

[P7-41]

Performance of the Superconducting Niobium Cavities that Removed with Ceramic Media

Tamao HIGUCHI, Tokumi IKEDA, Kenji SAITO*, Shuichi NOGUCHI*, Eiji KAKO*,
Toshio SHISHIDO*, Masaaki ONO*, Shuhei NOMURA, Shigeo OGUSHI,
Takafusa SUZUKI, Suguru FUKUDA, Manabu SHIRATAKE

Nomura Plating Co., Ltd.

5, Satsuki-cho, Kanuma-shi, Tochigi-ken, 322-0014, Japan

*KEK: High Energy Accelerator Research Organization, Accelerator Laboratory
1-1, Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-0801, Japan

Abstract

An investigation of centrifugal barrel polishing (CBP) was tested in order to increase the removal speed of niobium cavities. CBP with ceramic media (GCT) increases the removal speed by 70 % compared with the horizontal rotational barrel polishing (HRB) with plastic media, which has developed at KEK and Nomura Plating Co., Ltd. GCT was applied to HRB of L-band cavities to see the effect on superconducting cavity performance, and an accelerating gradient of 32MV/m was achieved.

セラミックメディアを使ったバレル研磨と空洞性能

1. はじめに

プラスチックメディアを使ったバレル研磨を前処理とし、その後真空焼鈍（例えば700℃、5時間）、30μm以下の少量電解研磨で、25MV/m程度の加速電界が非常に信頼性良く得られている [1]。また、バレル研磨は化学的手法と比較し、より少ない研磨厚みで溶接時のスパッタボールや傷等の表面欠陥を除去できる [2]。バレル研磨は空洞の性能品質管理上重要な研磨技術であると期待される。しかし、従来のバレル研磨法では研磨速度が小さく、平均30μmの除去に研磨メディア交換、厚み測定を含め2週間弱を要する。

バレル研磨速度を上げるため、砥石メーカーの協力を得て、研磨法の改善、研磨メディアの再検討を行った。研磨法としては、従来方式の横回転バレル研磨法に変え、遠心バレル研磨法の検討を行った。遠心バレル研磨法の模式図及び、その装置を図1、2に示す。従来法と異なり、遠心力を利用し大きな研磨速度を得ることが特徴である [3]。ニオブパイプを用い、遠心バレル研磨で研磨除去速度が従来方式より向上することを確認した後、各種メディアで遠心バレル研磨速度を調べ、最大研磨速度を示したセラミックメディアを空洞のバレル研磨（従来法）に適用し性能測定を

