全アルミニウム合金による極高真空システム

伊藤勝治郎*・小室 弘*・藁谷 健二*・石垣 恒雄*

(受付1989年5月10日, 掲載決定1990年2月3日)

Extremely High Vacuum System made of All Aluminum Alloy

Katsujiro ITOH*, Hiroshi KOMURO*,
Kenji WARAGAI* and Tsuneo ISHIGAKI*

(SMC, Co., Ltd., 6-19-1 Inari, Soka-shi, Saitama-ken)

(Received May 10, 1989, Accepted February 3, 1990)

1. はじめに

極高真空を得る手段としてアルミニウム合金を用い、表面をEX加工 ($\text{Ar} + \text{O}_2$ 中で加工) しガス放出を極限に減少する方法が実用化しており、5) 文献で報告されている。しかし真空チェンバーを組立の際の溶接は依然として、大気中で行うTIG溶接 (タングステンイナートガス) である。アルミニウム合金のTIG溶接は、真空チェンバーに多く使用されているステンレス鋼に比較し、熱伝導率が約12倍良く、しかも酸化しやすいために、厚い酸化膜で覆われた広い溶接ビードとなる。ガス放出という視点からは好ましくない加工法と考られる。一方電子ビーム溶接は $10^{-2} \sim 10^{-4}$ Torrの真空中で行い、エネルギー密度がTIG溶接の1000倍以上であり高速溶接が出来るために、酸化膜は極微量で溶接ビードはTIG溶接の1/10以下に出来る。

製作した極高真空システムは、前述のアルミニウム合金を用いガス放出量を減少させ、さらにチェンバーの溶接を従来のTIG溶接から大巾に電子ビーム溶接を用いて、ガス放出源となる溶接面酸化被膜を極少にした。

本システムの要素技術は、①チェンバー材料にアルミニウム合金を用い真空面をEX加工 (一部はELとの複合) し、②溶接部の多くを電子ビームで行い、③チェンバー内部にクライオパネル (ロールボンド法の液体窒素シュラウド) とチタンサブリメーションポンプ (TSP) を組込んで一体となっている。以上の特徴により極高真

空を発生させようとするものである。

2. 構成

システムのチェンバー、ポンプ、圧力計などの構成を表1に示す。

3. 製作

システムの概念を図1、チェンバー全体を図2に示す。チェンバー内径は $\phi 250$ mm, 長さ500 mmである。チェンバーの胴は、表面が緻密できわめて酸化層の薄いA6063EX押出 ($\text{Ar} + \text{O}_2$ での押出加工) パイプを用いた。フランジ類の真空面は、EX加工とEL加工 (切断面へエタノールを塗布する) の複合法で行った。

チェンバーの溶接は4ヶのICF152をTIG溶接で行い、溶接酸化膜はスチールウールとエタノールで除去した。他の溶接は全て電子ビーム溶接で行い全溶接長さの75%を電子ビームで溶接した。溶接を全てTIG溶接で行った場合はチェンバーの約15%が溶接面となるが、電子ビーム溶接の使用により約4%に減少した。溶接室内圧力は $10^{-2} \sim 10^{-3}$ Torrで行い、ビーム照射により発生する液滴および金属蒸気がチェンバに付着しないように、銅板のカバーを溶接部以外に取付けた。

高真空系のポンプ (TMP, SIP, 液体窒素シュラウド) も全てアルミニウム合金で製作し、EX処理またはEX加熱が施してある。

L型弁 (TMPチェンバー間, 真空破壊用ガス導入弁) も全てアルミニウム合金である。

アルミガスケットはICF305の他はA1050-H24の切削

* SMC (株) (草加市稲荷 6-19-1)

表1 システムの構成

機 器 類	構 成
チェンバー 胴 フ ラ ン ジ 溶 接	A6063, EX 押出し材 A2219-T852, ナイフエッジ部は TiC イオンプレーティング内面は EX 加工, EL 加工の複合 4ヶ所の ICF152以外は全て電子ビーム溶接 (EBW)
吐き出しポンプ 粗 引 き ターボバック 高 真 空	アルカテル ロータリーポンプ 260 l/min セイコー精機 アルミニウム合金ターボ分子ポンプ 50 l/s セイコー精機 アルミニウム合金磁気軸受ターボ分子ポンプ 300 l/s
留め込みポンプ	富士精工 アルミニウム合金製スパッタイオンポンプ 30 l/s 昭和アルミニウム EX 加熱処理を行ったアルミニウム合金材のロールボン ド式製作の液体窒素シュラウド 助川電気 アルミ合金フランジ付チタンサブリーメーションポンプ
バルブ L 型 弁 ガ ス 導 入	富士精工 アルミニウム合金製 ICF152サイズ ヘリコフレックスシール L 型弁 SMC アルミニウム合金製 ICF034サイズ ヘリコフレックスシール L 型弁
真 空 計	ライボルト エクストラクターゲージ IM510
ガ ス ケ ッ ト	A1050-H24切削ガasketおよびアルミニウム合金製ヘリコフレックス

