

欧州鉄道の溶接規格認証制度と対応事例

山田景太* 中野裕大**
 山口 博* 芳村晃一***
 久保圭祐**

European Railway Welding Standard Certification System and Case Examples

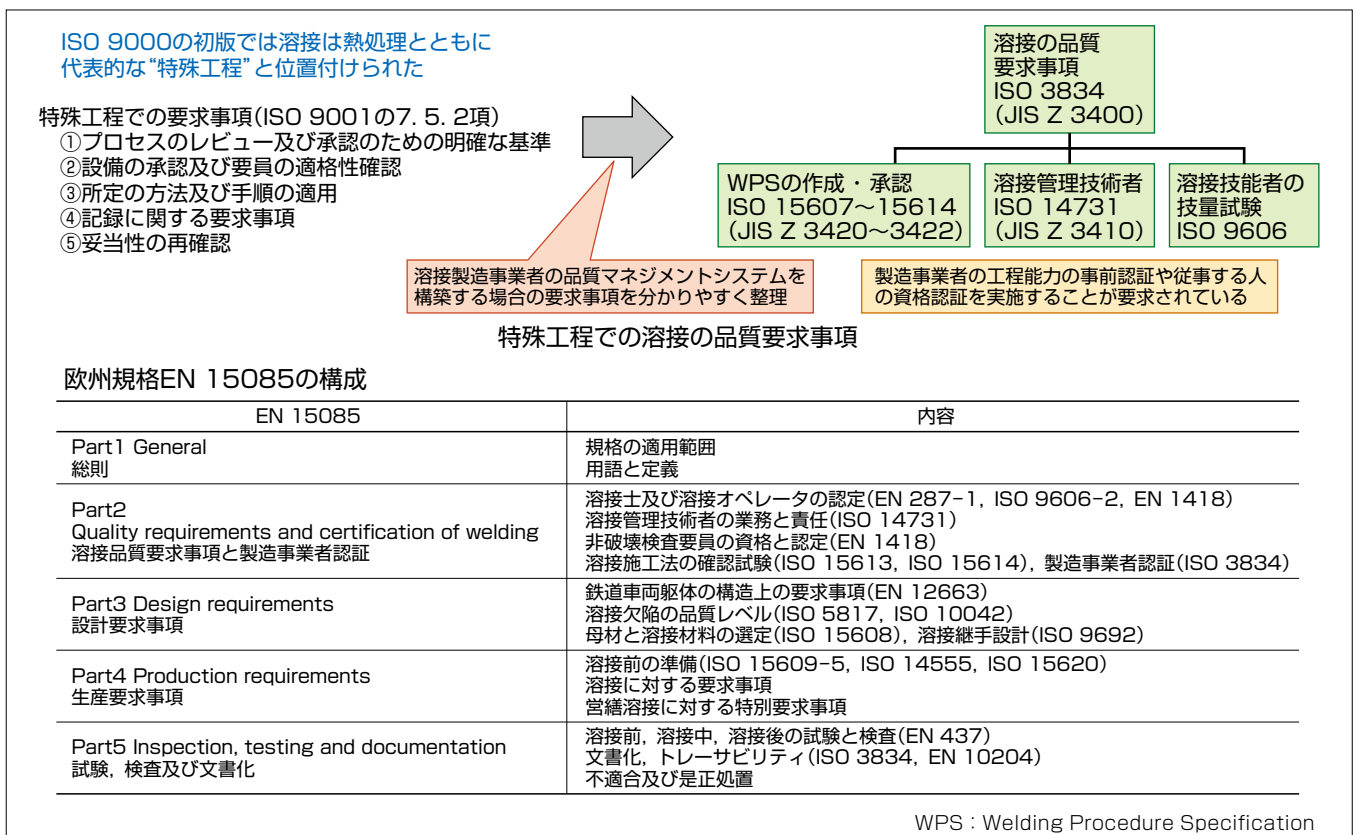
Keita Yamada, Hiroshi Yamaguchi, Keisuke Kubo, Yudai Nakano, Koichi Yoshimura

