

[13P-23]

Vacuum Sealing Aluminum Wire for Superconducting RF Cavities

K.Abe, K.Saito, *H.Inoue, *Y.Kobayashi, *N.Kudo, *S.Saito

High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Accelerator Laboratory
*High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Mechanical Engineering Center
1-1, Oho Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-0801, Japan

Abstract

Indium wire (or ribbon) has been used for vacuum sealing of the Superconducting RF cavities and is reliable but reliable complicate. However, during the cavity assembly we want to change it to Al-ring because it has possibility to contaminate cavities. We tested Al-ring sealing. From this experiment, Al-ring has a reliability similar to vacuum indium sealing.

真空シールとしてのアルミワイヤー

1. はじめに

現在、超伝導加速空洞の真空シール材としてインジウムワイヤーが使用されており、信頼性がある。しかし、インジウムワイヤーは、自律性がないことと治具に密着するため、組み立ておよび取り外しの際に大変困難を要する。そして、それらの理由により空洞内の汚染の可能性がある。これに関しては、現在行われているよう注意深く作業を行えば回避できる問題だが、空洞組み立てには、多くの人が携わるため、注意深さに個人差があり空洞性能劣化の恐れがある。そのため、現在の真空シールの方法をより簡潔に機能的にする必要がある。

我々はインジウムに替わるものとしてアルミワイヤーを検討している。アルミワイヤーを真空シール材として使用することは新しいことではない。しかし、一般にアルミワイヤーは純アルミでさえ硬く普及していない。また、超流動液体ヘリウムでのスーパーリークに対する信頼が確立されていない。そこで、我々はアルミの板を円筒状に溶接しワイヤーカットしてリングとして使用した。実験は、初め常温においてリークタイトトルクを試験した後、テスト容器を用い超流動液体ヘリウムの中で真空シール性を調べた。そして、この実験において真空シール性が確認できたので実際の超伝導加速空洞の縦性能試験に用いて実験を行った。

2. 試験方法

アルミリングは本機構工作センターにおいて、1mmのアルミ平板(1050、5052)から内径90mm、幅1mmのリングを切り出し試験を行い、実際の空洞を用いた試験ではアルミニウムの平板を円筒形にし溶接してワイヤーカットで切り出して行っている(写真1)。真空シール性のテストでは、L-band超伝導加速空洞のフランジと同じ寸法のフランジ(SUS)を持つテスト容器(写真2)を用い、以下の実験を行った。

1) アルミニウム材質の真空シール性のテスト

- 常温における真空テスト
- 超流動ヘリウム中でのテスト

2) SUSフランジの空洞を用いたテスト

3. 試験結果

3.1 アルミリング1050と5052の真空タイトテスト

実験はアルミニウムを99.50%以上含んでいる1050とそれより材質が劣る5052においておこなった。このテスト

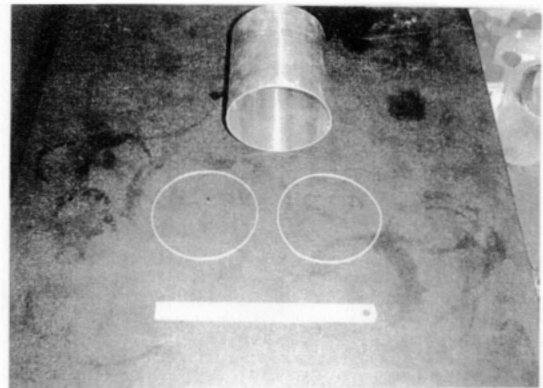


写真3: アルミリングの写真

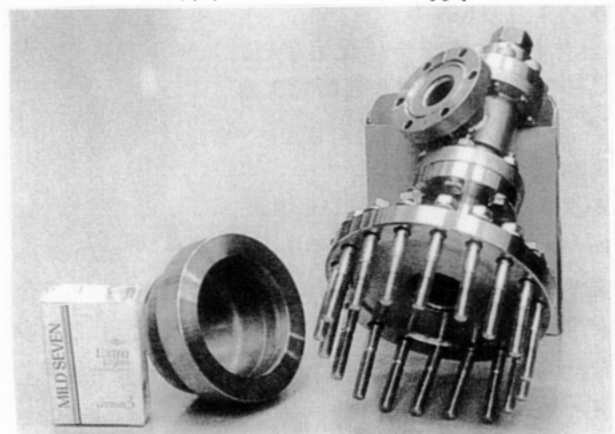


写真1: 真空テストに用いられたテスト容器

表1：各アルミニウムにおける常温での真空タイトトルク

	50kgcm	75kgcm	100kgcm	125kgcm	150kgcm
5052:①	×	×	×	○	
②	×	×	×	○	
③	×	×	○		
④	×	○			
⑤	×	×	○		
⑥	×	×	○		
⑦	×	×	○		
⑧	×	×	○		
1050:①	×	×	○		
②	×	×	×	○	
③		×	×	○	
④			×	○	
⑤			×	○	
⑥			×	×	×
⑦			×	×	×

