

溶接技術

8

2024 Vol.72

特集●パイプ加工

現場の省人化に向けた炭素鋼鋼管部材の WAAM による造形／半導体製造工場
用真空管の溶接／パイプ加工工場を訪ねて

シリーズ●主要業種の溶接関連トピックスー自動車編ー

高出力ブルーレーザによる EV 向け銅部材への加工／自動車の軽量化・高品質
化ニーズに応える抵抗溶接技術

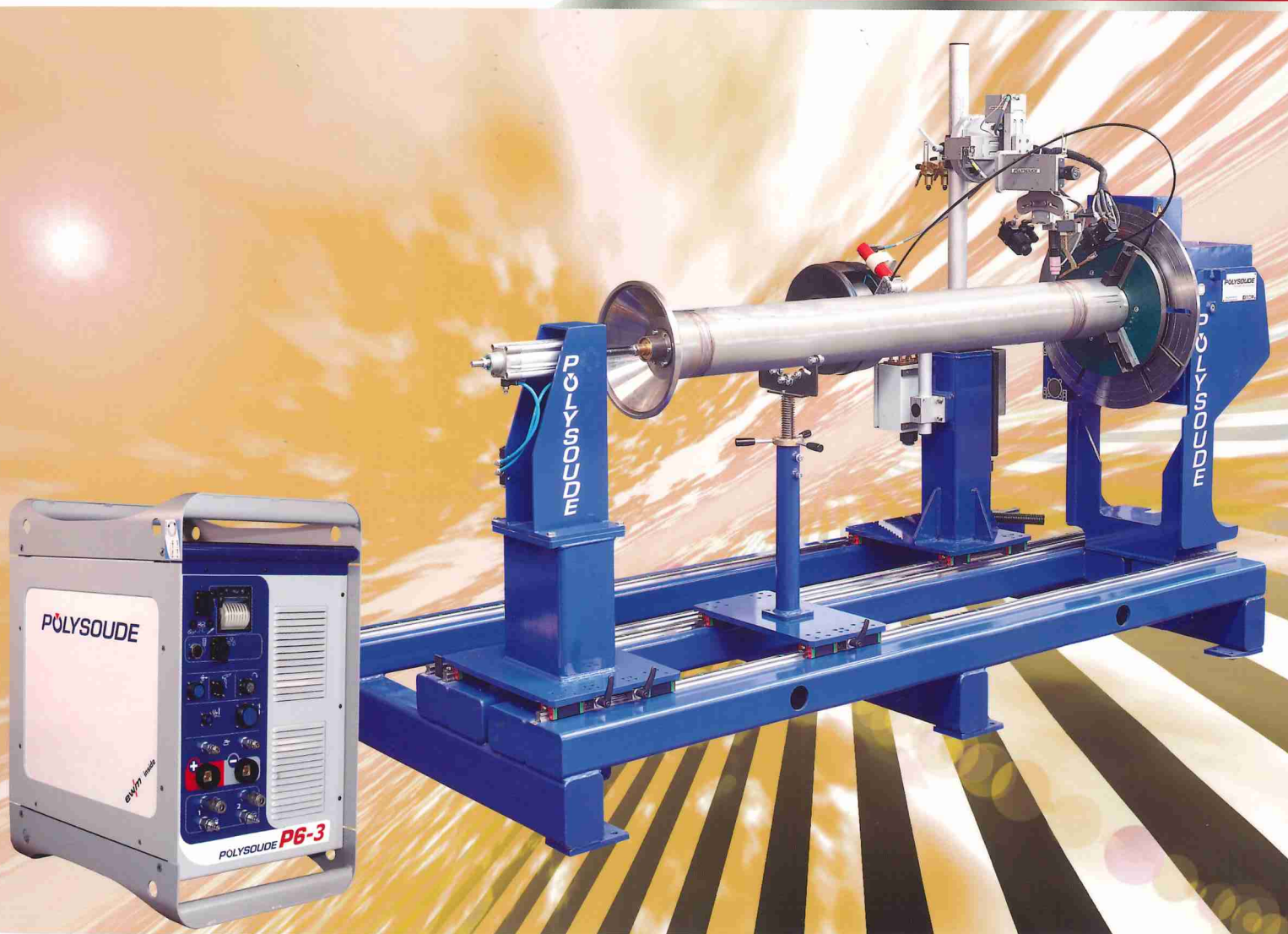
特別企画●2024 国際ウエルディングショー見てある記

特別企画●日本溶接協会 2023 年度「次世代を担う研究者助成事業」成果報告

入門教室 Q&A ●サブマージアーク溶接ー機器編ー

連載講座●溶接現場で求められるロボットの適用

WELDING TECHNOLOGY



POLYSOUDE
60 YEARS
ANNIVERSARY

高性能溶接カメラ付ワーク回転式
配管用自動溶接機 **Tig Lathe**



日本総代理店

独逸機械貿易株式会社

半導体製造工場用真空管の溶接

西日本プラント工業(株)

