'71—S 240

(240) 軟鋼の混粒と変形応力についての一考察

新日本製鉄　八幡製鉄所　技術研究所

工博　武智　弘　　河原田実

○増井浩昭　　杉山源昭

1. 緒言：軟鋼の伸び，張出し特性はフエライトの粒径と強い相関があるが，それはフエライトの変形応力の粒径依存性が強いことによると考えられる[1)]。ところで，実際に変形応力と粒径とを結びつける際に問題となるのは混粒の評価である。軟鋼は程度の差こそあれ，混粒の場合が多く，したがつて，その変形応力が粒径の分布状態でどの程度の変化をするか，ということについて知ることは意味があると思われる。今回は，簡単なモデルにより近似的な計算を行つてみた。

2. 方法および結果：軟鋼（多結晶）の変形応力 σ は，歪 ε において，$\sigma = \sigma_0 + K \cdot \varepsilon$ で表わされるが，ここで σ_0 と K は実験的には粒径 x の函数で表わされるので，(1)式のようになる。

$$\sigma = \sigma_0(x) + K(x) \cdot \varepsilon \quad \cdots\cdots (1)$$

粒を立方体近似すると，変形時の多結晶体の「歪の連続性」の条件から求めた変形応力 σ_n は(2)式で表わされ，一方，「応力の連続性」の条件から求めた変形応力 σ_s は(3)式で表わされる。

$$\sigma_n = \int \sigma(x) \cdot F(x)\,dx \quad \cdots\cdots (2)$$

$$\sigma_s = \left[-\Gamma_2 + \{\Gamma_2^2 - \Gamma_1(\Gamma_3 - 2D)\}^{\frac{1}{2}}\right] / \Gamma_1 \quad \cdots\cdots (3)$$

ここで，$F(x) = x^3 f(x) / \int x^3 f(x)\,dx$

$$\Gamma_1 = \int \{1/(K(x))^2\}\, F(x)\,dx, \quad \Gamma_2 = \int \{(K(x) - \sigma_0(x))/(K(x))^2\}\, F(x)\,dx$$

$$\Gamma_3 = \int [\{(\sigma_0(x))^2 - 2K(x) \cdot \sigma_0(x)\}/(K(x))^2]\, F(x)\,dx, \quad D = e^{\varepsilon} - 1$$

ここで，$f(x)$は粒径の分布の密度函数であるが，$f(x)$をGauss分布，Poisson分布等で表わして計算すると，いずれの場合にも σ_n と σ_s とはかなり良く一致していた。そこで，そのような分布の場合の実際の変形応力 σ_{tr} を σ_n と σ_s との算術平均値で表わしても，さほど不自然ではないと考えられる。

次に，いわゆる平均粒径 $\bar{x}$ は(4)式で表わされ，それを使つて関係づけられる変形応力 $\bar{\sigma}$ は(5)式で表わされる。一方，もし，一定断面積内の粒数を測定することにより見かけの平均粒径 $\bar{x}_{ap}$ を求めるならばそれは(6)式で表わされ，それを使つて関係づけられる見かけの変形応力 $\bar{\sigma}_{ap}$ は(7)式で表わされる。

$$\bar{x} = \int x f(x)\,dx \quad \cdots\cdots (4), \qquad \bar{\sigma} = \sigma_0(\bar{x}) + K(\bar{x}) \cdot \varepsilon \quad \cdots\cdots (5)$$

$$\bar{x}_{ap} = \left[\int \{x f(x) / \int x^3 f(x)\,dx\}\,dx\right]^{-\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots (6), \qquad \bar{\sigma}_{ap} = \sigma_0(\bar{x}_{ap}) + K(\bar{x}_{ap}) \cdot \varepsilon \quad \cdots\cdots (7)$$

さて，$\bar{\sigma}$ と σ_{tr} とのずれ，および $\bar{\sigma}_{ap}$ と σ_{tr} とのずれの大きさであるが，図1に伸び率10%（$\varepsilon = 0.095$）のときの近似的な計算結果を示してある。傾向的に次のことが言える。

見かけの平均粒径から計算する見かけの変形応力と，混粒を考慮して出てくる変形応力とのずれは，粒径がPoisson分布をする場合はかなり大きいが，Gauss分布や一様分布をする場合はさほど大きい値ではなく（10^{-1} Kg/mm² のオーダー），一般に見かけの平均粒径で混粒を評価してもさほど問題はないと考えられる。

文献　1)武智他：鉄と鋼 56(1970) 4, R124

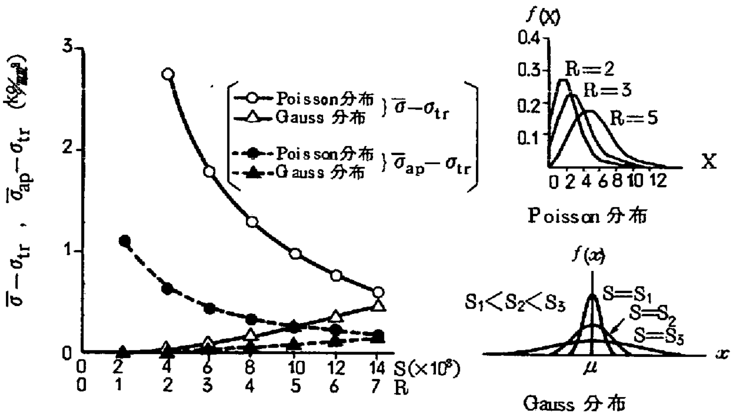

図1　Gauss分布（$\mu = 0.05$mm）とPoisson分布の場合の分布状態と $\bar{\sigma} - \sigma_{tr}$，$\bar{\sigma}_{ap} - \sigma_{tr}$ との関係

Poisson分布：$f(X) = e^{-R} \cdot R^X / X!$　$(X = 100x)$

Gauss分布：$f(x) = (1/\sqrt{2\pi}S) \cdot \exp\{-(x-\mu)^2/2S^2\}$