要 旨

溶接はISO 9000では“特殊工程”と定義されている。特殊工程とは、施工後の検査で容易に良否の判断ができない工程であり、ほかにも塗装、めっき、接着、ろう付け、はんだ付け、熱処理、鋳造・鍛造などがある。これら特殊工程では品質保証のために、顧客の要求品質に対して、プロセスの妥当性を確認して、製造条件が正しいことを証明する必要がある。特に溶接は、内部欠陥や金属組織や成分が長期信頼性に影響を及ぼすことから、施工管理技術として品質保証のための種々の国際規格が発行されており、どの規格で保証していくかを事前に顧客と取り決めて、受注・生産することがある。しかし、それらの規格には、工場認証、溶接作業員の認証、溶接部の形状ごとの作業手順

書と溶接サンプルの整備と認証、加えて、国際溶接技術者 (International Welding Engineer : IWE) 等の有資格者の対応が必須であるなど、エンジニアリングチェーンとサプライチェーンを含めた事業全体の課題としての取組みが要求されている。

今回、三菱電機の鉄道車両用空調事業で、欧州鉄道の溶接品質管理規格EN 15085の認証を取得する一連の活動が結実した。この事例を基に、溶接規格認証について体系的に述べることで、生産技術者だけでなく、営業、設計、品質管理、工作、経営層の人々にも、溶接規格認証の重要性を広く周知することを目指す。



特殊工程としての溶接の品質要求事項

溶接は、その品質管理の困難さと構造物に必要な不可欠な技術としての重要性から、ISOで体系的に規格化されている。また、欧州規格では、鉄道車両とその構成物の溶接品質管理について、EN 15085に要求事項が規格化されている。

1. ま え が き

三菱電機は交通システム事業をグローバルに展開するため、鉄道用の空調装置や主変圧器で国際鉄道産業標準規格 (International Railway Industry Standard : IRIS) の認証を取得している。IRISはISO 9001に基づいた、鉄道特有の要求事項を追加したマネジメントシステム規格であり、鉄道業界でのサプライヤーの承認要件として広く認識され、交通システム事業として欧州市場へ参入するためには、取得が推奨される規格である。

一方、鉄道関連の溶接構造物の品質管理について、欧州顧客からはEN 15085(Railway applications—Welding of railway vehicles and components)への準拠を要求される商談が近年増加していることから、三菱電機でも、鉄道車両用空調装置の溶接管体(きょうたい)について取り組み、規格認証が完了した。EN 15085の認証は、IWE等の人材確保、作業者の育成、調達先の管理・監査に始まり、場合によって設計上の制約や設備投資が発生するなど、事業全体の課題として取り組むべき内容となっている。

本稿では鉄道車両及びその部品の溶接に係わるEN 15085規格の概要と、三菱電機の鉄道車両用空調装置での対応事例について述べ、生産技術者だけでなく、営業、設計、品質管理、工作、経営層の人々にも、溶接規格認証の重要性について広く周知することを目指す。

2. 溶接関連規格

2.1 ISO 3834

溶接は、ISO 9000の初版(1987年版)で熱処理とともに代表的な“特殊工程”と定義されたが、その施工結果が、後工程の検査や試験で、製品として要求された品質基準を満たすかどうかを、十分に検証することが難しい。よって、品質保証を確かなものにするため、ISO 9001“品質マネジメントシステム-要求事項”では、そのプロセスの妥当性確認を要求している。ISOでは溶接プロセスに対し、この妥当性確認に対応させたISO 3834“溶接の品質要求事項”が規格化されており、製造事業者が溶接に関して守るべき要求事項が記載されて

ISO 9000の初版では溶接は熱処理とともに代表的な“特殊工程”と位置付けられた特殊工程での要求事項 (ISO 9001の7. 5. 2項)
 ①プロセスのレビュー及び承認のための明確な基準
 ②設備の承認及び要員の適格性確認
 ③所定の方法及び手順の適用
 ④記録に関する要求事項
 ⑤妥当性の再確認

