

DEVELOPMENT OF POST EP RINSING

Kenji Saito ^{#,A)}, Fumio Furuta^{A)}, Taro Konomi^{B)}

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Accelerator lab
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaragi-ken, Japan, 305-0801

^{B)} The Graduate University for Advanced Studies, Accelerator Science
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaragi-ken, Japan, 305-0801

Abstract

We are still battling with high gradient issue on the Ichiro 9-cell SRF cavity, which is an alternative cavity design in the ILC. Recently we have found a problem in its end group, where a Q-slope limits the gradient by 30–40MV/m. This might be a result of the poor rinsing on such complicated structure. We have started study to develop much more effective post EP rinsing method. In this paper we will report the current status.

Post EP Rinsing の開発

1. はじめに

ILC 高電界超伝導空洞の開発は、なおバトル状態にある。特に、ACD となっている 45MV/m を目指した Ichiro 9セル空洞の開発は、困難を極めている。Ichiro 単セル空洞 (center cell 形状) では、50MV/m を超える高電界性が統計的に実証されている^[1]にもかかわらず、9セル空洞では未だ 30MV/m 程度に限られている^[2]。9セル空洞の RF 設計上の問題をチェックするために、図 1 に示すような Ichiro 9セルの END セルに直管ビームパイプを付けた END 単セル空洞、その直管に代えて Input coupler port や HOM coupler を付けた Full END 単セル空洞 (END クループ、図 2) をそれぞれ複数個製作して性能を調べた (図 1, 2)。その結果、END グループでは、どの空洞でも 30~40MV/m 以上の高電界領域で Q-slope が発生し、電界が制限されることが分かった。我々は、構造の複雑な HOM coupler 内に発生した電解研磨 (EP) の汚染物が、純水高圧洗浄 (HPR) で十分に取れないと考えた。

そこで、目視観察でそのことがはっきり分かるような試験を行った。組立式の亚克力空洞を製作し、

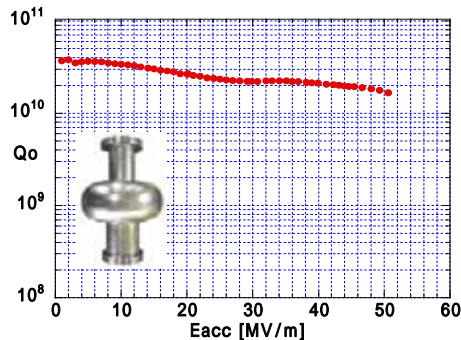


図 1: 直管ビームパイプの付いた END 単セル空洞の空洞性能

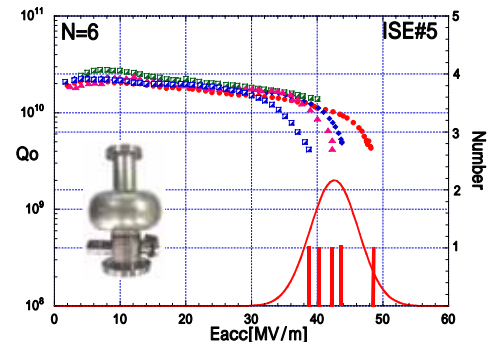


図 2: END グループの空洞性能

その内部にモリーコートのスプレーし、HPR して内部の汚染状態を観察した。この試験結果から、その汚染を完全に除去するには HPR 条件の最適化だけでは不十分なことが認識され、Post EP 洗浄法としてより効果的な洗浄法の開発が必要となった。超音波槽洗浄、メガソニック洗浄、内面超音波洗浄、内面ホーン超音波洗浄、スチームクリーニングなどを試した。そして、有望な洗浄技術を END グループに適用して、空洞性能への効果を調べる試験を進行中である。本論文ではその現状を報告する。

2. 汚染残留場所の目視確認の洗浄試験

図 3 に示すように L-バンドの Pill Box タイプの亚克力製組立式空洞を製作した。EP での汚染物の模擬としてモリーコートを使った。空洞内面は、それがくっ付き易くするために、粗い旋盤加工面とした。その上にモリーコートのスプレーし、よく乾燥した後、HPR を施した。条件は、洗浄圧 60kg/cm²、上下移動速度 22mm/min.、空洞回転速度 11prpm、15 分間空洞 Top から Bottom まで一回 (我々の標準仕様) である。図 4 はその後、Input port、HOM coupler を外して、内部の洗浄状態を観察した写真である。この時、セル等他の部分には残留汚染が見られなかった。

