

JAERI-M
83-136

ウラン・プルトニウム混合炭化物
燃料ピンの製作設備

1983年9月

笹山 龍雄・鈴木 康文・渡辺 斉・半田 宗男

JAERI-M レポートは、日本原子力研究所が不定期に公開している研究報告書です。
入手の問合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）
あて、お申しこしください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城
県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.
Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Section, Division
of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun,
Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1983

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 山田軽印刷所

ウラン・プルトニウム混合炭化物燃料ピンの製作設備

日本原子力研究所東海研究所燃料工学部

笹山 龍雄・鈴木 康文・渡辺 齊・半田 宗男

(1983年8月4日受理)

ウラン・プルトニウム混合炭化物燃料の照射試験に必要な燃料ピン製作設備を新設した。この設備は、センタレス・グラインダ、燃料ペレットの充填装置、端栓の圧入装置、TIG溶接機、燃料ピンの除染装置などから構成される。プルトニウムによる汚染から作業者を防護するためにほとんどの装置はグローブボックス内に格納した。この設備によって最大15mm径、600mm長の燃料ピンを製作することが可能である。本報告書では炭化物燃料ピン製作設備の設計、製作、ならびにその性能について述べる。

JAERI-M 83-136

Equipment for manufacture of uranium-plutonium mixed
carbide fuel pins

Tatsuo SASAYAMA, Yasufumi SUZUKI, Hitoshi WATANABE and
Muneo HANDA

Department of Fuels and Materials Research, Tokai Research
Establishment, JAERI

(Received August 4, 1983)

The equipment for manufacturing fuel pins, which is necessary for irradiation tests of uranium-plutonium mixed carbide fuels, has been provided. This equipment is composed of a centerless grinder, an apparatus for loading fuel pellets and endplugs into cladding tubes, a TIG-welder, an apparatus for decontamination of welded fuel pins, and so on. Most of them are installed into gloveboxes, in order to prevent the workers from plutonium contamination. The maximum size of the pins manufactured by the equipment is 15 mm in radius and 600 mm in length. In this report, design, construction, and ability of the equipment for the manufacture of carbide fuel pins are described.

KEYWORDS : Uranium Carbide, Plutonium Carbide, Fuel Pin,
Welder, Irradiation Test, Centerless Grinder, Glovebox,
Decontamination

目 次

1. はじめに	1
2. 概念設計	1
3. 燃料ピン製作設備の基本仕様	4
3.1 センタレス・グラインダ及び格納用グローブボックス	4
3.2 脱脂・乾燥用装置	6
3.3 充填及び圧入装置	6
3.4 溶接装置	7
3.4.1 ポジショナ	7
3.4.2 TIG溶接機	7
3.5 充填及び溶接用グローブボックス	8
3.6 除染装置及び格納用グローブボックス	9
3.7 ヘリウムリクディテクタ	10
4. あとがき	10
参考文献	11

CONTENTS

1. Introduction	1
2. Conceptual design	1
3. Specifications of equipment for manufacture of fuel pins	4
3.1 Centerless grinder and glovebox	4
3.2 Apparatus for degreasing and drying	6
3.3 Apparatus for loading pellets and endplugs into cladding tubes	6
3.4 Apparatus for welding	7
3.4.1 Positioner	7
3.4.2 TIG-welder	7
3.5 Gloveboxes for loading and welding	8
3.6 Apparatus for decontamination and gloveboxes	9
3.7 Helium leak detector	10
4. Summary	10
References	11

1. はじめに

ウラン・プルトニウム混合炭化物は熱伝導度が大きく、高線出力で運転できるなど酸化物燃料と比べて多くの利点をもっており、高速増殖炉用の新型燃料として有望視されている。この混合炭化物燃料を実用化するためには、照射試験を通じて燃料の性能及び健全性を評価する必要がある。混合炭化物燃料の照射試験は既に欧米で多数実施されており、例えば、米国ではEBR-IIで1974年までに約125本、1975年以降230本以上の燃料ピンが照射された。¹⁾ 現在ではEBR-IIにおけるサブアセンブリの照射が終了し、FFTFによるアセンブリ照射の段階にまで進展している。しかし、酸化物燃料(MOX燃料)と比較すると、炭化物燃料の照射実績は少なく、炭化物燃料を実用化するためにはさらに照射データの蓄積をはかる必要がある。

欧米諸国に比べると我が国での炭化物燃料の開発研究は大幅に遅れているのが現状である。特に、炭化物燃料の照射経験は浅く、プルトニウムを含む混合炭化物燃料の照射実績は皆無である。従って、混合炭化物の照射技術を確立すると共に、照射試験を通して混合炭化物燃料の性能及び健全性に関するデータを蓄積することが急務である。混合炭化物燃料は雰囲気、特に、酸素や水分との反応性が高く、酸化物燃料とは異った化学的性質をもっているために、酸化物燃料ピンの製作設備を共用して炭化物燃料ピンを製作することは困難である。従って、混合炭化物燃料の照射試験を遂行するためには、炭化物専用の燃料ピン製作設備を新設する必要がある。このような観点からJRR-2, JMTR, 及び“常陽”における照射計画に合わせて、炭化物燃料ピンを製作するための諸設備を新設した。

混合炭化物燃料ピンを製作するために今回整備した装置は、焼結ペレットの円周研削を行うセンタレス・グラインダ、被覆管に燃料ペレットやスプリングなどの部材を挿入するための充填装置、端栓を被覆管に溶接するためのTIG溶接機及びポジショナ、燃料ピンの表面に付着したプルトニウムの除染装置などである。本報告書では、この炭化物燃料ピンの製作設備の概念設計、製作仕様、及びその性能などについて述べると共に、この設備を使って燃料ピンを製作する場合の標準的な作業手順についても紹介する。

2. 概念設計

ウラン・プルトニウム混合炭化物燃料ピンを製作するために必要な装置類の設計・製作にあたり、燃料ペレットからキャプセル組立までの燃料ピン製作工程を検討し、そのフローシートを作成した。図1はそのフローシートを示す。

一般的に焼結法によって製造する炭化物ペレットは完全な円筒形でなく、歪んでいる場合が多い。また、焼結工程で照射試験の仕様に適合した正確な外径寸法をもつペレットを製造することは極めて困難である。このために、ペレットの形状を完全な円筒形に矯正し、かつ、所定の外径寸法にするために円周研削を行うセンタレス・グラインダが不可欠である。このセンタ

1. はじめに

ウラン・プルトニウム混合炭化物は熱伝導度が大きく、高線出力で運転できるなど酸化物燃料と比べて多くの利点をもっており、高速増殖炉用の新型燃料として有望視されている。この混合炭化物燃料を実用化するためには、照射試験を通じて燃料の性能及び健全性を評価する必要がある。混合炭化物燃料の照射試験は既に欧米で多数実施されており、例えば、米国ではEBR-IIで1974年までに約125本、1975年以降230本以上の燃料ピンが照射された。¹⁾ 現在ではEBR-IIにおけるサブアセンブリの照射が終了し、FFTFによるアセンブリ照射の段階にまで進展している。しかし、酸化物燃料(MOX燃料)と比較すると、炭化物燃料の照射実績は少なく、炭化物燃料を実用化するためにはさらに照射データの蓄積をはかる必要がある。

欧米諸国に比べると我が国での炭化物燃料の開発研究は大幅に遅れているのが現状である。特に、炭化物燃料の照射経験は浅く、プルトニウムを含む混合炭化物燃料の照射実績は皆無である。従って、混合炭化物の照射技術を確立すると共に、照射試験を通して混合炭化物燃料の性能及び健全性に関するデータを蓄積することが急務である。混合炭化物燃料は雰囲気、特に、酸素や水分との反応性が高く、酸化物燃料とは異った化学的性質をもっているために、酸化物燃料ピンの製作設備を共用して炭化物燃料ピンを製作することは困難である。従って、混合炭化物燃料の照射試験を遂行するためには、炭化物専用の燃料ピン製作設備を新設する必要がある。このような観点からJRR-2, JMTR, 及び“常陽”における照射計画に合わせて、炭化物燃料ピンを製作するための諸設備を新設した。

混合炭化物燃料ピンを製作するために今回整備した装置は、焼結ペレットの円周研削を行うセンタレス・グラインダ、被覆管に燃料ペレットやスプリングなどの部材を挿入するための充填装置、端栓を被覆管に溶接するためのTIG溶接機及びポジショナ、燃料ピンの表面に付着したプルトニウムの除染装置などである。本報告書では、この炭化物燃料ピンの製作設備の概念設計、製作仕様、及びその性能などについて述べると共に、この設備を使って燃料ピンを製作する場合の標準的な作業手順についても紹介する。

2. 概念設計

ウラン・プルトニウム混合炭化物燃料ピンを製作するために必要な装置類の設計・製作にあたり、燃料ペレットからキャプセル組立までの燃料ピン製作工程を検討し、そのフローシートを作成した。図1はそのフローシートを示す。

一般的に焼結法によって製造する炭化物ペレットは完全な円筒形でなく、歪んでいる場合が多い。また、焼結工程で照射試験の仕様に適合した正確な外径寸法をもつペレットを製造することは極めて困難である。このために、ペレットの形状を完全な円筒形に矯正し、かつ、所定の外径寸法にするために円周研削を行うセンタレス・グラインダが不可欠である。このセンタ

レス・グラインダはグローブボックス内へ格納できるような小型のものであって、かつ、照射試験の多様性に対応できるようにさまざまな外径寸法をもつペレットを研削することが必要である。また、炭化物燃料は酸素や水分に対して高い化学反応性をもっているため、ペレットの酸化防止に対する考慮が必要である。そのほか、核燃料物質の回収効率やグローブボックス内の汚染度の抑制について検討した結果、後で詳述するように湿式法による研削を選択した。この工程で使用する研削油は不燃性で、かつ、水分溶解度が小さくなければならない。

セントレス・グラインダで円周研削した後、研削工程で付着した切削油及び水分を除去するためにペレットの洗浄及び乾燥を行う必要がある。これらの工程は既設の超音波洗浄器及びタングステン抵抗加熱電気炉（焼結炉）を利用して実施できると判断し、今回の整備計画から除外した。また、燃料ペレットのスタック長さを調整する作業は雰囲気条件を考慮し、脱脂・乾燥を行ってから高純度アルゴンガス雰囲気グローブボックス²⁾内（酸素 3 ppm, 露点 -60℃ 以下）で行うことにした。

被覆管は長尺物（3 m）を所定の寸法に切断し、両端開放の状態で供給される。まず、TIG 溶接によってこの被覆管に下部端栓を取り付ける。今回整備する予定の溶接機は後で述べるように電極部（トーチ）をグローブボックス内に格納する。従って、この溶接機を使って下部端栓を溶接する場合はグローブボックス内で作業しなければならない。溶接用グローブボックス内は低い汚染度に維持されるが、完全に汚染のない状態にすることは困難である。下部端栓を溶接した被覆管は検査のためにグローブボックス外へ搬出しなければならない。除染や表面汚染度の測定などの作業を伴って工程が複雑化する。以上の理由から被覆管へ下部端栓を溶接する作業は今回整備する装置で実施できなくなる可能性があるが、その場合には別の装置でも溶接作業が可能であると判断し、その対策は考慮しなかった。

上部端栓を被覆管に溶接する工程で被覆管の管口部及び外表面が汚染すると溶接箇所にもプルチウムを巻き込み、溶接後に行う燃料ピンの除染が困難になる。このために、被覆管に燃料ペレットを充填する際には、ペレットに付着したプルチウムによって被覆管の管口部や外表面が汚染しないように留意しなければならない。そのために、充填作業を行うグローブボックスを2つの空間に仕切り、ペレットをおき、汚染度の高くなる空間（高汚染領域）と汚染度を極力低減化し、被覆管などをおく空間（低汚染領域）とに分けた。ペレットの充填作業は仕切り壁に設けた貫通孔を使って行う。また、被覆管の開口部には管口マスクを装着し、ペレットが開口部に直接触れないように対処する。

