

シフトバンプ用セラミックス製超高真空ダクトの製作
仕様書
(案)

1. 一般仕様

1.1 件名

シフトバンブ用セラミックス製超高真空ダクトの製作

1.2 目的

J-PARC 3GeV シンクロトロンにおいて、電磁石用の超高真空対応ビームダクトには渦電流による発熱を防ぐためアルミナセラミックス製のものを採用している。本ビームダクトの特徴は、大口径の超高真空対応アルミナセラミックスであるということに加え、金属材料には低放射化材である純チタンを採用していること、ダクト外側にビームの鏡像電流の経路を作るための RF シールドを有していること、等である。本件により、入射部シフトバンブ電磁石用セラミックスダクトを製作する。

1.3 契約範囲

- | | |
|--------------------------|-----|
| 1) 水平シフトバンブ用セラミックスダクトの製作 | 1 式 |
| 2) 設計役務 | 1 式 |
| 3) 提出書類 | 1 式 |

1.4 納期

平成 32 年 3 月 19 日

1.5 納入場所及び納入条件

(1) 納入場所

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター 3GeV シンクロトロン棟

(2) 納入条件

持込渡し

1.6 検収条件

第 1 章 5 項に示す納入場所に納品後、員数検査、外観検査及び第 2 章に定める試験検査及び提出図書の合格をもって検収とする。

1.7 保証

第 2 章に定める設計仕様及び機能要求を満足すること。

1.8 かし担保責任

検収後 1 年以内に設計・製作上のかしが発見された場合、無償にて速やかに改修・補修もしくは交換を行うものとする。

1.9 提出書類

書類名	提出時期	部数
(1) 製作図	製作着手前	3部(要確認)
(2) 試験検査要領書	試験開始前	3部(要確認)
(3) 試験検査成績書	試験後	3部
(4) 完成図書	納入時	3部

上記書類をファイルにまとめたものとする。ファイルの背表紙、表には契約番号及び契約件名を記載すること。

(提出場所) 原子力機構 J-PARC センター加速器第二セクション

1.10 支給品

- ・セラミックユニットダクト: 新型 SB ダクト用 3台(メタライズなし 2本、メタライズあり 1本)
- ・最終リーク試験用 IS500 ヘリコフレックスデルタシール 6枚

1.11 貸与品

最終リーク試験用 ISO500 閉止フランジ 2枚(うち 1枚はポート付き)

1.12 品質管理

本設備の制作に係る設計・製作・据付け等は、全ての工程において、以下の事項等について十分な品質管理を行うこととする。

- ・管理体制
- ・設計管理
- ・外注管理
- ・材料管理
- ・工程管理
- ・試験・検査管理
- ・不適合管理
- ・記録の保管

1.13 適用法規・規格基準

本装置の設計・製作・試験検査・据付調整等にあたっては、以下の法令、規格、基準等を適用または準用して行うこと。

- ・労働安全衛生法

- ・日本工業規格(JIS)

1.14 安全管理

(1)一般安全管理

- ・作業計画に際し綿密かつ無理のない工程を組み、材料、労働安全対策等の準備を行い、作業の安全確保を最優先としつつ、迅速な進捗を図るものとする。また、作業遂行上既設物の保護及び第三者への損害防止にも留意し、必要な措置を講ずるとともに、火災その他の事故防止に努めるものとする。
- ・作業現場の安全衛生管理は、法令に従い受注者の責任において自主的に行うこと。
- ・受注者は、作業着手に先立ち原子力機構と安全について十分に打合せを行った後着手すること。
- ・受注者は、作業現場の見やすい位置に、作業責任者名及び連絡先等を表示すること。
- ・作業中は、常に整理整頓を心掛ける等、安全及び衛生面に十分留意すること。
- ・受注者は、本作業に使用する機器、装置の中で地震等により安全を損なう恐れのあるものについては、転倒防止策等を施すこと。

1.15 グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法(国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律)に適用する環境物品(事務用品、OA機器等)が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様に定める提出図書(納入印刷物)については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1.16 協議

本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載のない事項について疑義が生じた場合は、原子力機構と協議のうえ、その決定に従うものとする。

