

THE RESEARCH FOR SURFACE TREATMENT OF CAVITIES AIMING AT HIGHER ACCELERATING FIELD

Takafusa SUZUKI, Tokumi IKEDA, Kenji SAITO*, Toshiyasu HIGO*

Nomura Techno Research, Co.,Ltd.

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

*KEK, National Laboratory for High Energy Physics

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305, Japan

ABSTRACT

Requirement of the surface treatment for complex structures as an accelerator has become stronger in recent years. The research and development for surface treatment of copper have been studied in order to realize smooth and clean surfaces of cavities. Three kinds of treatment methods were tested here. One is an electropolishing (EP), and the others are mixed acid and special acid (articles on sale) for chemical polishing. Wave guides shaped by WIRE-CUT were used for the test, and its surface roughness was about $10 \mu\text{m Rz}$. Three methods were compared in metal removal rate and surface roughness. Good performance was obtained in both EP and special acid.

高加速電界のための空洞表面処理の研究

1. はじめに

加速管において高加速電界を制限する原因の一つにフィールドエミッションがある。これは、空洞内表面に付着したごみが原因と考えられる。ごみの付着は表面エネルギーや付着面積に依存するので、加速管表面の欠陥、表面粗さに強く影響される。そのため表面欠陥のない滑らかな表面を実現する事がフィールドエMISSIONの低減につながるものと期待される。

ニオブ超伝導空洞については、そのような研究が精力的になされている[1][2]が、JLCのような常伝導空洞においてもフィールドエMISSIONが問題となっており、それらを克服するため、表面の清浄化について研究を開始した。また、加速器の高性能化にとともに、装置や部品類が複雑化、小型化しており、それらに適用できる、より簡単な表面処理方法が要望されている。

従来、表面粗さをおとし、かつ、清浄な表面を得るために電解研磨[3][4]がよく用いられてきた。しかし、電気化学的処理であるため複雑な形状のものには適用が難しい。そこで、電解研磨より処理が簡単で、複雑な形状にも適用しやすい化学研磨を検討した。

化学研磨では、古くからキリンス処理が知られているが、電解研磨ほど表面粗さをおとせるものではなかった。しかし、最近では、研磨性能の優れた研磨液が市販されはじめており、それらのうちのひとつ(トップグループCu8)を調査する。

よって、ここでは、電解研磨、キリンス処理、及び

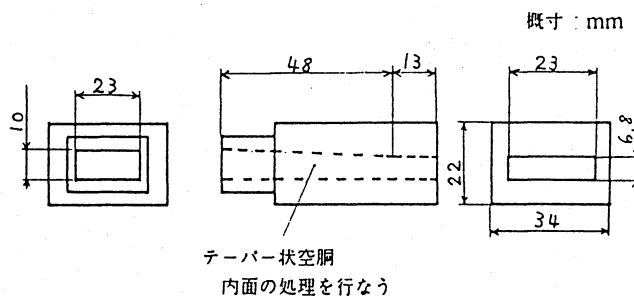


図1. ワーク形状

トップグループCu8の計三種類の処理液を比較試験した。キリンス液とは、これまで、銅の化学研磨や光沢化処理に使われてきた混酸(HNO_3 , H_2SO_4 , HCl , H_2O)である。この試験では、研磨能力の評価として、各処理の研磨速度を調べた。つぎに、研磨量と到達粗さの関係を調べ、さらに、初期粗さと到達粗さの関係を調べた。

2. 試験片

試験片は無酸素銅製テーパ導波管(図1)であり、銅ブロックからワイヤカットによって製作されたものである。加工表面は粗さ $10 \mu\text{m}$ 程度である。表面は褐色に変色しており、加工変質層が発生しているものと思われる。

表1. 液組成及び処理条件

キリンス処理	組成：61%硝酸：97%硫酸：36%塩酸：水 = 1 : 2 : 1 ml/l : 1.5 v/v 条件：液温度 25℃、サンプル揺動機はん
電解研磨	組成：無水クロム酸 115 g/l 89%磷酸 724 ml/l 水 232 ml/l 条件：平均電流密度 350 mA/cm ² 液温度 30~35℃ サンプル揺動機はん 陽極 --- ワーク 陰極 --- 純アルミニウム (A1050)
トップグループCu8 (化学研磨)	奥野製薬工業(株)製 銅化学研磨液 組成：過酸化水素 22%含有、その他不明 条件：液温度 50℃