kenji.saito@kek.jp

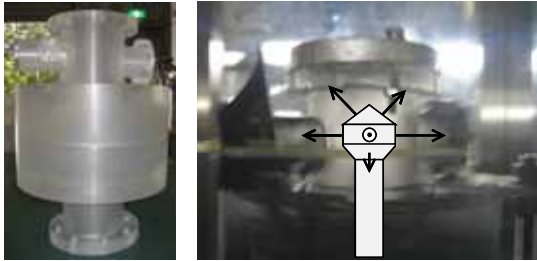


図 3：組立式 L-バンド Pill Box 空洞（左）とその純水高圧洗浄（右）



図 4：純水高圧洗浄後の Input coupler port 内面（左）と HOM coupler 内面（右）の状態

我々の HPR は、図 3（右）に示すように斜め上方 45° に 2 本、水平に 4 本、斜め下方 45° に 2 本の計 8 本の直進性の強いウォータージェットを持つ。この場合、図 5 に示すように Port の長さが 40mm よりも長いと斜ジェットが届かないことが分かった。そこでノズルの傾き角を 45° から 25° に緩やかにして、port の奥まで届くように改善した。これにより、input coupler port の内面の残留汚染は改善された。

一方、HOM coupler は、図 4(右)に示すように HOM アンテナの側面・裏側および、その陰になるシンダナー内部でジェットが当たらない。HPR でこの問題の解決策が見出せない。そこで、HPR の代りに超音波洗浄による解決を探ることにした。図 6 は、図 4 の HOM coupler と Input port を 28kHz, 600W の超音波槽の中で水を使って 30 分間洗浄した結果である。図 6 から超音波洗浄に期待が持てることが分かった。

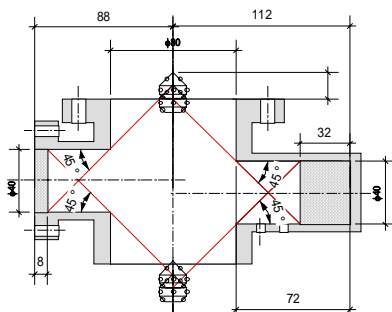


図 5：HPR のウォータージェットのデッド領域

3. Post EP 洗浄強化への新洗浄法の探索

超音波洗浄に解決策がありそうなので、これを中心により効果的な洗浄法を探索した。以下の実験では、HOM coupler と Input port の内面にモリー

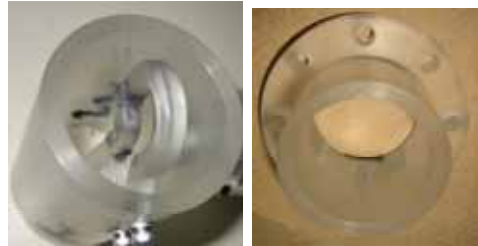


図 6：超音波洗浄した HOM coupler と Input

コートを塗布して色々な洗浄法を試す。空洞の EP で発生する汚染とモリーコート塗布では性質が異なるかも知れないが、とりあえずこの方法で得られた知見を空洞にフィードバックするという方法を採用することにした。

3.1 メガソニック槽洗浄

950kHz, 1kW のメガソニック槽の中で純水を使って 30 分間洗浄した。結果を図 7 に示す。汚染は完全に除去できたが、アクリル内部に気泡が発生した。これは、超音波のパワーにもよるが、エロージョンが起きることを示唆し、ニオブ表面でもその影響が心配される。



図 7：メガソニック洗浄の効果

3.2 脱脂剤併用超音波槽洗浄

メガソニック洗浄よりマイルドな洗浄が良いと判断し、第 2 節での水の代わりに脱脂剤を使った 28kHz の超音波洗浄を試した。脱脂剤として超伝導空洞の処理で使っている MICRO90(2%)を使った。洗浄パワーは前の場合と同様 600W である。洗浄時間は 20 分にした。結果を図 8 に示す。汚染が完全に除去され、脱脂剤効果が大きいことが分かった。



図 8：脱脂剤併用超音波槽洗浄の効果

3.4 脱脂剤併用内面板状超音波洗浄

これまでの経験では、超音波槽の中で空洞を洗浄する場合、槽の構造上の理由で Input port や HOM coupler は超音波発振子に近づけにくく、振動パワーが十分に伝わらない。特に END グループのような複雑形状では、発振子を空洞内部に持ち込むのが効果的と思われる。図 9 に示す板状内面超音波洗浄器 (56kHz, 200W) を汚染したアクリル空洞 (図 9

右上)の中に挿入して、脱脂剤の入ったポリタンクの中で50分間洗浄した。この装置では、発振面は片側の板のみである。HOM couplerに発振面を向けて洗浄したが、期待に反してHOMシリンダー奥に汚染物が残った(図9右下)。

