

任意波形磁界発生器を用いた高温超電導バルク体の着磁

加賀野井 啓介*¹ , 石郷岡 猛*² , 二ノ宮 晃*³

Magnetization of High T_c Superconducting Bulk using Arbitrary Waveform
Magnetic Field Generator

Keisuke KAGANOI , Takeshi ISHIGOHKA , Akira NINOMIYA

(Received October 12, 2004)

1. はじめに

高温超電導バルク体は、そのピンニング特性を利用し、永久磁石に勝る磁束密度を有する磁石にすることができる。その強力な磁力は、電動機や発電機、あるいは超電導浮上式鉄道への応用が期待されている。現在、一般的な着磁方法には強力な超電導マグネットを利用したフィールド・クール法のほか、常電導マグネットによるパルス着磁法がある。前者は強力な着磁が行えるが、設備が大型で場所の制約がある。一方後者は、比較的コンパクトにできるが、その発生磁界の持続時間は超電導マグネットに比べて短く、パルスの着磁になり、着磁効率が低いという問題がある。本論文では、パルス着磁時の電流波形を任意に制御できる任意波形磁界発生器を製作し、これを用いたバルク体の着磁特性を調べ、発生磁界の小さい常電導マグネットでいかに効率よい着磁を行うかを検討した。

2. 原理

高温超電導バルク体では、振動磁界を印加すると、交流損による発熱により温度が上昇し、磁束の侵入を排除するマイスナー効果が低減する。この方法を利用し、振動磁界によりマイスナー効果が低減している状態でバルク体内部まで磁束を侵入させ、その後印加磁界を緩やかに減少させれば、同一の大きさ

の直流による着磁よりも大きい着磁量が得られると推定される。

本稿では、印加振動磁界として、交流磁界の振幅が漸減し、直流磁界の大きさが漸増する波形の印加磁界を用いて、バルク体内に磁界を侵入させ、その後、印加直流磁界を直線的に減少させて、磁束をピンニングさせる方法をとった(図1)。

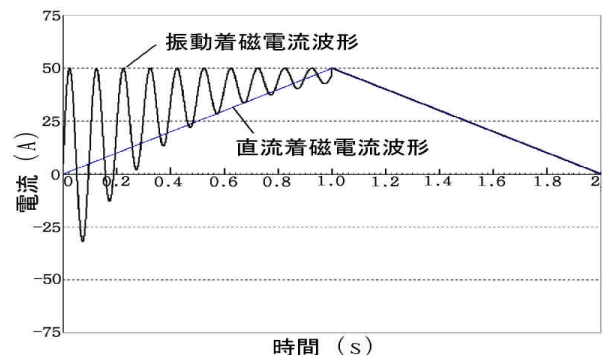


図1. 目標とする着磁電流波形

3. 実験装置

HTS バルクの試料は直径 20mm、厚さ 10mmの G_d系高温超電導体である。着磁に利用したコイルは、内径 70mmで、50Aの通電電流で 3500Gauss を発生する。インダクタンスは 35.70mH である。着磁に適した波形を得るためには、持続時間・周波数・時定数等のパラメータを任意に変更する必要がある。実際の着磁コイルのインダクタンス、抵抗等を考慮してシミュレーションを行い、任意波形磁界発生器(図2にそのインバータ部を示す)の電圧のコントロールプログラムを作成し、図3に示す振動着磁電流波形を得た。

*1: 工学研究科電気電子工学専攻修士学生

*2: 電気電子工学科教授 (ishigoka@ee.seikei.ac.jp)

