

(研究題目) 高強度・高加工性Cu基ホイスラー型金属間化合物の研究

Studies on Heusler-Type Intermetallic Compounds in Cu-Base Alloys with High Strength and High Ductility

(研究者)

貝沼亮介

Ryosuke KAINUMA

東北大学工学部, 助手

Research Associate, Faculty of Engineering, Tohoku University

Hot-workability and mechanical properties of Cu-Al-Mn Heusler-type intermetallic compounds were investigated in connection with phase stability. By EPMA analysis and DSC measurement, phase equilibria among the  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  phases, and A2/B2/L2<sub>1</sub> order-disorder transition temperatures were determined. It has been clarified that the strength increases with increase of Al content, while the elongation and hot-workability decrease with that. These mechanical feature results from the change of ordered degree of the Heusler phase.

## I 目的

L2<sub>1</sub>結晶構造を有するホイスラー型の金属間化合物(Cu<sub>2</sub>MnAl)は、磁性材料として有名であるが、きわめて脆いために、構造用材料としては従来まったく考慮されてこなかった。本研究グループは、このようなCu-Al-Mn基合金で延性に富みかつ熱間及び冷間加工性にも優れた高強度合金を見いだした。この事実は、ホイスラー相は脆いという従来の常識に反するものであり、極めて興味深い。本合金系では、高温域からA2→B2→L2<sub>1</sub>構造への規則変態が生じるほか、組成によっては、300℃以下での時効により、D0<sub>3</sub>+L2<sub>1</sub>への相分解（スピノーダル分解）が生じる。以上のように、本合金は複雑な相変態を示すので、例えば、高温の延性に富むA2相領域で加工を行った後、低温で時効を行うことによって、規則化と相分離を生じさせ著しく硬化させるような組織制御による機械的性質の改善が可能である。

本研究は、以上の背景の下に、合金開発の基本となる状態図の作成、合金の組織と機械的性質との関係、さらに合金の加工性や強度に影響を与える因子を明確にし、新しい実用高強度Cu合金の開発を行った。

## II 経過及び成果

### II-1. $\alpha/\beta$ および $\beta/\gamma$ 相平衡の決定

本研究により、550℃、600℃、700℃、800℃各温度における $\alpha/\beta$ および $\beta/\gamma$ 相平衡を決定した。その結果、Mnの添加は、 $\beta$ 相領域を拡大させることがわかった。 $\beta$ 相中では、 $A2 \rightarrow B2 \rightarrow L2_1$ への規則-不規則変態がDSCにより測定された。規則-不規則変態温度は、Al濃度に大きく依存し、Al濃度の減少と共に大きく低下するが、Mn濃度にはあまり影響を受けない。また、低温域に現れる $D0_3+L2_1$ の2相分離域を決定した。

## II-2.熱間及び冷間加工性

今回の熱間圧延温度（800℃）では、 $A2/B2$ 規則-不規則変態温度が750℃以下の場合に熱間圧延が可能であり、この様な条件を満足するAl組成は、24%以下の領域であることがわかった。また、25%Al以下の領域では、Al濃度が高いほど高い硬度を示すが、ホイスラー化学量論組成のCu-25Al-25Mnでは、著しい硬度の低下がみられた。ピッカース硬度と冷間加工性は、明確に相関性を持ち、300Hvを越えた硬度を有する合金は著しい冷間加工性の低下がみられる。以上より、熱間及び冷間加工性に最も大きな影響を与える因子は、規則-不規則変態点であり、規則-不規則変態点が高いほど、加工性が良好であると言える。化学量論組成のホイスラー合金は、強度が低だけでなく熱間、冷間加工性共に著しく劣っていることがわかった。

## II-3.機械的特性

Cu-23Al-15Mn合金では、as-roll試料は、750MPaもの銅合金としてはかなり大きな0.2%耐力を示し、しかも10%以上の伸びを見せる。これに対し、200℃での時効材は、ほとんど伸びを示さない。この合金組成では、200℃時効材は、 $D0_3+L2_1$ の2相分離領域に入っていることから、以上の現象は、 $D0_3+L2_1$ のスピンodal分解による硬度の上昇及び脆化として説明できる。図1は、Al濃度に対して、降伏応力、引張応力、伸びを図示したものである。機械的性質も、おもにAl濃度に強く依存し、Al濃度が高いほど強度が高いが伸びは低下することがわかる。この様に、機械的性質は規則-不規則変態点との間に強い相関が見られ、規則-不規則変態点が高いほど、すなわち規則度が高いほど強度が上がる事が分かる。

以上の基礎データより、本材料の加工性と機械的性質は、規則度に対し相反する依存性を示すことが明かとなった。これらの傾向を踏まえ、1000MPaもの高い引張強度を持ちしかも10%程度の良好な伸びを示す高強度、高加工性Cu-Al-Mn合金を開

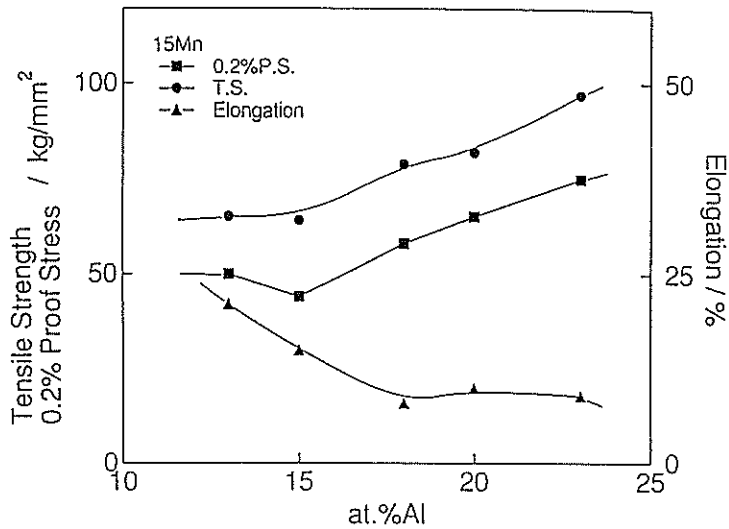


図1 機械的性質に及ぼすAl濃度の影響

発することができた。

ところで、本研究の遂行中に、Cu-16Al-10Mn組成付近で形状記憶効果が観測された。本合金は、極めて加工性に富むので、今までにない新しいタイプの形状記憶材料として有望であり、今後の研究が期待される。

### III. 発表論文リスト

(口頭発表)

- (1) Cu-Al-Mn系bcc相の規則-不規則変態とマルテンサイト変態 (I)  
日本金属学会1994年春期大会予稿、(1994)61
- (2) Cu-Al-Mn系bcc相の規則-不規則変態とマルテンサイト変態 (II)  
日本金属学会1994年春期大会予稿、(1994)62
- (3) "冷間加工性に優れた新しいタイプのCu基形状記憶合金"  
日本伸銅協会第34回講演会、11月、発表予定

(学術誌発表)

- (1) "Thermodynamic Stability of Heusler  $\beta$  phase in Cu-Al-Mn System"  
Metal. Trans. A, 投稿準備中
- (2) "Hot-Workability and Mechanical Properties of Heusler  $\beta$  phase in Cu-Al-Mn System", Metal. Trans. A, 投稿準備中