

# アルミンジャー™ 工法技術資料(2) 配管仕様について

2018年10月1日

三機工業株式会社

アルミニウム冷媒配管工法「アルミンジャー™ 工法」で使用する、冷媒用被覆アルミニウム配管の、材質、肉厚に関する仕様について示します。

アルミニウム配管に関する仕様については、JIS規格や高圧ガス保安法に、使用してよい材料や用途に応じたアルミニウム配管仕様の計算方法など示されているものの、冷媒配管用にまとめられた配管仕様はありませんでした。本資料は、最高使用圧力4.3MPaにたいする、関連規格・法規に準拠した仕様をまとめたものです。(表4)

【参考文献】内山ら,アルミニウム配管を用いた冷媒配管施工の実験的研究その2 アルミニウム配管の仕様とメカニカル継手の性能,空調和・衛生工学会大会学術講演論文集(名古屋),第8巻,pp.21-24,2018.9

## はじめに

延べ床面積 5,000 m<sup>2</sup>程度の中小事務所ビルでは大手デベロッパーによるビルマルチ空調方式の空調が標準化されるなど、パッケージ方式の空調が拡大しつつある。一方で、建設業の就業者数は年々減少しており、就業者の年齢構成は60歳以上の占める割合が多く、若年層が占める割合が少ない。このため10年後は就業者の質、量ともに不足することが危惧されている。このような状況に対応するために、筆者らは冷媒配管工事を対象として、アルミニウム配管とメカニカル継手による火無し省力化工法を開発したり、アルミニウムと銅の質量を比較するとアルミニウムの質量が2.7ton/m<sup>3</sup>に対して銅の質量は8.9ton/m<sup>3</sup>であり、アルミニウムの方が銅に比べて軽量である。一方で強度はアルミニウムの引張強度が105N/mm<sup>2</sup>に対して銅の引張強度は205 N/mm<sup>2</sup>であり、アルミニウムの方が銅よりも強度が劣る。アルミニウム製の冷媒配管において銅製の配管と同様の強度を得るためには、肉厚を変更するなどの処置が必要である。本報では、冷媒配管やメカニカル継手に係わる法規や各種規格が求める性能を述べた後に、採用したアルミニウム配管の材質や配管の肉厚、規格に準じたメカニカル継手の試験結果について報告する。

## 1. 配管に係わる規定

### 1.1. 高圧ガス保安法

高圧ガス保安法は、高圧ガスによる災害を防止する

ため、高圧ガスの製造、貯蔵、販売、移動その他取扱及び消費並びに容器の製造及び取扱について規制している。高圧ガスは、高圧ガス保安法第2条で定義されている通り、常温35℃で1MPa以上となる圧縮ガス、圧力が0.2MPaとなる温度が35℃以下の液化ガスをいう<sup>2)</sup>。R410Aのガス状態における35℃の圧力は2.07MPaであり、液状態で0.2MPaとなる温度は-27℃である。R32のガス状態における35℃の圧力は2.19MPaであり、液状態で0.2MPaとなる温度は-38℃である。従ってR410A、R32ともに高圧ガスである。ただし法定冷凍トン5トン未満は、高圧ガス保安法の適用除外である。

### 1.2. 冷凍保安規則

冷凍保安規則では、高圧ガスに係わる技術基準や、都道府県知事に対する許可・届出等を規定している。さらに冷凍保安規則では、『経済産業省が定める技術的基準』に従うことと規定があり、経済産業省からは、冷凍保安規則関係例示基準(以下:例示基準)が制定されている。例示基準には具体的な性能基準が例示されている。

### 1.3. 材料と最小厚さ

#### (1) 使用材料

使用材料は、例示基準の20.冷媒設備に用いる材料に規定されている。例示基準の20.1(3)(c)には、フルオロカーボンに対しては2%を超えるマグネシウムを含有したアルミニウム合金は使用してはならないとある。また例示基準の20.1(5)には、耐圧部

分に使用する材料は、日本工業規格に適合するものと規定されている。マグネシウムの含有量に関しては、R410AとR32のSDSにも、アルミニウム合金は、マグネシウム含有量が低い限り、腐食性に問題なしと記されている。

(2) 管の最小厚さ

配管の最小厚さは、例示基準 23. 11. 1 で規定されている。この規定は (1) ~ (5) で構成されている。冷媒配管に係わる規定は (1) 内面に圧力を受ける配管、