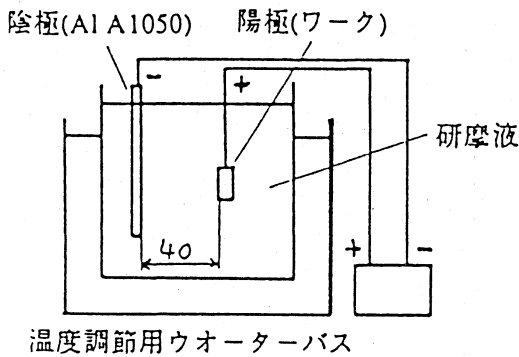


図2. 電解研磨処理装置

表2. 各処理の研磨速度

処理	研磨速度	平均研磨量計算式
1. キリンス処理	17.7 μm/min	Y=17.73X-2.66
2. 電解研磨	2.7 μm/min	Y=2.72X
3. トップグループ Cu 8	2.7 μm/min	Y=2.73X-2.98

X-研磨時間 (min)、Y-研磨量 (μm)

3. 処理液及び装置

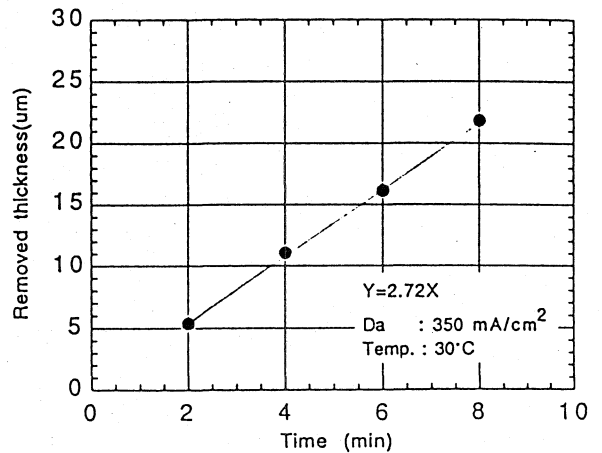
比較した三種類の処理の液組成及び処理条件を表1に示す。電解研磨は試験片を陽極とした浸漬電解処理である。装置を図2に示す。液温はウォーターバスにより±2℃以内に調節されている。陽極平均電流密度は以前の試験結果で調べられており、350mA/cm²とした。一方、化学研磨は浸漬処理で、電解研磨に比べ、簡単かつ複雑形状なものにも適用できる。液温度は±1℃以内に調節されている。

4. 試験結果

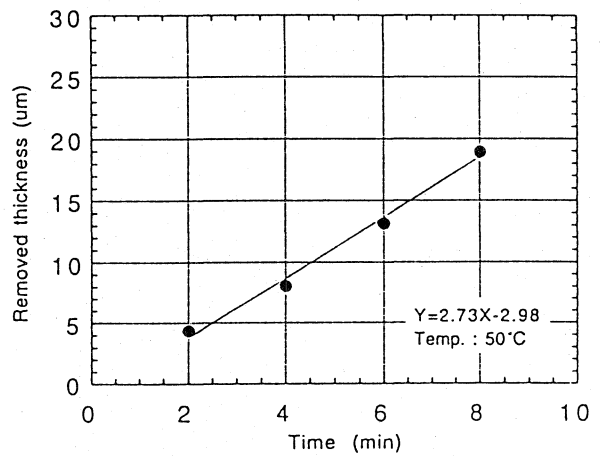
4-1 研磨速度の測定

実際の処理ではワークの研磨量つまり、表面の除去量を制御する必要がある。そのため各処理の処理時間と研

電解研磨の研磨速度



トップグループCu8の研磨速度



キリンス処理の研磨速度

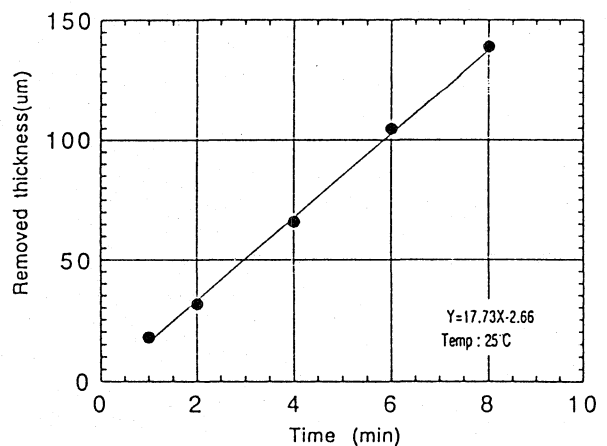


図3. 各処理の処理時間と研磨量の関係

摩量の関係を調査した。同一サンプルにて処理時間を2、4、6、8分ごとに引き上げ、研磨量を測定した。研磨量はサンプル全体の一樣研磨を仮定し、研磨前後の重量差及び研磨面積とから計算した。測定結果は図3に与えられる。表2にまとめられるように、キリンス処理では17.7 $\mu\text{m}/\text{min}$ 、電解研磨及びトップグループCu8ではほぼ同様に2.7 $\mu\text{m}/\text{min}$ の研磨速度であった。研磨量の制御には研磨速度の遅い後者二種類の処理が適しているように思われる。

