

Application of High Pressure Rinsing for Superconducting Niobium Cavities

H.MIWA, T.IKEDA, H.NOMURA, T.SUZUKI
E.KAKO*, S.NOGUCHI*, M.ONO*, K.SAITO*, T.SHISHIDO*

Nomura Techno Research, Ltd.

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

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

ABSTRACT

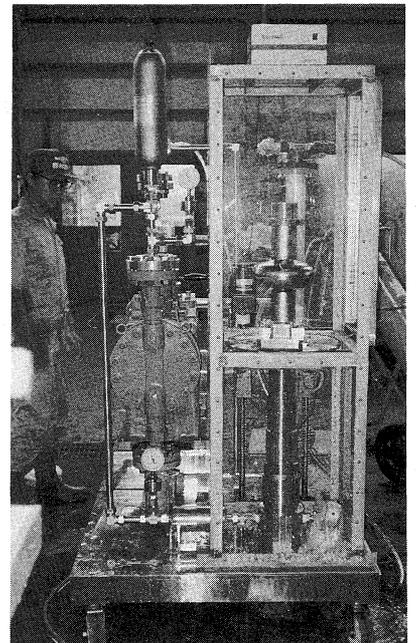
Research and development of superconducting niobium cavities with higher accelerating gradients have been pursued at KEK. Clean surfaces of the cavities are essentially important to achieve higher accelerating gradients. High pressure rinsing (HPR) using ultra pure water has been applied to a 1.3GHz single cell cavity in the water rinsing process after electropolishing. The HPR system and the performance of the 1.3GHz single cell cavity are described in this paper.

ニオブ製超伝導加速空洞への高圧洗浄の適用

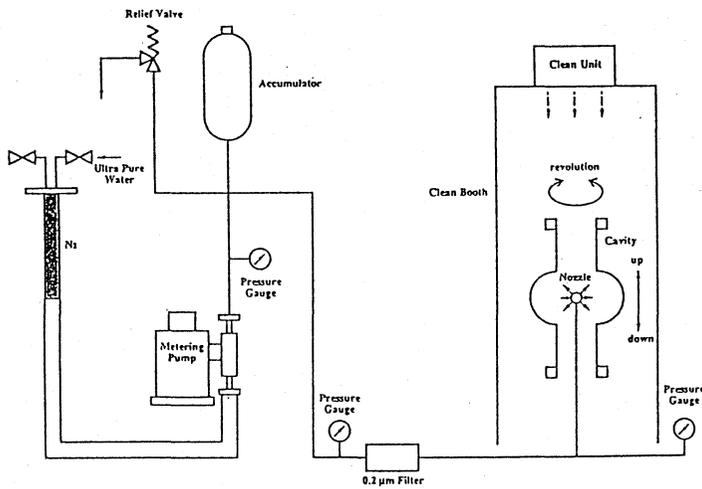
1. はじめに

超伝導加速空洞における研究開発項目の中で加速電界強度の向上は、特に重要視されている。実際、各国の研究所において、それぞれ特色のある研究がなされており[1]、KEKにおいても、1990年より、L-バンドのニオブ製空洞を用いた研究が進んでいる[2]。

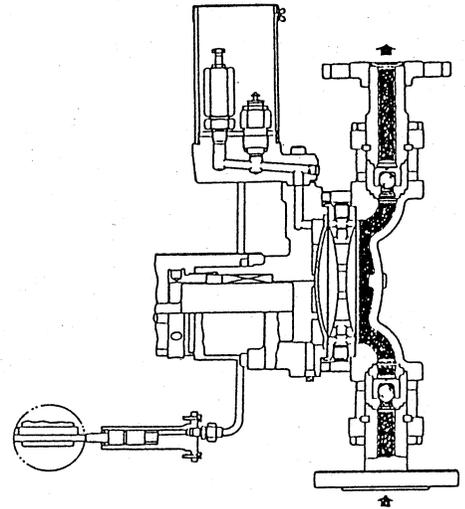
超伝導空洞の性能向上には、欠陥部のない、より平滑な表面を得ること、また、ゴミ、ホコリ、化学的残留物などのない、より清浄な表面を得ることが重要である。最大加速電界の制限となる特徴的現象として、Field emission と Multipacting がある。これらの現象を引起こさないためには、空洞表面に種となる異物の混入を防ぐことが必要であり清浄な表面をいかに得るかが問題とされている。その対策の1つは、表面処理後の水洗工程に高圧洗浄を導入することであり、最初に CERN で 1.5GHz Nb/Cu 空洞に適用され良好な結果が得られている[3]。今回、KEK において、1.3GHz ニオブ製空洞に対して、超純水を用いた高圧洗浄の適用を試みた。本発表では、高圧洗浄装置の詳細と実際に高圧洗浄を行なった空洞の性能測定結果を報告する。



第1図 HPR装置外観写真



第2図 HPR装置レイアウト図



第3図 ポンプヘッド部断面図

2. 高圧洗浄装置の構成

第1図,第2図に、装置の外観写真とレイアウト図を示す。

以下に、各構成部品の説明を行なう。

2-1 ポンプ

日機装(株)製のダブルダイアフラムタイプメータリングポンプを採用した。ポンプヘッド部の構造を第3図に示す。接液部材質は、ヘッド部はステンレス鋼鋳物、ボールバルブは Hastelloy C (ニッケル合金)、ダイアフラムは PTFE (4フッ化エチレン樹脂) である。通水液として超純水を使用するため、通常のグランドタイプでは、プランジャの油のシール性に問題があり、シングルダイアフラムタイプでは、ダイアフラム破損時の油の流出に問題がある。2枚のダイアフラム間の緩衝液には、超純水を使用している。ポンプの最大流量は、使用最大吐出圧力である 80 kgf/cm^2 時に、

$$\text{最大流量} = 14.2 \text{ l/min} \quad (\text{at } 80 \text{ kgf/cm}^2)$$

である。

2-2 配管

吐出配管には、内面研磨された (表面粗度 $R_{\text{max}} < 6.3 \mu\text{m}$) 継目無ステンレスパイプを使用している。配管の接続は、スウェージロック、及び、PTネジ接続を行なっている。