—ティグ自動溶接機と溶接士の技術で 配管に対する溶接性能要求をクリア—

編集部

プラントや各種配管製作などを行う九電グループの西日本プラント工業（本社・福岡市）。このうち配管製作の主力工場の溶接センター（福岡県みやま市、古賀健太郎所長）は、同時に高いスキルの溶接士が活躍する溶接施工工場でもある。配管製作は銅種、サイズともに多種多様なため溶接の自動化が難しい。このため技術＝人を育てる溶接管理グループは、溶接士育成・訓練に力を注ぐとともに、品質・技術のかなめである溶接施工法を担当。これまで半自動溶接主力の同工場は、半導体製造工場用真空管の製作を契機にティグ自動溶接機を導入し、施工技術を確認した。

1 はじめに

溶接センターは、1967年4月に電気事業法に基づく溶接施工法第一号の認可、2000年9月にガス事業法に基づく溶接工法の承認を受け、電力設備から産業プラントに至る幅広い分野で配管プレファブ製作を行っている。同センターは技術者集団で、配管製作のかなめとなる溶接施工は、電気事業法に基づく溶接資格、JIS溶接資格等を持つ溶接士が高度な溶接技術で製作を担っている。

同センターの溶接自動化のきっかけは半導体製造工場用真空管の受注・製作。厳しい溶接品質をクリアし同時に生産効率を上げるため、2023年2月に薄肉配管用の自動溶接機、POLYSOUDE P4 ティグ自動溶接機（写真1、2、独逸機械貿易）を2台導入した。同ティグ自動溶接システムは、半導体工場用真空管や食品工場・薬品工場などで多く用いられるサニタリー配管にも対応する。

半導体工場用真空管はクリーンルームでの製作が基本のため、2023年8月に同センター敷地内に半導体用真空管専用工場を建設、同月から今年4月に生産を終えるまでティグ自動溶接システムはフル稼働した。