溶接製造事業者の品質マネジメントシステムを構築する場合の要求事項を分かりやすく整理

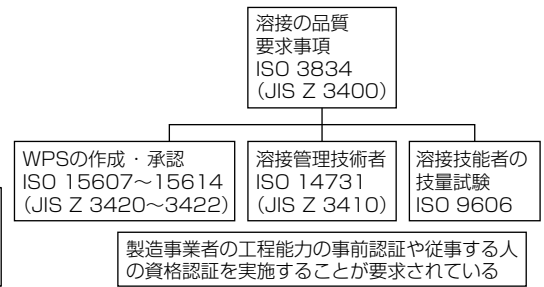


図1. 特殊工程での溶接の品質要求事項

表1. 欧州規格EN 15085の構成と関連規格

EN 15085	内容
Part 1 General 総則	規格の適用範囲 用語と定義
Part 2 Quality requirements and certification of welding 溶接品質要求事項と製造事業者認証	溶接士及び溶接オペレータの認定 (EN 287-1, ISO 9606-2, EN 1418) 溶接管理技術者の業務と責任 (ISO 14731) 非破壊検査要員の資格と認定 (EN 1418) 溶接施工法の確認試験 (ISO 15613, ISO 15614), 製造事業者認証 (ISO 3834)
Part 3 Design requirements 設計要求事項	鉄道車両駆体の構造上の要求事項 (EN 12663) 溶接欠陥の品質レベル (ISO 5817, ISO 10042) 母材と溶接材料の選定 (ISO 15608), 溶接継手設計 (ISO 9692)
Part 4 Production requirements 生産要求事項	溶接前の準備 (ISO 15609-5, ISO 14555, ISO 15620) 溶接に対する要求事項 管轄溶接に対する特別要求事項
Part 5 Inspection, testing and documentation 試験, 検査及び文書化	溶接前, 溶接中, 溶接後の試験と検査 (EN 437) 文書化, トレーサビリティ (ISO 3834, EN 10204) 不適合及び是正処置

いる。この規格に基づいた特殊工程での溶接の品質要求事項を図1に示す⁽¹⁾。近年、ISO 3834に基づく製造事業者認証を取得する動きが世界的に広がり、欧州市場でも溶接構造物の製造又はその製造物を流通させようとする際には、ISO 3834に基づく品質マネジメントが強く求められている⁽²⁾。

2.2 欧州規格EN 15085

EN 15085は、鉄道車両及び関連機器や部品の製造、修理を行う溶接に対して設計、製造、検査などの包括的要求事項をまとめた規格である。欧州では鉄道システムに関わる溶接構造物を製造する上で順守すべき規格となっている。この規格はPart 1～5の5部構成となっており、関連する規格と合わせて表1に示す。

Part 1 総則

規格の適用範囲、用語の定義、一般要求事項について定められている。

Part 2 溶接品質要求事項と製造事業者認証

製造事業者として溶接の品質を確保するために必要な人員、溶接作業環境、IWE等を含めた組織体制、溶接施工要領などの要求事項や製造事業者認証での要件と、認証取得後の当該規格の有効期限について定められている。また、製造事業者認証では溶接工程の一般要求事項としてISO 3834の品質要求も満足する必要がある。

Part 3 設計要求事項

継手強度設計、応力係数によって決められる応力区分、継手損傷による人的、環境への影響を考慮した安全区分、応力区分と安全区分に応じて決まる溶接パフォーマンスクラスと溶接検査クラスについて定められている。

Part 4 生産要求事項

溶接製造に関わる計画文書、溶接施工要領、製造前試験、溶接時の要求事項や製品メンテナンスでの溶接の要求事項について定められている。

Part 5 試験、検査及び文書化

溶接前、溶接中、溶接後に実施すべき検査試験と検査基準や不適合品の管理、顧客の仕様要件を証明する適合宣言の作成、生産履歴管理について定められている。

3. 鉄道車両用空調装置での対応事例

三菱電機ではEN 15085が要求される欧州大手鉄道車両メーカーへ空調装置を納めてきた(図2)。ここでは関連するISO規格とともに溶接施工管理の主な項目について事例について述べる。