2. 技術仕様

2.1 機器仕様

2.1.1 水平シフトバンプ用セラミックスダクトの製作

・本セラミックスダクトの参考図を図 1, 2 に示す。ただし参考図は既存品の概略図である。本仕様で製作する入射部大型セラミックスダクトは以下のとおりである。

シフトバンプ電磁石 1 用セラミックスダクト(名称:新型 SB1 ダクト): 1 台

シフトバンプ電磁石 4 用セラミックスダクト(名称:新型 SB4 ダクト): 1 台

ダクトの基本仕様を下記表に記す。

表: 新型 SB1 ダクト, 新型 SB4 ダクトの基本仕様

ダクト全長(フランジ面間)	1340mm+1mm,-2mm
ダクト総数	2本(各1本)
ダクト形状、寸法	図1、2参照 ただし、本仕様に従うこと
胴部ユニットダクト形状、材料	形状:図3参照(ダクト1本あたりユニットダクト4台) 長さ265mm。 材料:純度99.5%以上の高純度アルミナセラミックス
中間ダクト、中間ボックス*	形状:中間ダクト 図3参照 長さ160mm 中間ボックス 図4参照 長さ160mm フォイルポートを設けること 材料:純度99.5%以上の高純度アルミナセラミックス
フォイルポート用ユニットダクト	形状:図5参照、複数台接合することで図2の全長とすること 金属スリーブを介して中間ボックスと接合してよいものとする
とも碍子形状、材料	形状:各ユニットダクト、中間ボックスに併せて設計すること 材料:純度99.5%以上の高純度アルミナセラミックス
金属スリーブ形状、材料	形状:各ユニットダクト、中間ボックス、とも碍子、フランジに合わせて設計すること 材料:純チタン(2種)
フランジ形状、材料	形状:両端ISO500、フォイルポートISO320(クロー型、ヘリコフレックスデルタシール対応) 材料:チタン60種

*新型 SB1 ダクトの中央部ダクトを中間ダクトと呼ぶ。新型 SB4 ダクトの中央部ダクトを中間ボックスと呼ぶ。

ユニットダクト、とも碍子、金属スリーブ台をロウ付け接合し、フランジを溶接接合して製作すること。参考工程を以下に示す。ただし、新型 SB4 ダクトのフォイルポートについては別工程を十分に検討すること。

- (1)ユニットダクトの焼成及び端面研磨
- (2)ユニットダクト端面及び外表面のメタライズ、Niめっき
- (3)ユニットダクト内面への窒化チタンコーティング
- (4)ユニットダクトどうし、および端面へのスリーブの接合(ロウ付け)
- (5)ダクト両端スリーブ、フォイルポートスリーブへのフランジの接合(溶接)
- (6)RFシールド、コンデンサーの取付

以下に詳細を記載する。

[ユニットダクト、中間ダクト、中間ボックス、とも碍子]

- 基本仕様を以下の表に記す。すべてユニットダクトと同仕様である。

表：ユニットダクト、中間ダクト、中間ボックス、とも碍子の基本仕様

1	素材	純度 99.5%以上の高純度アルミナセラミックス
2	形状	•形状：全表、図を参照
3	端面研磨	平面度：0.1 mm 以下、面粗度：Ra6.3 μm 以下
4	面取り加工	内外周：0.6±0.1 mm
5	端面研磨	平面度：0.1 mm 以下、面粗度：Ra6.3 mm 以下
6	メタライズ・Ni めっき	ダクト両端面、及びとも碍子の片面に高融点金属法 (Mo-Mn メタライズ等) により、メタライズを施すこと。メタライズ面には、均一な Ni めっきを施すこと。 •メタライズ厚み：10 μm を目標。最大 30 μm とする。 •Ni めっき厚み：2～5 μm

- ユニットダクト、中間ダクト、中間ボックスはろう付け後の応力を十分に考慮した設計で受注者が設計、製作を行うこと。設計は実績をもとにした根拠が必要である。
- とも碍子はユニットダクトおよびチタン製スリーブの設計をうけて、応力緩和を目的とした形状で受注者が設計、製作を行うこと。設計は実績を基にした根拠が必要である。

[メタライズ・Ni メッキ等]

- ユニットダクト接合端面には高融点金属法 (Mo-Mn メタライズ等) により、メタライズを施すこと。メタライズ厚みは 10 μm を目標とし、最大 30 μm とする。
- メタライズ面には、均一な Ni めっきを施すこと。Ni めっき厚みは 2～5 μm とする。
- メタライズ強度については、アルミナ-チタン或いはコバルトにて断面 4mm×3mm 程度アルミナ試験片を用いた引張試験において、破断応力 80MPa 以上の実績があることとする。メタライズ性能実績としては、陽子加速器における超高真空用ビームパイプでの使用実績があることとする。

[内面窒化チタンコーティング]

- 内面の窒化チタンコーティングは本仕様に含まない。ただし、本製作の工程途中に行うものであるため、別契約で行う窒化チタンコーティングに対して、運送、コーティング後の検査等を行い本仕様の製作について不具合がないことを確認すること。
- 特にセラミックスの傷、ロウ付け面の傷がないよう、また、コーティングがロウ付け面に侵入しないよう、コーティングを行う業者と綿密に打ち合わせを行い、不具合がないようにすること。