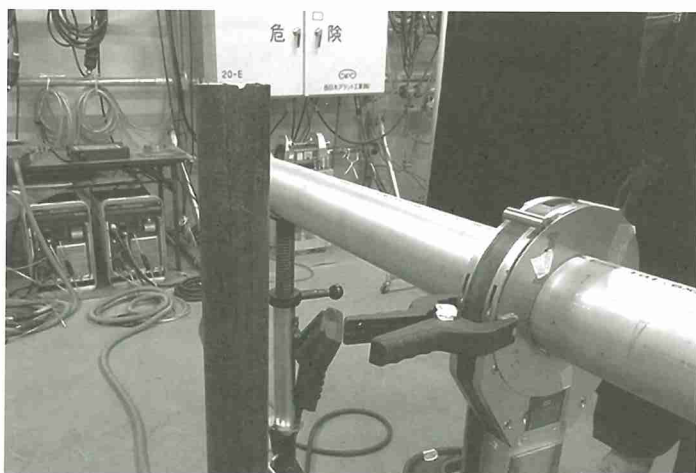


写真1 POLYSOUDE P4 ティグ自動溶接システム



写真2 水冷式クローズドチャンバーヘッド

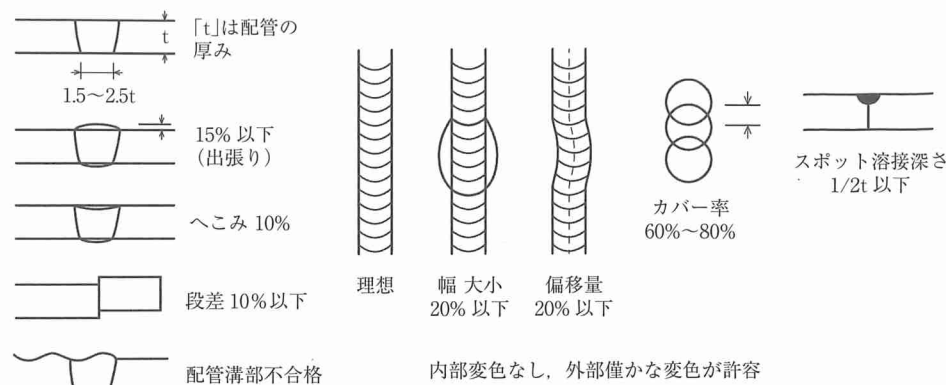


図1 半導体工場用真空管に求められる溶接性能の例

アドバンスプログラム

	S1	S2	S3	S4
- T10 - sec	10.0			
- T11 - sec				10.0
- N20 - °				365
- T25 - sec				7.0
- I22 - A	102.0	101.0	100.0	99.0
- I23 - A	44.0	44.0	44.0	44.0
- T22 - ms	100	100	100	100
- T23 - ms	100	100	100	100
- T30 - sec	2.1			
- N30 - °	0			
- D - mm	101.6			
- V32 - mm/min	121	121	121	121

図2 試行錯誤し生成した溶接施工条件

ティグ自動溶接機の導入計画や検討課題、溶接条件生成と最終決定、溶接品質確保、本格的に溶接が始まった2023年8月までの導入検討プロセスなどについて、古賀健太郎・溶接センター所長、池内淳・工場製作グループ長、山口憲司・溶接管理グループ長に取材した。

2 溶接品質確保とティグ自動溶接機検討

同社にとって半導体製造工場用真空管の製作は初めてで、とくに品質確保の決め手となる溶接施工法や接合強度、最適な溶接条件の設定・確立、溶接条件の標準仕様作成がテーマとなった。真空管のティグ溶接に対する品質基準はこれまで以上に高く、ビードのゆがみやピッチ幅、余盛の凹凸、へこみ、食違い、蛇行、裏波溶接のビード幅などの項目（図1）を分析し溶接技術や施工法、溶接システムを検討した。品質・生産性ともにクリアするティグ溶接による施工技術をいかに確立するか。これらの課題に対して、溶接経験が長く技量レベルの高い溶接士計6人で検討を重ねた結果、溶接システムは自動機による円周溶接に決定。真空管の生産が始まる8月まで

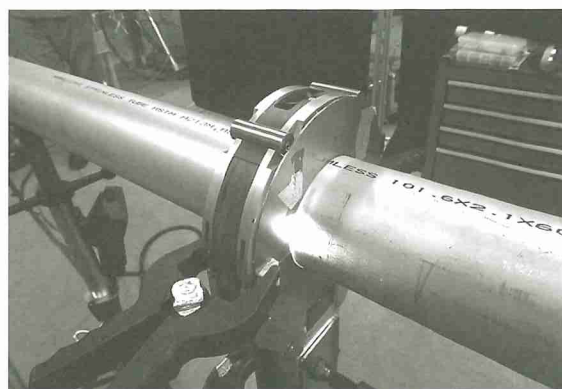


写真3 真空管のティグ自動溶接。品質が安定し施工効率も高い

に品質を確保する溶接条件の設定・確立やオペレータの自動機操作など実施工トレーニングの実施をめざした。

ティグ自動溶接機は、操作性や電流、電圧など溶接条件の設定値と施工中の再現性がポイントとなった。半導体工場用真空管は種類が多いため、サイズや板厚の違いなどに対する溶接条件は、施工時の再現性の良し悪しが溶接品質や生産効率に大きな影響を与える。溶接条件の標準化も難しく、溶接システムそのものなど運用面でも効率が悪く、自動機導入のメリットも薄れる。

溶接士による「プロジェクトチーム」は、数社の機械メーカーを候補に絞り込み、カタログや技術資料などを検討、メーカーにも出向き、“品質”と“生産性”などをテーマに、実機による施工確認を行った。その際の溶接の仕上がりなどは検討チーム＝溶接士ならではの“目利き”や経験が活き、自動溶接の稼働状況なども溶接士の“目”で確認した。ティグ自動溶接機は、機種決定の決め手となった溶接条件の設定・確保、施工時の溶接条件の再現性などの総合評価で決定した。

3 ティグ自動溶接機導入と溶接条件

ティグ自動溶接機は溶接品質、機能性、周辺機器のバリエーション、溶接条件の設定と実施工時における再現

性、システムのフレキシビリティなどのトータルメリットを評価、「POLYSOUDE P4 ティグ自動溶接機」に決定し、2023年2月に導入。溶接ヘッドは、製作する真空管サイズに対応するため、POLYSOUDEのMWシリーズ水冷式クロズドチャンバーヘッド3種類（6～65mm、20～115mm、80～150mm、写真2）に決めた。

