



通電加熱連続圧延加工

東京大学生産技術研究所 柳本研究室

Chair for Hyper-functional Forming
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo
Prof. Dr.-Eng. Jun Yanagimoto



研究背景

材料の内部組織の創り込みにおいては、温度・加工度が主要な影響因子であることが知られている。従来より加工度に関する研究は数多く行われているものの、温度制御に関する研究は比較的少ない。これは、現在の材料加熱が燃焼熱を利用しているため、詳細な設定や均一な温度分布の達成が困難である場合が多いためである。そこで本研究では、温度制御を実現する方法として被加熱材の内部(抵抗)発熱を利用した直接通電加熱による連続加熱方法を検討する。

通電加熱の特徴

被加熱材に電流を流す



内部抵抗により発熱

$$\text{発熱量: } P = RI^2$$

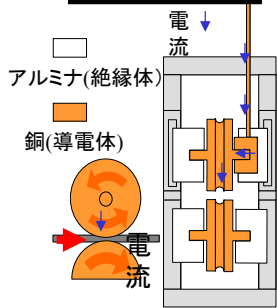
長所

1. 温度の均一な加熱が可能
2. 設備の小型化・簡素化・低コスト化・高熱効率化に有効
3. 高密度の熱により、高速加熱・高温加熱が可能
4. 入力の制御が容易なため、温度制御が行いやすい
5. 温度慣性が小さく、加熱・冷却速度の制御が容易

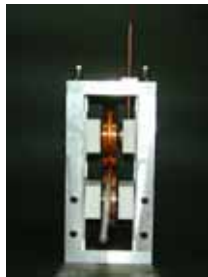
短所

1. 被加熱材が抵抗値の高いものに限定される
2. 通電のための電極が必要となる

電極端子図

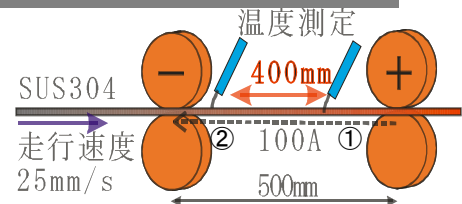
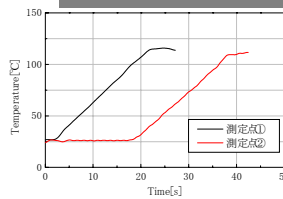


電極端子写真



測定位置実験

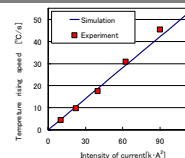
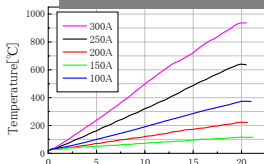
電流値100A、電極端子間距離500mm、走行速度25mm/s
400mm隔てた二つの測定点①、②の温度測定を行い
棒材に均一加熱が施されていることの確認



- 温度上昇曲線は一次関数で近似が可能
- 測定位置による変化がないことから均一に加熱できていることの確認

電流値実験

電極間距離500mm、走行速度25mm/s
電流値100Aから300Aまで50A毎の温度測定



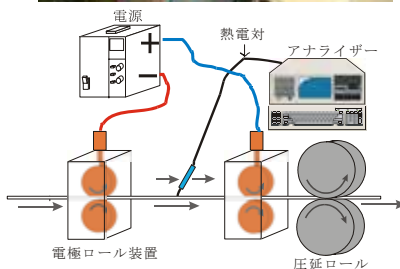
電流値と昇温速度の関係

- 昇温速度は電流値によって決定される
- 実験結果は理論解とほぼ一致している

実験装置写真



実験装置模式図





通電加熱連続圧延加工

東京大学生産技術研究所 柳本研究室

Chair for Hyper-functional Forming
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo
Prof. Dr.-Eng. Jun Yanagimoto



研究背景

材料の内部組織の創り込みにおいては、温度・加工度が主要な影響因子であることが知られている。従来より加工度に関する研究は数多く行われているものの、温度制御に関する研究は比較的少ない。これは、現在の材料加熱が燃焼熱を利用しているため、詳細な設定や均一な温度分布の達成が困難である場合が多いためである。そこで本研究では、温度制御を実現する方法として被加熱材の内部（抵抗）発熱を利用した直接通電加熱による連続加熱方法を検討する。