(4) 曲げ加工をする配管、(5) 配管の腐れしろである。内面に圧力を受ける配管では、管の最小厚さは例示基準 23. 6. 1 に示される式 (1) により算出すると規定している。現状の銅管は JIS B8607 冷媒用フレア及びろう付け管継手の付属書で規定された寸法により製造されている。また、JIS B8607 で冷媒の種類や最高使用圧力を規定しているため、式(1)中の最高使用圧力(4.3MPa)は、この規格を参照するのが良いと考えられる。材料の許容引張応力は、経済産業省が制定している特定設備の技術基準の解釈の別表第 1 を参照する。別表第 1 では、温度ごとに許容引張応力が記されている。曲げ加工をする配管で曲げ半径が管の外径の 4 倍の値未満の場合には、式 (2) 用いると規定されている。

$$t = \frac{PD_0}{2\sigma_a\eta + 0.8P} \dots \dots (1)$$

$$t = \frac{PD_0}{2\sigma_a\eta + 0.8P} \left(1 + \frac{D_0}{4R}\right) \dots \dots (2)$$

ここで

- t : 管の最小厚さ (mm)
- P : 設計圧力 (MPa)
- D<sub>0</sub> : 管の外径 (mm)
- σ<sub>a</sub> : 材料の許容応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- η : 溶接効率
- R : 管の中心線における曲げ半径 (mm)

腐れしろの規定では、例示基準 23. 6 に示されるように、ねじのない管でアルミニウム又はアルミニウム合金を使用する場合には式 (1) または式 (2) で算出した管の最小肉厚さに 0. 2mm の腐れしろを加えると規定している (表 1)。腐れしろは JIS B8240 冷凍用圧力容器の構造を根拠としているようである。アルミニウム及びアルミニウム合金管の腐れしろ 0. 2mm は腐食環境条件に対応する腐れ代の値で厳しい条件 A の値である。条件 A は材料の外表面が直接風雨にさらされることを想定している (表 2)。

表 1 : 腐れしろ (例示基準)

管の種類		腐れしろ	
ねじを切った鋼管	呼び径 40A (1 $\frac{1}{2}$ B) 以上	1.5mm	
	呼び径 32A (1 $\frac{1}{4}$ B) 以下	1.0mm	
ねじのない管	鋼管	配管が直接風雨にさらされないもので、耐食塗装を施したもの	0.5mm
		その他のもの	1.0mm
	アルミニウム又はアルミニウム合金管、銅合金管、ステンレス鋼管又は外径が15mm以下の耐食材料によるクラッド管		0.2mm
	ひれによって補強されるものであって、腐食のおそれのない管		0.1mm

表 2 : 腐れしろ (JIS B8240)

材料の種類	腐食環境条件に対応する腐れ代の値			
	条件A	条件B	条件C	
ねじのない管	鋼管	1.0mm	0.5mm	0.3mm
	銅・銅合金、アルミニウム・アルミニウム合金、ステンレス鋼等でできた管	0.2mm	0.1mm	0
	ひれによって補強され腐食のおそれのない管	0.2mm	0.1mm	0

条件A  
材料の外表面(反冷媒面)が直接風雨にさらされるか、圧縮空気、水蒸気、水などに触れる部分に用いる場合。

条件B  
条件Aと同等の腐食環境条件のもとで使用されるもので、材料の外表面に有効な耐食処理、塗装、樹脂コーティングなどを施し、かつ、その補修が容易に行われる部分に用いる場合。

条件C  
屋内にあるか又は風雨から十分に保護されるケーシング内にあるもので、材料の外表面に有効な耐食処理、塗装、樹脂コーティングなどが施され、十分に良好な腐食環境で使用される場合。

2. メカニカル継手の規格

ISO14903 Refrigerating systems and heat pumps では 8 項目の試験項目をコンポーネント (継手) に求めている。同一材料のろう付けには気密試験のみが求められる。異種管のろう付けには、気密試験と PTV 試験 (圧力・温度・振動の複合試験) が求められる。管と継手の接合後に取り外し可能な非永久継手では圧力試験や疲労試験は求められず、試験項目は 6 項目である。一方で管と継手の接合後に取り外しが不可能な永久継手で材質が金属の場合には耐圧試験や疲労試験などの試験項目が求められ、試験項目は 6 項目である。