溶接機は国内外を含め数社検討したが、入力した溶接条件の値と施工時の値にばらつきがある上、数値の再現性も基準値を外れた。再現性のばらつきは真空管の溶接品質に影響を与え、溶接施工法取得の際の課題となることが予想された。導入したPOLYSOUDE P4は溶接条件のばらつきがほとんどなく、再現性の良さに優れていた。実施工における溶接条件の設定値決定と標準化も導入後の課題だったが、POLYSOUDE P4はさまざまな産業分野におけるこれまでの納入・稼働実績を踏まえて、真空管自動溶接の際の電流・電圧・溶接速度などの基本データが独逸機械貿易から提供された。

「プロジェクトチーム」はこの溶接条件の基本データを基に、2023年8月から製作が始まる実際の真空管のパイプサイズを念頭に自動溶接を何度も繰り返し、約一カ月で溶接条件を最終決定し、このデータを標準とした。溶接システムの導入検討から機種決定、システム構

築、溶接条件や自動溶接施工法まで、西日本プラント工業と独逸機械貿易はコラボレーションし、短期間でフィラワイヤを使用しないティグ自動溶接を実現させた。

ティグ自動溶接システムは自動溶接電源POLYSOUDE P4、溶接ヘッド、タッチパネル式溶接モニタ、パイプ積載ジグなどで構成している。パイプの円周溶接は溶接開始時と終了時で入熱などが異なるため、溶接品質を均一にするには熱影響を考慮した溶接電流、電圧、溶接速度などの条件を変える必要があり、一般には円周を分割しそれぞれの溶接条件により溶接施工する。POLYSOUDE P4システムはパイプの円周を4分の1～99分の1まで設定できるが、西日本プラント工業は4分の1を基本とし分割内容は溶接モニタ（写真4）に色別表示し、溶接電流・電圧および溶接箇所は溶接モニタで確認することができる。設定値と実際の施工値との誤差も小さい。