は、テスト容器と M8 ボルト、銀メッキしたナットを用いトルクレンチで 50kgcm から 25kgcm づつトルク量を増やしてリークテストをしながらリークタイトになるトルク量をしらべた。各シール面は切り出したままで特に手は加えていない。結果を表1に示す。

この結果より、両アルミニウムともトルク 125kgcm で確実に真空タイトになる。Al 1050 において⑥、⑦が 150kgcm になってもリークタイトにならなかったが、アルミリングの表面を調べた結果、⑥では写真3に示すような傷が確認された。。また⑦は片締によるものである。



写真3：トルク 150kgcm でリークがあったアルミリング 1050 の写真

3.2 超流動ヘリウム中でのテスト

● アルミニウム 5052 において

アルミニウム 5052 のリングを真空シール材として実際の L-band 超伝導加速空洞の性能試験を行った。この性能試験は 4.2K から温度を断続的に下げて空洞の表面抵抗の温度依存性を測定するものである。実験は以下のような条件で行った。

<1 回目>

表面は処理せずトルク 150kgcm、ナットは銀メッキのものを使用している。

<2 回目>

アルミリングの表面を #800 のサウンドペーパーで磨き、ニオブ超伝導加速空洞の表面処理に使用している CP 液で軽くエッチングして表面の汚れを取りアセトンにつけ乾燥させたものを使用。

この結果、両方の実験ともヘリウムが超流動状態になるポイント (2.16K) を過ぎてしばらくして測定不能となった。実験終了後、常温で封じをとき、内部のガスを調べたところ、多量のヘリウムが検出された。これより、アルミニウム 5052 は超流動ヘリウム中ではスーパーリークに問題があると判断し、その使用を諦めた。

● アルミニウム 1050 について

アルミニウム 1050 では、はじめ実際の空洞を使用せずテスト容器を使用して行った。これまでのテストと同様に切り出した面は特に処理せず銀メッキナットを使用している。テストは真空引きした容器を封じ、実際の空洞性能試験に便乗し超流動ヘリウム状態を経験させる形で行った。評価は、常温に戻した後、リークディテクターにかけて行った。テストは4回行い、初めはトルク 100kgcm、2～3回目は 125kgcm である。また、比較のためにインジウムワイヤーを使用したテストも行った。この結果を表2に示す。

表2：テスト容器を使用したアルミニウム 1050 の超流動状態ヘリウムリークテストの結果

回数	トルク (kgcm)	リークディテクター値 (atmcm ³ /s)
1	100	反応なし
2	125	10×10 ⁻¹⁰ →3×10 ⁻⁹ すぐに回復
3	125	10×10 ⁻¹⁰ →10×10 ⁻⁹ すぐに回復
4	125	10×10 ⁻¹⁰ →10×10 ⁻⁹ すぐに回復
インジウム	125	10×10 ⁻¹⁰ →10×10 ⁻⁹ すぐに回復

注：リークディテクター値は絶対値ではない

この結果よりアルミニウム 1050 は、顕著なスーパーリークの形跡が見られなかったので、インジウム並みの真空タイト性があると期待される。

3.3 アルミニウム 1050 を使用した超伝導加速空洞

縦性能試験

前節の結果よりアルミニウム 1050 を使用して超伝導加速空洞縦性能試験を行った。この試験で使用したアルミリングは、1mm のアルミニウム 1050 の板を円筒形にし溶接してつなげワイヤーカットで1mm厚に切ったものである。

使用した空洞は、一つは L-band 1cell でフランジが SUS (ニオブと銅と SUS の異種金属結接合[1]) ものと、L-band DESY 9cell でフランジが SUS のもの (ニオブと SUS の接合)

