

(討12) 軟鋼のいすみ時刻に及ぼす元素の影響

東洋製鉄・東洋鋼板 総合研究所 ○ 橋 田 坦
大 堀 克 夫

12. 緒言

軟鋼のいすみ時刻は、原則として偏析するあらゆる元素によっていすみ起されるが、とくに侵入型固溶元素であるCとNの作用が著しい。そのうちでも実用上はNが主要な役割を果すと考えられている。しかしながら、この理由は室温附近でのNの溶解度がCにくらべて大きいためであり、Cが同時に過飽和に固溶していたり、時刻が比較的高温でいすみ起される場合にはCの影響が現われてくる。C、Nとも拡散の活性化エネルギーがほぼ等しいので、両元素が同時に作用しているいすみ時刻ではふたつあつた影響の分離は難しい。いすみ時刻は軟鋼のいすみ様式の発生、靱性低下の要因となり実用上の重要性から以前より研究の対象となってきた。現在までのところ、いすみ時刻の基本的な機構は判明してきている。本報告では、これらをもとにNを固溶した軟鋼にみられる室温附近での短時間いすみ時刻について概説する。

2. 降伏応力のいすみ速度依存性

C、Nを固溶する α -Feと室温附近でいすみ速度を変えて降伏応力を測定すると、低温域でいすみ速度依存性が小さくなり高温域との間にkinkがみえることはよく知られている⁽¹⁾。これは位相変形中に、いすみ時刻が起るとその分だけ余分な摩擦力が生じると考えることができる。Hahnらによれば⁽¹⁾、この理由はSnoek ordering⁽²⁾とCottrell atmosphereの形成⁽³⁾によると説明され、この他にもSnoek orderingを原因とする考え方が多い⁽⁴⁾⁽⁵⁾。このような考え方に基いて、低いいすみ速度域では通常の低温における位相機構(例えばバイルス・ポランツェマルのりこえ)の他に上記の2つのピークが重要していると想定して計算する(表1)。

表1 ピーク値の計算

機 構	ピーク位置		ピーク高さ	
	いすみ速度*	T=300°Kでの計算値 sec ⁻¹	摩擦力*	0.01wt% Nでの計算値 kg/cm ²
Snoek ordering	$\frac{1}{12}nb(320/b)^{(1)}$	7.55×10^{-7}	$20.5 A_1 C_0 P/b^{(3)}$	5.12
Cottrell atmosphere	$\frac{1}{12}nb(40/b)^{(1)}$	4.00×10^{-9}	$34 A_2 C_0 P/b^{(4)}$	7.03

* いすみせん断速度の値としてある。 ** Nの α -Fe中のjump timeに別なサーチ τ (⁽¹⁾)を用いると1桁大きくなる。

上記の計算で用いた数値は、 n : 動変位密度 10^8 cm^{-2} 、 D : Nの α -Fe中の拡散定数 300°K で $2.03 \times 10^{-16} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、 Q : トラップの大きさを A/RT : A は A_1 又は A_2 R はボルツマン定数、 C_0 : Nの濃度 $0.01 \text{ wt}\% \text{ N}$ は 3.99×10^{-4} 、 P : 単位体積中の原子数 $\sim 2/a^3$ a は格子定数、 b : ヘーゲル・ポランツェマルの大きさ、 A_1 : $1.8 \times 10^{-20} \text{ dyne cm}^2$ 、 A_2 : $1.5 \times 10^{-20} \text{ dyne cm}^2$ 、 A_1 、 A_2 は α -Fe中のCに対する値に代用した。同じく $0.100 \text{ wt}\% \text{ C}$ 、 $0.009 \text{ wt}\% \text{ N}$ を含有する軟鋼の降伏応力のいすみ速度依存性を示す。今この報告は水素⁽¹⁾とは異なり、室温で $1.7 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$ 程度のいすみ速度依存性を示している。これは主として固溶量のちがいに由来すると考えられる。図の中でおおむねいすみ速度依存性の小さい部分が現われていると思われる 50°C 程度にとる(図2)。その他の低温側は高温側と対称的にいすみ速度依存性をもって代用し、上記ピークを重畳させてもよいいすみ速度依存性の小さい直線が得られるわけである。以上の議論は非常に簡略化された理論に基づいているから、多くの不確実性を含まれている。それゆえにその他の低温側は高温側よりいすみ速度の延長として表わされるが、(1)ピーク位置の計算