表 3 : ISO14903

コンポーネントの内容 (バルブを含む)	実行すべき試験							密封ジョイントの追加試験	
	気密試験	PTV試験 (圧力、温度、振動)	操作シミュレーション	凍結試験	材料との化学的適合性	真空試験	圧力試験	疲労試験	
							必要なし	必要なし	
コンポーネント本体で、パーマナントボデイジョイントのみが繋がれているもの： 継付けおよび溶接 同一母材	必要	必要なし	必要なし	必要なし	必要なし	必要なし	必要なし	必要なし	
パーマナントボデイジョイントを接続したコンポーネント： 継付けおよび溶接 異なる母材	必要	必要 <sup>a</sup>	必要なし	必要なし	必要なし	必要なし	必要なし	必要なし	
それ以外のパーマナントボデイジョイントを接続したコンポーネント： 例えば接着剤、永久圧縮継ぎ手、伸縮管継ぎ手	必要	必要	必要なし	必要 操作温度が0°C未満の場合	必要 非金属製部品の場合	必要	必要	必要	
非パーマナントジョイントの付いたコンポーネント本体	必要	必要	必要 外部のステム、シャフト、シール、または取り外し可能もしくは交換可能な部品の場合	必要 操作温度が0°C未満の場合	必要 非金属製部品の場合	必要	適用されない	適用されない	
密封システム用キャップ付きバルブおよびキャップ付きサービスポート	必要	必要	必要	必要 操作温度が0°C未満の場合	必要 非金属製部品の場合	必要	必要	必要	
安全弁	必要	必要	必要なし	必要なし	必要 非金属製部品の場合	適用 されない	適用 されない	適用 されない	
フレキシブル配管	ISO 13971:2012に従った試験								

### 3. アルミニウム冷媒配管

#### 3.1. 使用材料

例示基準の規定からアルミニウム冷媒配管として使用可能な材料は、JIS H4000 アルミニウム及びアルミニウム合金の板及び条と JIS H4080 アルミニウム及びアルミニウム合金継目無管で規格化された材料である。マグネシウムの含有量が2%未満の材料は、JIS H4000 と JIS H4080 では少なく、JIS H4000 では合金番号 A1060P、A3003P であり、JIS H4080 では合金番号 1070、1100、3003、3103、6061、6063 である。アルミニウム合金は、合金番号が大きいほど機械的性質は強くなる。また JIS H4080 の質別に着目すると、合金番号 1100 や合金番号 3003 ではコイル管に用いられる焼きなましした 0 材がある。合金番号 3003-0 の引張強度は、95N/mm<sup>2</sup> 以上 125N/mm<sup>2</sup> 以下である。合金番号 6063 には 0 材はなく熱処理した質別しかないものの引張強度は 225N/mm<sup>2</sup> 以上である。(C1220 1/2H は 245~325N/mm<sup>2</sup>)

#### 3.2. 配管の肉厚

配管の肉厚は、配管の曲げ半径を 4R 以上とし、例示基準 23.6.1 の式により算出した。配管の外径ごとの肉厚を表 4 に示す。表中には、既存の銅配管の肉厚についても示した。配管外径 6.35φ~15.88φ までは配管をコイル管とすべく合金番号 3003-0 とした。配管外径 19.05φ~38.1φ は 4m の直管とし合金番号

6063 のアルミニウム合金とした。

配管の設計圧力は、R410A や R32 より 4.3MPa とした。材料の引張許容応力は従来の管と同じく配管の最高使用温度は 120°C とした。特定設備の技術基準の解釈の別表第 1 より合金番号 3003 では 20 N/mm<sup>2</sup> とし、合金番号 6063 では 49 N/mm<sup>2</sup> とした。算出したアルミニウム配管と既存の銅配管を比較すると、アルミニウム配管は銅配管に比べていずれのサイズも肉厚が厚くなる。

表 4：配管肉厚

外径	アルミニウム		銅	
	材質-質別	肉厚	材質-質別	肉厚
6.35	A3003-O	0.85	C1220-O	0.80
9.52	A3003-O	1.15	C1220-O	0.80
12.7	A3003-O	1.50	C1220-O	0.80
15.8	A3003-O	1.80	C1220-O	1.00
19.05	A6063-T83	1.05	C1220-1/2H	1.00
22.22	A6063-T83	1.15	C1220-1/2H	1.00
25.4	A6063-T83	1.30	C1220-1/2H	1.00
28.58	A6063-T83	1.45	C1220-1/2H	1.00
31.75	A6063-T83	1.55	C1220-1/2H	1.10
38.1	A6063-T83	1.85	C1220-1/2H	1.35

### 4. メカニカル継ぎ手

#### 4.1. 継手の構造

開発したメカニカル継手はアルミニウム合金 6061 から成り、継手は継手本体、インサート、ナットから構成される。インサート、ナットは、予め継手本体にセットされている。ナットには絞り加工がされており、専用の油圧工具でナットを継手本体に押し込むとインサートと継手本体に挟まれた配管は、ナット絞り形状に沿って塑性変形する。この塑性変形が継手から配管が抜け落ちるのを防ぎ、気密性を確保する。

