

MgB₂線材の圧延による臨界電流密度の増加に対する考察

提出日 平成 22 年 2 月 16 日 小田部研究室 08232210 谷川 潤弥

1. はじめに

MgB₂ は金属系超伝導体の中で最も高い臨界温度 T_c (約 39 K) を示し、20 K 近傍での実用化に向けた研究が盛んに行われている。これまでに、*in-situ* 法によって作製された Nb バリアのある Cu シース材の MgB₂ 線材を圧延することで、臨界電流密度 J_c が高くなる事が明らかにされている [1]。また、 J_c の磁界角度異方性があることも明らかになっている。今回は上部臨界磁場 B_{c2} などの測定を通し、それらの原因について考察を行った。

2. 実験

単芯の直径 0.8 mm の MgB₂ の丸線材とそれをテープ状に圧延した線材で実験を行った。圧延による T_c の劣化はなく、どの試料も 36.9 K だった。超伝導部分のアスペクト比はそれぞれ、4.89 と 9.23 である。それぞれの試料諸元を Table 1 に示す。また、テープ面に対して平行方向に磁界を印加したときを EO、垂直方向に磁界を印加したときを FO としている。測定は SQUID 磁力計を用いた直流磁化法で J_c - B 特性を、磁化緩和率測定から E - J 特性を評価した。また、直流四端子法で B_{c2} - T 特性を評価した。

Table 1: Superconducting filament in each specimen

specimen	filament size[mm]	aspect ratio
Wire	$\phi 0.415$	-
Tape2	0.616×0.265	4.89
Tape4	1.162×0.126	9.23

3. 結果及び検討

Fig. 1 に B_{c2} - T 特性を示す。直線部分を温度 $T=0$ K まで外挿して評価した B_{c2} の値を Table 2 に示す。圧延することで B_{c2} が増加していることが分かる。これは圧延することで歪みが生じ、コヒーレンス長 ξ が短くなったためと考えられる。さらに、FO よりも EO の方が B_{c2} が高いことが分かる。これは、MgB₂ の単結晶の B_{c2} の異方性が 3 ~ 4 であることから、圧延することで結晶の配向が少しそろったと考えられる。Fig. 2 に磁束クリープ・フローモデルによる J_c の理論予想を、Table 2 にそのときに用いたピンニングパラメータを示す。なお、磁束クリープの影響を受けない仮想的な臨界電流密度 J_{c0} を

$$J_{c0} = A \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^m B^{\gamma-1} \left(1 - \frac{B}{B_{c2}}\right)^2$$

Table 2: Upper critical field and pinning parameters

specimen	$B_{c2}(0)$ [T]	A_m [N/m ³]	γ
Wire	14.1	3.8×10^9	0.55
Tape2FO	15.2	4.1×10^9	0.40
Tape2EO	15.8	4.3×10^9	0.40
Tape4FO	16.2	5.7×10^9	0.20
Tape4EO	17.1	7.1×10^9	0.20

と表しており、 γ は磁界依存性、 m は温度依存を表すパラメータである。また A の分布を考え、その最頻値を A_m とする。

まず、 B_{c2} の増加に伴い J_c が増加しているが、増加は低磁界にまで及んでいることが分かる。また、Table 2 に示すように、圧延することでピンニングの強さに対応する値 A_m は増加するが、磁界依存性 γ が悪くなることが分かった。

これらの結果より、圧延による J_c の増加は B_{c2} の増加によるものだけでなく、ピンの種類も変わっていることが分かった。 J_c の磁界角度異方性については当日報告する。

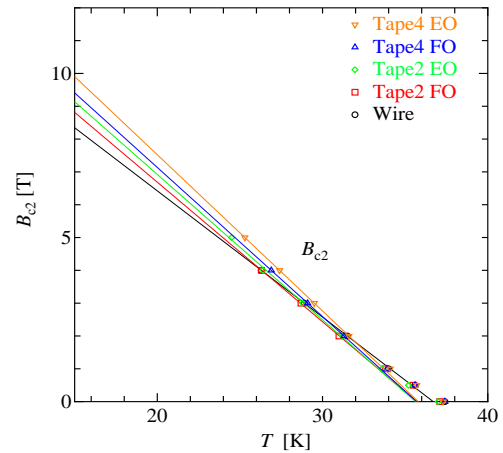


Fig. 1: B_{c2} - T properties.

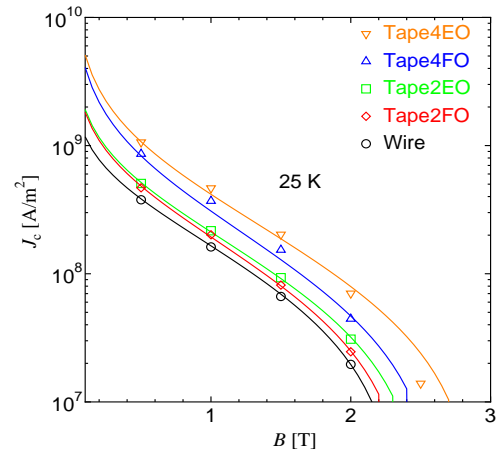


Fig. 2: J_c - B properties of MgB₂ samples at 25 K.

参考文献

[1] 若林ら: 第 80 回低温工学・超電導学会予稿集 2009 年 3B-a06