

SURFACE PROCESSING OF AN RFQ CAVITY

T.Kato, E.Takasaki, Z.Igarashi, C.Kubota, T.Takenaka and S.Fukamoto

National Laboratory for High Energy Physics

Abstract

Electrolytic polishing was chosen as final surface treatment of our RFQ cavity to obtain good electrical conductivity and high breakdown voltage. The optimum condition for electrolytic polishing was determined experimentally. The effects of electrolytic polishing on the breakdown voltage were examined applying a dc voltage to the test pieces which were cut as the same shape as the vane. Great improvements due to electrolytic polishing were observed both in the surface roughness and in breakdown voltage.

1. はじめに

H⁻と 偏極陽子を750 keVまで加速する four-vaneタイプのRFQ空洞を製作している(ref. 1)。この空洞の断面形状は正方形である。電気的な接触を良くするためにすべての接触面は電子ビーム溶接で溶接する。4枚のvaneは既に削られており現在最終的な表面処理を行なっている。銅でできているRFQの表面処理として電解研磨を選んだ。ここでは電解研磨による表面の改善とそれに伴うbreakdown電圧の上昇について述べる。

2. 電解研磨による表面処理

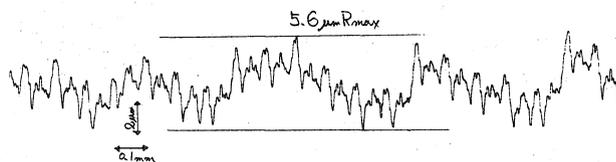
電解研磨の最適条件をまず実験的に決めた。その結果を次に示す。

電解液の組成

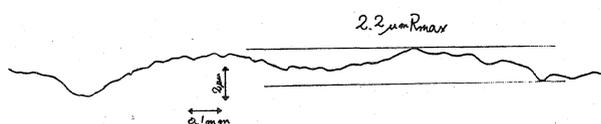
炭酸	78.3 wt%
クロム酸	7.2 wt%
水	14.5 wt%
温度	30 - 35 °C
電流密度	35 A/dm ²
カソード	鉛

研磨の間は、液温度を一定に保つようにする。又電解液の密度が一定になるように、液を攪拌する。ステンレス製のカソードは、鉛に比べて少し高い電圧が必要であり、銅の析出が認められた。表面の滑らかさは、マイクロメーターによる厚み測定、触針法によるあらさ測定、金属顕微鏡による観察、光沢度計による光沢測定をもちいて評価した。研磨用試料には、vaneの acceleration sectionと同じ cutter traceを刻み込んだものを使用した。

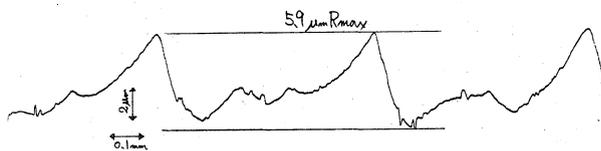
25 μmの電解研磨をする前後の、触針法による測定結果を Fig. 1 に示す。cutter pathに平行な場合と垂直な場合を示してある。大きな改善が



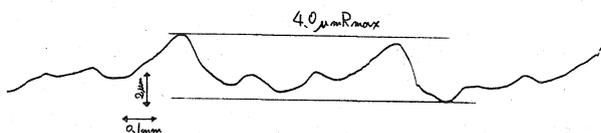
a) Parallel, before polishing.



b) Parallel, after polishing of 25 μm.



c) Perpendicular, before polishing.



d) Perpendicular, after polishing of 25 μm.

Fig. 1 Traces of roughness measurement by the stylus method.

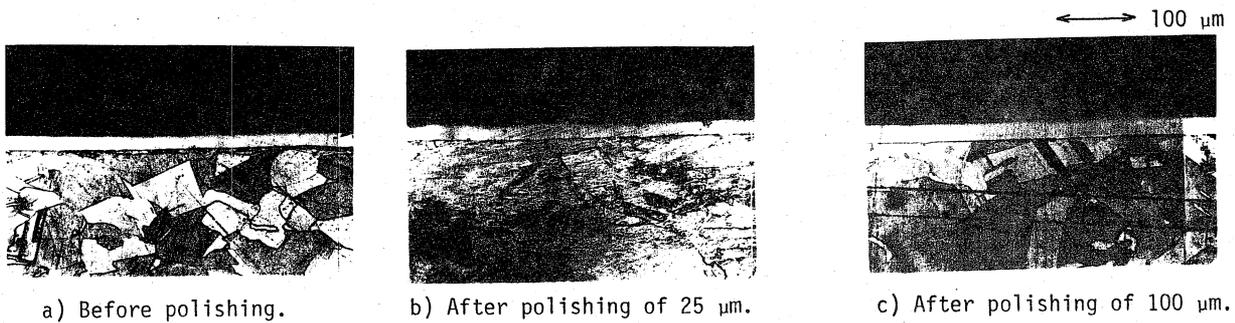


Fig. 2 Cross-sectional view of the surface perpendicular to the cutter path. Nickel was plated on the surface to keep sharp edge during cut.

