

超薄肉溶接金属管の開発とその用途

Development of Ultra-Thin Wall Welded Metal Pipe and Its Applications

協和電線(株)

石橋久和*
Hisakazu Ishibashi

稲田左敏*
Satoshi Inada

小西新次郎*
Shinjiro Konishi

概要 昨今、自動車分野を中心に省コスト・省エネルギーの観点から金属管の軽量化への要求が年々高まっている。従来の溶接管製造技術では、管の厚みと直径の比 (t/D) が1%以下の超薄肉管の製造は困難であり、手工業的な手段によって製造されてきた。当社では、特殊なフォーミング法の開発及び製造技術により、 t/D が1%以下の超薄肉パイプを連続的に、かつハイスピードで製造する方法を確立している。本報では、自動車用途をはじめとした超薄肉溶接管の開発について報告する。

1. はじめに

協和電線(株) 神奈川工場は、1972年コルゲート金属シース専門工場として設立以来、コルゲートケーブルはもとより、薄肉溶接金属管の自動車排ガス管用途・家電用途をはじめとしてさまざまな製品を生み出してきた(表1、図1)。

当社の薄肉金属管は、金属条帯から連続自動造管機(図2)によって、Tig(tungsten inert gas arc welding)・プラズマなどの特殊溶接法により、完全な不活性ガス雰囲気中で製造される。

このため、内面ビードが平滑に仕上がるとともに金属管は完全な気密性・水密性を有しており、腐食性雰囲気あるいは複雑な二次加工分野での使用にも適している。

2. 薄肉金属溶接管の特長及び仕様

2.1. 特長

母材にテープ材を使用しているためビード部を除いて均一な肉厚となる。ビード部は母材の強度以上を実現しているが、使用目的により強度・形状などをコントロールすることが可能で

表1 主要生産品目
Main product items.

電力用コルゲートケーブル	自動車排ガス用ステンレスパイプ
通信用コルゲートケーブル	家電モーター用マグネットカバー
ステンレスコルゲートケーブル	波付金属管(フレキシブルチューブ)
アルミニウムコルゲートケーブル	各種特殊パイプ(穴あきパイプ、異形パイプ)



図1 薄肉金属管製品群
Thin-wall metal pipe products.



図2 連続自動造管機
Automated continuous manufacturing machine for thin-wall metal pipe.

* 協和電線(株) 神奈川工場

ある。パイプ精度の尺度である真円度については ± 0.3 mm以下、真直度については1 mm/m以下を実現、また、端末の切断は、円周方向に均一なクリアカットを採用し、バリがなく切断屑のでない方式を採用している。更に端末のフレア加工、二重管におけるピアス加工、また、従来は困難であった薄肉の角パイプ、半円パイプなどの異形管の製造も可能である。

2.2. 仕様

表2及び図3に示すとおり、お客様からのさまざまな要望に応えるべく、材質については自動車用途などで汎用に用いられるステンレスのほか、チタン、銅、アルミニウムなど多岐にわたっての製造が可能であり、また肉厚は、最小0.1～2.0 mmまでの製造が、パイプ外径では5～130 mmまでの製造が可能である。

表2 当社薄肉溶接金属管における標準仕様
Specifications of standard thin-wall metal pipes.

材料	厚さ (mm)	外径 (mm)	製品長 (m)
チタン	0.1 ~ 2.0	5 ~ 130	0.01 ~ 6.0
ステンレス			
銅			
アルミニウム			

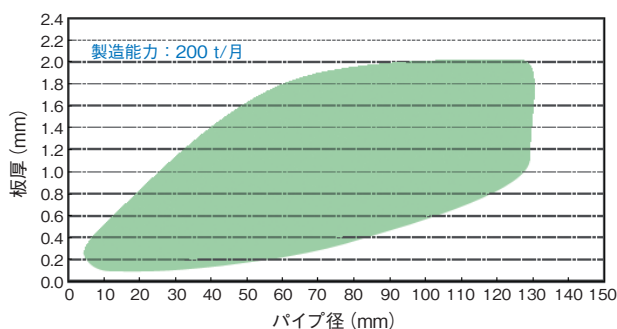


図3 製造可能範囲
Manufacturable range of products.

3. 自動車用薄肉溶接ステンレスパイプの開発

3.1. 開発の経緯及び実績

耐久性、耐食性、耐熱性など厳しい特性が必要とされる一方、省コスト化及び軽量化の観点から薄肉化が要求される自動車排ガス管において当社の薄肉溶接ステンレス管は、図4に示すエキゾーストマニホールド、フレキシブルチューブ、触媒コンバータケースなどとして自動車各メーカーで採用されている。1979年にステンレスマフラ用造管機の自社設計開発に成功、これまで累計約10,000トン进行入している。特に薄肉金属管を二重に重ねた二重管は、内外管のクリアランスを小さくするために真円性と真直性に優れた金属管を用いることによりはじめて可能となり、この二重管を素材としたバルジ加工品は、断熱効果とフレキシビリティによるダンパ効果及び振動吸収を兼ね備えたものとして高い評価を得ている。