表3：アルミリングを使用した空洞性能測定の結果

測定	条件	トルク (kgcm)	結果
1st	リングの表面処理せず	125	スーパーリーク無し
2nd	100K 約12時間	125	スーパーリーク無し
3rd	#800のサンドペーパーで磨いた後CP液で処理	125	スーパーリーク無し
4th	100K 約12時間	125	スーパーリーク無し
5th	#1000のサンドペーパーで磨く	125	カップラーよりスーパーリーク
6th	5thの再測定	125	アクシデントで測定中止
7th	#1000のサンドペーパーで磨く	125	スーパーリーク無し
8th	100K 約12時間	125	スーパーリーク無し
DESY9cell 1st	#1000のサンドペーパーで磨く	125	スーパーリーク
2nd		160	スーパーリーク無し

である。1cell は計8回 (Q-disease 実験のため 100K 約12時間キープ後2回目の測定) 測定し、9cell は2回測定を行っている。それぞれの条件と結果を表3に示す。1cell のいずれの測定においても空洞性能試験が最後まで行われた。試験後、空洞を常温にしリークディテクターで調べたところ、1st、2nd 終了後は、 10×10^{-10} atmcm³/s (最高レンジ) で大きくふれ1分後回復。3th、4th の CP 処理を行ったリングは、全くふれなかった。また、7th、8th は 10×10^{-10} atmcm³/s (最高レンジ) で大きくふれ30秒後回復した。この1cellの結果をふまえ DESY 9cell においてアルミリングを使用した。この性能測定中に、スーパーリークが確認された。常温にもどしリークテストを行ったところ、ボトム部のリークが確認された。これよりボトム部をインジウムシールにし再組み立てを行った。トップのアルミリングは、そのままにしている。さらに、トルクを 160kgcm に増し締めし再測定を行った。その結果、空洞性能試験は最後まで行われスーパーリークはなかった。

取り外したアルミリングを顕微鏡で確認したところ写真4に表す傷が確認された。この部分よりスーパーリークが起こったと考えられる。

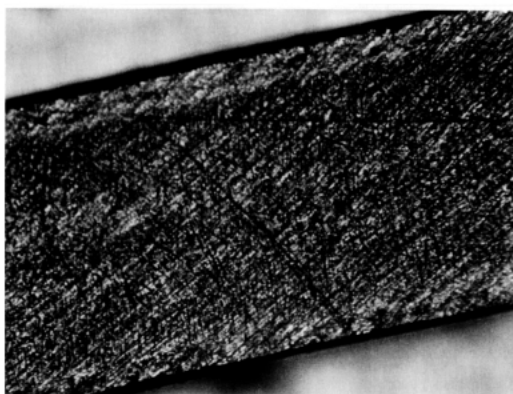


写真3：DESY 9cell でリークが確認されたアルミリング表面の傷の写真

4.まとめと今後

アルミリング (材質 1050) を使用した一連の空洞性能試験において1cell においては、リークタイトであったものの

DESY9cell においては、スーパーリークが確認された。この結果よりアルミリングがスーパーリークに対してまだ完全な信頼性が確立していないが、使用可能性は大きい。今後確実にリークタイトになる条件を見つけだし統計性をあげる実験を行う予定である。また、アルミリングのヒートサイクルの実験も行う。

また、超伝導加速空洞のフランジを HIP による異種金属接合 (SUS とニオブ、または SUS と銅とニオブ) でフランジを加工性に優れた SUS にする試験が行われている[2]。これよりこのアルミリングと SUS フランジにおいて空洞の組み立てが簡潔なフランジ構造を作ることができる。現在我々は図1に示すような直接ボルトナットで締め付けることができるフランジ構造を構想している。そして、実際に製作して空洞をベアリングの実験を行う予定である。

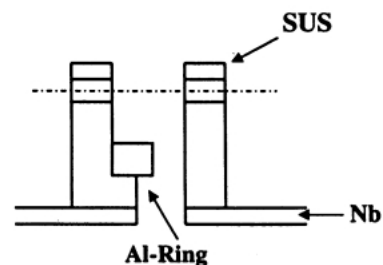


図1：SUS-Nb フランジ構想図

5.参考文献

[1] H.Inoue "HIP bonding between Niobium/copper/stainless steel Material " Proc. Of the 2nd superconducting Linear Accelerator meeting in Japan KEK

[2] H.Inoue et al "HIP Bonding for the Different Material between Niobium and Stainless Steel" in this meeting