両方向ともみられる。特に平行な場合には数多くみられる細かいギザギザが、25 μm以下の研磨によりとれてしまう。Fig. 2に研磨面の断面の様子を示す。50 μmの研磨をすれば表面の傷等がほぼ完全にとれることがわかる。しかし100 μmの研磨では、表面は再び滑らかでなくなっている。市販されている三種類の銅の電解研磨50 μm後の金属顕微鏡写真をFig. 3に示す。タフピッチ銅、OFHC (oxygen free high conductivity copper), VMC (vacuum melted and oxygen free high conductivity copper) は、その表面に大きな差がみられた。vaneと同じ長さ(140cm)の試料を約40 μm研磨したところ、試料の上下差によるばらつきは10%以下におさまった。研磨に必要な主な設備は20V - 10000 AのDC電源、1000 x 1000 x 1800 mmの電解槽、直径40 mmの鉛カソード等である。

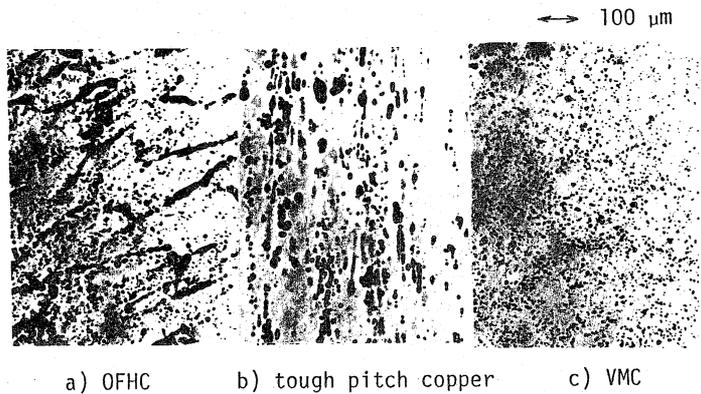


Fig. 3 Photograph of the surface after electrolytic polishing of 50 μm.

3. 直流による耐電圧テスト

電解研磨がいわゆる breakdown voltage の改善をもたらすかどうかをテストする為に、同じ形の三組の試料を用意した。それらの形はFig. 4に示すように、vaneの出口付近の谷から谷までとした。試料はOFHCから、実際にvaneを削る場合と同じ手順に従ってNCにより製作した。簡単の為に、向かいあわせたvaneの山と山の間隔を3 mm又は6 mmとして、その間に直流電圧をかけた。イオンポンプとターボポンプの組あわせにより、 $4 - 10E-7$ Torrの真空中で実験をした。三組の試料の夫々(A, B, C)について、NC加工後、電解研磨25 μm後、50 μm後、100 μm後の四回(Fig. 5)の耐圧テストを行なった。アルミナやエメリー紙による研磨は施さなかった。三組の試料は、こうした耐圧テストでしばしばみられるように、少し異なる結果を示した。研磨を施さない場合最低の耐圧(A試料)は、6 mm gapで60 kV (1.1 Kilpatrick),

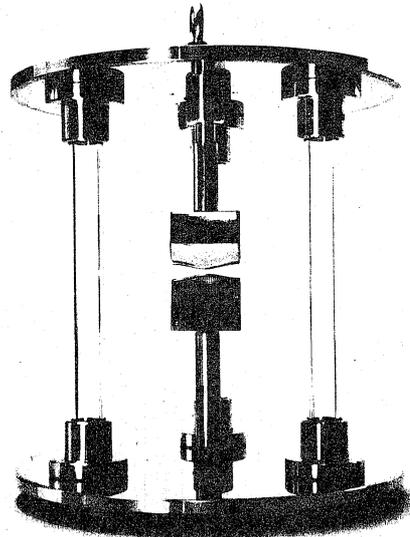


Fig. 4 Test stand for voltage breakdown test.