スプリング及び上部端栓を被覆管に挿入する工程は充填用グローブボックスの低汚染領域で行う。スプリングなどの部材を挿入した後、圧入方式によって上部端栓を被覆管に取り付ける。これは端栓を取り付けてから溶接するまでの間に上部端栓がゆるんで被覆管内部の汚染が外側へ漏洩するのを防止し、同時に、溶接時に端栓が動いて溶接不良が発生しないようにするためである。上部端栓の溶接はペレットの充填及び端栓圧入工程を行うグローブボックスとは別のグローブボックスで行う。これは充填・圧入工程では僅少量の汚染が発生することを仮定し、溶接作業をなるべく汚染度の低い条件で行うためである。被覆管内の汚染は端栓の圧入によって密封されているので、被覆管の管口部及び外表面が汚染していなければ溶接時に汚染が拡大しないと予想できる。燃料ピンの表面汚染を抑制することができれば、溶接後の除染及び各検

査工程を省力化することが可能である。

被覆管へ上部端栓を溶接するのはTIG溶接(タングステン・イナートガス・アーク溶接)によって行う。被覆管の肉厚は0.4~0.5mmと極めて薄いのが一般的である。例えば、JRR-2で予定している第1回照射試験で使用される被覆管の肉厚は0.47mmである。この薄い被覆管を再現性よく、かつ、確実に溶接するためには低い溶接電流を安定して供給する必要がある。市販の工業用溶接機はこの仕様を満足しておらず、低電流を安定して得ることのできる溶接機を新たに設計しなければならない。さらに、溶接作業を行う者が必ずしも熟練者とは限らないので、初心者でも容易に、かつ、正確に作業できるように溶接機の制御システムを設計することが不可欠である。そのほか、保守作業及びグローブボックス内の空間確保のためには、溶接関係の装置をできるだけグローブボックス外に設置するのが望ましい。その結果、グローブボックス内に格納するのはポジションナ(被覆管の固定及び回転機構)ならびに溶接トーチのみで、ポジションナの制御装置、溶接用電源、及び制御回路などはグローブボックスの外へ設置するように設計した。

高速増殖炉用炭化物燃料のボンド方式としては、ナトリウム・ボンドとヘリウム・ボンドが考えられるが、米国のAdvanced Breeder Fuel Development Program³⁾の方針などを参考に検討した結果、ヘリウム・ボンドを採用することに決定した。ヘリウム・ボンドの燃料ピンを製作するためには、燃料ペレットや部材の充填及び溶接作業を行うグローブボックスを高純度のヘリウムガス雰囲気中に維持しなければならない。従って、これらの装置を格納するグローブボックスの給排気設備を新たに設計する必要がある。

グローブボックス内を高純度の不活性ガス雰囲気中に維持する方法として、循環精製方式とOnce through方式とが考えられる。循環精製方式は不活性ガス雰囲気中で長時間運転するグローブボックスに適合しており、ガス消費量の節約、運転中の保守作業量の低減化に有利であるが、設備費用が高くなり、設備空間も大きくなるという欠点をもつ。一方、Once through方式は設備費用や設備空間の面で利点をもつが、その反面、ガス消費量が大きくなり、さらに、置換中にグローブボックスの負圧が不安定化する傾向をもつ。燃料ピンの溶接作業を考慮した場合、実質的な運転時間はかなり短いと予想される。このために、グローブボックス内の雰囲気を制御するために多額な投資をすることは不適切であると判断した。以上の理由から、充填及び溶接グローブボックスの換気方式としては、Once through方式を選択し、Once through方式のもつ欠点をなるべく抑制する方向で検討を行った。まず、高価なヘリウムガスの消費量を低減化するために、アルゴンガスとヘリウムガスを併用することにした。アルゴンガスはヘリウムガスに比べて安価であり、かつ、液化アルゴンを気化させることによって簡便に利用することができる。置換手順としては、最初にアルゴンガスを使ってグローブボックス内から酸素及び水分を除去し、これらの不純物濃度が十分に低下してからヘリウムガスに切り換えてアルゴンを追い出す。仮に、グローブボックス内にアルゴンガスが残留していても、僅少量であれば燃料ピンの製作に大きな障害にならないと考えられる。グローブボックスの負圧制御は従来から採用していた電磁弁によるON-OFF制御に加えて、PID動作のアナログ制御弁を導入することにより安定化させることにした。

溶接作業が完了した後に燃料ピンをグローブボックス外に搬出するためには、燃料ピンの表

面に付着しているプルトニウムを除去し、残留する汚染度の測定を行う必要がある。これらの作業を実施するために、除染専用のグローブボックスを新たに設置した。このグローブボックスは燃料ピンを除染するグローブボックス及び燃料ピンの表面汚染度の検査を行うグローブボックスとの2台で構成される。除染用グローブボックスには超音波洗浄器など除染用機器類を設置する。汚染検査用のグローブボックスにはシンチレーション検出方式の表面汚染度検査計を準備する。この除染及び表面汚染度測定のためのグローブボックスは、燃料ピンの除染作業のほかにも多くの目的のために使用することが可能である。

除染が完了して汚染のないことを確認した燃料ピンはグローブボックス外へ搬出し、外観検査、寸法検査、漏洩検査、放射線透過による欠陥検査などを行う。外観検査では目視などにより、ビード幅、ビード部着色、ピンホールやクラックなどの有害な欠陥の有無を調べる。寸法検査では、長さ、直径、及び真直度などを検査する。また、漏洩検査は燃料ピンのプレナムに封入したヘリウムガスを利用して、その漏洩率をヘリウムリークディテクタによって測定する方法を選択した。そのほか、放射線透過検査については、所内のX線発生装置を利用して行うこととして今回の整備計画から除外した。燃料ピンをキャプセルへ組み込むのは東海研究所に輸送して工作課で行う予定である。

3. 燃料ピン製作設備の基本仕様

本章では、今回整備を行った各装置の設計、構造、及び性能について述べる。また、これらの装置類を使って燃料ピンを製作する場合の標準的な作業手順を紹介する。

3.1 センタレス・グラインダ及び格納用グローブボックス

センタレス・グラインダによる円周研削の方法として、乾式法及び湿式法が考えられる。乾式法は研削に伴って発生する熱を炭酸ガスなどの気体を使って除去するもので、有機物を使用しないので臨界管理上、核燃料物質の取扱制限量を大きくすることができる。また、湿式法で必要なペレットの洗浄・乾燥工程を省略できる。しかし、この方法では研削粉が飛散しやすく、グローブボックス内の汚染量が増大し、同時に、プルトニウムなどの核燃料物質の回収効率が低下する。さらに、炭化物ペレットは雰囲気中の酸素及び水分と反応しやすいので、炭化物ペレット及び研削粉が酸化する可能性がある。今回整備したセンタレス・グラインダは照射用ペレットを研削するのが主目的であり、大きな処理能力を必要としない。このために、設計にあたっては臨界管理上の問題を無視することができる。以上の理由から炭化物ペレットの円周研削は湿式法で行うのが望ましいと判断した。

センタレス・グラインダの設計ならびに製作は、特に次に挙げる項目に留意して行った。

- (1) センタレス・グラインダは、その構造上、分割することが困難であり、操作盤を除いて装置全体をすべてグローブボックス内に格納する必要がある。照射試験に必要な炭化物ペレットの数は比較的少ないので、処理能力が小さくなくても本体部分になるべく小型なものを選

面に付着しているプルトニウムを除去し、残留する汚染度の測定を行う必要がある。これらの作業を実施するために、除染専用のグローブボックスを新たに設置した。このグローブボックスは燃料ピンを除染するグローブボックス及び燃料ピンの表面汚染度の検査を行うグローブボックスとの2台で構成される。除染用グローブボックスには超音波洗浄器など除染用機器類を設置する。汚染検査用のグローブボックスにはシンチレーション検出方式の表面汚染度検査計を準備する。この除染及び表面汚染度測定のためのグローブボックスは、燃料ピンの除染作業のほかにも多くの目的のために使用することが可能である。

除染が完了して汚染のないことを確認した燃料ピンはグローブボックス外へ搬出し、外観検査、寸法検査、漏洩検査、放射線透過による欠陥検査などを行う。外観検査では目視などにより、ビード幅、ビード部着色、ピンホールやクラックなどの有害な欠陥の有無を調べる。寸法検査では、長さ、直径、及び真直度などを検査する。また、漏洩検査は燃料ピンのプレナムに封入したヘリウムガスを利用して、その漏洩率をヘリウムリークディテクタによって測定する方法を選択した。そのほか、放射線透過検査については、所内のX線発生装置を利用して行うことにして今回の整備計画から除外した。燃料ピンをキャプセルへ組み込むのは東海研究所に輸送して工作課で行う予定である。

3. 燃料ピン製作設備の基本仕様

本章では、今回整備を行った各装置の設計、構造、及び性能について述べる。また、これらの装置類を使って燃料ピンを製作する場合の標準的な作業手順を紹介する。

3.1 センタレス・グラインダ及び格納用グローブボックス

センタレス・グラインダによる円周研削の方法として、乾式法及び湿式法が考えられる。乾式法は研削に伴って発生する熱を炭酸ガスなどの気体を使って除去するもので、有機物を使用しないので臨界管理上、核燃料物質の取扱制限量を大きくすることができる。また、湿式法で必要なペレットの洗浄・乾燥工程を省略できる。しかし、この方法では研削粉が飛散しやすく、グローブボックス内の汚染量が増大し、同時に、プルトニウムなどの核燃料物質の回収効率が低下する。さらに、炭化物ペレットは雰囲気中の酸素及び水分と反応しやすいので、炭化物ペレット及び研削粉が酸化する可能性がある。今回整備したセンタレス・グラインダは照射用ペレットを研削するのが主目的であり、大きな処理能力を必要としない。このために、設計にあたっては臨界管理上の問題を無視することができる。以上の理由から炭化物ペレットの円周研削は湿式法で行うのが望ましいと判断した。

センタレス・グラインダの設計ならびに製作は、特に次に挙げる項目に留意して行った。

- (1) センタレス・グラインダは、その構造上、分割することが困難であり、操作盤を除いて装置全体をすべてグローブボックス内に格納する必要がある。照射試験に必要な炭化物ペレットの数は比較的少ないので、処理能力が小さくなくても本体部分になるべく小型なものを選

択することが重要である。

(2) 照射試験では、さまざまな外径寸法のペレットが要求されるのでそれに対応できるようにする。

(3) グローブボックスに格納することを考慮し、操作が容易で、かつ、保守作業が可能な構造にする。

今回製作したセンタレス・グラインダ及びグローブボックスの外観図を図2及び図3に示す。また、センタレス・グラインダの基本仕様を表1にまとめて示す。

センタレス・グラインダの操作性を向上させるために電動機の起動・停止スイッチや回転制御部をグローブボックス外の操作盤にまとめ、グローブボックス内で行う作業量をできるだけ減らすように設計した。また、研削油の飛散を防止するために研削部分に透明プラスチック製のフードを設けた。同時に、このフード内部にアルゴンガスを吹きつけて研削中でのペレットの酸化防止を図った。

研削油としては次のような特性が要求される。

- (1) 水分含有量の少ない油性系のものであること。
- (2) 火災事故を予防するために引火点が高いこと。
- (3) 油交換作業を軽減化するために長寿命であること。
- (4) グローブボックス、グローブ（ネオプレン製）、及びセンタレス・グラインダの構造材を腐食しないこと。

以上の項目について検討した結果、研削油としてユシロン-CG（ユシロ化学製）を選んだ。この油の特性を表2に示す。グローブに対する腐食性については、実際にグローブの断片をこの研削油に浸漬させて膨潤のないことを確認した。研削油中に混入した核燃料物質は沈殿法によって分離するように設計した。最終的にはろ過法によって研削油から核燃料物質を回収する予定である。