図1 軟鋼の下降応力の
ひずみ速度依存性

材料 $t = 0.24 \text{ mm}$

C N Mn P S Si wt. %
0.100 0.009 0.40 0.016 0.021 0.014

熱処理

700°C 2-5時間 焼鈍

500°C 2-3時間 保冷

500°C から 急冷

ひずり試験

G.L. > 50 mm W = 12.7 mm

TENSILON-UTM 1

エアバス便用

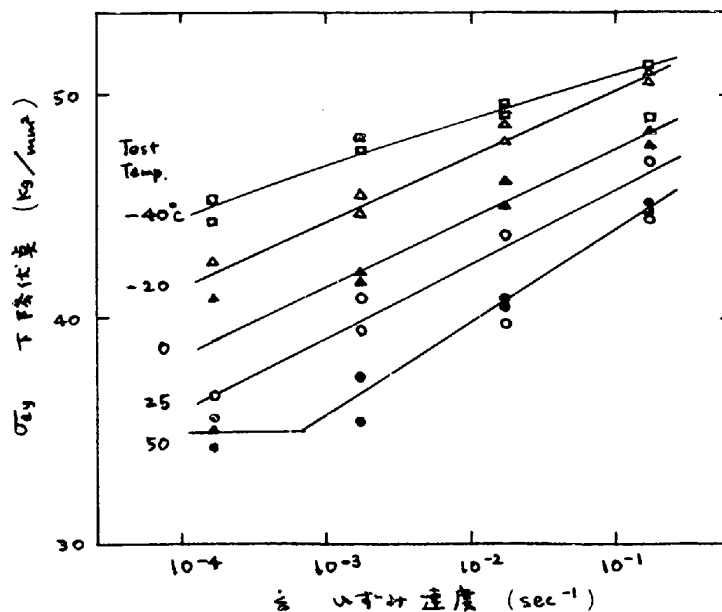


図2 50°Cに

おいて急速で
ひずみ速度依
存性の小さい
部分がある
モデル

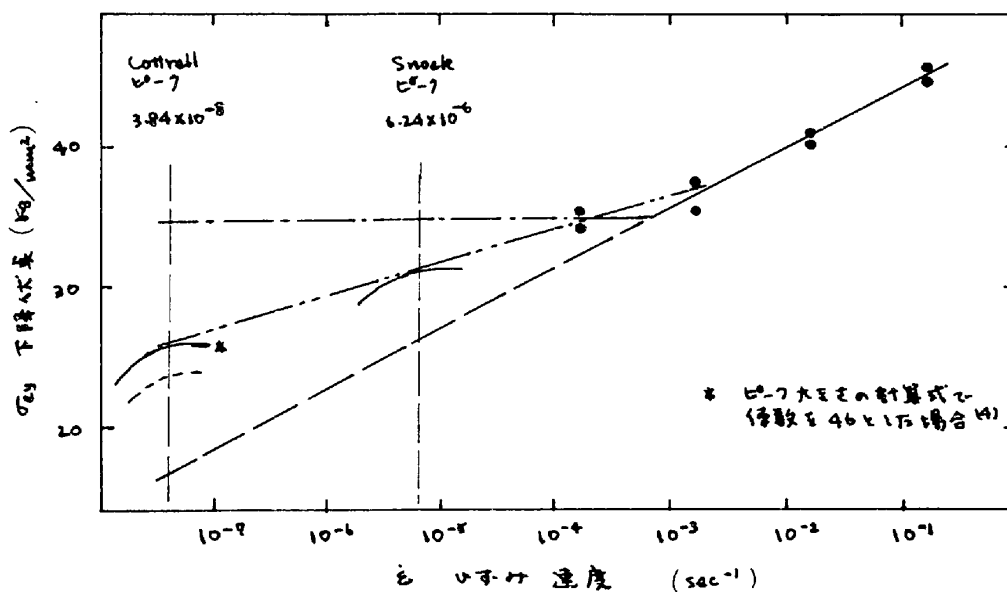


図3 下降応力の
温度依存性 (図1を
プロットし直したも
の)

