

[P 30–31]

## FINISHED NIOBIUM CAVITY SURFACE WITH BARREL POLISHING

Tamao HIGUCHI\*, Kenji SAITO, Shuichi NOGUCHI, Masaaki ONO, Eiji KAKO,  
Toshio SHISHIDO, Takeo FUJINO and Hitoshi INOUE

KEK: National Laboratory for High Energy Physics  
1-1, Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305, Japan

\*Nomura Plating Ltd.  
5, Satsuki-cho, Kanuma-shi, Tochigi-ken, 322, Japan

### Abstract

Heavy sputter balls and over cut of the niobium cavity surface were removed with barrel polishing. During the process, the surface was observed with a CCD camera. By this polishing, the surface layer was removed up to 180 $\mu\text{m}$ , 50 $\mu\text{m}$  and 20 $\mu\text{m}$  deep at the equator, the iris and the beam pipe, respectively. After the process, 10 $\mu\text{m}$  deep of the surface was removed by electropolishing. A high accelerating gradient of 25MV/m was achieved in this cavity.

### バレル研磨によるニオブ超伝導空洞の表面欠陥の除去

#### 1. はじめに

超伝導ニオブ空洞で高い加速電場（例えばTESLA 目標25MV/m）を達成するには、溶接欠陥を含め空洞表面欠陥層を除去する必要がある。また、空洞の量産を考えた場合、その品質管理上、空洞内面の状態をそろえる機械研磨工程が重要と思われる。トリスタンでは電解研磨の前処理としてバフ研磨による機械研磨を行った。しかし、バフ研磨は多連空洞への適用が難しく、コスト高である。バフ研磨に代る機械研磨として94年にバレル研磨（タンブリングとも言う）の開発を始め [1]、95年にバレル研磨を施した空洞で高性能が得られることを確認した [2]。

今回、バレル研磨の効果を見極めるため、赤道部内面に溶接欠陥を持つ空洞を処理し、小型CCDカメラ [3] を用いてスパッタボール等の溶接欠陥の除去状況を追跡

調査した。この空洞に少量の化学処理、脱ガスアニール、水洗を行い、空洞性能を確認した。

また、これまでバレル研磨の研磨厚み分布に関する情報が不十分であったため、上記の実験に加え超音波厚み計を使用し空洞全体での研磨厚み特性を調べた。

#### 2. バレル研磨前の表面状態

コスメ溶接した際に電子ビーム条件の設定ミスで、スパッタボール等の溶接欠陥が発生した空洞にバレル研磨を施した。研磨前のスパッタボールを写真1に示す。大きなもので500 $\mu\text{m}$ 程度のものが多数観察され、手で触るとザラザラした面を感じられた。スパッタボールは空洞内面にしっかり溶着されており、機械的に除去する必要があった。スパッタボールを一つずつ除去することができ、簡便である。



写真1 赤道溶接部に発生したスパッタボール

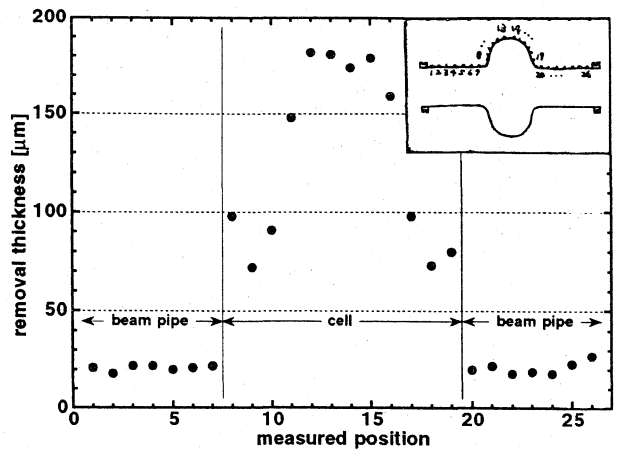


図1 バレル研磨厚み分布

### 3. バレル研磨

#### 3. 1 研磨条件

回転速度を100 r p m、赤道部を集中的に研磨する場合プラスチックチップ量を750 g、アイリス部を含め研磨する場合1200 gとした。4~6日間連続研磨した結果、チップ750 gで研磨速度2.1~3.1 g/d a y、1200 gで1.2~1.6 g/d a yであった。

