特集

最近のろう付技術

冷凍機器とそのろう付技術*

伊 藤 武 道**

Brazing Technique of Refrigeration Equipment*

by Takemichi Ito**

キーワード：冷凍機器，冷媒圧縮機，熱交換器，材料，プロセス，ろう付，品質保証

1. はじめに

冷蔵庫，空調機，自動販売機，冷温水機，製氷機等の冷凍機器と，ろう付技術とは極めて深いつながりがありこれらを人体に例えれば，冷媒圧縮機は心臓に，熱交換器は肺，冷媒が血液，冷媒が循環する配管は血管にあたる。従ってろう付にたずさわるオペレーターは，これらの臓器と血管，あるいは太い血管と細い血管とを縫合する外科医に相当する。ろう付技術が未熟であれば出血多量を来し，10年以上におよぶ品質保証が不可能となる。筆者の所属する松下冷機の冷凍機器製造工場と圧縮機，熱交換器などの部品製造の8工場すべてに，このように重要なろう付工程を有している。本稿ではこれらのろう付に関して，その施行箇所，材料，自動ろう付設備，具体プロセス，品質保証等の概要を紹介する。

2. 冷媒配管の例

実際の冷蔵庫の立体配管の例を図1に示し，冷媒循環経路を付記したその展開図を図2を示し，同様に業務用空調機の立体配管の例を図3に示す。

各図から明らかなように，冷媒圧縮機・熱交換器（凝縮器・蒸発器）等の主要部品と配管とはかなり複雑結合して密閉化された冷媒の循環経路を構成し

図1 冷蔵庫の立体配管図

図2 冷蔵庫配管展開図と冷媒循環経路

*原稿受付 平成4年3月10日

** 松下冷機(株)生産技術センター Matsushita Refrigeration Company, Production Engineering Center

図3 業務用空調機の立体配管図

ている。

3. 冷媒循環経路のろう付箇所数

冷蔵庫と業務用空調機のろう付箇所数を表1に示す。

表1 ろう付箇所数一覧表

		冷蔵庫	空調機
冷媒圧縮機		5	5
熱交換器	凝縮器 (長尺管)	49	
	蒸発器	19	16
その他配管	サブ組立	13	37
	メイン組立	19	14
計		56	121

4. ろう付に使用する主要材料例

筆者らの工場ではろう付される材料は、りん脱酸銅管と鉄がそのほとんどであり、銅管同志のろう付の場合はそれ自身がフラックス作用を持つりん銅ろうを用い、一方または両方が鉄の場合はペースト状フラックスと共に銀ろうを用いる。これは鉄のろう付にりん銅ろうを使用すれば、銅ろう中のりんと鉄とが脆いりん化鉄化合物層をつくり、実使用中の機器の振動などでクラックを生ずるためである。主要部品毎の使用材料例を表2に示す。また使用するフラックスを内作しているのが特徴である。

表2 使用材料の一覧表

主要部品	使用材料例	該当 JIS 記号 または主成分
冷媒圧縮機	熱間圧延軟鋼板	JIS G3131 SPHE
	りん脱酸銅継目無管	JIS H3003 C1220 TS
	銀ろう	45% Ag, Cu, Zn, Ni 系
	フラックス	酸性ふっ化カリ、ほう酸カリ等
熱交換器	りん脱酸銅継目無管	JIS H3003 C1220 TS
	りん銅ろう	JIS Z 3264 BCuP-2
配管類	りん脱酸銅継目無管	JIS H3003 C1220 TS
	りん銅ろう	JIS Z 3264 BCuP-3

5. 冷蔵庫の生産プロセスにおけるろう付

5.1 冷媒圧縮機製造工程のろう付

冷媒圧縮機は圧縮機械部分と小型モータとが高圧容器内に密閉されるが、この鉄製容器の鏡板と冷媒の出口・入口の銅管とを銀ろう付する。

ろう付の前後のプロセスの概略は次の通りである。
①熱延鋼板→②プレス成形→③溶剤脱脂→④ろう付→⑤酸洗→⑥水洗→⑦乾燥

このろう付にはインデックステーブル型ガストーチ式の自動機を用いている。その特徴は赤外線放射温度計¹⁾で700℃を検出後にろう材を給線、ワークを固定して移動する治具精度が高いこと、フラックスをろう付部分に一定量ずつ安定して塗布できることなどであり、飛躍的なろう付品質の向上に成功した。写真1に圧縮機鏡板のろう付装置を示し、写真2に鏡板のろう付品を示す。この温度計はトーチの火炎からの赤外線を感じて、ろう付ワークの正確な温度を表示しない場合があるため、赤外線フィルタを厳選する必要があった。