3.1 製造事業者と溶接管理技術者の認証レベル

EN 15085-2で製造事業者にはレベル1から4まで四つの認証レベル(Certification Level: CL)が定められている。認証レベルによって溶接できる継手や製造できる部品が割り当てられており、CL1が最も高いクラスとなる。また、認証レベルに応じて、ISO 14731に従って関連する専門知識を持つ溶接管理技術者を在籍させなければならない⁽³⁾。溶接管理技術者にもLevel A, B, Cの3種類があり職務内容とその権限が区別されている。Level C, B, Aの順で要求される専門知識が高度となり、Level Aは包括的な専門知識を持つ。Level Aに認定される一つの条件として、国際溶接学会IIWが認定する国際溶接技術者(IWE)が溶接管理技術者(図3)となるよう定められている。三菱電機鉄道車両用空調装置の事例では、三菱電機で設計し、関係会社へ生産を委託して溶接作業を実施している。そのため、三菱電機と関係会社共に、IWEを複数名所属させており、設計だけの三菱電機はCL4、生産する関係会社はCL1の認証レベルを取得している。

3.2 溶接士/オペレータの認証

空調装置筐体はアーク溶接、抵抗溶接で組み立てており、ISO 9606-1(Qualification testing of welders—Fusion welding—Part1: Steels), ISO 14732(Welding personnel—Qualification testing of welding operators and

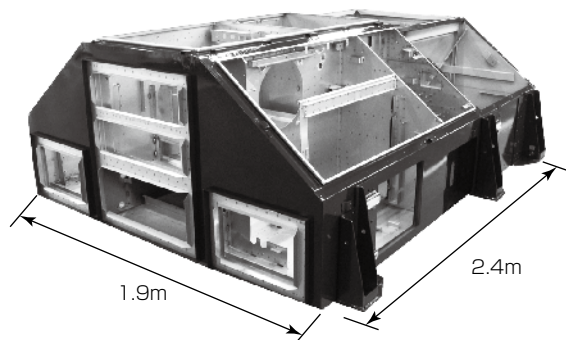


図2. 欧州向け空調装置筐体の事例

weld setters for mechanized and automatic welding of metallic materials)に準拠して認証機関から資格を取得している。溶接士認証では溶接作業姿勢も資格項目として挙げられており製品によっては同じ継手形状でも溶接姿勢が異なる場合、姿勢に応じた認定試験で資格を取得する必要がある。例えば、図4に示すようなT字継手で矢印の方向から溶接する場合には下向きや横向きなどの溶接姿勢での資格が必要となる。規格では溶接士/オペレータの有効期間が定められており、更新忘れを防止するためリストを作成して一元管理している。

3.3 溶接施工要領書

筐体の各溶接部については、溶接法、材種、継手、板厚、溶接姿勢の違いに応じて溶接サンプルを作製し、外観検査と溶接断面の観察によって設定した溶接条件の妥当性を確認する必要がある。つまり、各溶接継手別に溶接施工要領書(Welding Procedure Specification: WPS)を作成し、ISO 15614(Specification and qualification of welding procedures for metallic materials—Welding procedure test)の溶接施工法認定試験を行い、認証機関による承認を受ける必要がある。また、ISO 15609(Specification and qualification of welding procedures for metallic materials—Welding procedure specification)に従い、必要な溶接条件を記載し、製造現場での運用を徹底しなければならない。溶接サンプルを顧客監査で提示することもあり、図5のようにラベル識別によって保管・管理している。

3.4 溶接欠陥の品質レベルと検査

EN 15085-3で定められる溶接パフォーマンスクラスによって検査方法及び欠陥品質レベルが定められている。例えば、図2に示す筐体は目視検査だけであり、検査基準はISO 5817(Welding—Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded)—Quality levels for imperfections)に従いClass Cを適用している。



図3. IWEの認定証

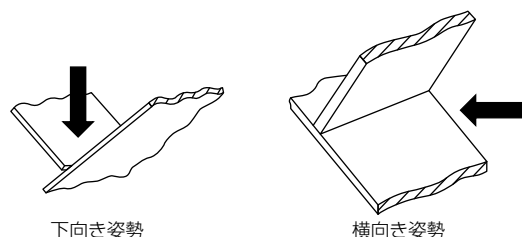
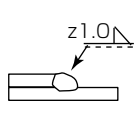
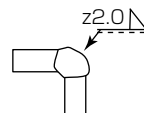
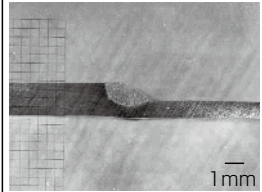
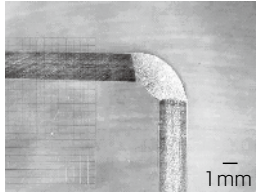