#### 3. 2 研磨厚み特性

超音波厚み計を用い、研磨前後の厚み差より研磨厚み分布を求めた。結果を図1に示す。空洞内面全体が滑ら

かになった時点で研磨厚みは赤道部180 $\mu$ m、ビームパイプ20 $\mu$ m、アイリス部約50 $\mu$ mであった(研磨重量108.3g)。図1よりバレル研磨では赤道部で研磨速度が大きいことが分かる。

#### 3. 3 溶接欠陥の研磨状況

赤道溶接部のオーバーカットとスパッタボール、ビームを絞りすぎた部分でのビーム痕跡の除去状況を追跡調査した結果を写真2、3に示す。30 $\mu$ m以下の研磨でスパッタボールが外れ(写真2上)、約50 $\mu$ mでスパッタボール跡(スパッタボールが外れた後に残る凹み)が滑

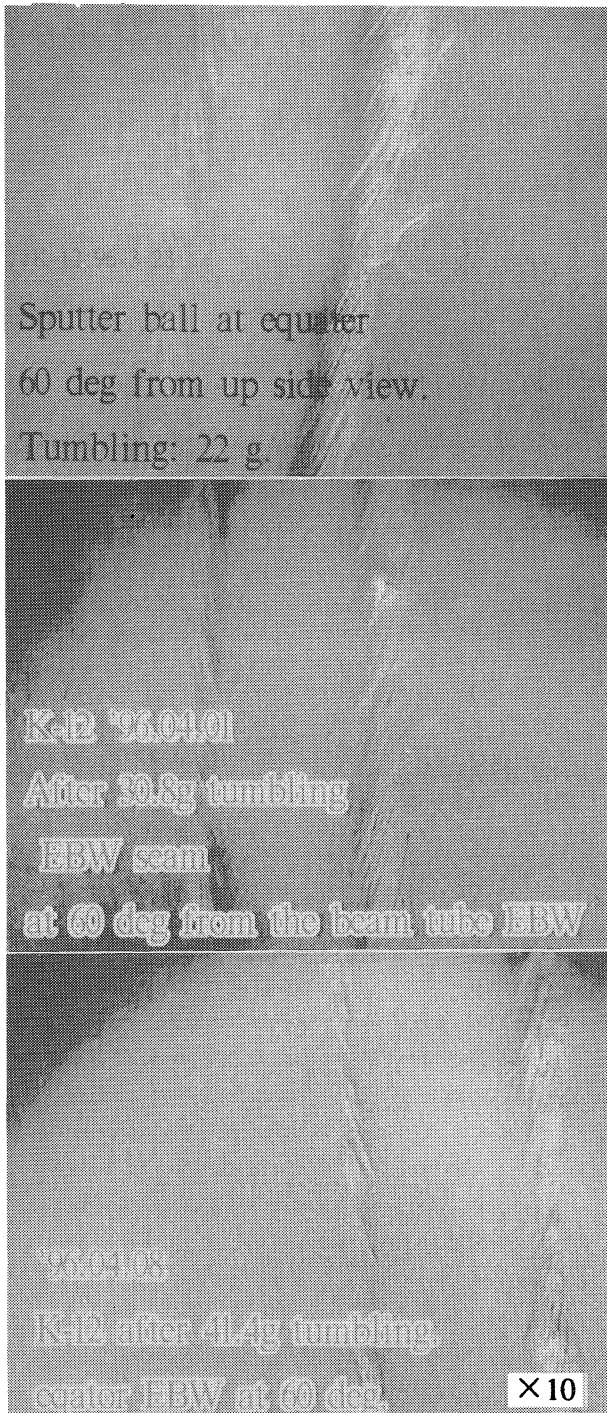


写真2 赤道部オーバーカット、スパッタボール跡

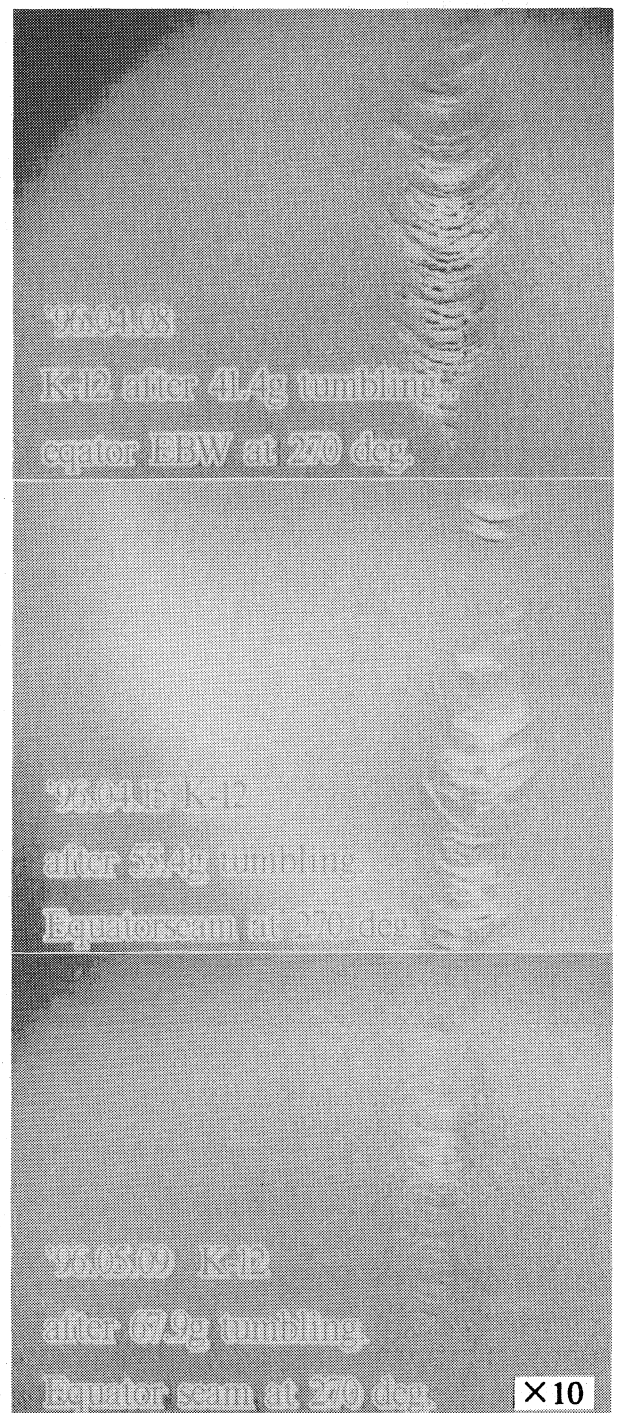


写真3 赤道部電子ビーム痕跡

らかに(写真2中)、最終的に $180\mu\text{m}$ 研磨した時点では、赤道部オーバーカットも完全に滑らかに、CCDカメラによる観察では分からなくなった。

上記は特別に欠陥の多い空洞の場合である。通常のバージン空洞内面に対しバレル研磨を施し、同様の観察をしたところ、赤道部で $50\mu\text{m}$ 程度の研磨量で溶接部を含め一様な研磨面が得られた。