3.2. 薄肉化によるメリット

図5に製造工程の違いによる触媒コンバータケースの素管製造を例にとり、薄肉化によるメリットを示す。従来品の多くは、

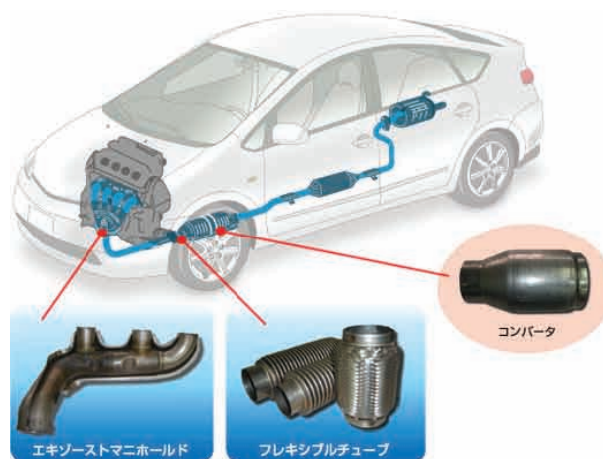


図4 自動車排ガス管系統図
Layout of automotive exhaust pipe.

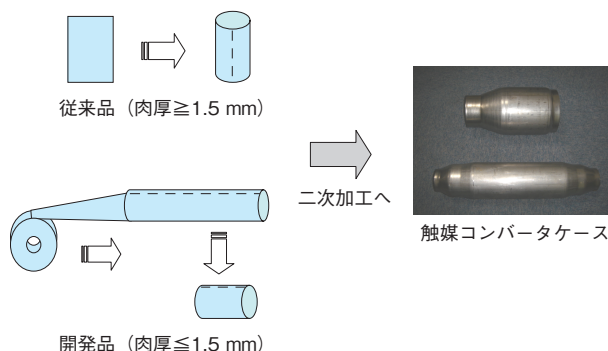


図5 従来品と開発品の製造工程
Manufacturing processes for the conventional product and the developed product.

予め製品長に切断した板を円筒状に巻き、その縫わせ目を溶接して製造される板巻管が使用されているが、この場合、一般的に肉厚は1.5 mm以上必要とされている。それに対し、当社では、帯状コイルから特殊なフォーミング法を用いた連続溶接により造管した後、製品長に切断を行うため、肉厚1.5 mm以下でも十分な溶接強度を得ることができる。

薄肉化によるメリットとして20～40%の軽量化が図られ、材料費低減により、10～20%のコストダウンが可能となる。

特殊なフォーミング法によって造管される当社の薄肉金属管は、溶接部のビード形状を自在にコントロールできるうえに、母材の機械的特性を損なわずに造管することが可能であり、曲げ加工・バルジ加工・絞り加工・連続波付加工などの過酷な二次加工分野に適している。

4. 穴あき特殊アルミニウム管の開発

薄肉の穴あきアルミニウム条(Mg系)をTig溶接による造管技術開発に成功し、商品化に結びつけた(図6)。穴径・穴数・穴のパターンについては、カスタマイズが可能であり、材質についてもアルミニウムに限らずステンレス、銅など各種合金も可能であることから、現在、散水管をはじめとした住宅関連分野にも応用展開を計画している。



図6 穴あきアルミパイプ
Perforated aluminum pipe.

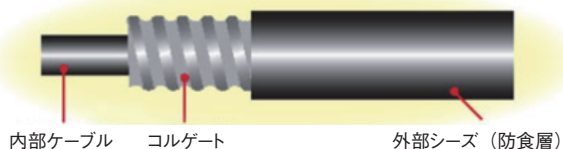
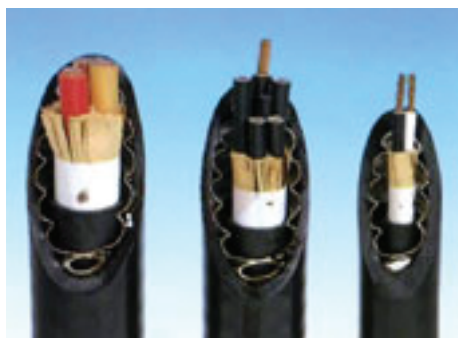


図7 代表的コルゲートケーブル構造
Structure of typical corrugated pipes.

