

[P7-36]

THE HOUSE FABRICATION ON L-BAND SUPERCONDUCTING 3CELL CAVITY AT SHI

Y. Matsubara, M. Hirose, T. Hori, H. Saito*, F. Yukawa**
H. Inoue***, M. Ono***, E. Kako***, S. Nogichi***, K. Saito***, T. Shishido***

Research and Development Center, Sumitomo Heavy Industries, Ltd. (SHI)
2-1-1, Yato-Cho, Tanashi-City, Tokyo 188-8585 Japan

*Quantum Equipment Business Center, Sumitomo Heavy Industries, Ltd. (SHI)
5-2, Soubiraki-Cho, Niihama-City, Ehime-Ken, 792-8588 Japan

**Sumiju Technical Center Co., Ltd. (STC).

1-2, Kuryoutsutsumi, Hiratsuka-City, Kanagawa-Ken, 254-0801 Japan

***High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1, Oho, Tukuba-City, Ibaraki-Ken, 305-0801 Japan

ABSTRACT

We have investigated the effect of removal thickness with electropolishing (EP) using our first fabricated L-band bulk-niobium single cell cavity (SHI-1). We obtained finally the maximum accelerating field (max Eacc) of 32 MV/m, by the removed thickness of 150 μ m, which included 20 μ m light chemical polishing (CP) and 750 $^{\circ}$ C annealing. With this result, we have fabricated a second single cell cavity (SHI-3) applying 130 μ m CP and 30 μ m EP on the cavity. And, the cavity was not annealed because of checking Q-degradation. We could not obtain a good performance (the max Eacc was 7.3MV/m) due to bad welding condition on equator section. However, the cavity without annealing gave us the result where Q-degradation was not observed. Next, we fabricated a 3-cell cavity with the same welding condition on SHI-3. In this paper, we report on the result, 3-cell cavity design and performance.

L-バンド超伝導3連加速空洞の製作

1 はじめに

高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の指導のもと、超伝導キャビティーの開発に携わってから2年の時が経過しました。

現在まで、Lバンドのシングルセル空洞を4台、3連空洞を1台製作しました。第一号機(無名)は、ハンドリング技術の研究のためにCopper製のモデル空洞を製作しました。第二号機として、Nb製空洞(SHI-1)をKEKにて製作していただきました。SHI-1空洞では、主に電解研磨(EP)による研磨量と加速電界の関係が調べられました[1]。結果として、150 μ m研磨後、目標とする30MV/m以上の加速電界を得ることができました。

SHI-1の調査と同時に第三号機(SHI-2)の製作が行われました。これは、電子ビーム溶接機の溶接条件の調査を目的に製作されました。

第4号機(SHI-3)は、SHI-2の結果を用いて製作されたNb製のシングルセル空洞です。SHI-3の表面処理は表面研磨速度の速い化学研磨(CP)を初期研磨法として選び、最終処理としてEPを用いて150 μ mまで一気に研磨を施すことにしました。この処理の過程で水素脱ガスアニールの工程を省き、CP処理で発生する水素病[2]について調べるこ

とにしました。得られた加速電界は7.3MV/mと極めて低いものの、初期研磨として多量CP処理(130 μ m)を用いたにも関わらず水素病は観察されませんでした。

第五号機(SHI-4)は、3連のNb製空洞であります。この空洞の製作において、マルチセル超伝導空洞の製作工程及び製作時間を減らす工夫することにチャレンジしました。

2 3連空洞の設計

3連空洞の形状決定には2次元電磁場解析コードSUPERFISHを用いました。得られた結果をTable-1に形状をFig-1に記します。

Table 1: シングル空洞と3連空洞の解析値

(材質: Cu)	シングル空洞	3連空洞
周波数 (MHz)	1295.048824	1298.842285
Q 値	28461	29241
シャントインピーダンス (Ω)	3.133×10^0	9.276×10^0
R/Q (Ω)	110.08	317.14
G(形状因子) (Ω)	265.3	274.9
Ep/Eacc	1.91	2.630
Hp/Eacc (Oe/MV/m)	43.36	43.57