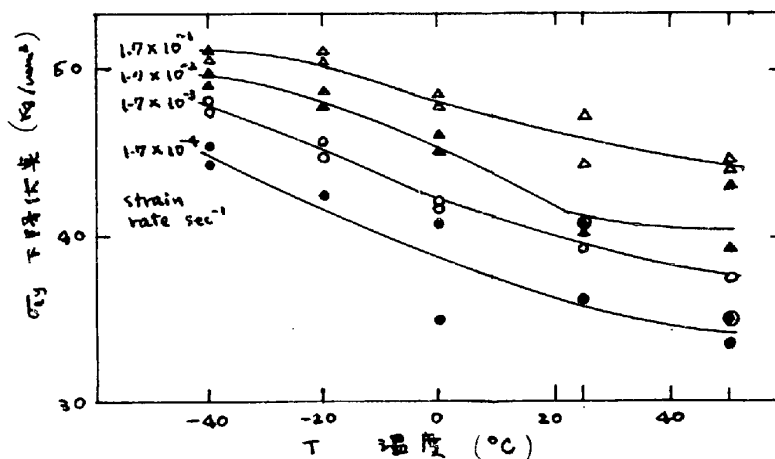


図4 軟鋼の短時間いすけ
時効曲線

試料・試験条件との他は
図1の場合と同じ

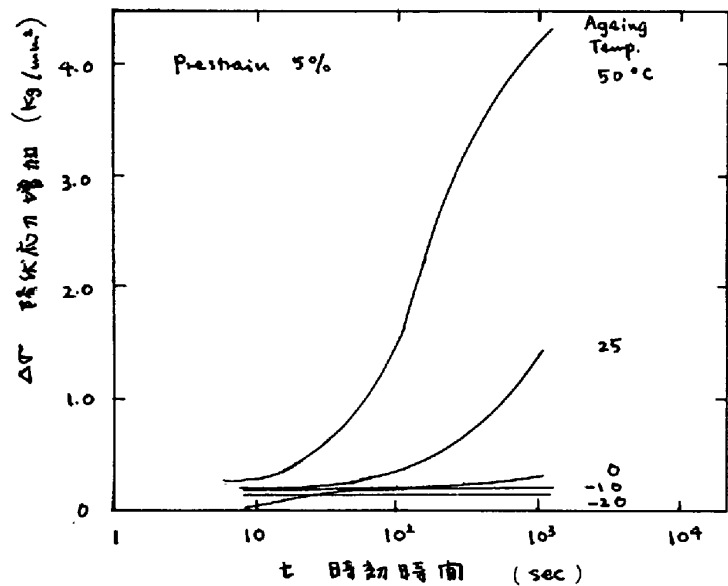


図5 図4の Harper 7°Dy t^{1/2}

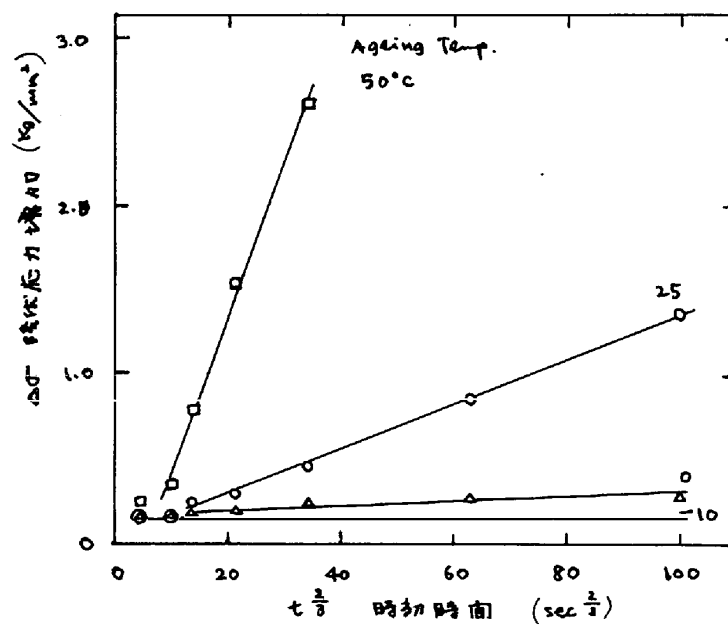


図6 Corwell atmosphere
形成の活性化エネルギーの
決定⁽¹⁾

$S: \Delta\sigma/\sigma - t^{1/2}$ 7°Dy t^{1/2}
直線な勾配

T: 時効温度 °K

Q: 活性化エネルギー 21.8 kcal/mole

$Q = \frac{3}{2} \times 2.3 R \times K$ R: ガス定数