4 真空管の製作とティグ自動溶接

真空管は2023年8月に完成した半導体用専用工場で作成する。工場は12m×36m、工場内に設置したクリーンルームは10m×12m（写真6）。

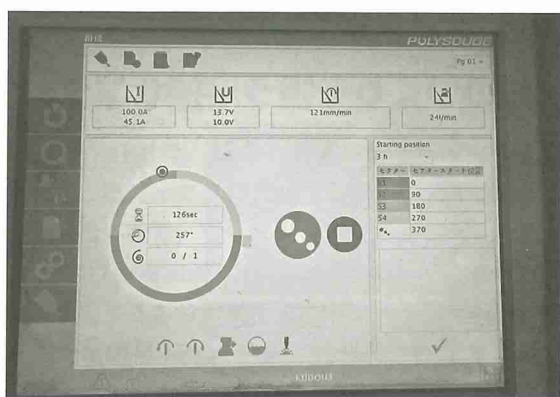


写真4 溶接モニタで施工中の溶接条件、位置なども表示

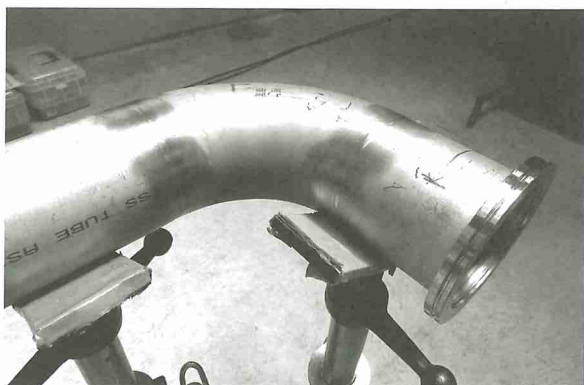


写真5 真空管R部の接合部



写真6 半導体工場用真空管を製作するクリーンルーム



写真7 溶接前の真空管の積載状況

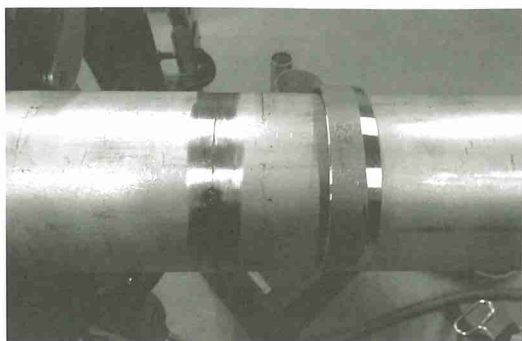


写真8 接合部の仮付溶接



写真9 溶接ヘッドのセッティング

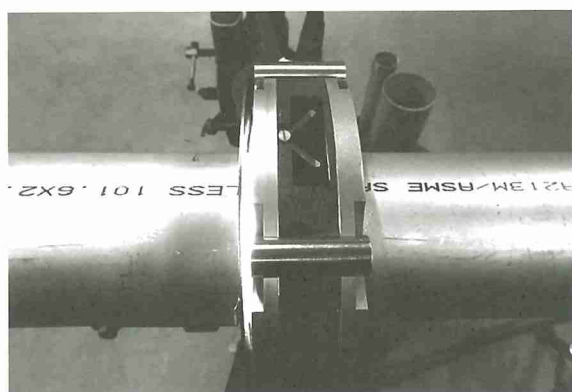


写真10 自動溶接を開始



写真11 溶接終了後のビード外観

半導体用真空管は、まずパイプを自動切断機により指定長さに切断した後、バリ取りなどの端面処理を行って仕上げる。自動溶接の際の接合部品質を左右するパイプ端面は切断精度が良く垂直度も高い精度が得られる。仕上がったパイプはPOLYSOUDE P4ティグ自動溶接システムの積載装置に積載して固定し（写真7）接合部の仮付溶接（写真8）を行った後、サイズに合わせた溶接ヘッドをパイプ本体にセッティング（写真9）する。あとは溶接ヘッドが回転しながら指定された溶接条件で全周自動溶接（写真10）を行って仕上げる（写真11）。真空管製作は、パイプ切断、端面処理、ワーク積載、溶接ヘッドの取付け、自動溶接まで効率的な施工が行えるうえ、接合強度が高く、高品質の溶接接合部が得られ、施工効率に優れている。オペレータは溶接モニタで溶接条件や自動溶接の施工状況、溶接箇所などの確認が行える。

半導体製造工場用真空管は、2023年8月から今年4月まで製作し納品も終えた。真空管サイズは25A～150A、生産量は51,000DB（ダイアインチ、溶接の長さ、1インチは25.4mm）。ティグ自動溶接機導入による溶接管理プロセスは、発電設備技術検査協会の認証を取得した。

西日本プラント工業は半導体工場建設二期工事の真空管製作を行う予定で、今後半導体工場用真空管のほか、サニタリー配管の本格生産などを視野に入れ、ティグ自動溶接機の増設を含む生産設備の見直しを行う計画。

5 ものづくりを担う溶接センター

溶接センターA棟（写真12）は、溶接自主検査対象配管を含む各種配管の配管溶接プレファブ加工を行う主力工場で、材料調達から溶接・検査・塗装・出荷までを行っている。工場は14m×120m、延床面積1,680m²。大口径の配管溶接などすべてを溶接士による手作業で行うエンジニア集団で、溶接士約60人が工場内溶接から溶



写真12 配管製作などを行う溶接センターA棟

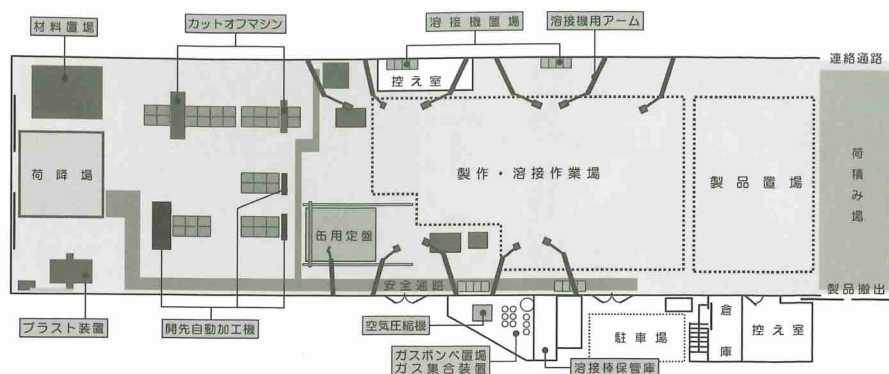


図3 溶接センターの配置図

接士派遣まで溶接にかかわるニーズに対応する。電気事業法による溶接施工法123種、ガス事業法による溶接施工法58種の認可を受け、溶接士はティグ溶接、アーク溶接、半自動溶接などで計162、JISは計214、WES8103溶接管理技術者は1・2級で計59の資格を取得している。溶接機は交流溶接機10台、直流溶接機11台、交直両用溶接機2台、半自動溶接機8台を保有している。