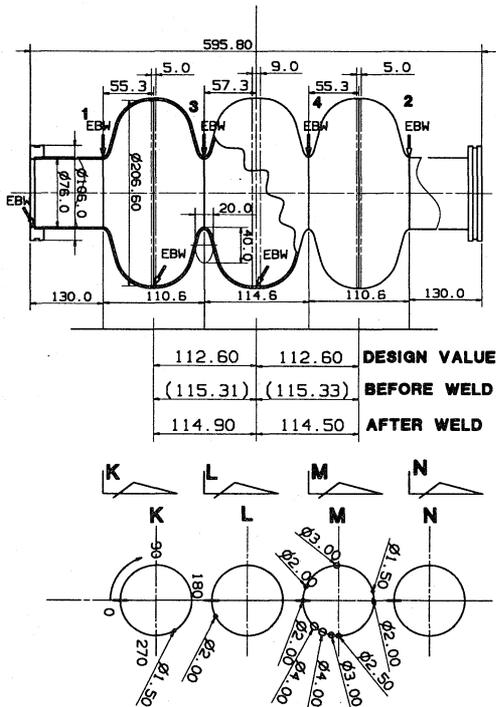


Fig. 1 3連空洞の設計値、Iris部に発生したブローホール位置及び、溶接前後の寸法差

3 3連空洞の製作

3連空洞の製作においては一つの主眼を設定しました。量産を頭におき、電子ビーム溶接機の真空チャンバー中に置かれた3連空洞の4個所のアイリス部を真空チャンバーの真空を一度も破らずに実施することを試みました。このとき、SHI-2において得た結果を3連空洞に適用しました。

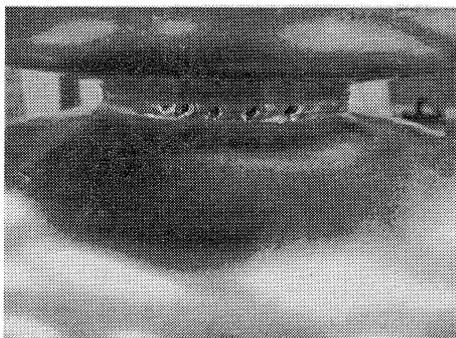
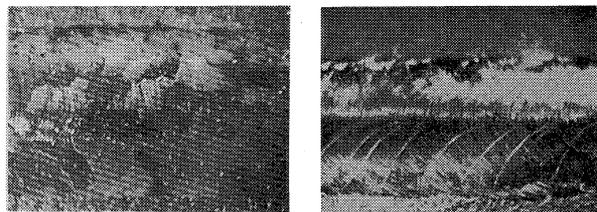


Fig. 2 M断面に発生したブローホール

しかしながら、溶接の結果はFig. 1に示される断面K,L,Mにブローホールが発生しました。特にM断面は、ひどくFig. 2に示すような結果となりました。

Fig. 1のM断面は、最終の溶接場所であったため他のアイリスよりも初期温度がかなり高かったと想定できます。その他の部分の溶接部の内面をFig. 3

に示します。



a) 赤道部溶接ビード (電子ビーム照射側)
b) Iris部溶接ビード (N断面: 電子ビーム透過側)

アイリスにあいた穴を、KEKにて修復していただきました。穴の部分に化学研磨をして洗浄したNbのパッチを埋め込み溶接しました。

SHI-2でわれわれが得たアイリス部の溶接縮代は1mmです。その縮代を考慮して溶接を行いました。ブローホール部の修復を含め最終的に得られたセル間のギャップ長さは設計値よりそれぞれ2mmづつ長くなりました (Fig. -1 参照)。

ビーズ法を用いて測定された、3連空洞の中心軸上での電界分布をFig. -4に示します。計算値に比べセル間ギャップが2mm長い影響が現れましたが、各セルの電界強度が5%以内と小さかったため、チューニングは実施しませんでした。

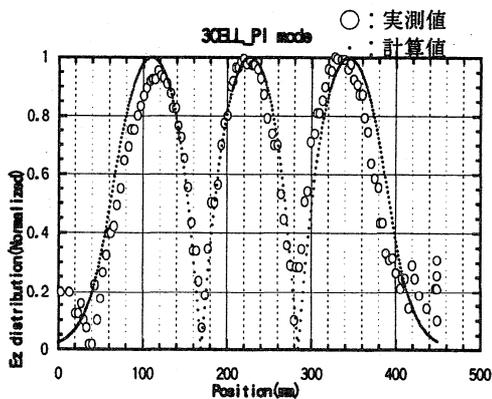


Fig. 4 π mode時の電界分布

Table-2 3連空洞の共鳴周波数とセル間カップリング係数 κ

Mode	DESIGN VALUE (MHz)	300K before chemistry (MHz)	4.2K after 1st chemistry (MHz)
π	1298.842	1296.535	1298.562
$2\pi/3$	1288.387	1286.160	1288.187
$\pi/3$	1269.532	1268.525	1269.378
κ	3.109	3.000	3.095