センタレス・グラインダの性能試験は、アルミナペレット、ウラン炭化物ペレット、ならびにウラン・プルトニウム混合炭化物ペレットを用いて行った。この試験で得た研削幅と調整砥石送りハンドル（微ハンドル）目盛との関係を図4に示す。この図から、ペレットの材質によらず研削幅と送りハンドルの目盛との間に良好な直線関係の成立することがわかる。しかし、調整砥石の回転数や摩耗などによって、この直線の勾配が変動する可能性があるため、事前にこの勾配の再現性を確認してから研削作業を行う必要がある。また、最終研削したペレットの外径寸法のばらつきは±0.002mmであって、所定の性能をもっていることを確認した。なお、炭化物ペレットを研削する場合には、酸化を防止するために図4において斜線で示した範囲で最終研削を行うことが望ましい。

センタレス・グラインダ本体は空気雰囲気グローブボックスに格納したが、炭化物ペレットの酸化防止及び火災事故対策としてグローブボックス内をOnce through方式によってアルゴンガスに置換できる構造にした。このグローブボックスの気密検査は大気圧比較法で行い、その漏洩率は0.05 Box vol. %/h以下であった。そのほか、外観検査、警報試験などでも所定の性能を有していることを確認し、54安（核規）第43号（昭和54年3月）付で官庁検査に合格した。

3.2 脱脂・乾燥用装置

円周研削を行った後、ペレットに付着した研削油などを除去するために洗浄作業を行う必要がある。照射試験に使用するペレットの数は少ないので、実験室用の小型超音波洗浄器を利用することが可能である。従って、前述したように試料加工用（131-D）グローブボックスに格納されている超音波洗浄器を使用することにした。また、洗浄液はアセトンを用いる。

超音波洗浄を行った後、ペレットを真空中で加熱することによって洗浄液を除去しなければならない。この作業の頻度は極めて少ないと予想されるので新たに専用の装置を設けず、高純度アルゴンガス雰囲気グローブボックス²⁾内に設置されている電気炉を利用することにした。この電気炉はタングステン抵抗加熱式の焼結炉（定格出力；25 kW）であり、一度に100個以上のペレット処理することが可能である。乾燥作業は油拡散ポンプならびに油回転ポンプを使用し、 10^{-6} torr 台の真空度で1,000～1,400℃に加熱して行う。

脱脂・乾燥工程が完了した後、高純度アルゴンガス雰囲気グローブボックス内でスタック長の調整を行う。ペレットの寸法はマイクロメータ（読み取り精度；1/1,000mm）あるいは電気式ダイヤルゲージ（読み取り精度；1/100mm）を使用して測定する。

3.3 充填及び圧入装置

被覆管に燃料ペレットを充填する工程で最も重要なことは、被覆管の外表面及び開口部をブルトニウムで汚染させないことである。従って、前章で述べたように、2つの空間に仕切ったグローブボックスで充填作業を行い、被覆管の汚染防止を図った。図5及び6にはペレットの充填機構ならびに被覆管の開口部に装着する管口マスクの構造を示す。この管口マスクは第1回照射試験で使用する予定の被覆管に合わせて製作したものである。

充填用グローブボックスの一方の空間（高汚染領域）にはあらかじめスタック長を調整してある燃料ペレット及び除染用の器具をおく。もう一方の低汚染領域には、下部端栓を溶接した被覆管、スプリング等の部材、除染用器具、及び上部端栓の圧入装置などをおく。この2つの空間の間の仕切り壁にはHEPAフィルタを設置し、燃料ペレットなどに付着した汚染が被覆管などのおかれていた低汚染領域に拡散しないように設計した。

被覆管にペレットを充填するのは仕切り壁に設けた貫通孔部を通して行う。この貫通孔の寸法は被覆管寸法に合わせて製作した。さらに、被覆管には熱収縮チューブを装着して外表面の汚染を防止する。また、被覆管の開口部には管口マスクを装着し、挿入時にペレットが開口部に触れて汚染することがないようにした。ペレットを充填した後、スプリングや上部端栓の挿入を次のようにして行う。まず、管口部を除染してから管口マスクを高汚染領域へ引き抜く。次いで、被覆管を低汚染領域へ引き出し、スプリング等の部材を挿入してから上部端栓を圧入する。上部端栓の圧入作業は端栓が被覆管に対して平行にはいるように卓上小型旋盤を改造した圧入装置を使用して行う。この圧入装置の外観を図7に示す。このように、上部端栓を圧入することによって被覆管内の汚染が外部へ漏洩することを防止できる。上部端栓を圧入した後、被覆管から熱収縮チューブをはずし、再度外表面の除染を行ってから溶接工程に移る。

前章で述べたようにヘリウムボンド方式の燃料ピンを選択したので、プレナム部分にはヘリウムガスを充填する必要がある。従って、充填・圧入作業はグローブボックス内をOnce through方式によって高純度ヘリウムガス雰囲気置換して行う。

3.4 溶接装置

3.4.1 ポジショナ

ポジショナは被覆管を固定し、溶接機のタングステン電極（トーチ）と被溶接部との間隙を一定に保ちながら一定速度で回転させるために用いる。ポジショナの設計・製作にあたっては、次のような点に注意を払った。

- (1) 回転速度が一定で回転むらの少ないこと。
- (2) 回転中に被溶接物（被覆管）がしんぶれを起さないこと。しんぶれがあるとアーク・ギャップ（電極と被溶接物との間隙）が変動し、ビート幅や溶け込み深さにむらが生じやすい。
- (3) 上部端栓を被覆管側に押しつけながら溶接作業ができること。また、この押圧を任意に変えられること。
- (4) トーチの位置（X, Y軸及び傾斜角）を変えられること。また、その位置関係を精度よく、かつ、容易に把握できること。
- (5) 溶接時に被覆管に伝わる熱を除去するために、冷し金を設けること。また、被覆管を固定する際にその外表面が傷つかないこと。
- (6) ポジショナの起動・停止、回転数の調整などの作業をグローブボックス外で実施できること。
- (7) 本体部分については、グローブボックス内に格納するので操作が容易で、かつ、耐久性があること。

今回製作したポジショナの外觀図を図8に示す。また、その主な仕様を表3に示す。ポジショナの制御回路はTIG溶接機の操作盤に組み込み、その操作性を向上させた。溶接条件のなかで最も重要な要素のひとつとしてアーク・ギャップが挙げられる。例えば、“常陽”燃料の製造では約0.5 mmで試験が行われている。⁴⁾グローブボックスの亚克力製窓を通して目視によりこの距離を再現性よく決定することはきわめて困難である。このために、次に述べる方法でタングステン電極の位置決めをするように設計した。まず、タングステン電極を被溶接部に軽く接触させる。あらかじめ電極と被溶接部との間に信号電流を送り、接触位置をブザーなどによって確認する。この位置からダイヤルゲージ（1目盛0.01 mm）を見ながら、タングステン電極を所定の距離だけ離す。溶接時には、この信号電流回路を自動的に切るように設計した。このようにして、作業者の熟練度に関係なく被溶接部とタングステン電極との間隙を容易に決定することができるようになった。そのほか、予備試験を実施した結果、今回製作したポジショナは上で述べた項目(1)~(7)について、すべて満足する性能をもつことを確認できた。

3.4.2 TIG溶接機

本装置はヘリウムガスを吹きかけてタングステン電極と被溶接部との間にアークを発生させ、

TIG溶接を行うもので、TIGトーチ、溶接電源、ならびに操作盤から構成されている。溶接機の電源及び操作盤はグローブボックスの外に設置し、トーチ部分のみをグローブボックス内に格納した。写真1には溶接機電源及び操作盤の外観写真を示す。トーチ部へ電力及びヘリウムガスを供給するのは、グローブボックスの壁に取りつけた電流導入端子ならびに配管を使って行う。トーチ部は前述したようにポジションナに固定する。写真2は電力及びヘリウムガス導入部の外観写真を示す。

本溶接機の主な仕様を表4に示す。溶接電流及びトーチ用ヘリウムガスの制御はプログラム制御できるように設計した。このプログラム制御のパターンを図9に示す。プログラム制御を用いて自動溶接を行う場合の標準的な作業は次の通りである。まず、被覆管をポジションナに固定して上部端栓を被覆管側に押しつけ、前述した方法でタングステン電極の位置を決めて被覆管を回転させる。溶接機の操作盤にある起動ボタンを押すと、自動的にヘリウムガスの吹きつけ（フロー）が始まり、図9に示したパターンに従って溶接が進行する。起動電流は5~20Aの範囲で任意に設定することができる。また、起動時には高周波を使用してアークが発生しやすい構造にした。溶接時間や溶接電流などは、あらかじめダイヤルによって調節しておくことができる。最小定格溶接電流は5Aであるが、実際の溶接作業では約3Aまでの電流を安定して得ることができた。溶接が終了すると、装置は自動的に停止する。また、溶接条件のなかで溶接電流、溶接電圧、ならびに溶接時間については、ペンオシログラフを用いて自動記録するようにした。

被覆管に上部端栓を溶接する条件は、溶接電流や溶接時間のほかに、被覆管の肉厚、端栓の形状、及び材質などによって左右される。従って、燃料ピンの仕様が決定してから、同一の材料を用いて予備試験を行い、最適な溶接条件を決定しなければならない。JRR-2で照射予定の燃料ピンの製作にあたっては、約200本以上の模擬ピンを作成して、溶接部の金相試験から溶接条件の検討を行った。写真3には溶接部の断面金相写真を示す。エッチングは60~70°Cに加熱した腐食液（硫酸1、塩酸2、グリセリン2、過酸化水素1）に2,3秒浸漬させて行った。溶け込み部にはデンドライト組織及びセル状組織がみられる。デンドライト組織は冷却速度が早い場合に観察されるもので、主に被覆管あるいは端栓に近い部分に存在する。これに対して、溶け込み部の表面及び中央部にはセル状組織が多い。この写真から十分な溶け込み深さをもつと共に欠陥のない溶接のできることがわかり、溶接機及びポジションナが良好な性能をもつことが証明された。

3.5 充填及び溶接用グローブボックス

充填及び溶接作業を行うグローブボックスは前述したようにOnce through方式によってヘリウムガス雰囲気維持する必要がある。従って、円滑にヘリウムガス雰囲気に置換できるように、通常の空気雰囲気グローブボックスよりも高性能の給排気設備を設計・製作した。図10は充填及び溶接用グローブボックスの外観図を示す。さらに、図11はその給排気系統図を示す。

充填及び溶接用グローブボックスは連結し、同時に両方のグローブボックスをヘリウムガスに置換できるようにした。また、必要に応じていずれか一方のグローブボックスのみをヘリウ

ムガスに置換することも可能である。2台のグローブボックスを同時に置換する場合には、ヘリウムガスを溶接用グローブボックスから供給して充填用グローブボックスより排気する。また、充填あるいは溶接作業を行わない場合には通常のグローブボックスと同じように空気雰囲気中に維持する。雰囲気中の酸素及び水分の濃度変化は酸素分析計（日本碍子製、ジルコニア・セル方式、0～1,000 ppm）及び露点計（SHAW製、キャパシタンス方式、-20～-80℃）を用いて行う。また、Once through置換中の負圧変動はPID動作のアナログ制御弁（空気作動）を導入し、ON-OFF制御と併用することによって安定化させることができた。

このグローブボックスをヘリウムガスに置換するのにあたり、ヘリウムガスの消費量を抑制するためにヘリウムガスのほかにアルゴンガスを併用できるように設計した。すなわち、最初にアルゴンガスで置換して酸素と水分を十分に除去してからヘリウムガスに切り換えれば、少量のヘリウムガスで良好な雰囲気を維持することが可能である。図12はこのようにしてOnce through置換を行い、アルゴンガスからヘリウムガスに切り換えた後の雰囲気条件の変化を示す。雰囲気中のガス分析は、真空容器にガスを捕集して東海研究所・分析センターで質量分析法によって行った。また、この時の露点は-50～-55℃（水分20～40 ppm）であった。この結果から、ヘリウムガスに切り換えてから約90分経過すれば、酸素や水分ばかりでなく、アルゴンも十分に低減化できることがわかった。このようにして、今回整備したグローブボックスは良好な負圧安定性と雰囲気条件をもっていることを実証できた。また、これらのグローブボックスについては、前述したセントレス・グライダ格納用グローブボックスと同じ性能検査を行い、所定の性能をもっていることが確認され、56安（核規）第271号（昭和56年7月）付で官庁検査に合格した。