5.2 熱交換器（蒸発器）製造工程のろう付

いわゆるフィンチューブ型熱交換器である。プロセスの概略は次の通りである。

③アルミニウム薄板条→④打ち抜き・孔明け

↓

①定尺銅管→②ヘヤピン形状曲げ→⑤挿入組立→⑥ヘヤピン拡張→⑦溶剤脱脂→⑧リターンバンド管挿入→⑨加熱ろう付→⑩気密試験

写真1 圧縮機鏡板のろう付装置

写真2 圧縮機鏡板のろう付品

ここでは連続コンベア型ガストーチ式の自動機を用いている。写真3にそのろう付装置を示し、写真4には参考として空調機用熱交換器のろう付装置を示す。りん銅ろうはあらかじめリング形状としてU字形のリターンベンドに2ヶづつ固定している。

5.3 圧縮機、ホットプレート(図1参照)、ジョイント管の自動サブ組立ろう付

このプロセスの概略は次の通りである。

①ホットプレート上に圧縮機を固定→②圧縮機のパイプ形状の矯正→③ジョイント管挿入→④高周波自動ろう付(写真5)→⑤ガストーチ自動ろう付A→⑥ガストーチ自動ろう付B(写真6)→⑦サブ組立品移載

ここではろう付だけではなく、スラッドコンベア、フリーフローコンベアの組合せで他の作業と複合の自動化ラインとしている。加熱の安定性の面では高周波の方が好ましいが、ガストーチとの併用である理由は、図4に機械室配置図として示す通り、スペース的に高周波加熱コイルの往復動が不可能なためである。この様な自動ろう付に成功する条件は、前述圧縮機のろう付でも触れた通り、精度の良い部品を

写真3 冷蔵庫用熱交換器のろう付装置

写真4 空調用熱交換器のろう付装置

写真5 高周波自動ろう付装置

一定の加熱位置に精度良く停止させるところにある。停止精度はx, y, z方向共に $\pm 1\text{mm}$ 以下が必要であった。圧縮機の場合も同様である。

この自動ろう付ライン以外にも、インデックステーブル型ガストーチ式をサブ組立で使用している。

5.4 メイン組立工程のろう付

以上の個々のプロセスとは別に、ウレタン断熱材を現場発泡するキャビネットのメイン組立工程があ

写真6 ガストーチ自動ろう付装置

図4 機械室配置図

る。あらかじめ、側面凝縮機・後部凝縮機、ドライパイプが装着されたキャビネットに蒸発器、圧縮機・ホットプレートの子組立品を組み込み、図4に示した機械室の中で人によるガストーチろう付で最後の配管を完了する。

これらの自動化が急務ではあるが、機械室の配置図で明らかな様に、スペース的にロボットがガストーチや高周波加熱コイルを持ち込みにくい配置になっている。

6. 品質保証

6.1 品質保証の概要

冷凍機器のろう付における品質保証は、密閉された系内に冷媒を封入・循環させて使用するので、10年ないし15年間にわたり、冷媒がリークしないことを保証されねばならない。そのために完成品としては冷媒を封入・密閉ろう付の後で、ハロゲンリーク検出機²⁾により、例えば冷媒封入量が200gr/台であれば15年間で封入量の10%以下のリーク量、すなわち1gr/年を検出できる感度での、気密検査を全製品のもの全ろう付箇所毎に実施して品質の保証をしている。また冷媒圧縮機、熱交換器等の主要部品については、その単品毎に気密検査を行っており、その方法は水槽試験、ヘリウムリーク検出装置を使用して

いる。

6.2 工程品質のつくり込み

上記は最終検査での品質保証であり、工程品質のつくり込みのためには、開発・設計段階、生産準備段階、生産段階³⁾の各ステップにおいて各部門がろう付品質の向上に取り組んでいる。現状では課題が数多くあり、工程不良の半減、市場不良の撲滅を目指して工程作業手順やプロセスの一つ一つ、設備改善とメンテナンスから人材育成面まで、全社をあげて取り組んでいる。

6.3 ろう付技術者の人材育成

ろう付では継手設計、部品の寸法精度、ろう付作業のしやすさ、継手の表面清浄さ、ろう材種類、加熱方法、加熱温度、加熱範囲、差しろうのタイミング等が複雑にからみあい⁴⁾、一つでも条件が外れると、ろう切れ、ろうの流出、ボイドの発生、ろう割れ、母材の加熱劣化などの不良現象⁴⁾が発生する。一人の作業者が1日に行うろう付は多い人では8000箇所以上にもおよび、一瞬一瞬が品質保証に係わる大変な仕事である。この作業を充分にこなすには“ろう付技術の本質を知る正しい作業”を体得させる必要がある。さらに“優れた設計”“よい部品”の観点から積極的に問題提起出来る人材が不可欠である。加えて自動ろう付装置のオペレーターにも同様なことが要請される。

