

20-P32

## Investigation on Barrel-polishing for Niobium Superconducting Cavities

Tamawo HIGUCHI\*, Kenji SAITO, Shuichi NOGUCHI, Masaaki ONO,  
Eiji KAKO and Toshio SHISHIDOKEK, National Laboratory for High Energy Physics  
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305, Japan

## Abstract

Buffing has been used as pre-finishing of electropolishing(EP) for the TRISTAN superconducting niobium cavities. It demands specialists and seems to be high cost. An easier and cheaper way must be developed for mass-production as a superconducting linear collider like TESLA. Barrel-polishing satisfies the requirement if the finished surface is smooth enough. The experiment that examines the character of barrel-polishing was started. The first output is presented in this paper.

## ニオブ超伝導空洞用バレル研磨の研究

## 1.はじめに

超伝導ニオブ空洞の発生加速電界の大きさ、信頼性は、この数年間で大きく向上した。現在、L-バンド単セル空洞では、50MV/m以上の最大表面電界（加速電界 $\geq 30$  MV/m）が再現性良く達成されている。今後、さらに高い電界（例えば最大表面電界100MV/m）を達成するためには、表面上に存在するミクロな突起（micro-projection）を除去して滑らかな表面を作ることが重要であると、最近のDCフィールドエミッションの研究で指摘されている[1]。滑らかな表面を作るには電解研磨が適しているが、その到達研磨粗さには研磨前の表面粗さが履歴する。したがって、その前処理法の確立もまた重要である。TRISTAN超伝導空洞で電解研磨の前処理としてバフ研磨を採用したが、1) 熟練技術が要求されること、2) ハーフセルのような部品研磨には適するが、溶接されて一体構造となった空洞の内面研磨には適用不可能であること、3) コスト高になることなど不都合な点が多い。一方、バレル研磨は超伝導ニオブ空洞への応用例が少ないが、空洞内部に研磨用チップ（石あるいはプラスチック）、水、脱脂剤を入れて回転させるだけであり、技術的に簡単であること、溶接シーム部をも同時に研磨できること、低コストであることなどメリットが多い。超伝導空洞を用いたリニアコライダーのような大型プロジェクトを考える場合、バレル研磨の適用は検討に値する。ここでは、バレル研磨の研磨特性を調べ、超伝導ニオブ空洞への適用の可否を調べることにした。

## 2.実験方法

実験で使用したバレル研磨装置を図1に示す。この装置は、元々L-バンド超伝導空洞の内面グラインダー装置であり、今回、バレル研磨に転用した。回転装置にス

テンレス製のL-バンドモデル空洞をセットして、その中に研磨剤（チップ、水、脱脂剤）を入れて回転させ、空洞と研磨剤の摩擦によって機械研磨を行う極めて簡単な機構である。研磨性能は、モデル空洞の胴部の4箇所（ポート）に取付けたニオブサンプル（ $24\phi$ ）によって評価した。研磨速度は、研磨前後の重量変化をマイクロ重量測定器で測定し、研磨時間で割って求めた。また、表面粗計を使って研磨粗さ測定を行った。

バレル研磨条件として押さえなければならない事は、1) 回転速度と研磨速度の関係、2) 脱脂剤の適正量、3) チップの量と研磨速度の関係、4) 水の適正量、5) 長時間研磨でのチップのへたり等である。ここで適正量とは、研磨速度が最大になる時の量を意味する。これらの条件は互いに関連し合っており、一度に最適化することは出来ない。そこで、とりあえず2) から4) の条件を適当に設定し、ピーエムジー社の粗研磨用チップSGT-10X8、脱脂剤Rを用いて、研磨速度が最大となる回転速度を求めた。次に、回転速度をその値に固定し2)、3)、4) の試験を行った。このようにして各条件が最適化された後、再び1) の実験に戻った。さらに、こう



図1 実験装置

\* ; 株式会社野村メッキ

して得られた最適化条件に固定して、研磨粗さの測定を同社の他のチップPV-10（荒研磨用）、SKT-6X6（仕上研磨用）、BB-6（光沢仕上研磨用）についても行った。

### 3. 結果及び議論

#### 3-1 粗研磨研磨速度に対する諸条件

ピーエムジー社の粗研磨用チップSGT-10X8（人工石）を用いて以下の1）から5）の条件について調べた。

##### 1) 回転速度と研磨速度の関係

まず、モデル空洞の回転速度と研磨速度の関係を脱脂剤1%（水に対する体積。メーカー推薦量）、チップ2kg、水1300ccの実験条件で調べた（図2の×印）。さらに、2）～4）の最適化の後、それら条件をその最適値に固定し（チップ300g、脱脂剤1%、水30%/チップ1kg、脱脂剤1%、水30%）、回転速度と研磨速度の関係を調べた（図2の▲、●印）。研磨速度最大となる回転速度はチップ2kgではRPM～80、1kgではRPM～90、300gではRPM≥110であり（実験装置の制約からRPM>110の測定は出来なかった）、最大研磨速度はチップ300gで5mg/hr以上、チップ1kgで約3mg/hrであった。ここで1mg/hrは6.2μm/dayに相当する。