4-2 研磨量と表面粗さの変化

試験片はワイヤーカット加工表面であり、表面粗さは10 μm 程度である。実際のワークでは仕上げ粗さを1 μm 以下におとすことが要求されるため、この試験では研磨量にともなう表面粗さの変化について調査した。また、同時に研磨後、表面の拡大観察を行なった。図4に各処理の研磨量と表面粗さの関係を示した。電解研磨とトップグループCu8の粗さ変化はほぼ同様に、到達粗さは2 μm であった。一方、キリンス処理は表面粗さの変化が緩やかであり、到達粗さは4 μm であった。3種類の処理はどれも20~25 μm 研磨した時点で粗さの変化はほとんど無くなった。

図5に研磨後の表面の拡大写真及び、表面粗さのプロファイルを示す。電解研磨及びトップグループCu8による表面は、ともに、なめらかになっている。さらに、電解研磨表面はなめらかな表面に局所的な研磨むらが存在し、トップグループCu8による表面は全面にわたり様な粗さを示しているようである。キリンス処理は他の処理に比べ粗さを低減させる能力が低く、ミクロな凹凸が目立つ。

4-3 初期粗さと到達粗さの関係

上記の試験結果から、ワークの初期粗さが10 μm 程度の場合、仕上げ粗さを1 μm 以下にすることは困難である。この試験では仕上げ面の粗さを1 μm 以下にするために必要な初期粗さを調査する。無酸素銅の平板(40x25x0.5mm³)の表面をエメリー240番及び320番により研磨し、初期表面粗さをそれぞれ5 μm 、2 μm に調整した。表面処理は電解研磨によって行なった。途中10 μm 、20 μm 研磨された時点でサンプルの表面粗さを測定した。研磨面の表面粗さRz,Rmaxを各3箇所、各々X及びY方向について測定し、その平均値を評価データとした。両者の測定結果は同様の傾向を示した。図6にRzの測定結果を示す。また、その具体的な数値を表3にまとめる。到達粗さ1 μm を達成するための初期粗さは4 μm 以下である。

