大きくなること的主要原因について、摩擦応力を考慮して表現した定常クリープ速度式、 $\dot{\epsilon}_s = A(\sigma_a - \sigma_f)^{n_0} \exp(-Q_c^*/RT)$ ----- (1) (R:気体定数, T:温度, A:材料固有の定数)及び各鋼の摩擦応力測定データを用いて検討する。

2. n 値についての検討

(1)式をさらに一般化すると、 $\dot{\epsilon}_s = A[(\sigma_a - \sigma_f)/E(T)]^{n_0} \exp(-Q_c^*/RT)$ ----- (2) ($E(T)$ は弾性係数)となる。一方、 $\dot{\epsilon}_s$ は $\dot{\epsilon}_s = (\sigma_a/E(T))^n \exp(-Q_c/RT)$ ----- (3) で示される。温度を一定とすれば、 n は $n = (d \ln \dot{\epsilon}_s / d \ln \sigma_a)_T$ ----- (4) となり、これに(2)式を代入すると、 $n = n_0 [1 - (d\sigma_f/d\sigma_a)_T] / [1 - (\sigma_f/\sigma_a)]$ ----- (5) で表される。そこで、各鋼種について種々の負荷応力での σ_f の実測値を上式に代入し、各鋼種の n 値を算出して、負荷応力一定常クリープ速度曲線より求めた n 値と比較する。なお、 n_0 については実測値より3.13を用いる。

3. Q_c についての検討

Q_c は(3)式より $Q_c = [d \ln \dot{\epsilon}_s / d(1/T)]$ ----- (6) で表わされる。これに(2)式を代入すると Q_c と Q_c^* との関係は $Q_c = Q_c^* - [n_0 RT^2/E(T)](dE(T)/dT) - [n_0 RT^2(\sigma_a - \sigma_f)](d\sigma_f/dT)$ ----- (7) で示される。そこで各鋼種について900及び1000°Cでの σ_f の実測値より右辺の第2及び3項を求め、 Q_c を算出し、実測の Q_c との比較検討を行う。なお、右辺第2項の弾性係数の値については文献によるデータを用いた。

4. 結果 1)各鋼について種々の応力で測定した摩擦応力より計算で求めた応力指数は実測値とよく対応している(図1)。したがって、固溶元素添加による n 値の変化は摩擦応力の負荷応力依存性の程度に起因する。 2) Q_c と Q_c^* との関係式は弾性係数及び摩擦応力の温度依存性をもち、弾性係数による増加は最高10 kcal/mol程度で小さい。しかし、900及び1000°Cでの摩擦応力の実測値より(7)式の右辺第3項を加えると、各鋼について計算により求めた Q_c は実測の Q_c とよく対応する。したがって、固溶元素添加による Q_c の増加は、その大半を摩擦応力の温度依存性で説明できる。

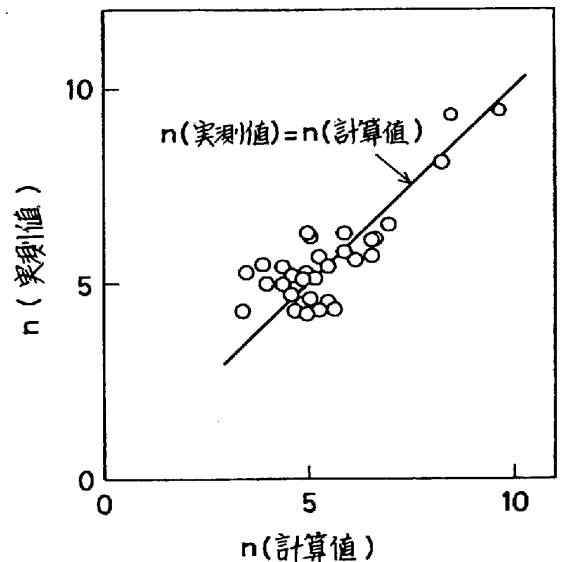


図1. 計算及び実測による定常クリープ速度の負荷応力指数 n の比較

文献 1) 近藤, 松尾, 田中: 鉄と鋼, 67(1981), p.987 2) 近藤, 松尾, 田中: 鉄と鋼, 68(1980), S1195 3) 近藤, 松尾, 田中: 日本鉄鋼協会第102回講演大会発表予定