##### 2) 脱脂剤の適正量

1)の最初の実験（図2の×印）より最大研磨速度を得られると期待されるRPM=83で、チップ2kg、水1300ccに固定し、脱脂剤の適正量を調べる実験を行った。結果を図3に示す。メーカーの推薦通り、脱脂剤1%で最大研磨速度0.9mg/hrが得られた。ただし、脱脂剤の研磨速度に対する効果は小さく、高々15%の程度である。

##### 3) チップの量と研磨速度の関係

RPM=83、脱脂剤1%にした上で、1）、2）の実験に合わせて水の量/石の量=650cc/kgに固定してチップの量と研磨速度の関係を調べた。結果を図4に示す。チップ300g辺りで最大研磨速度2.6mg/hrが得られた。しかし、このチップ量では殆ど空洞の胴部しか削れず、空洞内面全体を削るには、1kg以上のチップ量が必要である。従って、実際の空洞に適用する際には、先ずチップ300gで空洞胴部の電子ビーム溶接シーム部を集中的に削り、次にチップ1kgで全体を削ればよいと考えられる。

##### 4) 水の適正量

RPM=83、脱脂剤1%、チップ1kgにおいて水の適正量を調べる実験を行った。結果を図5に示す。チップに対する水の体積が30%の時、最大研磨速度2.0mg/hrが得られた。ただし、水の量の研磨速度に対する影響は小さく、高々20%の程度である。

##### 5) 長時間研磨でのチップのへたりに

300gと1kgのそれぞれについて、チップ重量に対し他のパラメーターを最適値に固定し（チップ300g：RPM=110、脱脂剤1%、水90cc/チップ1kg：RPM=90、脱脂剤1%、水300cc）、へたりの効果を調べた。結果を図

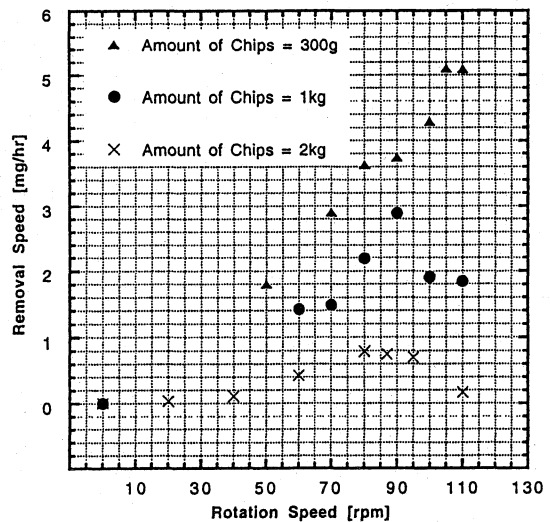


図2 回転速度の効果

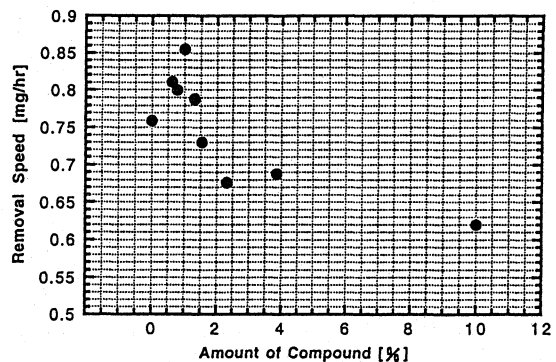


図3 脱脂剤の量の効果

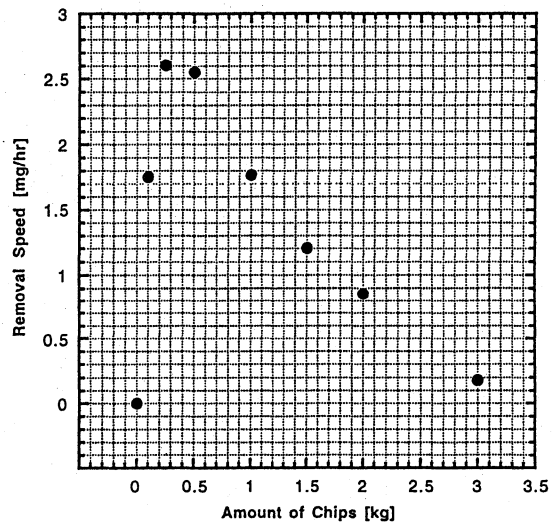


図4 チップの量の効果

6に示す。研磨速度は、300gでは初期1時間内に急速に減少し、その後は1日当たり約20%の緩やかな減衰を示した。一方、1kgでは1日当たり約20%の緩やかな減衰であった。チップの量によるへたりの差は認められなかった。