充填用グローブボックスには被覆管に吸着した水分などの除去及び炭化物ペレットの一時保管のために真空排気装置を設けた。本装置にはヘリウム回収用の油回転ポンプ（排気能力；150 ℓ/min）を使用した。

3.6 除染装置及び格納用グローブボックス

燃料ピンを除染し、その表面汚染度を測定するためのグローブボックスの外観を図13に示す。これらのグローブボックスは除染のためのグローブボックスと汚染度検査のためのグローブボックスとの2台で構成される。除染用のグローブボックスの内部は、さらに低汚染領域と高汚染領域の2つの領域に仕切り、仕切り壁に設けたHEPAフィルタを通して換気することによって汚染が低汚染領域に拡散しないようにした。この2つの領域は除染対象物の汚染度に応じて使い分ける。グローブボックスの内面は除染しやすいようにアクリル製の窓面を除いて、エポキシ樹脂を塗装した。これらのグローブボックスは前述した方法によってその性能を確認し、55安（核規）第68号（昭和55年4月）付で官庁検査に合格した。

燃料ピンの除染作業は主に小型の超音波洗浄器を利用して行う。表面汚染度の検査はZnS（Ag）シンチレーション型アルファ線表面汚染検査計を用いる。この検査計のなかで前置増幅器及びシンチレータで構成される検出器のみをグローブボックス内におき、本体（計数部）はグローブボックス外においた。検出器と本体との接続はグローブボックスの壁に設けた導入端

子を経由して行った。標準線源を用いて検査計の性能試験を行ったところ、15～16%の計数効率を得た。

3.7 ヘリウムリークディテクタ

燃料ピンの漏洩検査を実施するために使用するヘリウムリークディテクタはデュポン社製のものを採用した。その定格仕様を表5に示す。仮に、燃料ピンに有害な欠陥が存在し、検査中にプルトニウムが燃料ピンの外に漏洩するようなことがあっても、汚染がディテクタ本体まで拡大しないようにディテクタ本体と燃料ピンを装荷する検査容器との間にHEPAフィルタを設けた。また、検査容器はステンレス鋼（SUS 304）で製作した。

標準リークを用いてヘリウムリークディテクタの性能試験を行ったところ、 1.1×10^{-10} atm・cc/s という感度を得た。JRR-2 及び JMTR で照射する試料の漏洩率は 10^{-7} あるいは 10^{-8} atm・cc/s 以下と規定されているので、本装置は燃料ピンの検査を実施するために十分な性能をもっていることがわかった。

4. あとがき

本報告書では、センタレス・グラインダ、充填及び圧入装置、TIG溶接機、ならびにこれらの装置を格納するためのグローブボックスなど、ウラン・プルトニウム混合炭化物燃料ピンを製作するために必要な各種装置の設計、製作仕様、ならびにその性能について紹介した。これまでに整備を完了している調製ライン²⁾及び分析ライン^{5), 6)}では炭素熱還元法による混合炭化物の調製、焼結法による混合炭化物ペレットの製造⁷⁾、及び炭素や酸素含有量の定量などの確性試験を行うことができる。今回、センタレス・グラインダなどの設備が戦力化することによって燃料ピンを製作し、照射実験を遂行することが可能になった。燃料ピンの製作に関して今後に残された課題としては、照射試験の仕様に合致した燃料ペレットの製造方法の確立及び被覆管と端栓との溶接条件の決定などが挙げられる。特に、被覆管は薄肉であって、材料の品質、被覆管の寸法、端栓の形状などによって最適な溶接条件が大幅に変化すると予想される。従って照射試験の仕様に合わせ、実際の材料を用いて予備試験を実施することにより、最適条件を見い出す必要がある。

前述したように、ウラン・プルトニウム混合炭化物燃料ピンの第1回照射試験は昭和58年度にJRR-2において実施する計画である。その燃料ピンは今回整備を行った製作設備を用いて製作した。昭和58年6月現在、ヘリウムリーク検査など所定の検査を終了し、東海研究所に輸送されており、工作課においてキャプセルに組み込む段階にまで準備が進められている。このJRR-2で照射予定の燃料ピンを製作した経験から、今回整備した装置類が極めて良好な性能を保持していることを実証でき、今後の炭化物燃料の開発研究のために極めて有力な武器になると期待できる。

子を経由して行った。標準線源を用いて検査計の性能試験を行ったところ、15～16%の計数効率を得た。

3.7 ヘリウムリークディテクタ

燃料ピンの漏洩検査を実施するために使用するヘリウムリークディテクタはデュボン社製のものを採用した。その定格仕様を表5に示す。仮に、燃料ピンに有害な欠陥が存在し、検査中にプルトニウムが燃料ピンの外に漏洩するようなことがあっても、汚染がディテクタ本体まで拡大しないようにディテクタ本体と燃料ピンを装荷する検査容器との間にHEPA フィルタを設けた。また、検査容器はステンレス鋼（SUS 304）で製作した。

標準リークを用いてヘリウムリークディテクタの性能試験を行ったところ、 1.1×10^{-10} atm・cc/s という感度を得た。JRR-2 及び JMTR で照射する試料の漏洩率は 10^{-7} あるいは 10^{-8} atm・cc/s 以下と規定されているので、本装置は燃料ピンの検査を実施するために十分な性能をもっていることがわかった。

4. あとがき

本報告書では、センタレス・グラインダ、充填及び圧入装置、TIG溶接機、ならびにこれらの装置を格納するためのグローブボックスなど、ウラン・プルトニウム混合炭化物燃料ピンを製作するために必要な各種装置の設計、製作仕様、ならびにその性能について紹介した。これまでに整備を完了している調製ライン²⁾及び分析ライン^{5), 6)}では炭素熱還元法による混合炭化物の調製、焼結法による混合炭化物ペレットの製造⁷⁾、及び炭素や酸素含有量の定量などの確性試験を行うことができる。今回、センタレス・グラインダなどの設備が戦力化することによって燃料ピンを製作し、照射実験を遂行することが可能になった。燃料ピンの製作に関して今後に残された課題としては、照射試験の仕様に合致した燃料ペレットの製造方法の確立及び被覆管と端栓との溶接条件の決定などが挙げられる。特に、被覆管は薄肉であって、材料の品質、被覆管の寸法、端栓の形状などによって最適な溶接条件が大幅に変化すると予想される。従って照射試験の仕様に合わせ、実際の材料を用いて予備試験を実施することにより、最適条件を見出す必要がある。

前述したように、ウラン・プルトニウム混合炭化物燃料ピンの第1回照射試験は昭和58年度にJRR-2において実施する計画である。その燃料ピンは今回整備を行った製作設備を用いて製作した。昭和58年6月現在、ヘリウムリーク検査など所定の検査を終了し、東海研究所に輸送されており、工作課においてキャプセルに組み込む段階にまで準備が進められている。このJRR-2で照射予定の燃料ピンを製作した経験から、今回整備した装置類が極めて良好な性能を保持していることを実証でき、今後の炭化物燃料の開発研究のために極めて有力な武器になると期待できる。

最後に、これらの装置の整備にあたり、技術情報部・下川純一部長及び燃料工学部・岩本多実部長に終始御指導をいただいた。また、本装置の設計にあたり、動力炉・核燃料開発事業団・プルトニウム燃料部の皆様に有益な助言をいただいた。グローブボックス中のガス分析は、分析センター、星野昭室長代理及び大内操氏にお願いをした。そのほか、本装置の製作全般にわたりプルトニウム燃料研究室ならびにプルトニウム技術開発室の方々に協力をいただいた。関係各位に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

1. Latimer, T. W., G. R., Petty, R. L. : Am. Nucl. Soc., 39, 411 (1981).
2. Nomura, S., Shimokawa, J., Uematsu, K., Noro, K. : Proc. Advanced LMFBR Fuels, eds. Leary, J. et al., Tucson, Am. Nucl. Soc. (1977) p. 61.
3. Cunningham, G. W. : Trans. Am. Nucl. Soc., 19, 83 (1974)
4. 吉田政信, 笹尾信之, 松本憲一; 日本原子力学会 昭和48年秋の分科会予稿集 (1973).
5. 半田宗男, 前多厚, 矢幡胤昭; JAERI-M 8406 (1979).
6. 半田宗男, 前多厚, 塩沢憲一; JAERI-M 8414 (1979).
7. Suzuki, Y., Sasayama, T., Arai, Y., Watanabe, H. : J. Nucl. Sci. Technol., 18 [1], 61 (1981).

最後に、これらの装置の整備にあたり、技術情報部・下川純一部長及び燃料工学部・岩本多実部長に終始御指導をいただいた。また、本装置の設計にあたり、動力炉・核燃料開発事業団・プルトニウム燃料部の皆様に有益な助言をいただいた。グローブボックス中のガス分析は、分析センター、星野昭室長代理及び大内操氏にお願いをした。そのほか、本装置の製作全般にわたりプルトニウム燃料研究室ならびにプルトニウム技術開発室の方々に協力をいただいた。関係各位に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

1. Latimer, T. W., G. R., Petty, R. L. : Am. Nucl. Soc., 39, 411 (1981).
2. Nomura, S., Shimokawa, J., Uematsu, K., Noro, K. : Proc. Advanced LMFBR Fuels, eds. Leary, J. et al., Tucson, Am. Nucl. Soc. (1977) p. 61.
3. Cunningham, G. W. : Trans. Am. Nucl. Soc., 19, 83 (1974)
4. 吉田政信, 笹尾信之, 松本憲一; 日本原子力学会 昭和48年秋の分科会予稿集 (1973).
5. 半田宗男, 前多厚, 矢幡胤昭; JAERI-M 8406 (1979).
6. 半田宗男, 前多厚, 塩沢憲一; JAERI-M 8414 (1979).
7. Suzuki, Y., Sasayama, T., Arai, Y., Watanabe, H. : J. Nucl. Sci. Technol., 18 (1), 61 (1981).

