

高温高速圧縮試験と逆解析による 金属材料ゲノムの解読

東京大学工学系研究科 機械工学専攻 柳本研究室



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

Chair of Engineering Materials
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo
Hyeonwoo Park and Prof. Dr.-Eng. Jun Yanagimoto

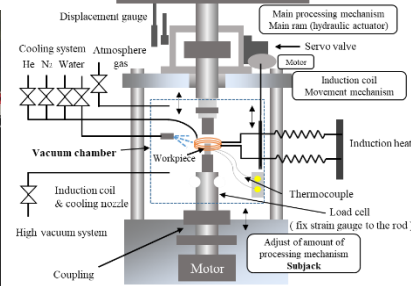
熱間状態にある金属材料の流動応力は、温度、ひずみ、ひずみ速度などの加工パラメータによる影響を受ける。圧延、鍛造、押し出し等の圧縮力が支配的な加工においては圧縮試験で流動応力を得る必要がある、これは、圧延、鍛造、押し出しのCAEを通して生産工程を最適化するための材料パラメータとして必須である。

圧延や鍛造では、ひずみ速度が100/sを超える高速での加工が行われる場合があり、流動応力もこの速度域で取得する必要がある。準静的とみなして良い低速の場合とは異なり、高速での材料試験には試験機を伝播する弾性波に起因する応力の振動が無視できない。熱間圧縮試験機は、得られるストローク-荷重曲線をもとに逆解析を利用することで流動応力を得る(同定する)方法として適しているが、弾性波の伝播距離が短いために、高速機械の振動により材料の荷重曲線が乱れるために、精度の高い流動応力を取得することが困難である。

ひずみ速度10~500/s領域での圧縮試験には、油圧駆動式圧縮試験機が主に用いられるが、未だに油圧式圧縮試験機で発生する荷重曲線の乱れを補正する方法が提案されていない。この問題の解決のためには、実験から得られる機械の動的応答と理論との比較研究が必要である。

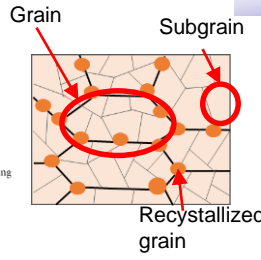


高速圧縮機の模式図

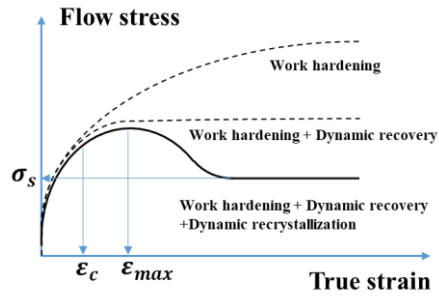


Thermecmaster-Z 15ton

流動応力

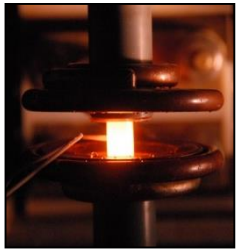


動的回復と動的再結晶の影響を反映

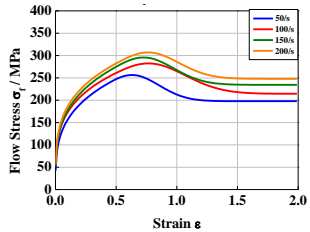


研究の内容

一段高速圧縮試験



高速領域での流動応力取得



逆解析による流動応力の計算

$$\sigma = \bar{\sigma} \left\{ \dot{\epsilon}^{m_0} \exp \left[A_0 \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \right\}$$

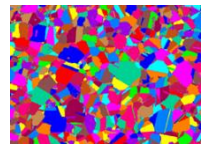
$$\bar{\sigma} = F_1 \dot{\epsilon}^n \quad (\dot{\epsilon} \leq \dot{\epsilon}_c)$$

$$\bar{\sigma} = F_2 \exp [a(\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}_{max})^2] + F_3 \quad (\dot{\epsilon} \geq \dot{\epsilon}_c)$$

流動応力統合式の取得



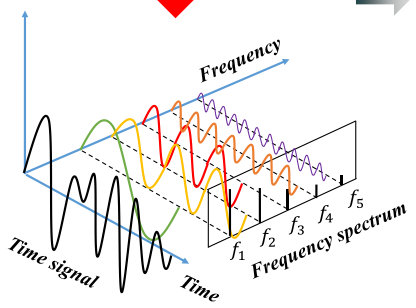
FE-SEM JEOL7100F



EBSDを利用した微細組織分析

高速領域での材料ゲノム

| Material genome | |
|-----------------|---|
| Dynamic | Initial grain size d_0 |
| | Strain rate sensitivity of flow curve m |
| | Temperature sensitivity of flow curve A |
| | Activation energy Q_{drx} |
| | Work hardening coefficient c |
| | Dynamic recovery coefficient b |
| Static | Critical strain $\dot{\epsilon}_c$ |
| | Dynamic recrystallization rate G |
| | Volume fraction x_{DRX} |
| | Grain size d_{DRX} |
| | Time 50% for SRX $t_{0.5}$ |
| Static | Volume fraction x_{SRX} |
| | Grain size d_{SRX} |
| | SRX activation energy Q_{srx} |



高速変形における振動の補正