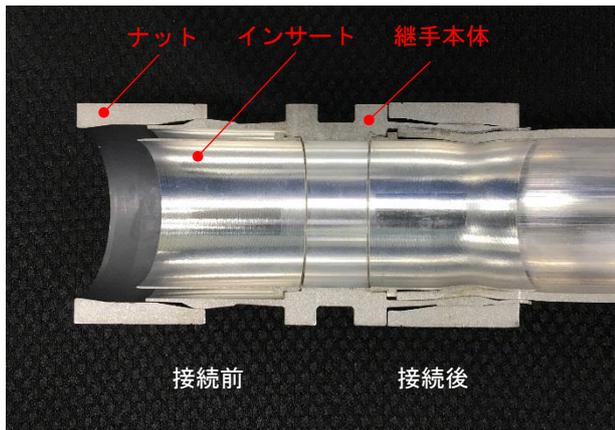


図1 継手の内部構造

#### 4.2. ISO14903 に準拠した試験の結果

ISO14903 の試験項目と試験結果を表5に示す。表中の試験内容は永久継手で継手材質が金属の場合である。気密試験は 35℃以上の水中に浸漬し、最高使用圧力 (4.3MPa) の窒素ガスを封入し 60 秒以上漏れ

を統合した場合と振動を切り離した場合の 2 つの方法がある。統合した場合には高温・高圧 (145℃、4.3MPa) と低温・低圧 (-50℃、大気圧) のサイクルを 50 サイクル実施する。振動を切り離した場合は、温度を 145℃の一定とし、高圧と低圧 (4.3MPa、大気圧) のサイクルを 200 サイクル実施する。凍結試験は、凍結、解氷を 30 回繰り返す。真空試験は絶対圧力 6.5kPa を 1 時間保持する。耐圧試験は最高使用圧力の 6 倍の試験圧力で実施する。試験圧力は 25.8MPa (=4.3MPa ×6) である。疲労試験は 1 分間に 20~60 サイクルで大気圧と設計圧力 (4.3MPa) を 25 万サイクル繰り返す。気密試験、耐圧試験以外は、各試験実施後に気密試験により正否を確認する。

本研究では、アルミニウムメカニカル継手のうち外径サイズ 6.35φ~38.1φ について ISO14903 に準拠した試験を行い、判定基準を満たすことを確認した。

#### 5. まとめ

本報では、アルミニウム配管の冷媒への適用に際して遵守すべく法規や規格について整理した。開発したメカニカル継手は、規格で規定されている試験項目の判定条件を満たすことを確認した。

#### 参考文献

- 1) 内山ほか、アルミニウム配管を用いた冷媒配管施工の実験的研究、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、2017.9
- 2) 高圧ガス保安法に基づく冷凍関係法規集、日本冷凍空調学会、2014

表5：ISO14903 永久継手の試験項目

No.	試験項目	試験内容	判定基準	試験結果					
				9.52	12.7	15.88	19.05	22.22	25.4
1	気密試験	35℃以上の水中に浸漬し、窒素ガス4.3MPaを封入する。	製品からの気泡の離脱間隔が60秒以上であること。	○	○	○	○	○	○
2	PTV試験 (圧力・温度・振動試験)	①高温・高圧 ⇄ 低温・低圧サイクル試験 145℃×窒素ガス4.3MPa ⇄ -50℃×大気圧 50サイクル実施 ②高温一定、高圧 ⇄ 低温一定 145℃一定 窒素ガス4.3MPa ⇄ 大気圧 200サイクル実施 ③振動試験 管外径ごとに定められた所定変位にて、 200Hz以下×200万回振動を加える。	試験後に気密試験を行い、漏れが無いこと。	○	○	○	○	○	○
3	凍結試験	所定の条件にて継手と管のすき間に水を満たし「凍結 ⇄ 解氷」を30回繰り返す。	試験後に気密試験を行い、漏れが無いこと。	○	○	○	○	○	○
4	真空試験	絶対圧力6.5kPa×1時間保持する。	圧力上昇が0.02kPaであること。 試験後に気密試験を行い、漏れが無いこと。	○	○	○	○	○	○
5	耐圧試験	水圧ポンプにて設計圧(4.3MPa)の6倍、25.8MPaを掛け、1分間保持する。	試験後に気密試験を行い、漏れが無いこと。	○	○	○	○	○	○
6	疲労試験	大気圧 ⇄ 水圧4.3MPa 20~60サイクル/分 25万サイクル	試験後に気密試験を行い、漏れが無いこと。	○	○	○	○	○	○

がないことを確認する。PTV 試験は、振動と圧力温度