
Acoustic Emission

Inhomogeneity in Plastic Deformation and Acoustic Emission

(Takuichi Imanaka) (Ken-ichi Sano) (Katsumi Fujimoto)

:
acoustic emission
acoustic emission "in situ observation"
acoustic emission
acoustic emission

Synopsis :

The significance of quantity measured in acoustic emission (AE) is discussed. It is shown that the AE technique has means for "in situ observation", it has shown possible to elucidate the processes involved in the plastic deformation of metals, such as discontinuity in stress-strain curve, formation of slip bands, Bauschinger effect, Neumann burst

Inhomogeneity in Plastic Deformation and Acoustic Emission

今 中 拓 一*

佐 野 謙 一**

藤 元 克 巳***

Katsumi Fujimoto

Synopsis:

The significance of the quantity measured in acoustic emission study has been examined in detail. A high strain sensitivity and a high time resolution such as $10^{-7} \sim 10^{-12}$ and $10^{-5} \sim 10^{-7}$ sec respectively, have been evaluated to be the conspicuous characteristics of acoustic emission technique. On account of these unequalled features, using acoustic

を試料に密着させて共振モードで音響波を検出する方法が現在最も広く採用されている。圧電素子

音の上限を示していると考えられる。このことは、現在使用されている増幅器よりけた違いに低い雑音

について Fisher らは、多数のすべりサイトがなだらかに活動して巨視的なすべり帯を形成する機構を提案している。この実験では 3~20kHz の低周波領域で測定が行われていて、突発型の AE のみが検出されている。一方、その後の多くの実験結果によれば、連続型では主に連続型の AE

$$\Delta\gamma = \frac{(n\ell b/A)}{h} = \frac{n\ell b}{V} \dots\dots\dots(9)$$

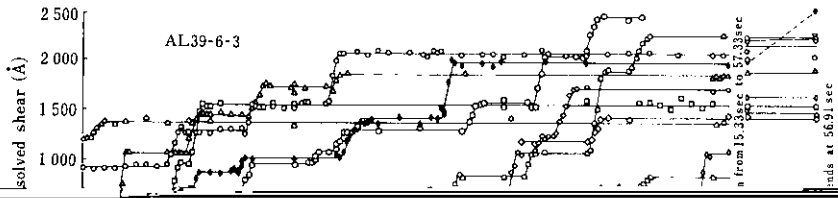
で与えられる。ここで A はすべり面に平行な結晶の断面積、 b は Burgers ベクトルの大きさ、 h はすべり面に垂直方向にとった結晶の長さ、 V は体積

が観察されている³⁾。連続型の AE は、分離不可能な振幅の小さい多数の突発型のパルスに対応すると考えられることから、現在多く使用されている測定系では、連続型の AE は、突発型の AE と見做され、突発型の AE と同じように検出される。

用いて $\Delta\gamma$ を計算すると、 4×10^{-10} となり、この値は先ほど考察した検出限界と同程度である。

また直線硬化領域で形成されるすべり線は、一

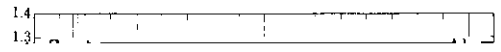
巨視的なすべりの開始応力（急激に連続型AEの



と変形量の関係を示す。同一材料では変形量が $\sim 1\%$ Neumann パーツと AF

をいほど除荷時の AF も多く、同一変形量では C_{11} Neumann¹⁸⁾ は C_{11} 単結晶の一定速度での変形

れのなすべりを起こすことによって、このような



な突発型のものが観察されている。

降伏点 (yield drop) では降伏した結晶粒の集



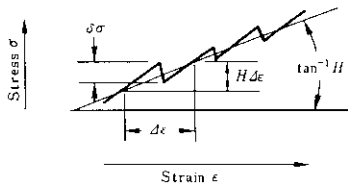


Fig.14 Magnified portion of stress-strain curve showing microyield drops

次式の関係が成立する。

$$St = \frac{\sigma A}{K} + \left(\frac{\sigma}{E} + \epsilon_p\right)L \quad \dots\dots\dots(12)$$

ここで t は時間, σ は応力, ϵ_p は試験片の塑性歪を表わす。微視的応力低下 $\delta\sigma$ は, Fig. 15 に示すように δt sec ですべり帯幅が ΔL 増加したこ

1回のジャンプ的応力低下 $\delta\sigma$ によって m 個のバルスが発生するとすれば, AE の計数率 \dot{N} は, ジャンプ的歪速度 $\dot{\epsilon}^*$ と均質的歪速度 $\dot{\epsilon}_p$ の比 $f = \dot{\epsilon}^*/\dot{\epsilon}_p$ と次式の関係がある。

$$f = \frac{\left(1 + \frac{AE}{KL}\right)\left(1 + \frac{AH}{KL}\right)}{(1 - HE) \cdot \frac{S}{L}} \cdot \frac{\delta\sigma \dot{N}}{Em} \quad \dots\dots\dots(14)$$