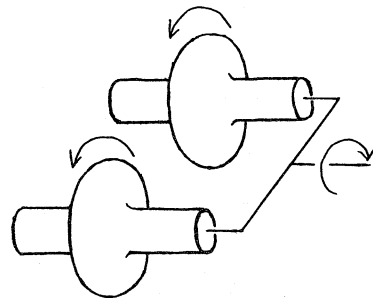


図1：空洞の遠心バレル研磨

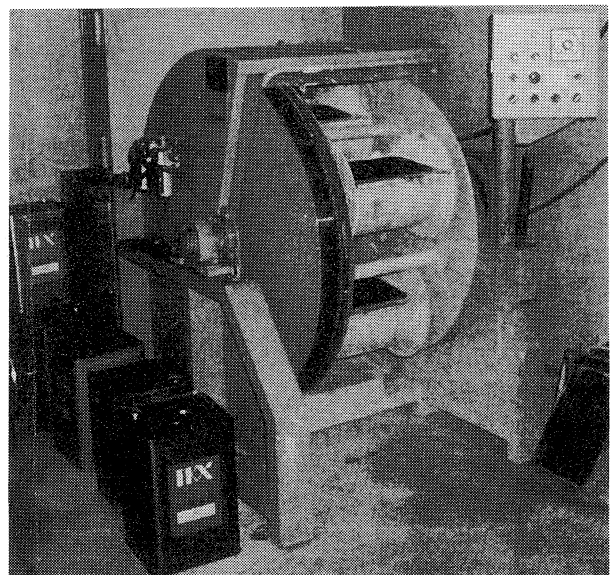


図2：遠心バレル研磨機

行い、使用上の問題点の有無を確認した。本論文では、この詳細について報告する。

2. 遠心バレル研磨法での研磨高速化の確認

初めに、遠心バレル研磨法では従来のバレル研磨法より大きい研磨速度が得られるか調べた。空洞の代わりにφ76.4、L149.1のニオブパイプを用い、従来方式との研磨速度の比較を行った。研磨条件は、従来の空洞のバレル研磨条件に合せ100rpmとした。また、メディアには従来空洞に使用しているプラスチックメディアを使用した。遠心バレル研磨機は自転：公転=1：1、公転直径600mmである。両研磨法での結果を表1に示す。遠心バレル研磨法では従来法に比較し7割大きい研磨速度が得られた。

表1：遠心バレル研磨の効果

type of barrel polishing	removal speed [μm/day]	rotation [rpm]	media PK [g]
usual type	2.7	100	70
centrifugal type	4.6	100	70

3. メディアの選定試験

上記の通り、遠心バレル研磨法で従来研磨法に比べ大きな研磨速度が得られたことを受け、更に

表2：比較メディア

メディア形状	メディアサイズ	砥粒	結合剤	メーカー
MXB 球	6mm	アルミナ	ビトリファイド	TKX
SPT 三角柱	6mm×6mm	ホーキサイト	ビトリファイド	TKX
VRT 同上	10mm×7mm	アルミナ	ビトリファイド	TKX
PLD 円錐	10mm×10mm	ダイヤモンド	ポリエステル	TKX
GCT 三角柱	12mm×12mm	酸化ケイ素	ビトリファイド	TKX
PV 円錐	10mm×10mm	アルミナ	ポリエステル	PMG
PK 円錐	10mm×10mm	アルミナ	ポリエステル	PMG

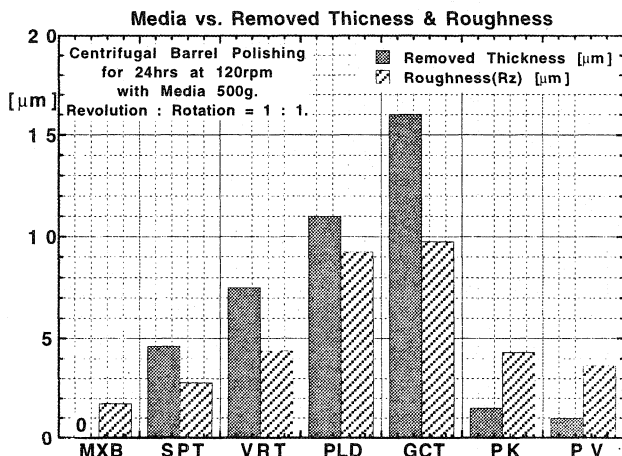


図3：メディアと研磨速度及び研磨面粗度

研磨速度を上げるために、研磨メディアの選定を行った。各種メディアで前出のニオブパイプを遠心バレル研磨し、研磨速度及び研磨面粗度を比較した。調べたメディアを表2に、結果を図3に示す。セラミックメディアGCTで16μm/day (研磨重量より算出)の最大研磨速度が得られた。これは従来使用しているプラスチックメディアの約10倍である。これと表1の結果を合せれば、GCTメディアを用いて遠心バレル研磨を行うことにより、研磨速度が従来の17倍になると期待される。しかし、GCTでは研磨粗度が大きく、Rz=10μmと、従来品を用いた場合の約2倍である。