表1 センタレス・グラインダの仕様

型 式	シンコー精機製 SKS-200 改造型
研削能力	3 ~ 25 mm ϕ * [*]
研削精度	± 0.01 mm 以内
研削砥石回転数	3,200 RPM
調整砥石回転数	23 ~ 350 RPM (無段変速)
研削砥石寸法	250 mm ϕ \times 75 mm W
研削砥石材質	ダイヤモンドホイール#170および#230組合せ
調整砥石寸法	150 mm ϕ \times 110 mm W
調整砥石材質	A 150 R** ^{**}
調整砥石・粗送りハンドル	1 目盛 : 5 / 100 mm
微送りハンドル	1 目盛 : 1 / 1,000 mm
電 動 機	
研削砥石用	2.2 kW
調整砥石用	0.4 kW
油圧ポンプ	0.1 kW
冷却油ポンプ	0.04 kW
油 量	12 ℓ
送り角度 (調整車角度)	5°
調整車水平角度	$\pm 5^\circ$
本体重量	約 500 kg
本体床面積	650 mm \times 500 mm
制御盤寸法	450 mm W \times 400 mm D \times 1,500 mm H

* 5 ~ 10 mm および 10 ~ 15 mm 研削用ブレードが用意されている。

** A ; アランダムゴム, 150 : メッシュ数, R : 硬度を示す。

表2 研削油の特性

品 名	ユシロン-CG
分類 (JIS K-2241)	1-1
外観	淡黄色
比色 (JIS K-2511)	1 ⁽⁻⁾
比重	0.85
粘度, cst (JIS K-2283)	10.4 (30°C)
引火点 (JIS K-2274)	154°C
流動点 (JIS K-2269)	-5°C
摩擦係数	0.16 μ
耐圧度 (JIS K-2519)	5.0 kg/cm ² (2000 RPM)
銅盤腐食 (JIS K-2513)	1

表3 ポジショナの性能

被覆管寸法	径 5 ~ 15 mm, 長さ 最大 600 mm
固定方式	コレット・チャック (EA6)
トーチ位置調整幅	X方向 50 mm
	Y方向 50 mm
	傾き 0 ~ 30°
回転数	5 ~ 30 RPM (± 10 %以内)
芯ぶれ	2/100mm
端栓押圧	300 ~ 1500 g (全圧)
主構造材	ステンレス鋼 (SUS 304)

表4 TIG溶接機の定格仕様

総合形式	YC-50 TDS-3F41 (松下電器)
電源部	形式 YC-50 TDS-3T41
	定格入力電圧 200 V (3相)
	定格入力 2.60 KVA (2.06 KW)
	起動電流 5 ~ 20 A (最高2段タップ切換)
	出力電流 5 ~ 50 A
	出力電圧 10 ~ 25 V
	定格使用率 40 %
	整流方式 サイリスタによる相間リアクトル付二重星形 六相半波
	冷却方式 強制風冷
	高周波発生装置 火花発振式直列重畳形, 出力約 30W
制御部	形式 YC-501 UB-3T41
	定格入力電圧 200 V (単相)
	起動電流時限調整範囲 (T ₂) 0.2 ~ 10 秒
	溶接電流 I 時限調整範囲 (T ₃) 0.1 ~ 99.9 秒
	溶接電流 II 時限調整範囲 (T ₄) 0.1 ~ 99.9 秒
	クレータ電流時限調整範囲 (T ₅) 0.2 ~ 10 秒
	ガスプリフロー時限 (T ₁) 2 ~ 5 秒
	ガスアフターフロー時限 (T ₆) 1 ~ 20 秒
トーチ部	形式 YT-116
	形状 ペンシル形
	定格電流 110 A
	定格使用率 50 %
	冷却方式 空冷
	適用電極径 1.0 mm

表5 ヘリウムリークデテクタの定格仕様

形 式	120 SSA
電 源	100 V, 800 W
感 度	真空法 5.4×10^{-11} atm \cdot cm ³ /sec 加圧法 0.1 ppm
マルチプライヤー	$\times 1, \times 5, \times 10, \times 50, \times 100, \times 500, \times 1000,$ $\times 5000, \times 10000$
排気速度	拡散ポンプ 115 ℓ /s 油回転ポンプ 21 ℓ /min
質量分析計	ダイアトロン-4, 180度イオンパス
直 線 性	5%以内 (0~ $\times 500$)
ゼロドリフト	2%/hr以内
ノ イ ズ	2%/フルスケール以内
サ イ ズ	762 \times 508 \times 559 mm
付属標準リーク	3.66×10^{-8} atm \cdot cc/sec

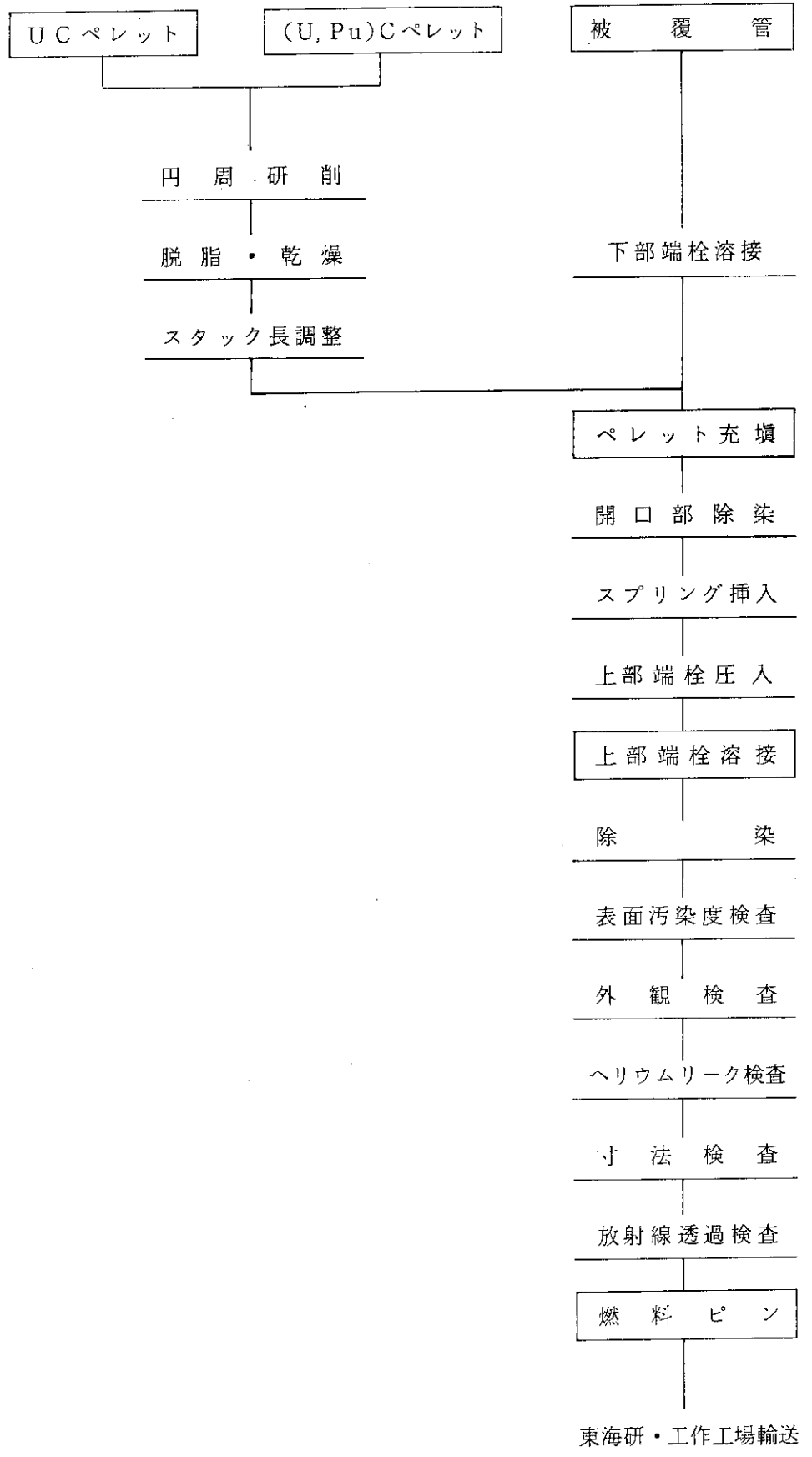


図1 燃料ピンの製作工程

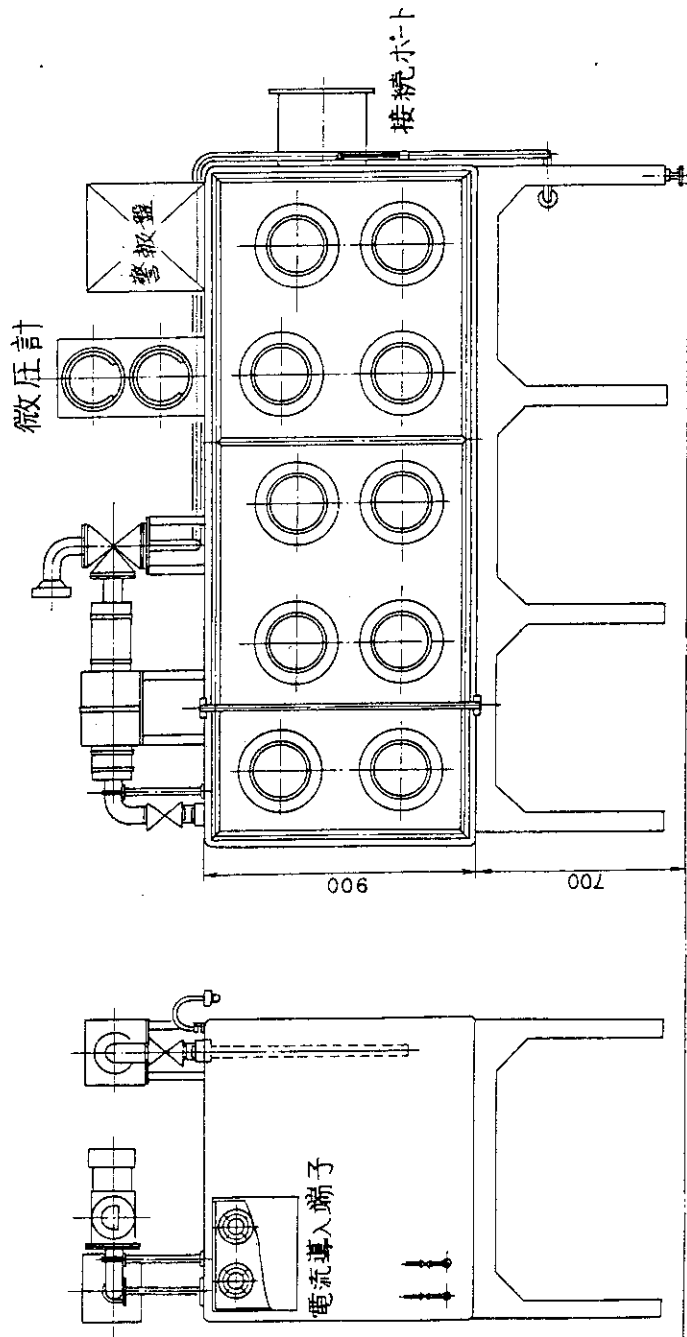
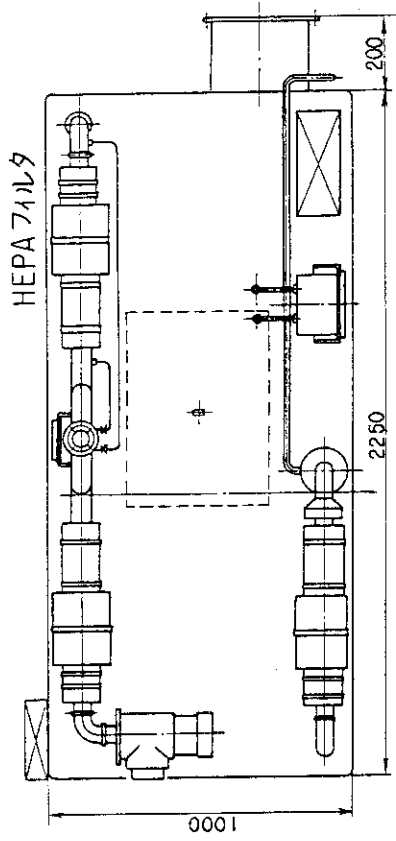