A棟の配管製造ラインは、材料入荷、プラスト、切断・開先加工、製作・溶接作業場、製品置場などで構成し（図3、写真12）、半導体製造工場用真空管以外の製品はすべてここで製作されている（写真13）。ものづくりの基本は「確実な手順による品質管理体制」で、各工程でプロセス管理の徹底を図っている。溶接管理プロセ

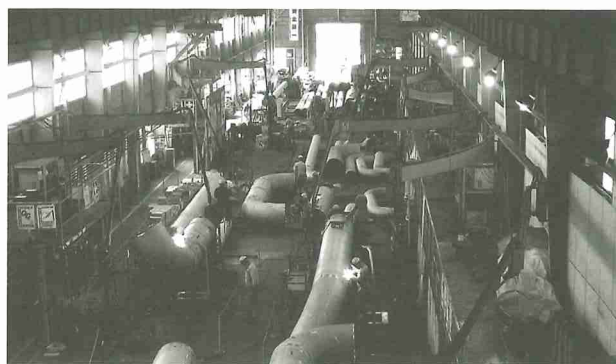


写真13 大口径の配管を含めすべて溶接士による手作業で行う

スは発電設備技術検査協会の認証を取得し、製品品質を確保している（図4）。同センターは1966（昭和41）年



図4 配管の生産工程フロー。プロセス管理が基本



写真14 高いスキルの溶接士が最新技術を探求



写真15 配管プレファブの製作

に唐津事業所を溶接施工工場として最初の溶接施工法を取得以来、溶接と品質管理をものづくりの基本に据え、約58年にわたって溶接技術の研さんを積み重ねた。

同センターの古賀所長は溶接士の資格を持つ現場出身のエンジニア。溶接管理グループ（溶接士教育・訓練、溶接施工法、山口グループ長）、工場製作グループ（溶接構造物製作、池内グループ長）が溶接士を支援する。溶接センターにはJIS試験会場でもある溶接訓練室（写真16）が設置され、若年層溶接士、熟練溶接士が溶接技量訓練・維持向上を図る。教育カリキュラムを作成し若年溶接士はJIS基本級を取得し、最終目標の発電設備

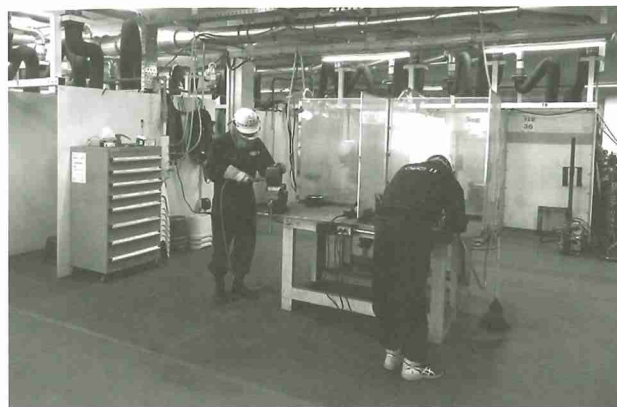


写真16 JIS試験会場でもある溶接訓練室

における電気事業法による配管の溶接資格をめざす。定期的な技量確認試験も行われ、ものづくりコンテストなどに参加する高校生の出張講義にも出向く。

6 DX進め自動化生産ライン構築

溶接センターは、半導体用専用工場における真空管、サニタリー配管の本格生産に向けたティグ自動溶接機増設を含む生産設備見直しを行う一方、配管の主力生産工場A棟の生産設備見直しや拡張計画を進めている。柱となるのは「工場のDX（デジタルトランスフォーメーション）化」で、現在設置している生産設備を刷新して自動化を推し進める。溶接機用アームやポジショナー、ティグ自動溶接機、ティグ半自動溶接機などの生産設備見直し・刷新を図り、プラズマ自動切断機などの新技術を導入する。溶接から切断までの工程を見直して再構築し、加工設備刷新による自動化率を高めた効率的で生産性に優れた配管生産ラインを構築する。設備導入は今年度中に実施する計画で、工場を約1.5倍に拡張し、生産能力を現在の月間Sch.80-2000DBから同Sch.80-6000DBに高める。半導体用専用工場は真空管のティグ自動溶接ノウハウを高めるとともに、今後本格生産が始まる二期工事を視野に入れて設備増設を検討していく。



（左から）池内淳氏、古賀健太郎氏、山口憲司氏