

中性子回折による銅合金の変形集合組織形成のその場観察

三菱マテリアル株式会社 中央研究所 伊東正登

1. Introduction

省資源・省エネルギーのために、自動車用部材などで金属材料の小型化や薄肉化が進められている。このため、銅合金やアルミニウム合金などの非鉄金属材料においても、より高い強度や成形性が求められるようになってきている。強度や成形性を向上する方法の一つとして集合組織制御が有効(例えば、銅合金の曲げ性[1])であることが知られているが、集合組織の発達を高精度に予測/制御することは容易ではない。

これまでも多くの研究者が集合組織の発達挙動を評価してきた[2]が、その多くは試料を切り出すなどの破壊試験による評価となっている。その場合、加工前の集合組織やその後さらに加工した場合の集合組織を直接知ることが出来ない。また、非破壊で評価した場合でも、従来の技術である X 線回折測定では深さ数十マイクロメートル程度のごく表層の集合組織を測定することになる[3]。その場合、加工時の摩擦の影響を受けた領域のみの評価となってしまう、集合組織発達の代表的な挙動を評価したことになる。

本研究では、中性子回折では非破壊で集合組織を評価できることに注目した。非破壊で評価できることによって、同一の分析領域を対象に集合組織の発達を測定することが出来る。これによって、集合組織の発達を従来よりも精密に追跡することが可能になり、非鉄金属業界でも需要が高まっている集合組織発達の予測/制御技術の高度化に活用できる。

そこで本研究では、中性子回折を用いて銅合金の変形集合組織形成のその場観察を行った。同一領域の集合組織の変化を引張試験中に逐次評価することで、精密に集合組織の発達を追跡した。

2. Experiment

本研究では、純銅(純度 99.9%以上)の焼き鈍し材を試料とした。平行部の直径が 6mm、長さが 26mm の丸棒引張試験片を用いて、引張加工を実施しながら、中性子回折測定を行った。ビームラインは BL20/iMateria を用いた。変形に伴い、中性子が照射される分析領域が変化してしまう可能性が想定された。そこで、Cd 箔によって分析領域外をマスクすることで、引張変形中も常に同一体積を評価できるよう試験を実施した。ビームサイズ 20mm×20mm に対し、初期の分析領域長を 12mm とした。引張速度は 0.06mm/min とした。

集合組織の測定は TOF 型中性子回折法によって実施した。解析は MAUD を用いた Rietveld-Texture-Analysis を実施した。

3. Results

今回、公称ひずみで 55%程度まで引張加工を実施した。応力ひずみ曲線から判断すると、公称ひずみで概ね 40%程度まで均一伸びが維持された。引張加工中の集合組織の測定結果を図 1 および図 2 に示す。X が引張方向を示している。引張加工に伴い、引張方向を向く 100 の極密度と 111 の極密度が増大していくことが確認できる。また、100 極点図や 110 極点図において、環状の極密度分布に変化していく様子が確認できる。今回の試験範囲内では、集合組織は完全な軸対称ではなかった。結晶粒径や初期集合組織の影響を受けていると考えられる。一方で、集合組織がわずかずつ変化していく様子をとらえるこ

とができており、変形に伴う結晶方位変化をこれまでになく詳細に議論できる可能性がある。

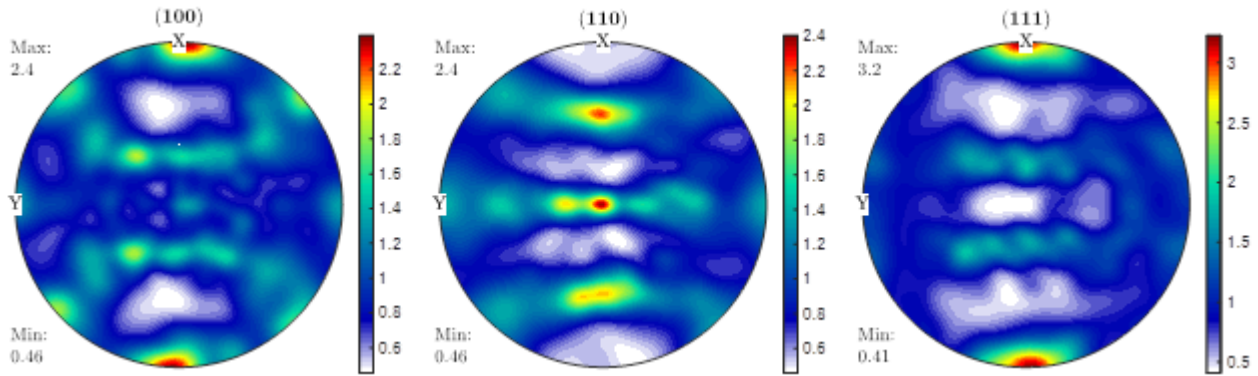


図 1. 純銅の引張加工中の集合組織測定結果(真ひずみ 0.22)

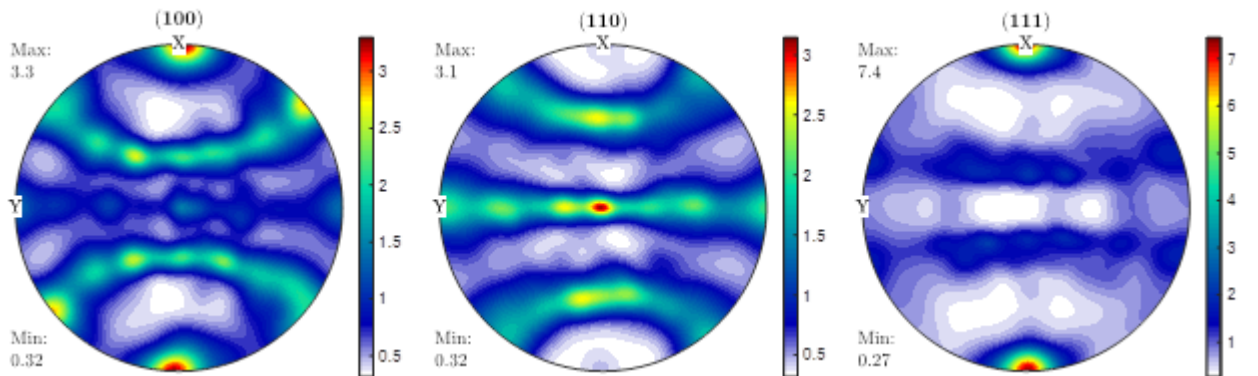


図 2. 純銅の引張加工中の集合組織測定結果(真ひずみ 0.43)

4. Conclusion

純銅の丸棒引張試験片において、引張加工中の集合組織変化のその場観察を実施した。引張加工に伴い、 $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 111 \rangle$ //引張方向の集合組織が発達する様子を観察した。中性子回折によるその場観察で、詳細に結晶方位の変化を追跡できることが確認された。引き続き、銅合金での評価や詳細な結晶方位変化の解析を進める。

参考文献

- [1] “集合組織制御による Cu-Ni-Si 系合金の曲げ加工性向上”, 高維林, 須田久, 成枝宏人, 銅と銅合金, 48 (2009) 129-134.
- [2] 例えば、International Conference on Textures of Materials(集合組織の国際会議)などで報告多数。最新の Proceedings は”<http://iopscience.iop.org/issue/1757-899X/375/1>”.
- [3] “EBSD および X 線回折による集合組織解析”, 井上博史, 軽金属, 60 (2010) 666-675.