[ロウ付け等]

- ・ロウ付けは高真空内もしくは不活性雰囲気内で実施すること。加熱装置からの発塵や不要ガス等による汚染がない状態でロウ付けを実施すること。ロウ材として、銀ロウ(BAg-8)を使用し、金属スリーブとダクト間、金属スリーブとともに碍子のロウ付けを行うこと。金属スリーブはJIS2種の純チタンとする。
- ・ロウ付け炉は性能が十分わかっているものを用いること。ロウ付け条件における雰囲気ガスの分析は事前に提示すること。

[スリーブ等]

- ・材料はJIS規格純チタン2種とする。
- ・絶縁ダクトとの接続は銀ロウ付けを想定すること。絶縁ダクトへ負荷がかからないよう考慮し、かつ大気圧等の負荷荷重に耐えうる設計とすること。長さについては、ユニットダクト長、フランジの厚みを考慮してビームパイプ全長が規定となる設計とすること。すなわち本スリーブの設計にはビームパイプ全体の構造を理解する必要がある。
- ・製作途中の一次加工品を真空中780-799℃で1時間熱処理すること。
- ・完成品は、硝酸処理、洗浄後、完全乾燥とする。酸化膜を半分程度に低減させる条件を検証し、実測を基にした根拠を示すこと。

[RFシールド、コンデンサー、抵抗]

- ・セラミックダクト外表面にRFシールドをストライプ状に成形すること。厚さは0.3mm以上0.5mm以下とする。幅は5mm程度、間隔は5mm程度とする。詳細は協議の上決定する。RFシールド材としては、無酸素銅と同程度の電気伝導率、すなわち表面伝導率(IACS)が100以上を有する金属であること。無酸素銅の一部はフランジと導通を取るよう接続すること。
- ・セラミックスダクトの片側端面において、ダクト外表面のRFシールド用ストライプと金属フランジと間に、コンデンサーを接続すること。コンデンサーの接続はシールド1本ずつに対して行うこと。コンデンサーは容量100nF程度、耐電圧1000V程度でムラタ製GRM55DR73A104KW01L相当品とする。ただし、詳細は設計の際に決定する。
- ・各コンデンサーに平行にダンピング抵抗を施工すること。抵抗はKOA株式会社CWFS23C510Jを3直列とすること。ただし、詳細は設計の際に決定する。
- ・取付けるコンデンサー、抵抗については事前に容量を確認すること。全てのコンデンサー、抵抗取付後全容量、全抵抗を検査すること。

[フランジ]

- ・材料は、チタン60種相当品とする。ただし、相当品を選定する場合は、ミルシート等で材料を確認し原子力機構の許可を得なければ使用することは不可とする。
- ・フランジ形状については、片側クロー形状のクランプで相手側フランジに対して締結可能な構造とする。
- ・真空シールはJ-PARC 3GeVシンクロトロンで用いているヘリコフレックスΔシールを想定した形状、面精度等とし設計すること。
- ・上記条件にて、ヘリウムリーク検出器にて 10^{-11} Pa m³/s未満のリーク量となること。

2.2 試験検査

下記表に示す試験検査を工場にて実施すること。検査は最終だけでなく、工程ごとに項目を立てて行うこと。検査に必要な機器は、受注者側が準備すること。検査項目および検査方法、判定基準は、原子力機構と協議の上、試験検査要領書に明記すること。検査項目は必要に応じて追加すること。

表：工場試験検査項目(ユニットダクト、中間ダクト、中間ボックス、とも外資)

項目	方法	合格基準
平均結晶粒径測定	原料ロットごとに測定	平均結晶粒径 15 μm 以下
外観検査	① 透光探傷検査 ② 端面・内外面カラーチェック *カラーチェック液には油性を使用すること。型式は栄進化学社製染色浸透探傷剤 R-1A(NT)又は R-1A(NT)Special 相当とする。 ③ メタライズ・Ni めっき後の目視	下記票による。
寸法検査	図面記載の寸法と公差の範囲内で相違ないことを確認すること。	図面記載の寸法と公差の範囲内で相違ないこと。

表：外見検査合格基準(ユニットダクト、中間ダクト、中間ボックス、とも外資)