4. GCTメディアを用いた、従来法のバレル研磨速度及び空洞性能

GCTメディアで遠心バレル研磨を行えば研磨速度が大きく向上すると期待できるが、研磨面が粗くなる。従って、GCTにより空洞性能が確保

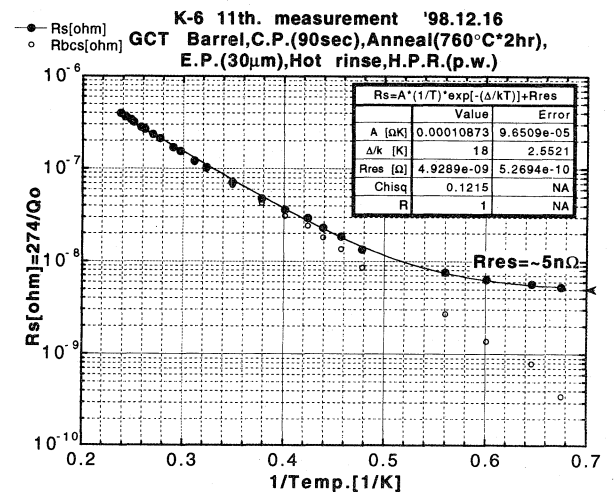


図4：表面抵抗の温度依存性

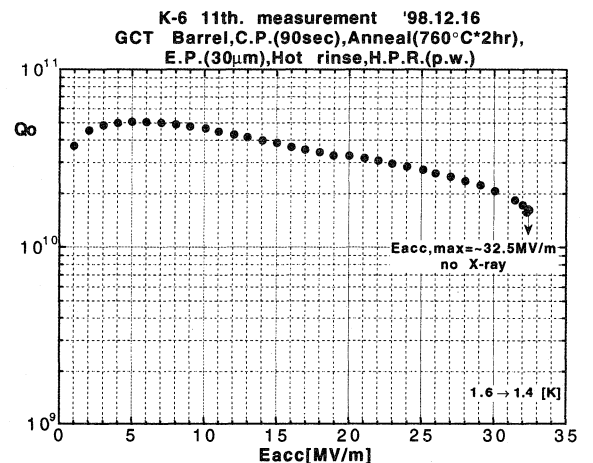


図5：Qo-E, accカーブ

されるか懸念される。この問題を調べるため、GCTを使って空洞をとりあえず従来法でバレル研磨し、その性能を測定した。

空洞をバレル研磨するに当り、GCTメディアの使用により研磨速度が向上することを期待したが、残念ながら従来のメディアを用いた場合と研磨速度に差は確認されなかった。従って、メディアの選定の際に確認された研磨速度のメディアによる差は、遠心バレル研磨に特有のものと思われる。

GCTメディアで従来法でバレル研磨を行った空洞の性能測定結果を図4、5に示す。図5でフィッティングにより求めた残留抵抗は $5\text{ n}\Omega$ と通常の値であり、加速電界は 32 MV/m が達成された(図6)。以上により、セラミックメディアを空洞に適用しても性能上問題が無いことが確認された。

5. 今後の展開

この実験で使用した遠心バレル研磨機には空洞が入らないため、今後、空洞のビームパイプ両端を切断して、この装置で空洞セル部での研磨特性を確認する実験を予定している。準備が整い次第セラミックメディアGCTを用いて遠心バレル研磨試験を行い、研磨後は切断した両端部を溶接して再び空洞とし、その性能測定を行う予定である。

6. まとめ

1) 遠心バレル研磨により研磨速度が1.7倍となった(ニオブパイプ研磨試験)。

2) ニオブパイプ遠心バレル研磨試験では、セラミックメディアGCTで従来のプラスチックメディアに比較し研磨速度が約10倍、研磨面粗度は約2倍となった。

3) 空洞の従来法でのバレル研磨では、セラミックメディアGCTと従来のプラスチックメディアで研磨速度に差は無かった。

4) セラミックメディアGCTを使用したバレル研磨(従来法)を前処理とした空洞で 32 MV/m の高加速電界が達成された。

謝辞

本論文の遠心バレル研磨試験の実施にあたり、株式会社TKX西村営業所長並びに森本係長にご協力いただきました。種々の助言をはじめ、採用には至りませんでした。研削力の更なる向上を目指しダイヤモンド砥粒を埋込んだプラスチックメディアを試作いただく等、大変お世話になりました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] "ニオブ超電導空洞の表面処理に於ける機械研磨の役割" 斎藤健治他。第21回リニアック技術研究会プロシーディングス p.225-227
- [2] "バレル研磨によるニオブ超電導空洞の表面欠陥の除去" 樋口玉緒他。第21回リニアック技術研究会プロシーディングス p.225-227
- [3] "実用めっきマニュアル" 友野理平著。4.3節、バレル研磨