*3: 電気電子工学科助手

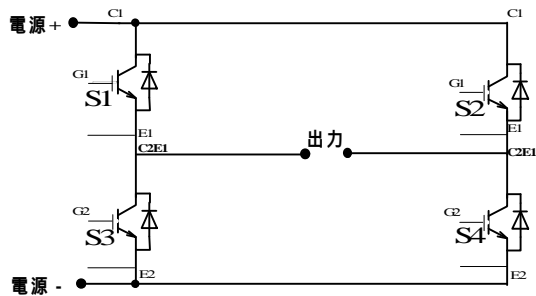


図2．任意磁界発生装置の基本インバータ回路

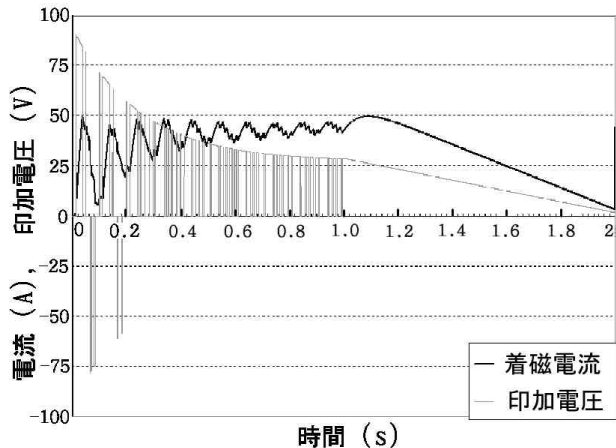


図3．実際の振動着磁電流波形

4．実験

前述のように、本稿では、直流磁界に振動磁界を付加することにより、純直流着磁よりも効率の良い着磁を行うことを目的とする。このため、先ず直流着磁でどれほどの着磁量が得られるかを測定した。励磁電流波形は図1の直線に示すものである。最大印加磁界 3500 Gauss に対して、最大で 181 Gauss の着磁が測定された(図4)。

次に、交流振動磁界付加時の着磁実験を行った。最大印加磁界は同じ 3500 Gauss、全サイクル時間 2 秒の条件内で、振動時間、減衰時間、周波数等のパラメータを調整し、最適化して得られた結果を図5に示す。図4および図5から分かるように、最大着磁磁束密度は 232 Gauss に増加し、直流のみの磁界による着磁に対して、約 28% の着磁量の向上が確認された。

5．まとめ

インバータを用いた任意波形磁界発生器を試作し、直流磁界に交流磁界を付加すれば同じ大きさの直流磁界よりも大きな着磁磁束密度が得られる事を確認した。

今回の実験結果は着磁磁束密度の絶対量は小さい

が、本方式を用いれば基本的に着磁用設備の節減、および着磁に要する電力の節減に寄与できることを示しており、効率良い着磁が実現する可能性があることがわかった。

なお、今回の実験装置では周波数の上限が 20Hz であるが、さらに周波数を増加させることにより着磁量が増加すると思われる。また、今回の実験は全サイクル時間 2 秒という条件下で行ったため、この時間を伸ばすことでさらに着磁量が増加する可能性がある。

今後は、着磁磁界印加時のバルク体内の発熱をより促すための最適着磁波形を検討し、着磁量向上に努めたい。これには、振動磁界の周波数を上げることが有効であると推定されるが、このための回路設計・製作を行い、より高い周波数領域での実験を行う予定である。

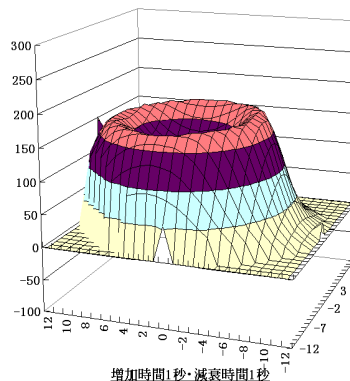


図4．直流磁界による着磁分布

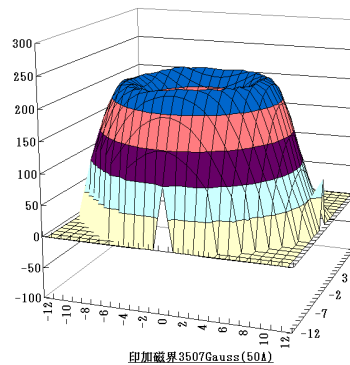


図5．振動付加磁界による着磁分布

参考文献

- 1) 超伝導・低温工学ハンドブック
- 2) 押田圭太, 水取寛満, 二ノ宮 晃, 石郷岡 猛, 上條弘貴, 「高温超電導バルク体のパルス着磁・消磁実験」, 電気学会全国大会, No.5-187, 2001 年 3 月
- 3) 超電導材料と線材化技術 小沼稔, 松本要