図4. T字継手の溶接姿勢



図5. 溶接サンプルの保管状態

表2. 継手の製造前溶接試験のサンプル例

継手種類	重ね継手	角継手
形状		
溶接姿勢	立向き上進	水平隅肉
裏当て	裏当て使用	裏当て使用
溶接断面の マクロ写真		

3.5 製造前溶接試験

ISO 15614溶接施工法認証試験に従って証明することができない特殊な継手やISO 9606溶接士の資格認証で決められていない継手に関しては、製造前溶接試験によって溶接品質を確認する必要がある。例えば、板厚が3mm以下の重ね継手や角継手などが挙げられ、ISO規格と同様に外観検査や溶接断面の観察によって溶接性を確認する必要がある(表2)。これら特殊な溶接継手の良否判定は、基本的に最も厳しい基準であるClass Bを適用することになっている。

3.6 溶接材料の選定

溶接施工法確認試験で選定した各種溶接材料が、各々の溶接継手の設計要求に適合しているかを確認する必要がある。製造現場では溶接図面に指定された溶接材料の使用を徹底させ、トレーサビリティの観点から溶接後には自主検査シートに溶接材料の製造番号を控える必要がある。三菱電機では顧客の要求もあり、DB certificationに準拠した溶接材料を使用している。図6は、TIG(タングステン不活性ガス)溶接材料のDB certificationの一例である。

3.7 溶接継手リスト

筐体組立てに関わる全溶接継手に対して、溶接後の検査方法、溶接パフォーマンスクラス、検査クラス、対応するWPSを整理した継手リストを作成すると便利である。溶接管理技術者は製造に関わる部門とのデザインレビューで、

製造者 → Hersteller: Schweißtechnik Erdig Welding Germany GmbH
 製品名 → Schweißzusatz: 59-Schweißstab DB-Zulassung-Nr.: 43.132.62
 規格名 → Normenbezeichnung: Avesta 316L-S (NWR-B) Geltungsdauer: 30.05.2024
 承認No. → DB-Zulassung-Nr.: 43.132.62
 有効期間 → Geltungsdauer: 30.05.2024
 シールドガス → Schutzgas: PFC60 Schutzgas nach DIN EN ISO 14179-1 R1 oder R2
 溶接方法 (141 : TIG) → Schweißprozess nach DIN EN ISO 4063: 141
 溶接姿勢 → Schweißelektroden nach DIN EN ISO 5847: PA, PB, PC, PE, PF
 極性 → Stromart und Polung: DC+ (1)
 線径 → Durchmesserbereich: 1,0-1,6 mm
 備註(Schweißbedingungen): J

図6. DB Certification (TIG溶接材料の一例) (4)

現状で持っている認定資格(溶接士、検査員)、設備、溶接施工要領などを考慮して製品を作り上げることができるかを十分に検討する必要があるため、認定不足分を見える化するためにも継手リストは非常に有効である。

4. む す び

鉄道車両及び関連部品の溶接に関する欧州規格EN 15085の構成と内容について、溶接施工管理の観点から対応事例を交えて述べた。溶接は特殊工程であるがゆえ、品質を確保するためには、人員や設備、製造プロセスの管理が非常に重要になってくる。EN 15085に従って設計、製造、検査することで製品の溶接部に要求される品質基準を満たすことができるが、溶接士認定や施工法承認には時間と費用を要する。溶接管理技術者は可能な限り、溶接箇所、継手種類を少なくするよう設計部門と検討し、溶接要員、設備などの維持・管理を最小限にとどめ、必要な品質を確保しつつ、常に生産性の向上を図るように努めるべきであるとする。

参 考 文 献

- (1) 社団法人溶接学会：新版 溶接・接合技術特論，産報出版(株) (2010)
- (2) 細井宏一：第1回 国際標準としてのQMS「ISO 3834」，産報出版(株)，溶接技術，62，No.7，118~122 (2014)
- (3) BS EN 15085-2 : 2007 : Railway applications — Welding of railway vehicles and components — Part 2: Quality requirements and certification of welding manufacturer (2007)
- (4) ONLINE-REGISTER EN 15085
<https://www.en15085.net/zws/files/43.132.62.pdf>