フランジのナイフエッジ面は、A2219材に鏡面加工後 TiC をイオンプレーティングしたものを用いた。フランジは ICF305 が 2ヶ所、ビューポート、イオンポンプ (SIP)、ターボ分子ポンプ (TMP) 取付用に ICF152 が 4ヶ所、液体窒素導入、圧力計、ガス導入用などに ICF070 が 7ヶ所設けてある。

図1 全アルミニウム極高真空システムの概念図

図2 全アルミニウム極高真空チェンバ

加工品を用い、ICF305は A1050-H18を用いた。

液体窒素シュラウドはφ230 mm、長さ450 mm のロールボンド成形品を用い、シュラウドの本体への接続はステンレスペローズで中継し ICF070ステンレスフランジで行った。

アルミニウムシュラウドと中継用ステンレスペローズは、ステンレスおよびアルミニウムの ICF034を用い、ヘリコフレックスによりシールした。

4. 立 上 げ

TSP, および液体窒素シュラウドは、極高真空用チェンバーに組付ける前に、 10^{-8} Torr 台の予備チェンバ

でチタンボールの加熱ガス出し後に極高真空用チェンバーに組付けた。

組付、リークテスト後 150°C 、24時間のベーキングを行い、さらに TSP, ゲージの脱ガスをし常温に戻した。

SIP は常温に戻した後初期起動し、圧力を 10^{-10} Torr 台を維持しながら徐々に電圧を 10 Kv まであげて10時間エージング後、約 4 Kv で作動させた。

TSP は20 h 毎に 2 回フラッシュし、SIP, TMP を作動させた状態で、50時間後に液体窒素シュラウドに液体窒素を導入し、連続20時間液体窒素を流した。

5. 極高真空特性

排気特性及び、到達圧力の評価には、ライボルトヘラウス社製、エクストラクターゲージ (IM510型) を使用した。

図3に排気曲線を示す。ベーキングおよびSIPエージング後に、TSP 2 回目のフラッシュ以降小型のTMPを肯圧に接続したTMP, TSP, SIPによる排気約50時間で 8×10^{-11} Torrに到達した。

さらに液体窒素シュラウドに徐々に液体窒素を導入し、シュラウドの温度が液体窒素温度になると、 4×10^{-12} Torrの極高真空に到達した。さらに液体窒素を20時間流し続けても 4×10^{-12} Torrを維持した。

スパッタイオンポンプの電圧と排気効果を調べるために、液体窒素の供給を止めて 10^{-11} Torr台でスパッタイオンポンプの電圧を変化させてテストした結果、3 kVでは 6×10^{-11} Torr, 5 kVでは 5.5×10^{-11} Torr, 7 kVでは 4×10^{-11} Torrと、 $6 \times 10^{-11} \sim 4 \times 10^{-11}$ Torrでは電圧が高いほど排気効果が認められた。

さらにTMPの極高真空での排気能力を調べるために小型のTMPを肯圧に接続したTMPをL型弁で閉じてチェンバーと分離し液体窒素を導入したところ、 4.1×10^{-12} Torrになり、充分枯らした(約, 1,000時間作動)小型のTMPを肯圧に接続したTMPは、 4×10^{-12} Torr台でも僅かながら排気能力があると考えらるが、ゲージ精度等を含めて詳細な検討をしたい。

L型弁はヘリコフレックスでシールされているが、弁の開閉時およびベローズの伸縮中、内部歪の変化により瞬時にガス放出があり数十秒で元の圧力近くに回復したが、 10^{-12} Torr台が 10^{-10} 台迄の昇圧がみられた。

6. ま と め

アルミニウム合金にEX加工および、EX加工とEL加工の複合加工法により放出ガス減少をねらい、さらに大部分を電子ビーム溶接で製作し真空チェンバーと、液体窒素で冷却したEX加熱処理のアルミニウム製TSP, 高電圧エージングを十分施したアルミニウム製SIP, および小型のTMPを肯圧に接続したTMPを用いた排気系からなる真空システムは、 4×10^{-12} Torrの極高真空に達した。

図3 排気曲線と時間

このような極高真空に達したのは真空チェンバーにおいては、アルミニウム合金を用いてEX加工およびEX加工とEL加工の複合加工を行ったと共に、電子ビーム溶接を大巾に用いてガス放出速度を十分に下げたこと、TSPを液体窒素で冷却することにより 10^{-12} Torr台での排気速度が向上したことなどが主な要素と考えられる。

今後はさらにガス放出速度が小さい表面処理方法、全て電子ビーム溶接で真空チェンバーを製作するなどで、さらに低い圧力を得ることが可能と考える。

謝辞

本“全アルミニウム合金による極高真空システム”の開発は、国立高エネルギー物理学研究所石丸教授ご指導の下に進め、このような結果を得たことに對し同教授に深く感謝し、お礼の言葉に変えさせていただきます。

【文 献】

- 1) 山川洋幸：真空, 31 (1988) 805~807
- 2) 石丸 肇：真空, 31 (1988) 860~862
- 3) 上田新次郎, 石川雄一, 蒲原秀明：真空, 31 (1988) 979~984
- 4) 石丸 肇, 成島 勝也：真空, 26 (1983) 353~357
- 5) 斎藤昌司, 百瀬 丘, 石丸 肇：KEK Report 89-2 (May 1989)