図3 センタレス・グラインダ格納用グローブボックス

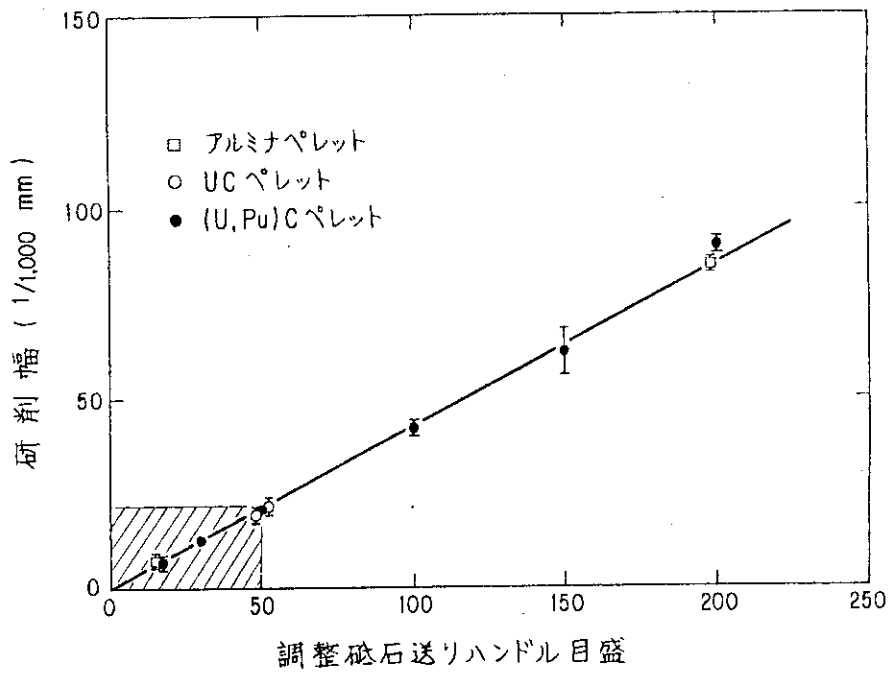


図4 センタレス・グラインダにおける研削幅と調整砥石送りハンドル目盛の関係

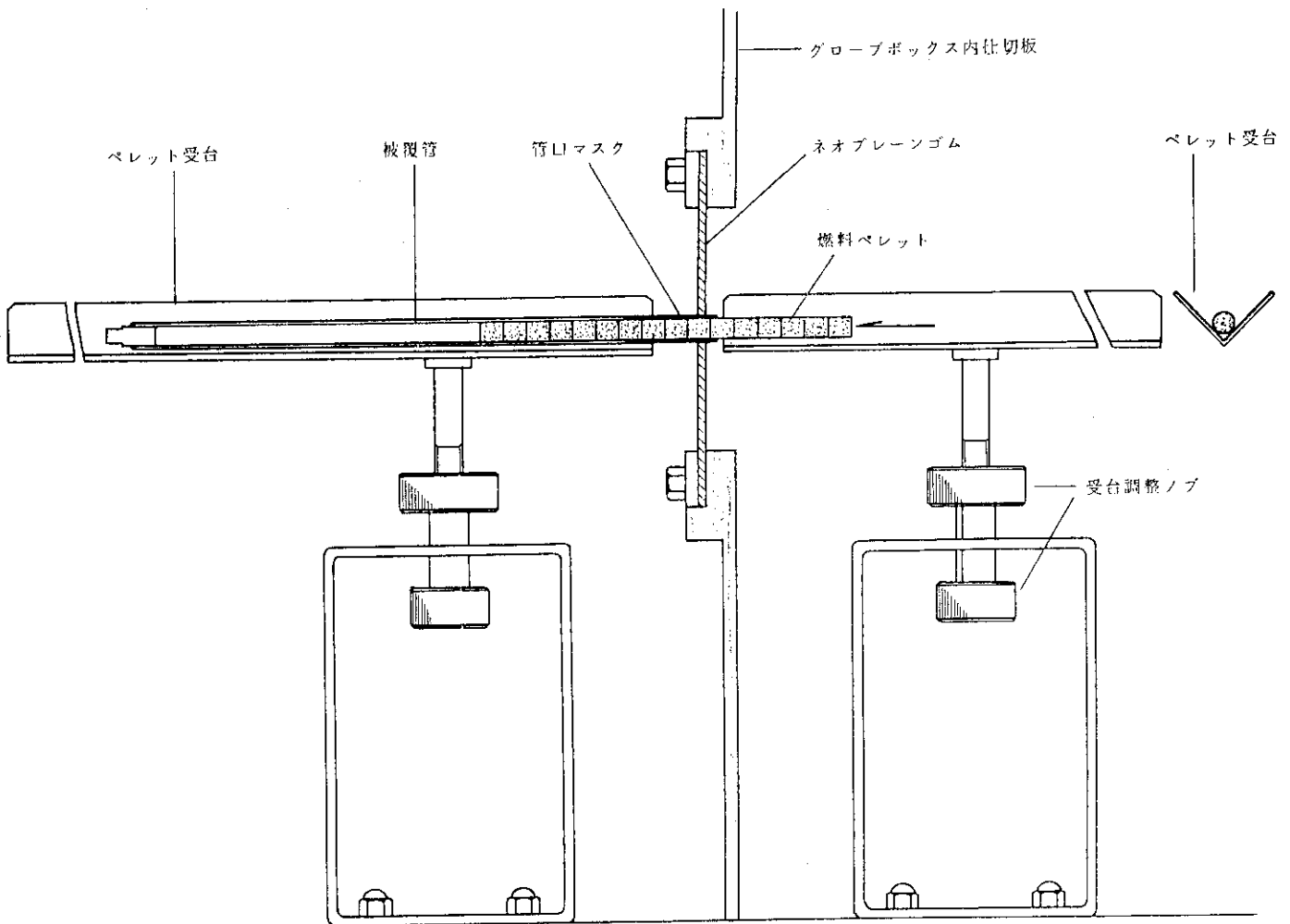


図5 燃料ペレットの充填機構

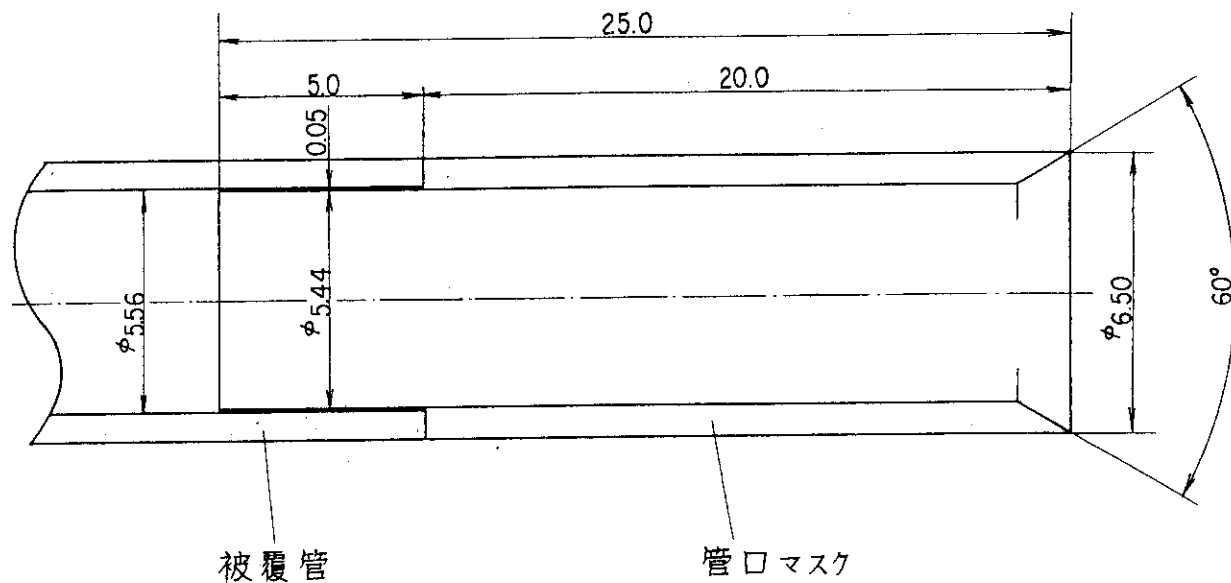


図6 管口マスクの構造

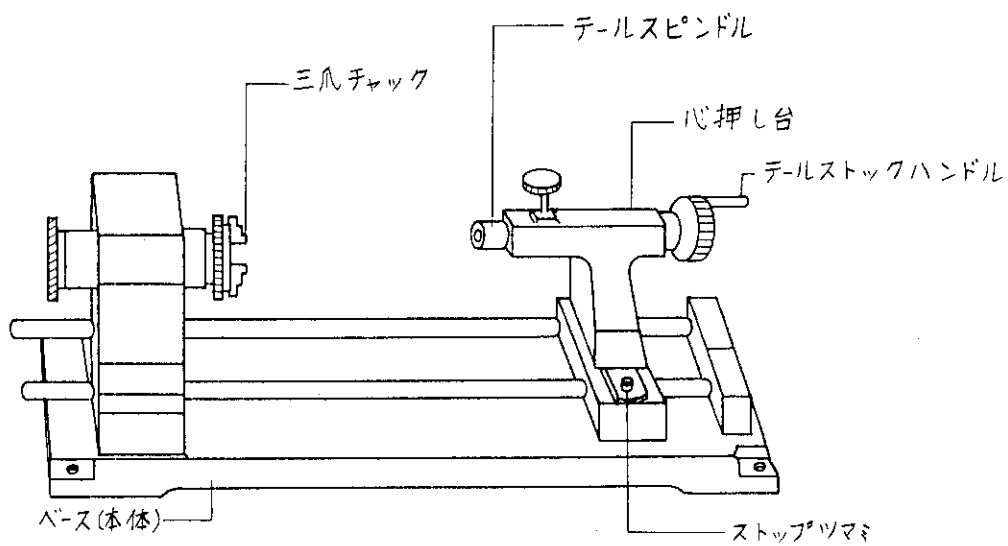
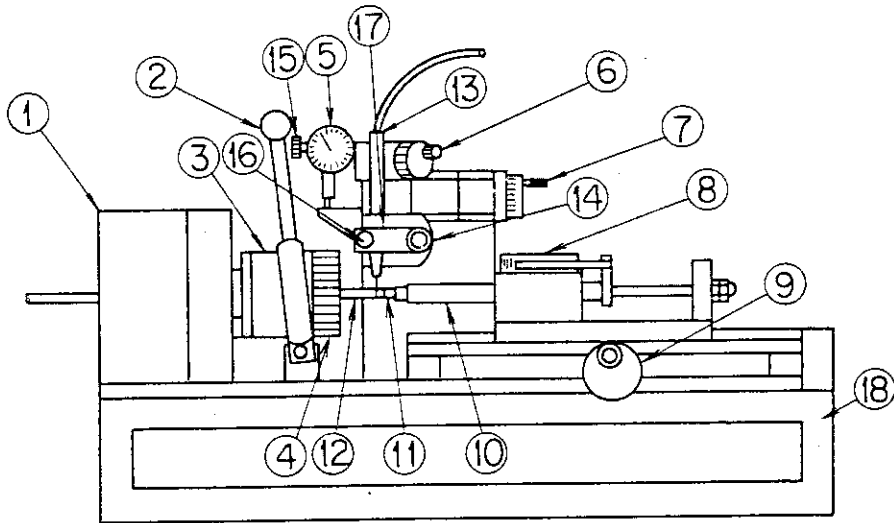


図7 端栓圧入装置の構造



番号	名 称	番号	名 称
1	駆動部	10	押圧ロッド
2	チャックレバ	11	端 栓
3	" 本体	12	燃 料 ピ ン
4	" ナット	13	トーチ
5	ダイヤルゲージ	14	トーチ斜向ハンドル
6	トーチ上下ハンドル	15	ダイヤルゲージハンドル
7	トーチ左右ハンドル	16	トーチ締付ハンドル
8	押圧目盛	17	トーチホルダ
9	押圧ハンドル	18	架 台