#### 4. 性能測定結果

バレル研磨を行った後CP $5\mu\text{m}$ (表面に埋め込まれた砥粒の除去)、EP $10\mu\text{m}$ 、脱ガスアニール( $800^\circ\text{C}\times 5\text{hr}$ )、高圧純水洗浄を行い、性能測定を行った。結果を図2に示す。最初の測定結果ではフィールドエミッションのため加速電場は $11\text{MV}/\text{m}$ に制限された。ただし、この測定では表面処理終了後、空洞を真空排気中に電源のブレーカーが落ち、ターボ分子ポンプが一時停止し、真空が悪化するアクシデントがあった。このことがフィールドエミッションの原因として疑われたため、水洗のみやり直し再度性能測定を行った。その結果、フィールドエミッションなくTESLA目標値である加速電場 $25\text{MV}/\text{m}$ が達成された。最初の測定結果が悪かったのはバレル研磨の問題ではないと思われる。

バレル研磨と空洞性能について、他の複数のバージン空洞でも実験が行われ、バレル研磨+少量EPにより、100%の確率で $25\text{MV}/\text{m}$ 以上の加速電場が達成されている[4]。一方、バレル研磨を行わずCP $100\mu\text{m}$ のみの空洞では、性能にばらつきが見られる上、 $24\text{MV}/\text{m}$ 以下の加速電場しか達成されていない[4]。バレル研磨とEPの併用により研磨量を減らすことができ、表面処理コスト削減が可能である。