また、得られた周波数より、セル間の結合係数Table-2に示します。

4 空洞の表面処理と性能評価

これまでの試験で30MV/m以上の加速電界を得るための必要研磨量は150 μ mであることがわかっています。

SHI-3空洞ではC.P 130 μ m、E.P 30 μ mがおこなわれましたが赤道溶接部の不具合（ハーフセルの合わせ面がずれていたため、約1mmの段差ができていた）が確認されていたため、この表面処理の組み合わせの評価ができていませんでした。この処理の再確認も含め、3連空洞ではCPを初期研磨に使用し、仕上げにEPを使用することにしました。

これまでに、2度の表面処理と性能評価が行われました。表面処理の過程をTable.-3に、性能評価の結果をFig.-5に記します。表面処理の過程においてSHI-3空洞と同様に水素脱ガスアニールは実施していません。

Table.-3 3連空洞に用いられた表面処理

Chemistry No.	CP (μ m)	EP (μ m)	HPR (hr.)	COMENTS
1	100	30	1.5	
2		30	3.0	After 1st chemistry

* CP : 横形回転方式を採用

** HPR : 純水を用いた高圧ジェット水洗

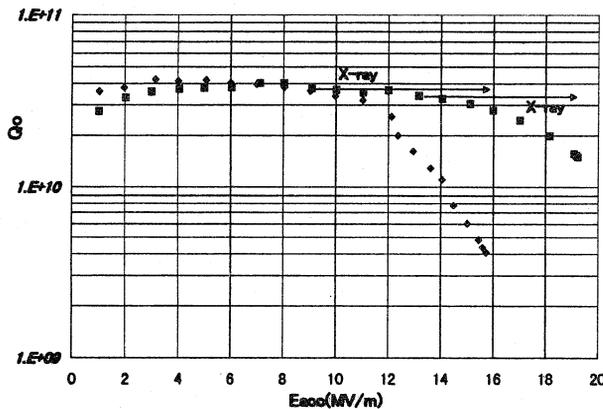


Fig.-5 3連空洞における Q_0 - E_{acc} curve

第一回目の測定で得られた最大加速電界は15.8MV/mでありました。9MV/mからはX-線を伴い、フィールドエミッションによりクエンチに至ったと考えられます。フィールドエミッションが発生した要因を以下列挙します。

- 高圧水洗を、シングルセルとほぼ同じ時間（90分）で実施した（洗浄不足）。
- 高圧水洗後、空洞内部の真空排気中に真空排気システムが一時停止し、 10^{-3} torrまで真

空が悪化した。

- E.P実施時に、熱交換器のトラブルにより電解液の温度が通常よりも高くなっていた。

第二回目の測定ではこれらの要因をできるだけ取り除くように注意しました。結果は、15MV/mからマルチパクターリングが発生し19MV/mで中間状態に陥りました。

通常シングルセル空洞においても、同じような電界域においてマルチパクターリングが発生します。そして、RFプロセッシングにより加速電界が増加していきます。今回は、一時間以上のRFプロセッシングを実施しても、それ以上の電界の増加が見られませんでした。

5 まとめ

量産を考慮した3連空洞の製作及び処理を実施しました。製作においてアイリス部にブローホールが多数発生するなどの失敗がありましたが、製作された3連空洞はチューニングをせずに必要な電界分布が得られました。また、性能測定においては加速電界19MV/mを得ることができました。

謝 辞

表面処理にあたり、さまざまな注文をうけいれていただいた野村鍍金(株)のみなさまに感謝いたします。また、3連空洞の製作進行にあたり、各ステップにおいて助言をいただいたKEK L-バンドグループの皆様にも感謝いたします。

参考文献

- [1] Y.Matsubara et al."THE PRESENT STATUS OF DEVELOPMENT ON SUPERCONDUCTING CAVITIES AT SHI" Proc.19th International LINAC Conference.
- [2] K.SAITO and P.Kneisel "Qo-degradation Due to Hydrogen in High Pure Niobium Cavities" Proc. 18th Linear Accelerator Meeting in Japan,1993.
- [3] Y.Matsubara et al. " THE HOUSE FABRICATION ON SUPERCONDUCTING CAVITIES AT SHI" 1st Superconducting Linear Accelerator Meeting in Japan,1998.