6.3.1 ろう付技術社内検定実技試験

JIS技術検定の試験方法と判定基準⁵⁾を基本にして冷凍機器の継手に合わせ、φ5～φ13mmの管で12ヶ所の銀ろう、りん銅ろう付を設定している。

6.3.2 ろう付技術社内検定学科試験

2種類の参考文献^{4,6)}からリーク不良につながるような項目をピックアップした教本をつくり、その中からのみ50問出題する。

6.3.3 低温用熱交換器の凍結バンク

写真7に不具合によりろう付部が凍結バンクで破壊した事例を示す。冷蔵庫用の蒸発器はマイナス温度にさらされ、空気中水分の着霜があるため、1日に1回程度の除霜運転が繰り返される。ろう付部に水が浸透する様な微かな欠陥があれば、水の浸透・氷結(体積膨張)・融水が繰り返され、隙間部分の体積が徐々に拡大して、ついには管壁の破壊にいたる。微かな欠陥を生じた原因は管壁への加熱不足が部分的にあり、高温で十分に溶解したろう材が流れ込み、冶金学的結合を得ないまま、“かさぶた状”でみせかけのろう付になったためである。

写真7 ろう付部の凍結破壊例

7. お わ り に

冷蔵庫や空調機に代表される冷凍機器における、冷媒循環経路とろう付箇所、ろう付用材料例、各生産工程におけるろう付設備とろう付例、品質保証と人材の育成などについて松下冷機株式会社冷凍機器製造工場の事例を紹介した。筆者らの工場は家庭用の冷蔵庫から出発して、現在では広い分野の冷凍機器を製造しているが、現状では主要部品の生産工程とサブ組立でろう付の自動化は行っているものの、品質保証を含めて、まだまだ人的技能への依存度が大きい。

今回の執筆を機会に多方面からのアドバイスをいただき“ろう付技術を満足する状態にコントロールしたものづくり”を目指したい。

執筆に当たり多くの有効な文献を参照させていただきまた現状調査、推敲、加筆に協力願った多くの方に、紙面を借りてお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) レック株式会社(東京): 赤外線放射温度計カタログ
- 2) 株式会社東芝: ハロゲンリークデテクタ取扱説明書
- 3) 佐藤: 昭 63 年度現場に役立つろう付技術講習会のテキスト
- 4) 大富他: ろう接の生産技術: 溶接新聞社
- 5) JIS Z 3891: ろう付技術検定における試験方法および判定基準
- 6) A film by Handy & Harman: Fundamentals of Brazing: 水野ハンディーハーマン提供

第 21 回疲労シンポジウム講演募集

開 催 11 月 17 日 (火) ~ 18 日 (水)
講演申込締切 6 月 19 日 (金)
主 催 日本材料学会
日 時 平成 4 年 11 月 17 日 (火) ~ 18 日 (水)
会 場 京大会館 (〒 606 京都市左京区吉田河原町 15-9 TEL (075) 751-8311 (代表))

講演分野

1. き裂の発生および進展, 2. 新材料(電子部品, セラミックス, 複合材料等), 3. コンピュータ援用技術(計測, 計算力学, 画像処理, データベース, A/I 等), 4. 余寿命評価と延命技術, 5. 統計のおよび信頼性工学的解析, 6. 変動および実働荷重, 7. 環境および温度効果, 8. 疲労への影響因子(残留応力, 時効, 表面処理, 衝撃応力, 組合せ応力, 組織等), 9. 疲労機構, 10. 低サイクル疲労と熱疲労, 11. 実構造物(破損事例, 耐疲労設計, 部品, 要素等), 12. 試験方法と規格

オーガナイズドセッション

1. チタン合金の疲労

(オーガナイザ: 山口大工 幡中憲治)

チタン合金は, 航空機機体用構造部あるいはジェット

エンジン部品として実用化が促進されてきましたが, 鋳造, 圧延などの熱間成形や熱処理によってミクロ組織および機械的性質が複雑に変化します。そこで, 本セッションではチタン合金の疲労に焦点を絞り, 繰返し応力一ひずみ応答, 寿命特性, き裂の発生および成長等について集中的な討論ができるように企画しました。

2. 企業における疲労問題の最先端

(オーガナイザ: 日立製作所機械研 河合末男)

重電, 産業機械, 輸送機器, 半導体等において経験された最近の疲労の問題を取り上げ, 問題の背景と内容, 問題解決のアプローチ等について活発な討論ができるように, 本セッションを設定しました。なお, 問題提起のみにても歓迎いたします。

講演申込締切 平成 4 年 6 月 19 日 (金)

前刷原稿締切 平成 4 年 9 月 11 日 (金)

詳細問合先: 日本材料学会疲労シンポジウム係

(〒 606 京都市左京区吉田泉殿町 1-101
TEL (075) 761-5321)