確認項目	合格基準
ピンホール、欠け、異物	<ul style="list-style-type: none"> ・両端面及び端面から30mmの内外面については染色浸透剤のアセトン繰り返し拭きで大きさが φ0.1mm以下、深さは初回拭き取り時と比べ色落ちするものが概ね30cmで1ヶ以内であること。内壁と外壁の欠点相対する部分にあってはならない。 ・端面に現われていないが表面近くに存在し、透けて見える異物についても上記基準を適用する。 ・その他の内外面は φ0.3mm (異物は0.5mm) 以上、深さ0.3mm以上の欠点が30箇所以上あってはならない。 ・欠点同士が10mm以内の範囲にあってはならない。 ・メタライズ・Ni めっき後の端面にロウ付けに影響をおこぼす欠陥があってはならない。 ・内外面の欠点が相対する部分にあってはならない。
研磨、修正面	割れに進展すると認められる進展傷、修正傷、メタライズインクの染込み

	に悪影響を及ぼす欠点があってはならない。
亀裂、クラック、反応	いかなる部分にもあってはならない。

表：工場試験検査項目(スリーブ)

項目	方法	合格基準
外観検査	目視による確認	下記票による。外観に傷なきこと。
寸法検査	図面記載の寸法と公差の範囲内で相違ないことを確認すること。	図面記載の寸法と公差の範囲内で相違ないこと。
材料検査	材料成分表で設計材料であることを確認する。	設計材料であること。

表：工場試験検査項目(最終形状)

項目	方法	合格基準
外観検査	汚れ、キズ等の有害となる欠陥が無いことを確認すること。	汚れ、キズ等の有害となる欠陥が無いこと。
寸法検査	図面記載の寸法と公差の範囲内で相違ないことを確認すること。	図面記載の寸法と公差の範囲内で相違ないこと。
真空漏洩検査	ヘリウムリークディテクターを用い、フード法にて漏洩がないことを確認する。	リーク量 $1 \times 10^{-11} \text{ Pa m}^3 / \text{s}$ 未満であること。5 分間以上漏洩が確認されないこと。
RF シールド導通検査	各シールドの導通をテスト等で確認すること。	全長に渡って導通があること。
RF シールド絶縁検査	以下の項目について無導通であることをテスト等で確認すること。 1) 各シールド間 2) 片方のフランジと各シールド間	全長に渡って絶縁されていること。
RF シールド電気伝導度検査	RFシールドの電気伝導度を実際作業と同じ条件下でのデータを提示すること。	表面伝導率 (IACS) が 100 以上であること。 (ミルシート添付とする)
コンデンサー接合検査	目視及び全容量測定にてコンデンサー接合を確認すること。	コンデンサーの接合が目視及び全容量において正常であること。

その他、必要に応じて試験検査項目を追加すること。

2.3 保管、梱包及び輸送

- 各工程においての取り扱いや輸送に際しては、汚染、破損、劣化を引き起こさないような梱包を行うこと。
- ロウ付け後、真空漏洩試験に合格した製品は、ダクト内に高純度アルゴンガスを充填し、脱酸素剤をいれた容器に保管した状態とすること。気密封止に必要な数の封止ジグ等は請負者で準備すること。

2.4 留意事項

- セラミックスダクトはアルミナセラミックスの大型ユニットダクトをロウ付けしたものである。さらに、本装置は超高真空対応の真空ダクトである。そのため、作業者は超高真空対応大型セラミックスダクトの取り扱いに熟知したものに限ることとする。
- 本作業により、セラミックスダクトを破損した際は、無償にて修理または再製作することとする。
- 製品は大型かつ破損する可能性のあるものであるため、移動、つり上げおよびその他の取り扱いに十分留意し、破損した際は受注者の責任において修復もしくは再製作することとする。

以上

*以下に参考図を示す。あくまで参考であり、仕様内容にそって受注者が設計を行うこと。

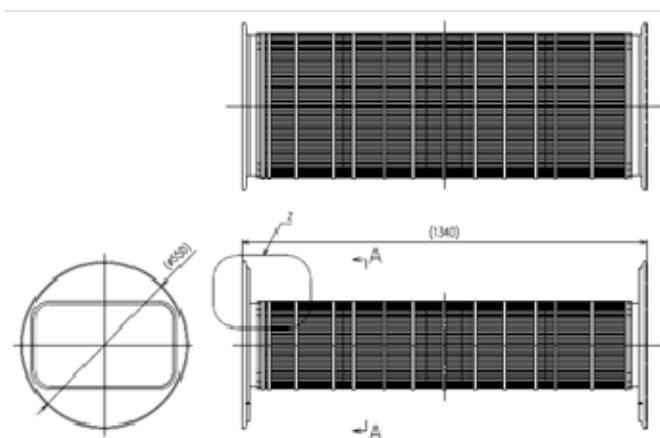


図 1: SB1 ダクト(既存品:参考図)