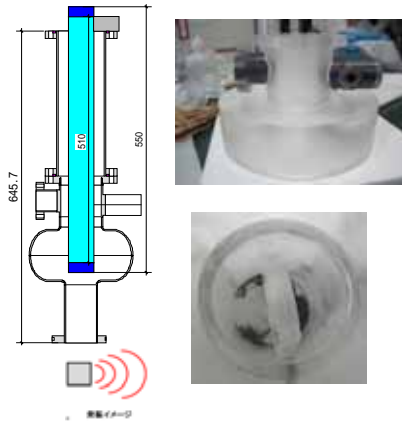


図9: 板状内面超音波洗浄器と洗浄後のHOM coupler内の様子

3.5 脱脂剤併用ホーン超音波洗浄

板状内面超音波洗浄器では振動の対称性が悪い。振動が放射状に起こるホーン型超音波洗浄器を汚染空洞の内面に挿入して、脱脂剤の入ったポリタンクの中で洗浄した(図10)。この装置の周波数は28kHz, 最大パワーは1kWである。洗浄試験は1kWで行った。最初10分間洗浄し、洗浄状態を観察したのが、図10右中の写真である。HOMシリンダー奥に汚染が残っていた。一度水洗してさらに5分間洗浄した結果が図10右下の写真である。汚染は完全に除去されていた。洗浄パワーが大きいのが気にはなったが、この方法は、有望であると判断した。また、途中で攪拌(この試験では水洗)を入れることが有効であることが分かった。

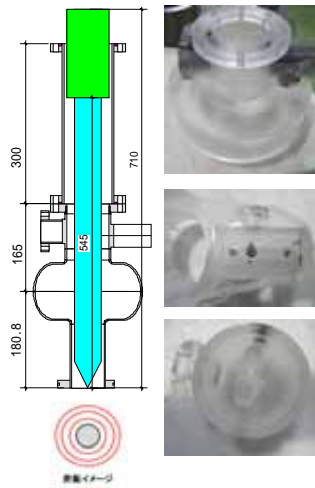


図10: 内面ホーン型超音波洗浄

3.6 スチームクリーニング

超音波洗浄とは全く関係ないが、家庭の床あるいはレンジクリーニング用の市販の小型簡易スチームクリーナーを使って、ENDグループを洗浄してみた。図11にその写真を示す。スチームは複雑構造の中にも容易に侵入するのでENDグループへの応用に大きな期待が持てる。



図11: スチームクリーニング

4. 新しい洗浄法による空洞性能試験

以上の試験結果の内、有望そうな方法をENDグループに適用して、空洞性能からその有効性を評価する試験を進行中である。ここでは、紙面の関係上スチームクリーニングとHPRの組み合わせ洗浄の一例を報告する。

1年以上クリーンルーム内にはって置いたENDグループ空洞に純水を使ったスチームクリーニング(20分)と引き続くHPRを施した。結果を図12に示す。図で三角印はこの洗浄前の空洞性能で、丸印がこの新しい洗浄法による結果である。40MV/mを超える電界を達成することが出来た。また、X線(四角)の発生領域が30MV/m以上に押し上げられた。図13は、同様の処理を他のENDグループに適用した結果で、最大加速電界が改善されることが、統計的に確認された。

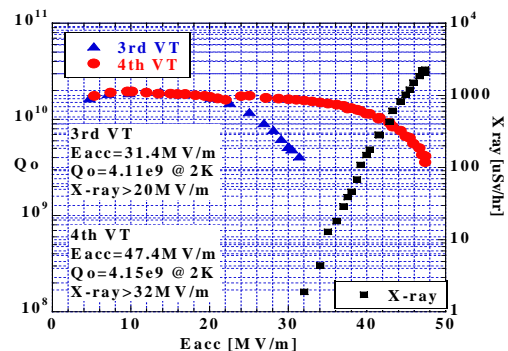


図12: スチームクリーニングとHPRの組合せ洗浄による空洞性能

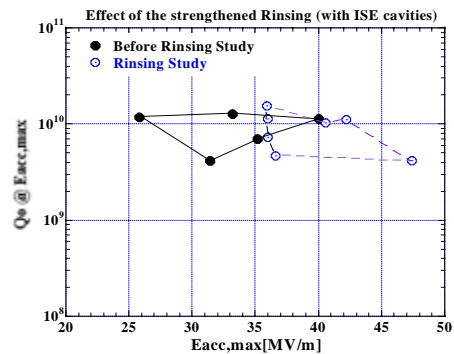


図13: 最大加速電界、Q値に関する統計的結果

参考文献

- [1] F.Furuta et al., Proc. of 13th SRFworkshop, 14-19, October, Peking University, Beijing, China, pp.125-131.
- [2] F.Furuta et al., Proc. of the IPAC'10, WEPE006.