通電加熱の特徴

被加熱材に電流を流す



内部抵抗により発熱

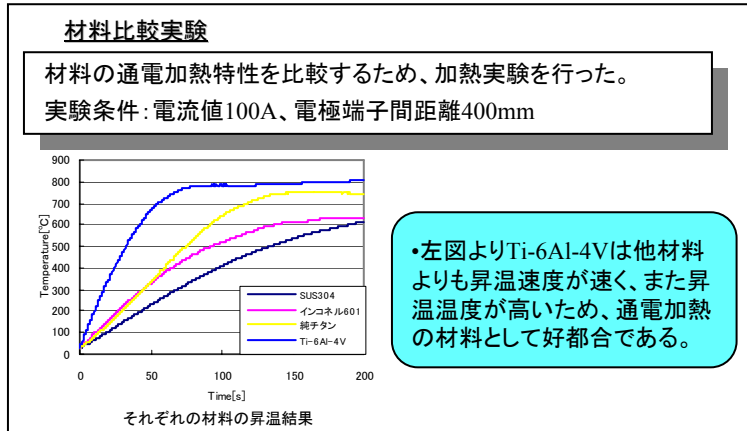
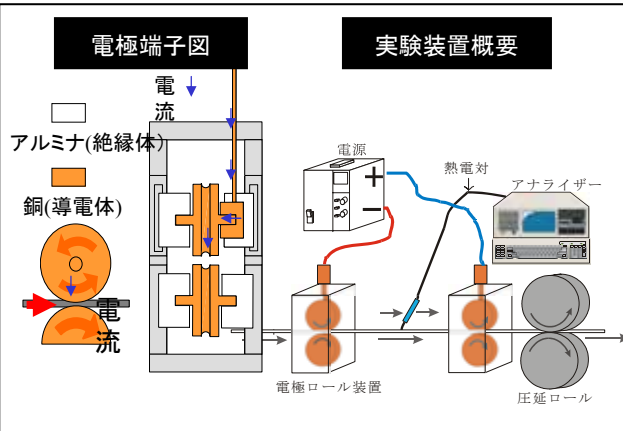
$$\text{発熱量: } P = RI^2$$

長所

1. 温度の均一な加熱が可能
2. 設備の小型化・簡素化・低コスト化・高熱効率化に有効
3. 高密度の熱により、高速加熱・高温加熱が可能
4. 入力の制御が容易なため、温度制御が行いやすい
5. 温度慣性が小さく、加熱・冷却速度の制御が容易

短所

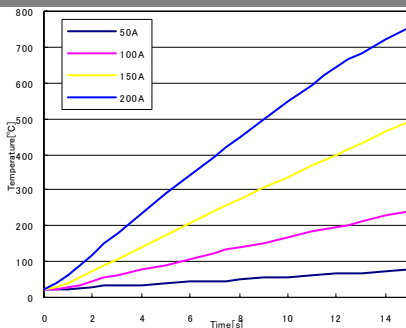
1. 被加熱材が抵抗値の高いものに限定される
2. 通電のための電極が必要となる



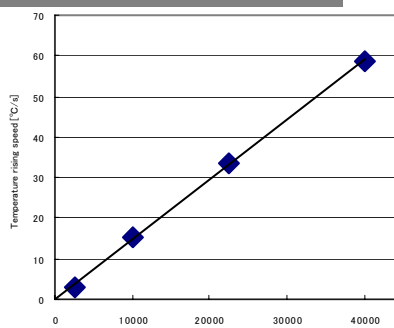
電流値実験

Ti-6Al-4Vの通電加熱特性を見るため、電流値を変えて加熱実験を行った。

実験条件: 電流値50A~200A、電極端子間距離400mm



Ti-6Al-4Vの昇温結果



昇温速度と電流値の関係

左図より通電加熱による昇温はほぼ一次関数に近似できると考えられる。さらにこの時の昇温速度と電流値との関係を見てみると、昇温速度は電流値の2乗に比例していることがわかる。

このことより、Ti-6Al-4Vを用いた通電加熱では加熱時間と電流値(昇温速度)を組み合わせることにより容易かつ自由に温度を制御できることが示唆される。

またTi-6Al-4V以外の高合金材料に対しても、昇温速度はやや劣るものの、通電加熱を適用することは十分可能である。