図8 ポジショナの構造

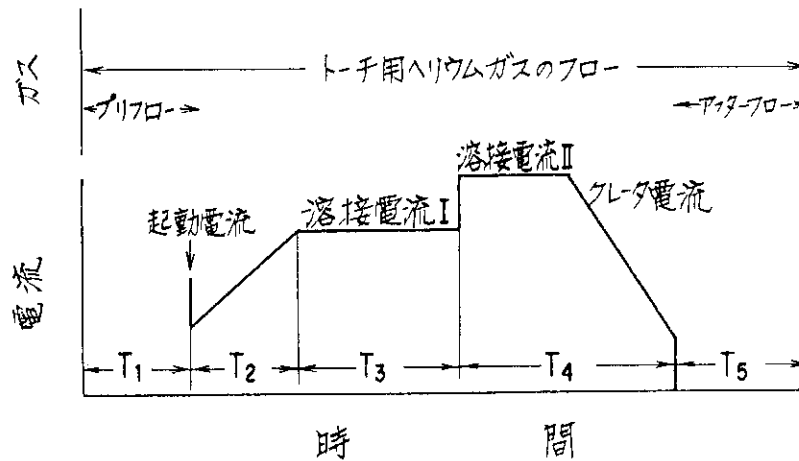


図9 上部端栓の溶接制御パターン

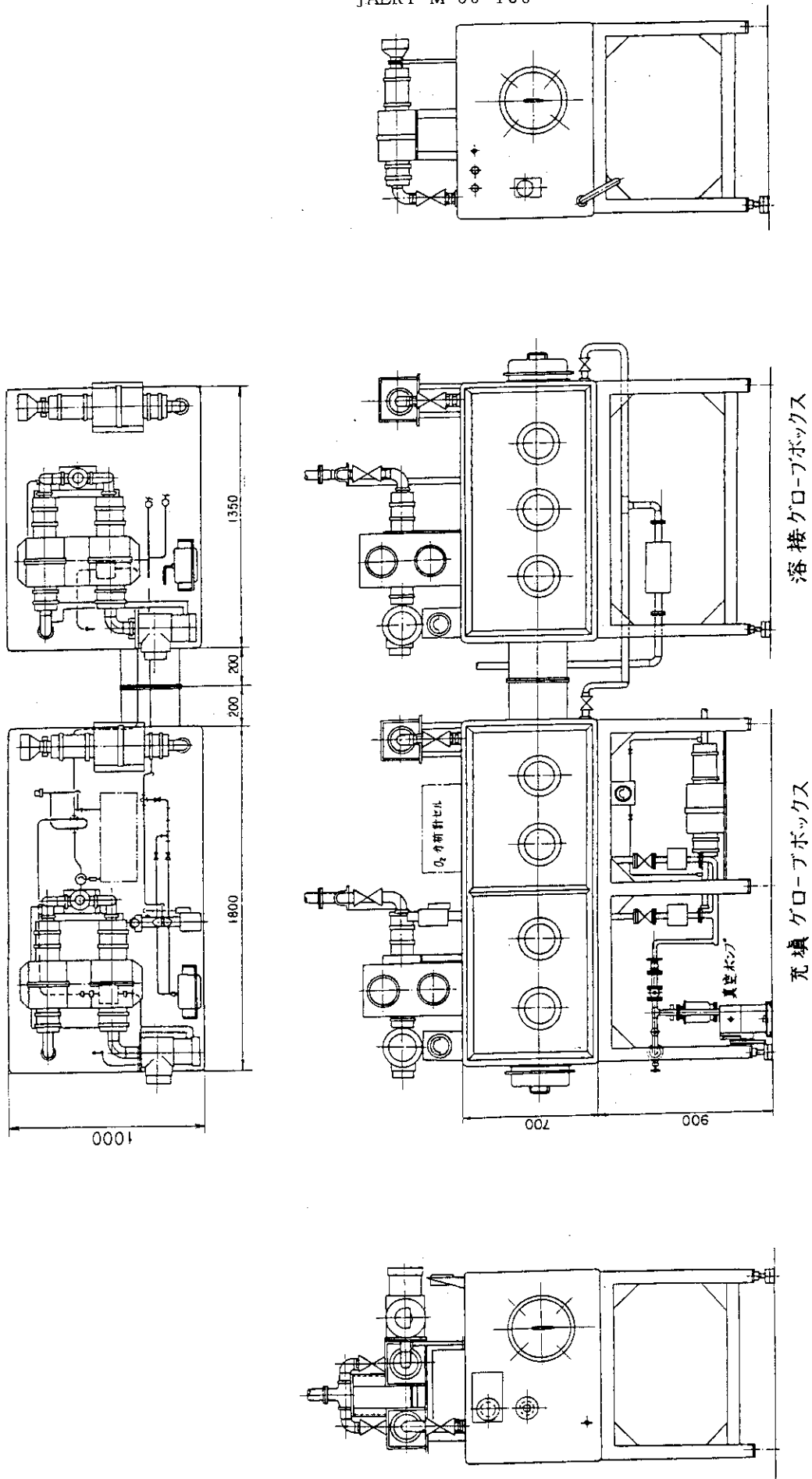


図 10 充填及び溶接用グローブボックス

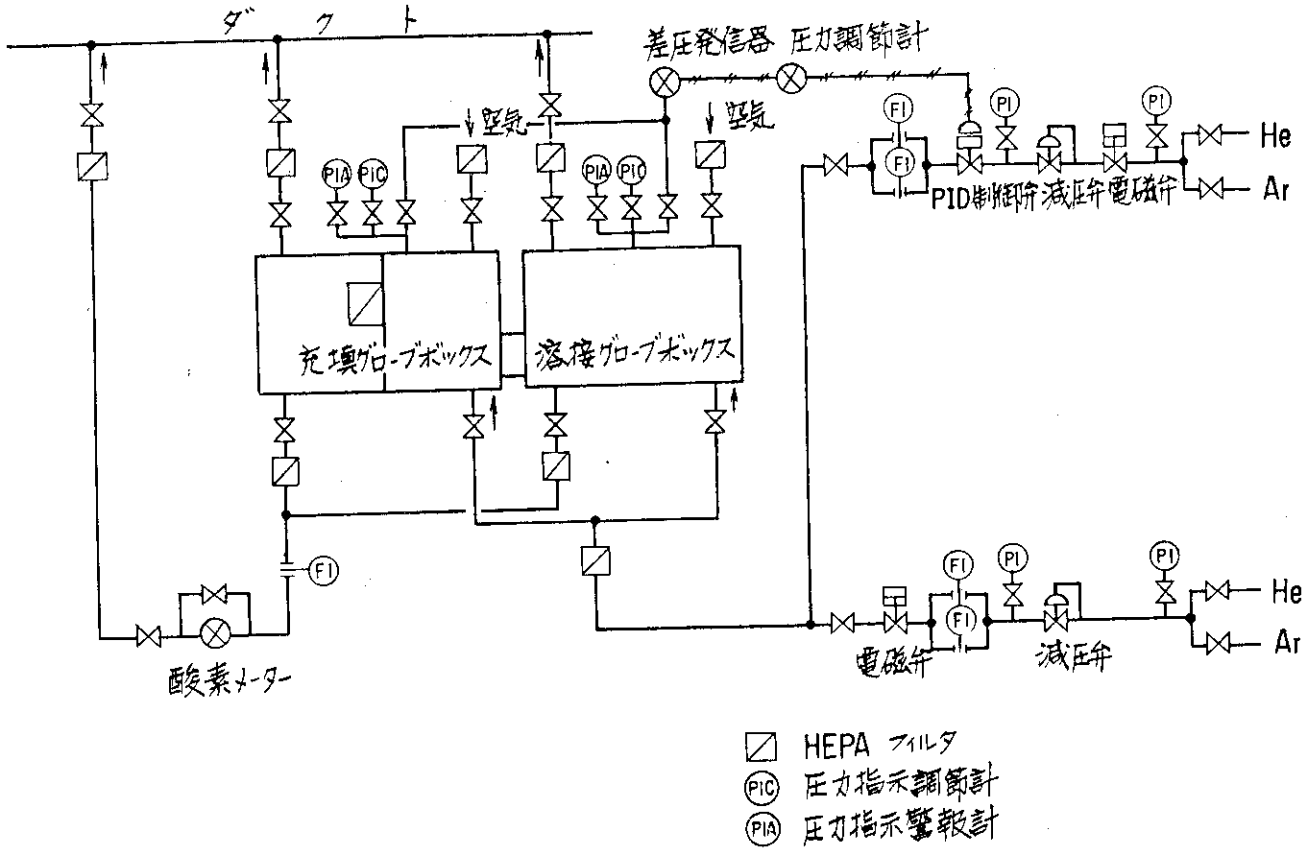


図 11 充填及び溶接用グローブボックスの給排気系統図

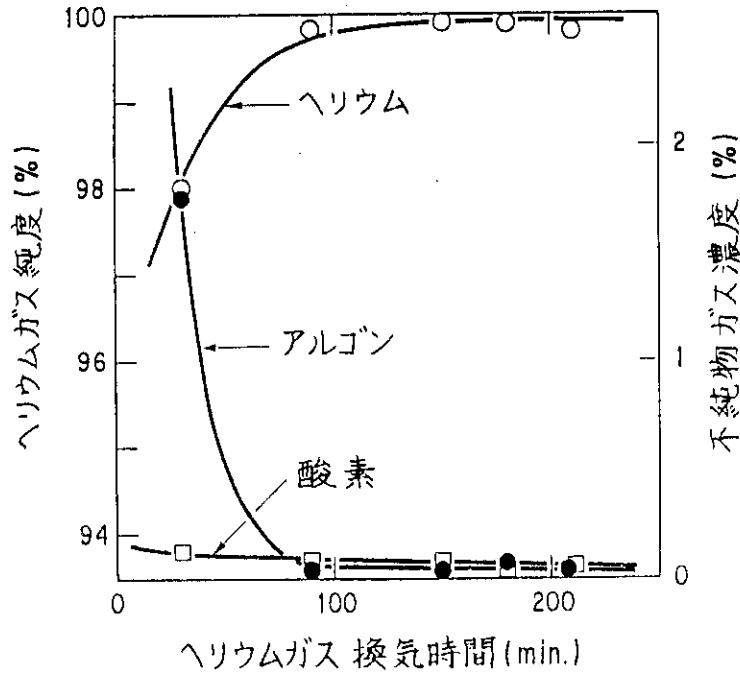
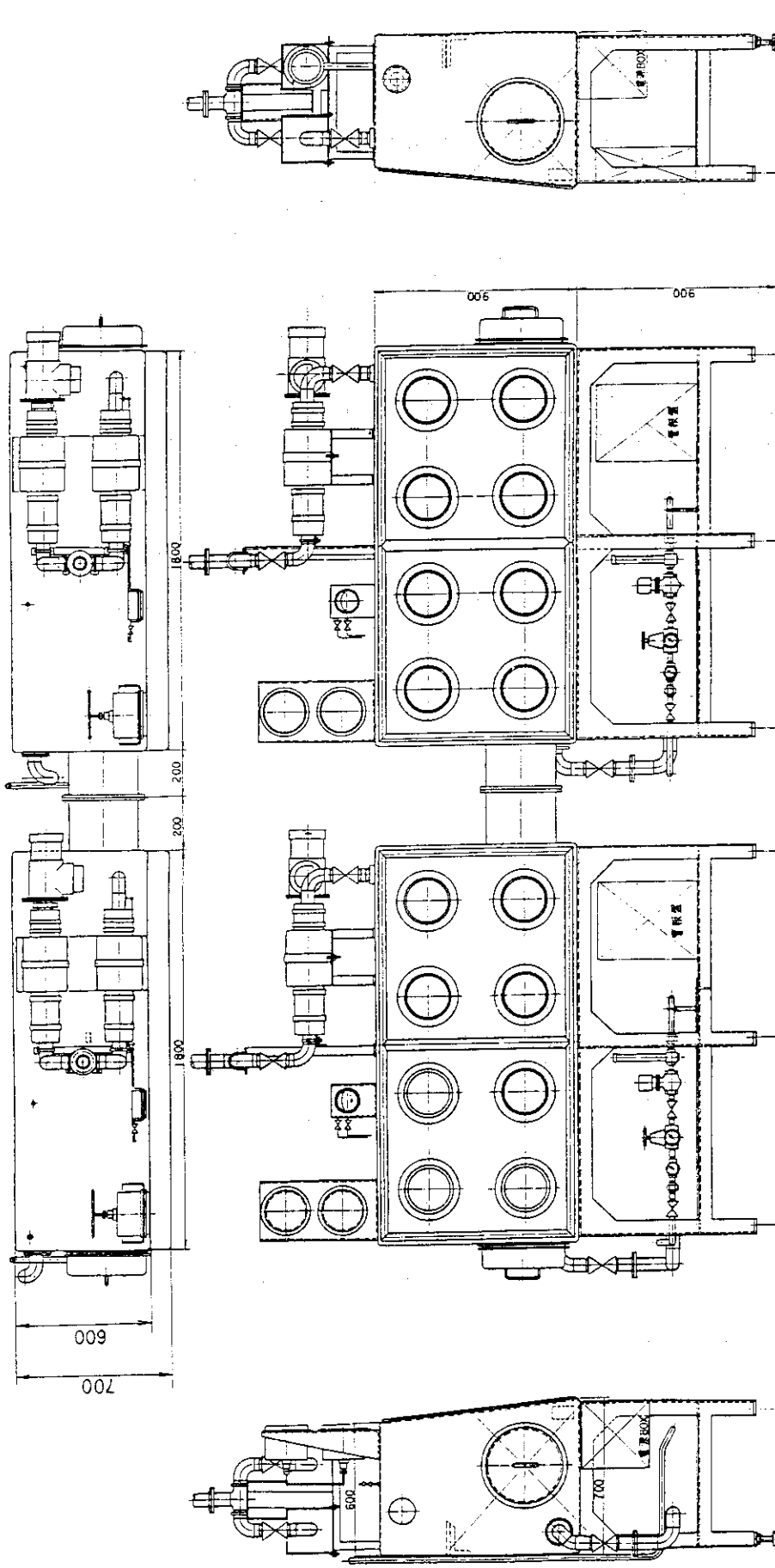