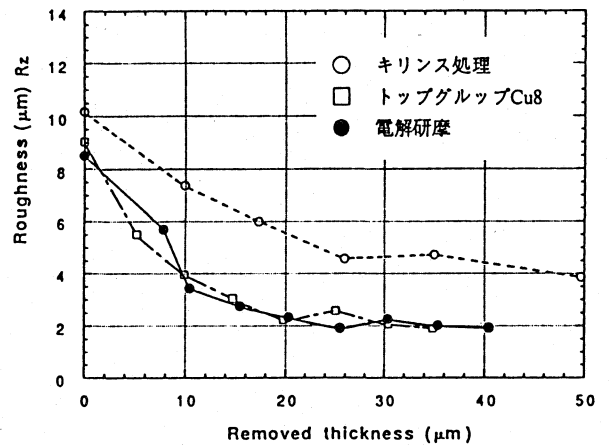


図4. 研磨量と表面粗さの関係

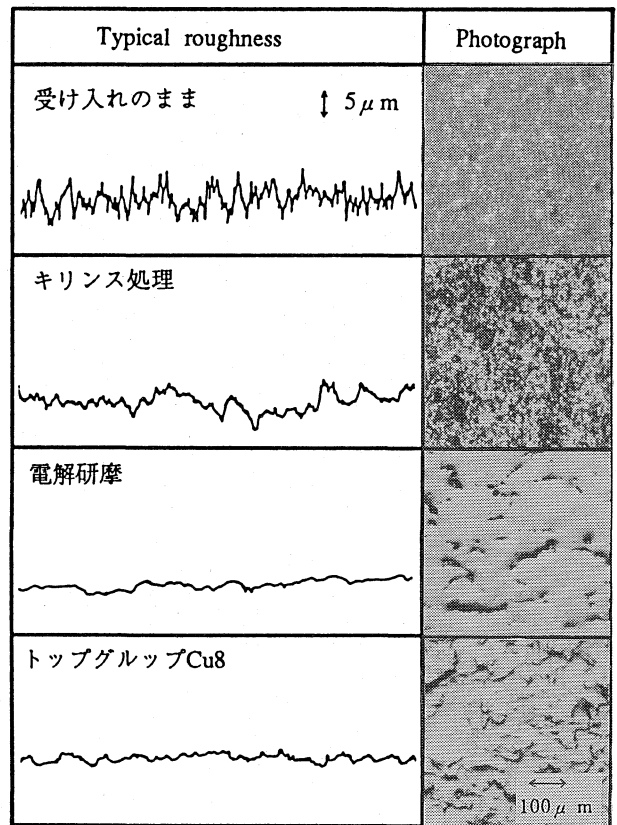


図5. 研磨後表面

した。研磨面の表面粗さRz,Rmaxを各3箇所、各々X及びY方向について測定し、その平均値を評価データとした。両者の測定結果は同様の傾向を示した。図6にRzの測定結果を示す。また、その具体的な数値を表3にまとめる。到達粗さ1 μ mを達成するための初期粗さは4 μ m以下である。

5. まとめ

電解研磨とトップグループCu8の研磨速度は同様に2.7 μ m/minでありキリンス処理は17.7 μ m/minであった。特に電解研磨は積算電流により研磨量を制御できるため研磨量の調節は容易である。

初期粗さが10 μ mRz程度のワークを処理する場合、到達粗さはおおの、キリンス処理では4~5 μ mRz、電解研磨とトップグループCu8では2 μ mRzとなった。

図5から、処理後の表面状態をみると電解研磨及びトップグループCu8ではマクロ研磨とともにミクロ研磨の効果があるのに対し、キリンス処理はマクロ研磨のみ行なわれている様である。

電解研磨では、処理後の到達表面粗さを1 μ mにするためには初期粗さを4 μ m以下にする必要があることがわかった。

電解研磨により複雑な形状の銅製部品を処理することは困難であるため、形状による影響の少ない化学研磨液(トップグループCu8)を比較試験したが、その研磨性能は電解研磨と、ほぼ同様であった。これは、複雑形状のものを容易に処理できるという点で非常に有効な処理液と言える。しかし、ミクロ粗さは電解研磨におよばず、また、液の寿命が短いという欠点を持っている。これを解決することが次の課題である。電解研磨についても、さらに、到達表面粗さを小さくすることが今後の課題となる。

参考文献

- [1]. K.Saito et. al.; Proc. 4th Workshop on RF Superconductivity, KEK (August 1989), P.635.
- [2]. H.Miwa et. al.;" Research and Development of an Ultra Clean Surface for RF Cavities ", Proc. of this meeting.
- [3]. Charles L. Faust; Metal Finishing, 81, 67 (Oct.1983).
- [4]. Charles L. Faust; Metal Finishing, 81, 69 (Nov.1983).
- [5]. トップグループCu8 技術資料
奥野製薬工業株式会社.

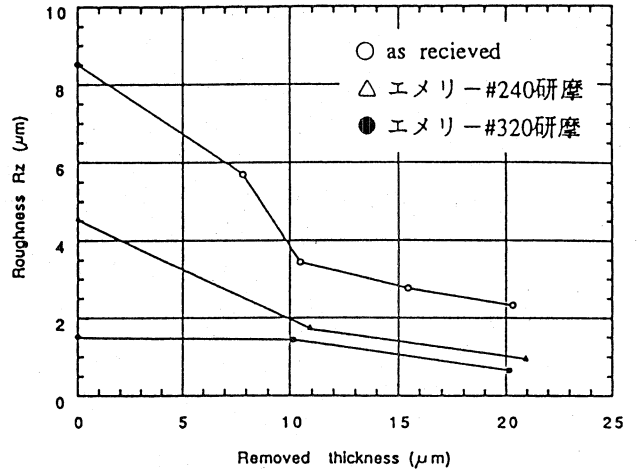


図6. 試験片の初期粗さと到達粗さの関係

表3. 初期粗さ及び処理後粗さ

サンプル初期状態	初期粗さ Rz (Rmax)	10 μ m研磨時粗 Rz (Rmax)	20 μ m研磨時粗さ Rz (Rmax)
ワイヤークット面	8.5(9.2) μ m	3.4(4.3) μ m	2.3(3.4) μ m
エメリー紙240番研磨	4.6(6.9)	1.8(3.0)	1.0(1.7)
エメリー紙320番研磨	1.5(2.2)	1.4(2.5)	0.7(0.9)