最高の耐圧（B試料）は、3 mm gapで 84 kV (2.3 Kilpatrick) (ref. 2) となった。25 μ m の電解研磨後は、A試料の耐圧が 3 mm gapで 87.5 kV (2.4 Kilpatrick) まで改善された。この電圧は電源により制限されたものなので、実際には更に改善されている可能性がある。B試料の耐圧に変化は見られなかった。研磨しない時に中間の耐圧を示したC試料は、奇妙な振舞をみせた。3 mm gapで 77 kVまで電圧を上げてても電流は流れなかったが、その後突然電流が流れ始め、87.5 kVでは 7 μ A になり、10分間電流値は変化しなかった。このときX線が観測された。再び電圧を下げるとしだいに電流は少なくなり、42 kVでなくなった。しかしこの電圧を上げると又電流が流れ始めた。このよ

うに電流に再現性がみられるので、ある種の "カソード" ができているように思われる。50 μ m の電解研磨後には、この電流は消失し、全部の試料が、3 mm gapで 87.5 kV (測定装置の最大電圧) に達した。100 μ m の電解研磨後にも、この状態に変化はみられなかった。以上より、表面を滑らかにする為、そして耐圧を上げるのに、電解研磨は極めて有効な事がわかった。

こうした基礎実験から、RFQ vane に対して 35 μ m、空洞の側板 25 μ m、電子ビーム溶接後の空洞全体 5 μ m の電解研磨を施すことにした。

4. 陽子加速テスト準備

750 kV 陽子加速用RFQを Fig. 6 に示す。現在 vaneの alignmentをしており、次に電子ビーム溶接を行う段階である。平行して、イオン源やビームモニターを含めたビームラインを建設している。RF電力 200 MHz 200 kWは既に完成されている。

References

1. T.Kato et al., "An RFQ Linac for Proton Acceleration", Proc. 7-th Symp. on Ion Source and Ion Assisted Technology, (ISIAT '83), p.629 (1983).
2. W.D.Kilpatrick, "Criterion for Vacuum Sparking Designed to Include Both rf and dc", Rev. Sci. Instr., 28, p.824(1957).

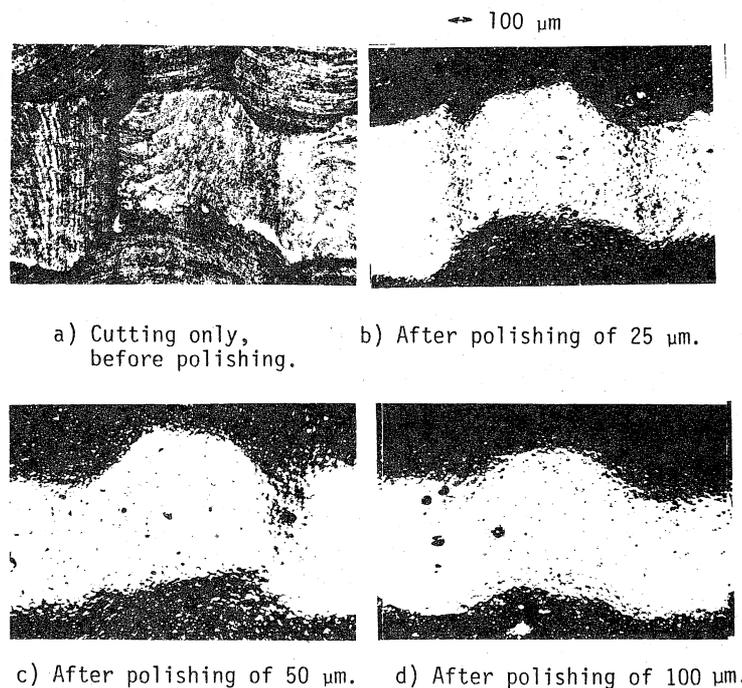


Fig. 5 Surfaces of OFHC pieces for DC breakdown voltage test.

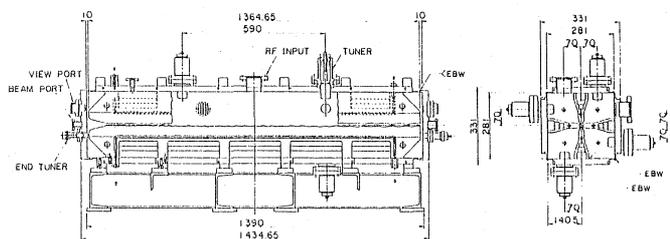


Fig. 6 Mechanical design of 750 keV proton RFQ.