



X線回折による超高精細スクリーン印刷用 ステンレスメッシュの開発

氏名 青木 真理
アサダメッシュ株式会社

キーワード：準オーステナイト系ステンレス，マルテンサイト変態，圧延加工，スクリーン印刷，プリント基板，MLCC，タッチパネル，シリコン結晶太陽電池

1. 測定実施日

2021年6月30日 BL8S1 (1シフト)
2021年7月29日 BL8S1 (1シフト)
2021年8月31日 BL8S1 (1シフト)
2021年9月30日 BL8S1 (1シフト)
2021年12月16日 BL8S1 (2シフト)

2. 概要

直径10数 μm ~30 μm 程度のワイヤーでできたスクリーン印刷用のステンレスメッシュに交点を平らにするための加工を施し、その際に生じるマルテンサイト相の割合を調べるためにシンクロトロン光によるX線回折測定を行った。加工量は元の交点の厚みからわずかに数 μm 程度の変化であってもマルテンサイト相の回折パターン強度が変化していく様子を明瞭に測定することができた。また、ステンレスメッシュの線材の1インチの幅あたり線の密度を変えて比較すると、同程度の変形量を与えても、同様に変化しないということが分かった。

3. 背景と研究目的

エレクトロニクス産業における製造工程（主に、プリント基板、MLCC、タッチパネル、および、シリコン結晶太陽電池などの電極形成）にスクリーン印刷を用いる場合、製品仕様を満たすために設計されたパターンが設計通りに形成されることが望ましい。スクリーン印刷のパターン支持体としてステンレスメッシュを用いる場合、精度よくスクリーン印刷を行うためにその交点に圧を加え平に加工している。これをカレンダー加工と言う。準オーステナイト系ステンレス鋼は、曲げ加工や圧延加工などの冷間加工によって、面心立方構造（fcc）からマルテンサイト相が誘起され体心立方構造（bcc）や体心正方構造（bct）になることが良く知られている。(1-2)しかし、前述したカレンダー加工量とマルテンサイト相の誘起との関係性についてはまだ未解明な点が多い。そこで、線材密度、カレンダー加工度を変えたサンプルを作成しシンクロトロン光によるX線回折測定を行い、誘起されたマルテンサイト相の量の関係を調べることを目的とした。

4. 実験内容

試料には、一般的なオーステナイト系ステンレス鋼であるSUS304、直径約20 μm のワイヤーを用い、同じワイヤーであっても、1インチの幅あたりのワイヤー本数が異なるステンレスメッシュを準備した。これらの試験片をカレンダー加工機で元の交点厚みから、85、70、60、50%となるように圧延加工を施した。その例をFig.1に示す。これらのステンレス

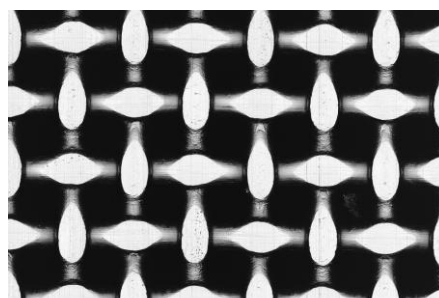


Fig.1 カレンダー加工後のステンレスメッシュの例

メッシュを試験片として2センチ角程度に切り出し、厚みがおよそ 100um 程度になるように数枚重ねて樹脂で固め試料作製を行った。測定はあいちシンクロトロン センターBL8S1 において行った。シンクロトロン のエネルギーは 14.37 keV 、検出器はピラタスを使用し、測定の角度範囲は $2\theta = 20^\circ \sim 70^\circ$ とした。オーステナイト系のステンレスワイヤーが応力によりマルテンサイト化しているのを確認し、それぞれの結晶ピーク強度比より、オーステナイトとマルテンサイトの比率を求めた。

5. 結果および考察

シンクロトロン で得られた X 線回折測定結果の例を Fig.2 に示す。シンクロトロン BL8S1 における測定ではバックグラウンドノイズが極めて小さく、回折ピークが明瞭に得られた。カレンダー加工無しのステンレスメッシュの測定結果と、加工したものとを比較すると、マルテンサイトである bcc を示す回折角 24° (110 面)、および、 43° (211 面) 付近で強度が微小な状態から増大していく様子が見られた。また、オーステナイトである fcc を示す回折角 27° (200 面) に於いては強度に減少 向が見られた。これはカレンダー加工を行うことによって、ステンレスワイヤーの交点付近においてマルテンサイト相が加工誘起されたことが示唆された。得られた結果より、重量比(%)を求めると fig.3 のようになることが分かった。Fig.3(a)よりステンレスメッシュの 1inch 幅あたりのワイヤー密度が高いものは、カレンダー加工の加工度が大きく