吸込配管は、塩ビパイプを用い、溶接、及び、フランジ接続にて配管している (接着剤は未使用)。往復動ポンプの脈動に起因する加速抵抗に打ち勝つため、また、超純水の水質維持のため、吸込配管の超純水注入部に大気圧以上に加圧された純窒素層を設けている。(加速抵抗の計算によれば、 0.65 kgf/cm^2 以上に加圧すればよい。)

2-3 ノズル

スプレーパターンが、フラット (扇型) とソリッド (直進型) の2種類のノズルを用意した。本装置では、流量はノズルの孔径と孔数により決まるため、ノズルの種類により吐出圧力が変わる。フラットタイプでは使用最大吐出圧力の 80 kgf/cm^2 (ストローク長 = 90%) が得られたのに対し、ソリッドタイプでは、最大 60 kgf/cm^2 (ストローク長 = 100%) であった。

今回のテストは、フラットタイプノズルを使用した。

2-4その他

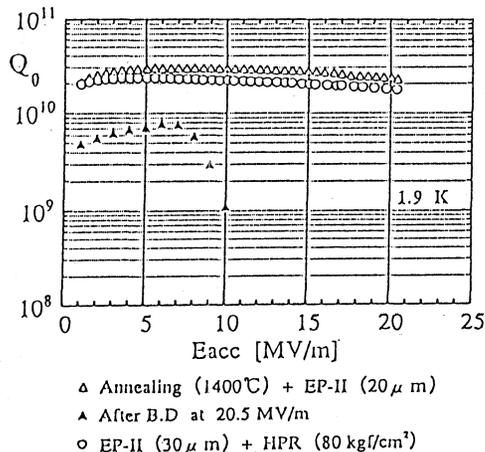
アキュムレーターは、吐出液の脈動減衰を目的としている。窒素充填圧力は、 50 kgf/cm^2 である。リリースバルブの設定圧力は、 90 kgf/cm^2 である。圧力計は、隔膜式のを3箇所に取り付けた。フィルターは、メッシュサイズ $0.2 \mu\text{m}$ 、濾過面積 2000 cm^2 、PVDF（2フッ化ビニリデン樹脂）製のものを使用した。また、空洞の設置架台は自動的に上下回転可能なように制御されており、クラス100のクリーンブースに収められている。

高圧洗浄装置は、以上の部品より構成されており、各部品は全て禁油処理（脱脂+水洗）が施されている。使用した超純水は、比抵抗値、微粒子数、生菌数、TOC値などが管理されているものである。

実際の空洞への高圧洗浄条件を以下に示す。

吐出圧力 = 80 kgf/cm^2

洗浄時間 = 20 min

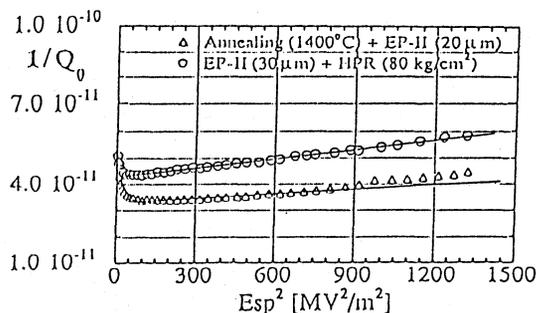


第4図 HPR処理前後での測定結果

3. 1.3GHz シングルセル空洞の性能測定結果

最大加速電界 20.5 MV/m を記録し、ブレイクダウン後原因不明の劣化を示した空洞に対し、電解研磨（EP） $30 \mu\text{m}$ + HPR を施した。処理前後での空洞の Q_0 - E_{acc} 曲線を第4図に、空洞表面損失に比例する $1/Q_0$ と表面最大電界 E_{sp} の2乗のプロットを第5図に示す。Field emission の発生があるとデータは、実線よりずれ指数関数的に増加する。

大きなダメージを受けた表面が完全に回復しており、Field emission の発生が全くないことがわかる。しかし、処理後の空洞も最大加速電界 20.4 MV/m で処理前と同様のブレイクダウンを起こした。HPRでは、その要因を取り除くことはできなかった。



第5図 HPRの効果

4. 結言

今回は最初の結果であったが、HPRの有用性は示された。今後は、空洞のデータを増やすとともに、ニオブの表面分析、吐出液排出液の水質チェック、ノズルの最適形状の問題など基礎的なデータも取っていくことを考えている。

参考文献

- [1] K.Saito ; "Present Technology Status of Superconducting Cavities for TESLA" , Proc. of this meeting.
- [2] E.Kako et. al. ; "Test Results on L-band Superconducting Cavities for High Gradient Applications", Proc. of this meeting.
- [3] Ph.Bernard et. al. ; "Superconducting Niobium Sputter Coated Copper Cavities at 1500 MHz", Proc. of the 1992 European Particle Accelerator Conference.