ここで H は平均硬化率である。

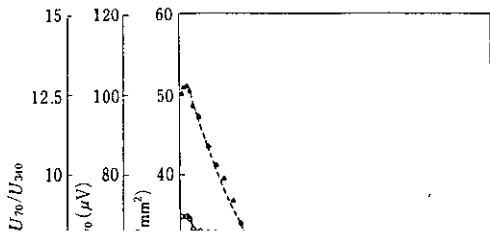
ることができる。Fisher ら²⁾ の実験結果では $\delta\sigma/\sigma \approx 10^{-6}$, $\dot{N} = 10^6 (S/L)$ などが求められているので, 他のパラメータとして通常材料試験でよく用いられる値を代入すると $f = 10^{-2}$ 程度となる。これは, 塑性歪のうち実測される AE に寄与するのは

これまで述べてきたモデルにおいては、解放される弾性エネルギーと AE を直接対応させて考え

$$u = A^{-1} \left(\frac{dU}{dA} \right) \equiv A^{-1} \left(\frac{dU}{dA} \right) \dots\dots\dots (16)$$

によって表わされるので、(15) 式から

AE として実測されるのはごく一部にすぎないと考えられる。そのためこのようなモデルに基づいて定量的な議論を行うことは困難である。また AE



して増加する場合の応力波を考える。この場合、
 応力波の振幅は (19) 式の $\exp(-\omega/T_s^2)$ 倍とな
 る。ただし

$$\operatorname{erf} \frac{t}{2T_s} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{t/2T_s} \exp(-u^2) du \dots\dots\dots (23)$$

で与えられる。 v_{rms}^2 はエネルギーを表わしているから

4. 結言にかえて——再び塑性変形におけ

が得られる。平均すべり面積を \bar{A} 、単位時間に q 個の AE 事象が起こったとすると 変形速度は

双晶変形, リューダース変形, Portvin-Le Chatelier 効果など巨視的にマクロ的によりはな

$\dot{\epsilon}_p \sim q \cdot \bar{A}$ (27)

ともかくとして、一般に塑性変形過程をその変形速度 (歪速度) が $\dot{\epsilon}_p = \rho b v$ (ρ = 運動転位密度, b

したがって

$v_{rms}^2 \propto \sum A_i^2 = q \bar{A}^2 = q (\bar{A})^2$ (28)

わされるような、平均的または連続的なものと考

係 $\dot{\epsilon}_p = \rho b v$ が成立するという条件では、変形中に活動するすべり帯の数 N_S および各すべり帯中を

あまり有効には活用されていなかった。最近、すべりの不均一性や転位の集団運動が塑性変形の

る。このような平均的または連続的な塑性変形は非常に特殊なケースである。またジャンプ運動中

ドで変形が動的に進行する場合、多くは現在普及している測定技術によって十分検出可能な AE を

- 21) E. Siegel : Scripta Met., 8 (1974), 585
- 22) K. N. Tandon and K. Tangri : Met. Trans. A, 6A, (1975), 809
- 23) P. J. Worthington and E. Smith : Acta Met., 12 (1964), 1277
- 24) W. E. Carrington and D. McLean : Acta Met., 13 (1965), 493
- 25) J. C. Suits and B. Chalmers : Acta Met., 9 (1961), 854
- 26) K. N. Tandon and K. Tangri : Met. Trans. A, 6A, (1975), 809
- 27) F. R. N. Nabarro : Theory of Crystal Dislocations, (1967), (Oxford University Press)
- 28) J. P. Hirth and J. Lothe : Theory of Dislocations, (1968), (McGraw-Hill)
- 29) P. P. Gillis : Acoustic Emission ASTM STP 505 (1972) 200-205

Eng., 14 (1974), 103

- 30) B. H. Armstrong : Bulletin of the Seism. Soc. Amer., 59 (1969), 1259
- 31) C. Kittel : Introduction to Solid State Physics, 2nd ed., (1956), (John Wiley & Sons)
- 32) T. Imanaka, K. Sano and M. Shimizu : Crystal Lattice Defects, 4 (1973), 57
- 33) K. Malén and L. Bolin : Phys. Stat. Sol., (b) 61, (1974), 637
- 34) N. Kieswetter : Scripta Met., 8 (1974), 249
- 35) G. Cortialazzi, S. Roffi, G. Caglietti and F. Rocca : J. Appl. Phys., 44 (1973), 1010