

(584) 極低温におけるFe-Ni合金のセレーションに及ぼす材料因子の影響

(極低温における変形挙動に関する研究-I)

東京大学工学部 柴田浩司、藤田康造、藤田利夫  
学生 栗田真人(現大学院)

**緒言** 4.2K付近の極低温において金属材料を塑性変形すると温度上昇しやすく、荷重-伸び曲線にセレーションが現われる。このような塑性変形が極低温機器の構造部材で生じると、場合によっては構造物の力学的安定性や、超電導磁石の正常な運転に影響を及ぼすことも考えられる。また極低温における引張試験、疲労試験、破壊靱性試験等においても、このような塑性変形挙動の影響を無視出来ないことが指摘されている。

一方、セレーションは様々な因子によって影響をうけるので挙動を単に観察するだけでは各因子の影響を統一的に理解することは一般に困難である。計算機シミュレーションはこうした困難を軽減するものと考えられるが、研究はほとんど行われていない。そこで比熱のデータが比較的そろっているアンバー系合金を用い、セレーションに及ぼす強度レベル、比熱、変形中生じるマルテンサイト( $\alpha'$ )の影響を、実験とシミュレーションから検討した。

**方法** 真空溶解して得た供試材の化学組成、相の安定度、4.2Kでの比熱をTable 1に示す。Ms点はすべて4.2K以下である。熱間圧延板を1100°C×1hあるいは900°C×1h加熱水冷したのち、引張試験片に加工した。試験片形状はおもに平行部長10mm、直径5mm、ネジ部直径12mmである。中心軸に沿って熱電対挿入用の穴をあけた試験片も用いた。試験機は油圧式で歪は試験片にヒリついたクリップゲージにて検出した。シミュレーション法は他に報告したものと同様である。 $\alpha'$ 変態に伴う発熱量を文献<sup>2)</sup>データより外挿して求め、実験的に求めた変形量と $\alpha'$ 量との関係を表わす式とともに計算に代入した。セレーションの大きさをセレーション発生時の応力降下(S.D.S)、応力低下時の伸び(E.S.)あるいは温度上昇( $\Delta T$ )より評価した。

**結果** Ni量の少ないものほど強度が高く、S.D.S、E.S.が大きい(Fig.1)。耐力は応力-伸び曲線の上部包絡線より求めたが、包絡線の引き方に問題が残る。セレーションに及ぼす強度レベルの影響は大きく、例えば~5%引張変形するまでの平均S.D.S、E.S.を0.2%耐力に対してプロットすると、溶体化温度、 $\alpha'$ 変態生成の難易によらずほぼ直線上にのる(Fig.2)。比熱が小さくセレーションは大きくなり、 $\alpha'$ 変態が生じるとセレーションが鋭さを失う傾向にあるが、本研究の範囲内では、強度の影響に比べこれらの影響は小さい。シミュレーションは実際に観察されるセレーションの材料因子による変化をよく再現した。(文献:1)柴田ら:第33回低温工学講演大会予稿集, 1985, p.178, 2) L.Kaufman and M.Cohen: J of Metals, (1956), p.1393)

Table 1. Chemical composition(wt%), phase stability and specific heat of the steels.

steels	Ni	C	N	f(5%)*	Cp**
N1	36.3	0.002	0.0009	0.15	$2.3 \times 10^{-4}$
N2	37.4	0.002	0.0009	0.01	2.0 "
N3	39.5	0.001	0.0007	0	1.6 "
N4	42.7	0.001	0.0007	0	1.3 "

\* volume fraction of  $\alpha'$  induced by 5% elongation in liquid helium

\*\* specific heat at 4.2K interpolated from data after TPRC

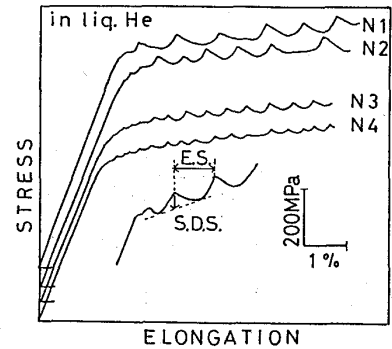


Fig.1. Stress-elongation curves.

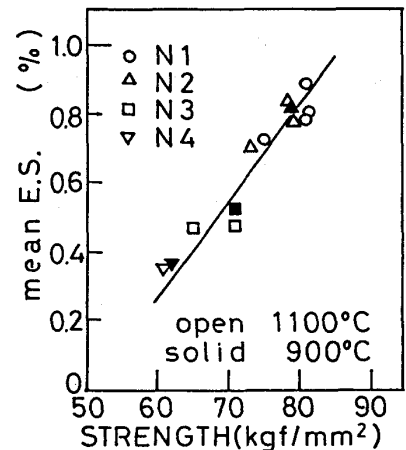


Fig.2. Mean E.S.(Elongation in Serration) vs. 0.2% flow strength.