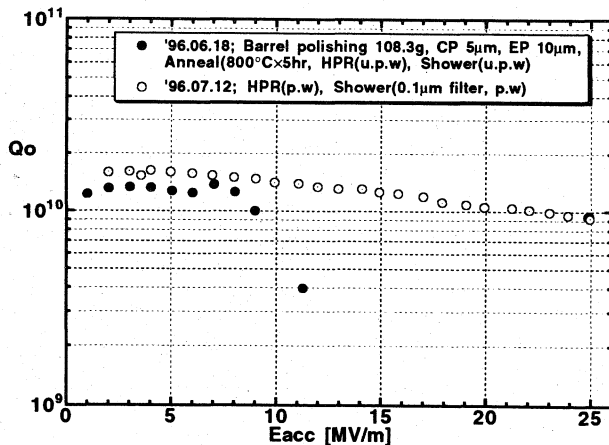


図2 低温縦測定性能結果

#### 5. まとめ及び今後の研究課題

深刻な溶接欠陥を持つ空洞にバレル研磨を施し、数日毎にCCDカメラで内面を観察した。赤道部 $30\mu\text{m}$ 以下の研磨でスパッタボールが外れ、 $180\mu\text{m}$ で溶接部オーバーカットが除去された。この空洞により加速電場 $25\text{M}$

$\text{V}/\text{m}$ が達成され、溶接時等に内面を荒しても、バレル研磨により容易に性能を確保できることが確認された。

超音波厚み計で調べた結果、バレル研磨は赤道部で研磨速度が非常に大きいことが分かった。

しかし、バレル研磨は全体として研磨速度が小さいという欠点がある。本論文で取り上げた空洞の場合、7.6週間を要した。これは特に溶接欠陥の顕著な空洞であったが、通常でも2週間程度かかっている。成形プレス時に比較的多数の欠陥が発生するアイリス部[4]を含め全体を速やかに研磨するためには、何らかの対策を講じる必要がある。

今後は研磨速度を上げるため、次の3つの方針で研究を進める予定である。

- 1). 研磨チップの改良、研磨条件の再適正化を行う。
- 2). 揺動運動を加えた揺動バレル研磨を試みる(写真4)。
- 3). 空洞に化学研磨液を入れ化学研磨と同時にバレル研磨を行う、複合化学研磨を試みる。

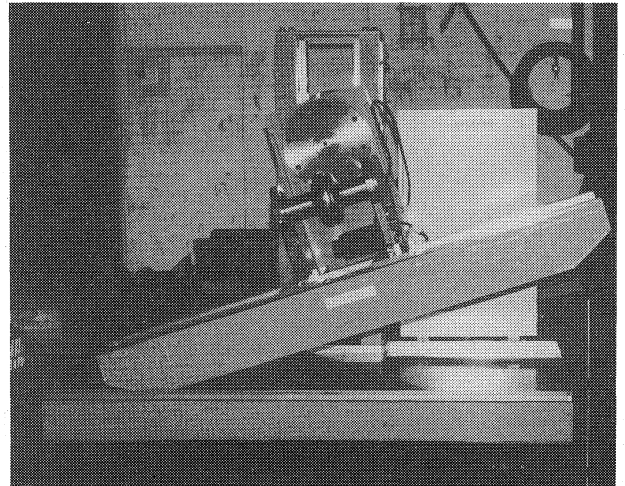


写真4 複合化学研磨用/揺動バレル研磨用装置

#### 参考文献

- [1] T. Higuchi, K. Saito et al., "Investigation on Barrel Polishing for Niobium Superconducting Cavities", Proc. of 19th Linear Accelerator Meeting in Japan, JAERI, 20-22 July, 1994, p.208-210
- [2] T. Higuchi, K. Saito et al., "Application of Barrel Polishing to Niobium Superconducting Cavities", Proc. of 20th Linear Accelerator Meeting in Japan, FEL Laboratory, 6-8 September, 1995, p. 179-181
- [3] K. Saito et al., "Inspection System with a CCD Camera for L-band Superconducting Cavities", in this meeting
- [4] K. Saito et al., "A Role of The Mechanical Polishing in The Surface Treatment of Superconducting Niobium RF Cavities", in this meeting