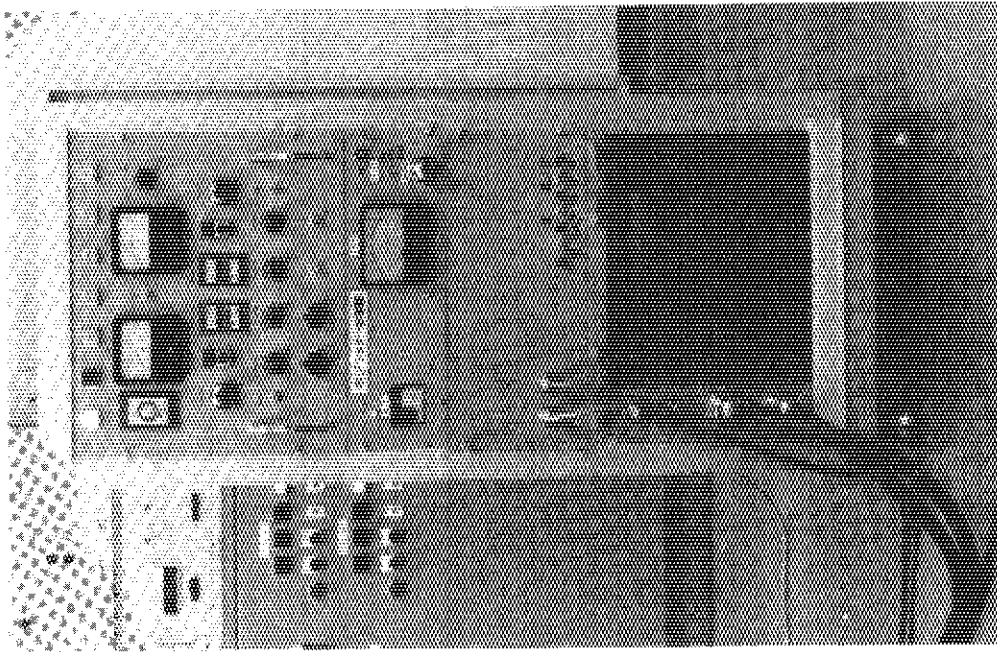
図 12 Once through 置換によるガス濃度の変化



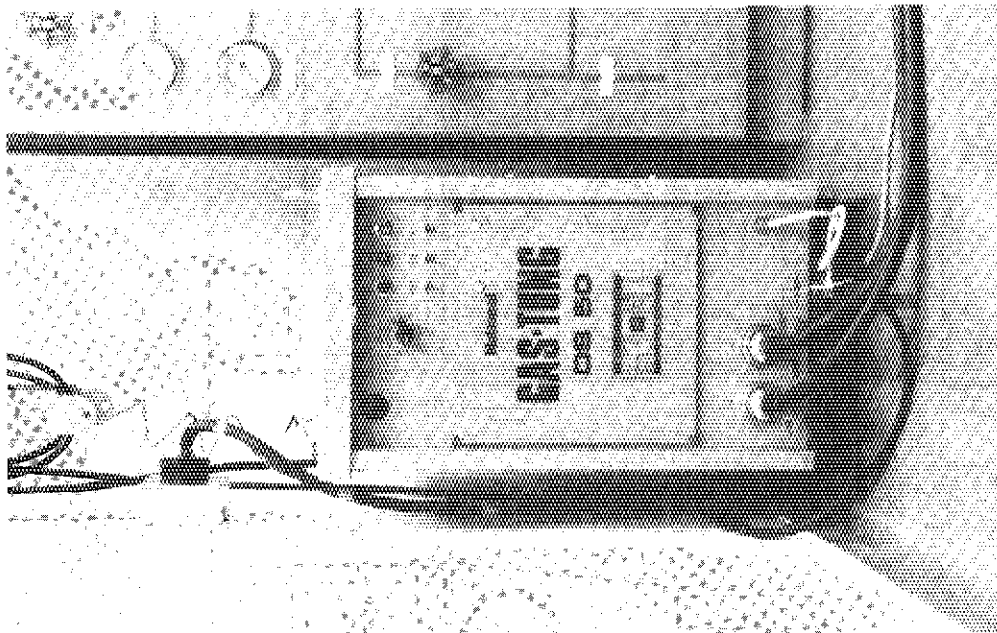
除染グローブボックス

汚染検査グローブボックス

図13 除染用グローブボックス



操作盤



溶接電源

写真1 溶接機電源及び操作盤

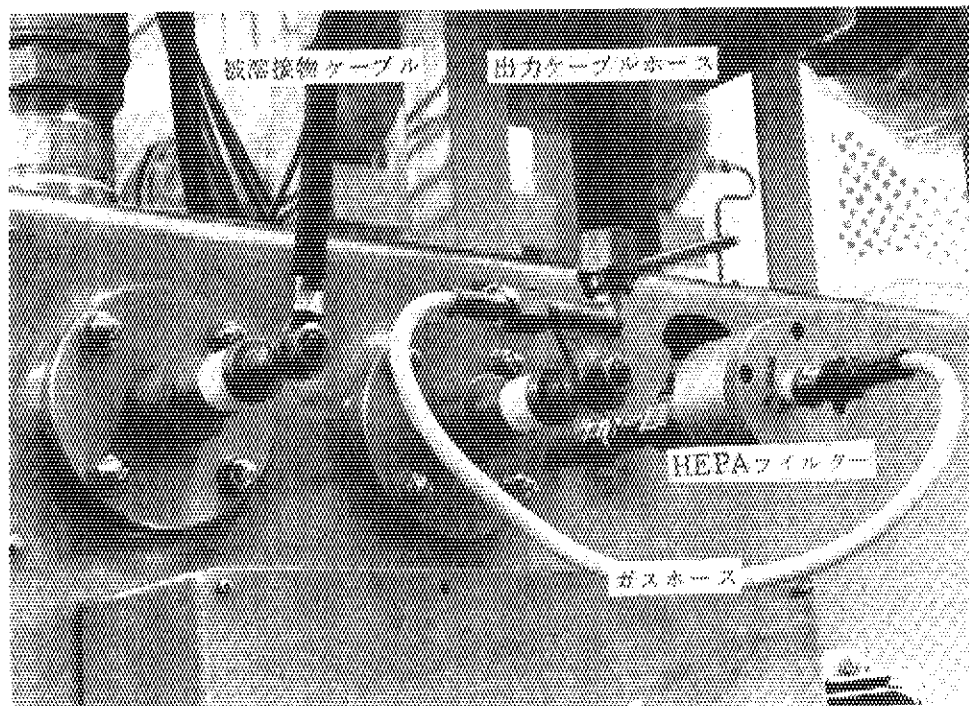
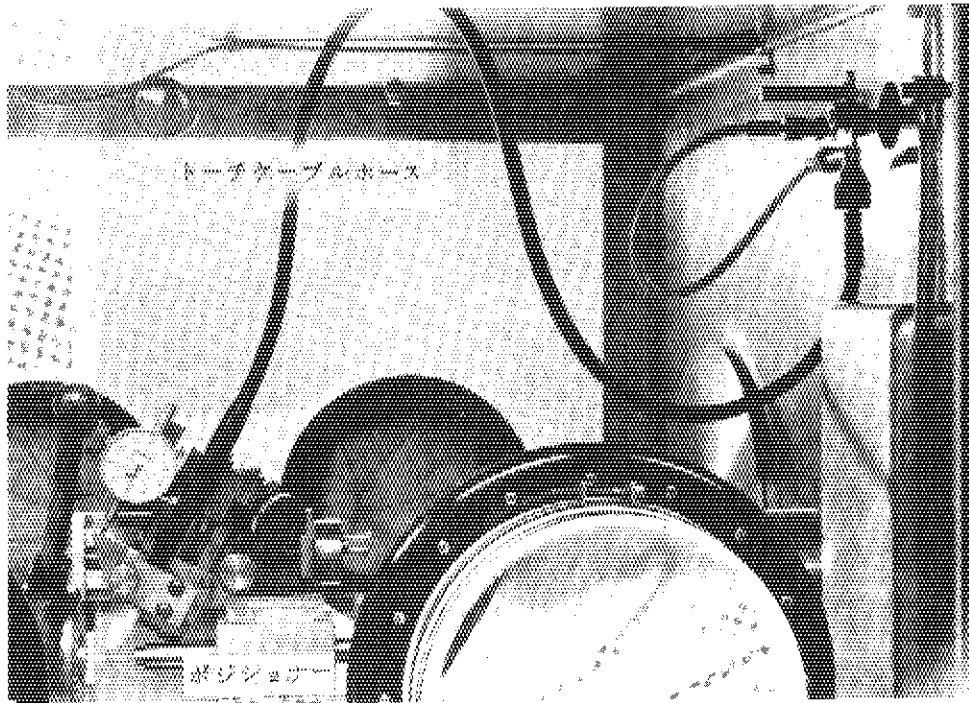


写真2 グローブボックスへの電力及びガス導入機構

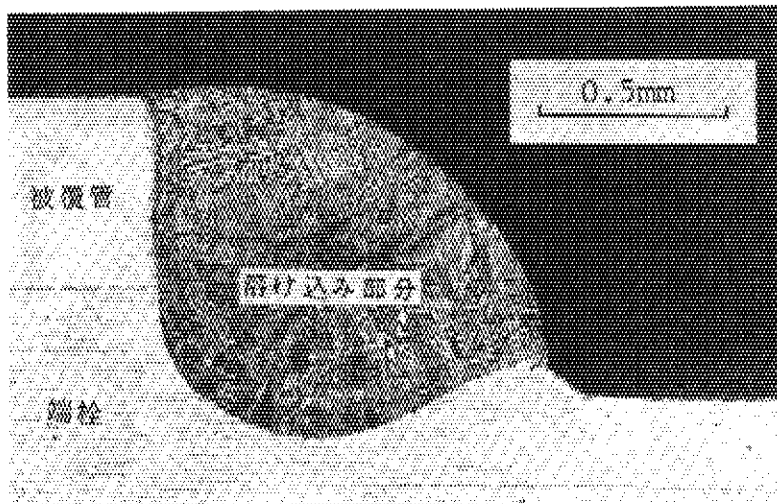


写真3 溶接部の断面金相写真

溶接条件	トーチ角度	30°
	アーク・ギャップ	0.3mm
	溶接電流	7.5 A, 11 A
	ポジション回転数	20 R. P. M.