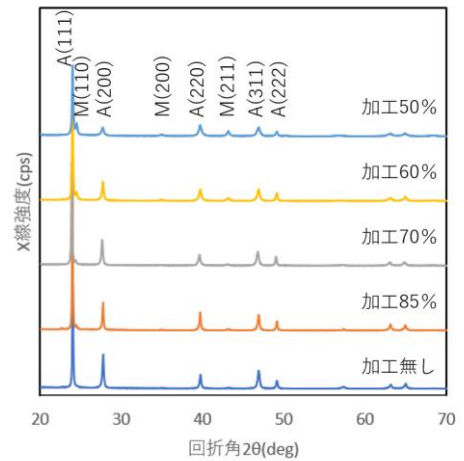
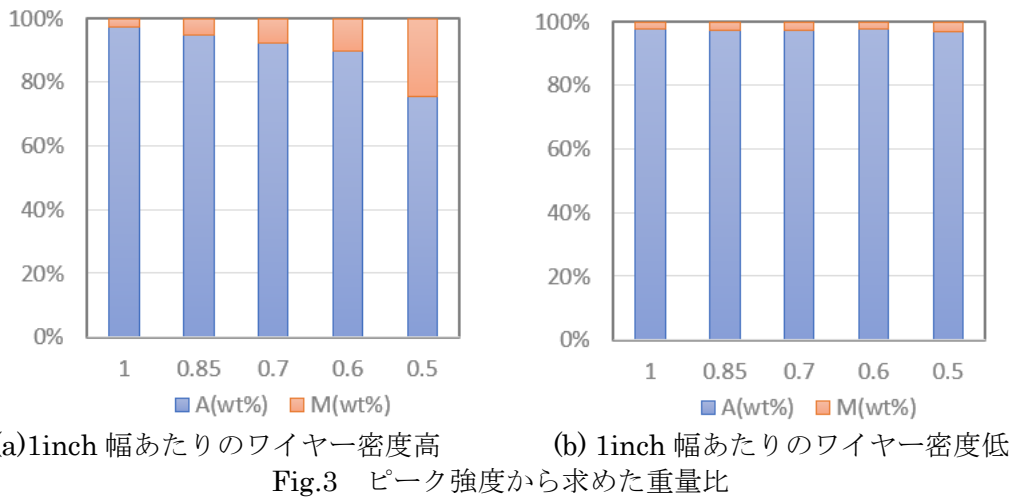


Fig.2 X 線回折結果の例



なるにつれて、オーステナイトとマルテンサイトの重量比が変化し、加工度が大きいほどマルテンサイトの比率が大きくなることがわかった。また、Fig.3(b)より、同じステンレスワイヤーを用いているステンレスメッシュであっても、1inch 幅あたりのワイヤー密度が低いものは、同様にカレンダー加工を行っても、加工前の初期状態からそれほど重量比は変化しないということがわかった。

6. 今後の課題

エレクトロニクス関連製品製造に用いられるスクリーン印刷プロセスは狙った場所に狙い通りのパターンを形成する必要がある。スクリーン印刷に用いるときはどうしてもステンレスメッシュが伸縮を繰り返すことになり、やがて、金属疲労による破損や塑性変形によるパターン歪みを起こすことにつな

がる。これがスクリーン印刷に用いた場合のステンレスメッシュの寿命となる。そのため、今回調べたオーステナイトとマルテンサイトの比率の違いがスクリーン印刷に適用した際にどのような影響を及ぼすのかさらに詳細に調べる必要があり、今後の課題となる。

7. 参考文献

1. 野原 清彦 鉄と鋼 第 63 年第 5 号 準安定オーステナイトステンレス鋼における加工誘起マルテンサイト変態の組成および結晶粒度依存性
2. 石丸 詠一朗 塑性と加工 第 55 巻 第 642 号 (2014-7) SUS304 ステンレス鋼の引張および圧縮変形時の応力-ひずみ挙動とマイクロ組織変化