#### 3-2 到達研磨粗さ

チップとしてこれまで使用したピーエムジー社のSGT

(10X8：粗研磨用；粘土を成形焼結したアルミナ・シリカ・酸化鉄等を主成分とする人工石。三角柱形)と、同社の別のチップPV (10：粗研磨用；材質プラスチック。円錐形)、SKT (6X6：仕上研磨用；陶磁器を成形焼結させた、アルミナ・シリカを主成分とする人工石。三角柱形)、BB (6：光沢仕上用；アルミナを主成分とする人工石。球形)を順次用いて到達研磨粗さの測定を行った。結果を表1に示す。粗研磨ではチップの材質によらず $Rz=3\sim 4\mu m$  (チップがプラスチックの場合は光沢面が得られた)、仕上研磨では $Rz\sim 2.6\mu m$ 、光沢仕上研磨では $Rz\sim 2\mu m$ の研磨面が得られた。

超伝導ニオブ空洞で採用されているバフ研磨では、仕上面の表面粗さは $Rz\sim 1\mu m$ である。ただし複雑形状のため、研磨の容易なハーフセルのアイリス部で $Rz=0.3\sim 0.5\mu m$ 、研磨のしづらい胴部で $Rz\sim 3\mu m$ である。一方、バレル研磨では、現在のところ $Rz\sim 2\mu m$ と若干粗いが、空洞内面全体の一様な研磨が期待される。

プラスチック・チップはと粒が微粉である等のため、これを用いれば、従来の人工石に比べ仕上面の平滑度が改善されることが期待される。全行程でプラスチック・チップを使用すればバフと同程度の仕上げ粗さが期待される。

#### 4.まとめ

バレル研磨速度を決める主な条件は、粗研磨では回転速度とチップの量であり、脱脂剤、水の量の効果は小さい。また、チップのへたりによる研磨速度の減衰効果はチップの量によらず1日当たり約20%である。人工石チップでは、空洞内面全体に対し $10\mu m/day$ 、空洞胴部シーム部の集中研磨に対し $20\mu m/day$ の研磨速度が得られると期待される。各種人工石チップの組合せによるバレル研磨により $Rz\sim 2\mu m$ の表面粗さが得られると期待される。全工程でのプラスチック・チップの使用により、研磨面の平滑度はバフ研磨と同程度に向上する可能性がある。

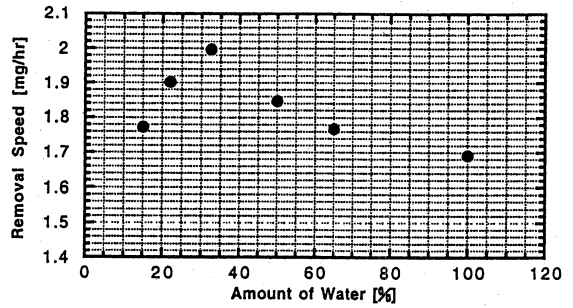


図5 水の量の効果

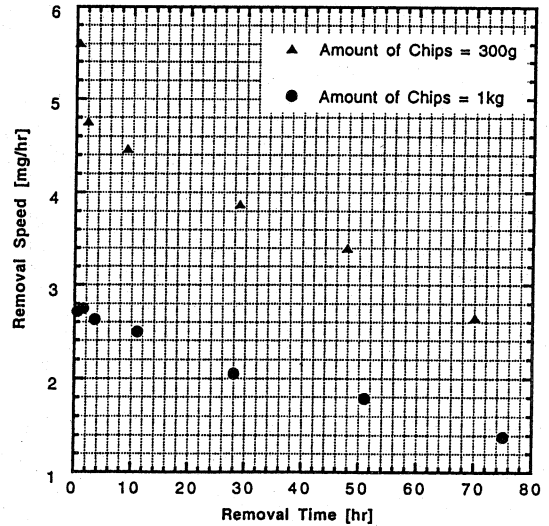


図6 チップのへたりの効果

#### 参考文献

- [1] E.Mahner, "Understanding and Suppressing Field Emission using DC", Proc. of the 6th Workshop on RF Superconductivity, CEBAF, Newport News, USA, 4-8 October 1993, to be published.

Kind of Tip	Amount of Tips		Rotation Speed [rpm]	Removal Speed [ $\mu m/day$ ]	Removal Thickness [ $\mu m$ ]	Rz [ $\mu m$ ]	Rmax [ $\mu m$ ]	Comment
	[cc]	[g]						
SGT 10X8	150	300	110	22	74.1	$4.34\pm 0.34$	5.80	粗研磨用チップ。成分アルミナ、シリカ、酸化鉄。
	500	1000	90	12	42.5	$3.31\pm 0.36$	5.27	
PV 10	500	570	90	14	13.9	$3.25\pm 0.57$	8.87	粗研磨用チップ。プラスチック
SKT 6X6	500	830	90	2.1	4.22	$2.64\pm 0.34$	6.82	仕上げ用チップ。成分アルミナ、シリカ。
BB 6	500	930	90	0.54	2.01	$1.88\pm 0.35$	4.59	光沢仕上げ用チップ。成分アルミナ。

表1 到達研磨粗さ

実験は、SGT 10X8 (1kg)、PV 10、SKT 6X6、BB 6を順次用いて行った。それぞれのチップに対する研磨時間は24時間以上90時間未満であり、研磨速度は全研磨量を合計研磨時間で割って求めた。研磨粗さは、1チップ当たり10カ所で計測した値の平均である。