5. コルゲートケーブルとその加工技術の応用

5.1. コルゲートケーブルの特長

図7に代表的なコルゲートケーブルの構造及びその断面写真を示す。内部ケーブル上を波付加工を施した金属管で覆い、その上に防食層としてビニル・ポリエチレンなどの外部シースが施された構造である。コルゲートケーブルの特長は、1) 地中への直接埋設が可能である、2) 機械的強度に優れ、圧縮強度・内圧強度が大きい、3) 軽量で屈曲性に富み、布設工事が容易である、4) 完全な防蟻防鼠効果がある、5) 遮蔽効果が大きい、という点が挙げられる。

5.2. コルゲートケーブル仕様

表3に当社コルゲートケーブルの製品形状を示す。使用目的によって波溝がスパイラル状に連続したらせん型波付管は、強度を重視した場合に用いられ、一波毎に独立したちょうちん型波付管は、フレキシビリティを重視した各種配管に用いられる。更に直管部分と波付部分を併用した部分波付管の製造も可能である。また材質及び肉厚については、表4に示すとおり、種々カスタマイズ可能であり、屈曲性及び機械的強度を決定する重要な要素である波溝の深さについても標準タイプ(波高さ/

表3 コルゲート製品形状
Available form of corrugation.

製品形状	らせん形波付
	ちょうちん形波付管
	部分波付管

表4 コルゲート標準仕様
Standard specifications of corrugated pipes..

材質	肉厚 (mm)	内径 (mm)	外径 (mm)
銅	0.3 ~ 0.6	10.0 ~ 47.4	13.5 ~ 53.0
ステンレス			
銅	0.5 ~ 1.5	10.0 ~ 37.4	14.7 ~ 42.9
アルミニウム			

ピッチ ≤ 0.25)に対し、深溝タイプ(波高さ/ピッチ > 0.25)の製造も可能である。

5.3. コルゲートケーブル当社シェア

1972年コルゲートケーブル製造開始以来、2007年3月現在、その生産量は地球の約4分の3周に当たる3万kmに及び、長年にわたり培われた技術の蓄積により、品質特性・納期・コストパフォーマンスが評価され、国内コルゲート生産量シェアトップ(2007年1月当社調べ)を誇る。更に国内コルゲートケーブルの100%受皿会社を目指し、新たな技術革新を展開している。

6. コルゲート加工技術の応用展開

6.1. 自動車分野への応用

自動車の排ガス用フレキシブルチューブまたはEGR用配管として用いられる部分ペローズ管について現行品及び開発品の概要を図8に示す。現行品の製造プロセスは、素管を造管後、所定の長さに切断し、別工程にて素管に内圧をかけることにより、ペローズ部分を管の外側に膨らませるバルジ加工を施す。このため2工程による製作となるため、加工コストは高くなる。これに対し、開発品は、コルゲート加工技術を応用することにより、素管に外側より機械的に押し込むことにより、ペローズ部分を形成している。したがって造管工程とインラインでの製作が可能となり、大幅な加工コスト削減が可能となる。連続したスパイラル形状に加工するペローズ山(谷)数は、自在にコントロールでき、製品長も最大2000 mまで可能である。

また、遮蔽効果が高く、比重の小さいアルミニウム材を用いたアルミニウムコルゲートケーブルは、シールド効果及びノイズ特性に優れ、高電圧送電を必要とするハイブリッド車のハーネスケーブルなどの保護管用途として注目されており、単に遮蔽効果のみならず、外因性損傷や腐食性などの面でもその効果を十分に発揮できる。

6.2. ヒートパイプ技術への応用

近年、環境問題、エネルギー問題の立場から、駆動燃料を必要とせず、メンテナンスも容易なヒートパイプ技術に注目が集まっている。ヒートパイプは、液体の蒸発と凝縮の潜熱を利用した装置であるがその原理を図9に示す。パイプ中に入っている作動液が入っている片端が温められることにより(高温部)、作動液が蒸発し、熱を吸収する。蒸発した気体は、パイプ中を拡散し、反対端(低温部)で潜熱を放出することにより、凝縮

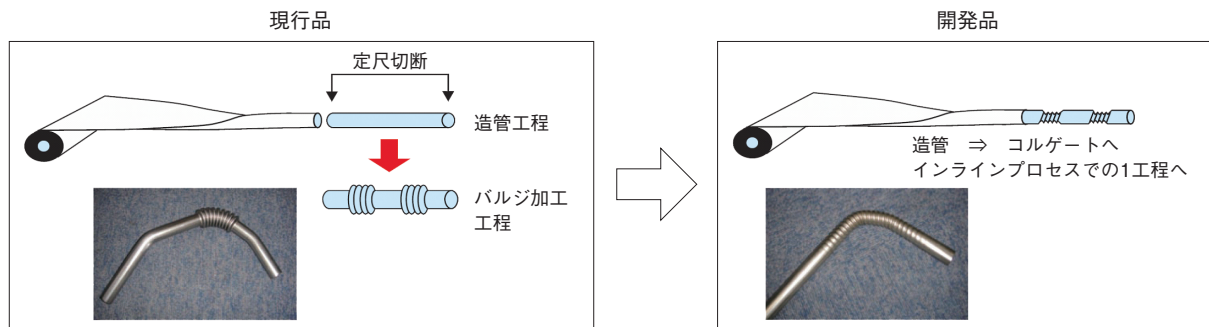


図8 部分ベローズ管の現行品と開発品の製造プロセス比較
Comparison of manufacturing process of corrugated pipes for the current product and the developed product.

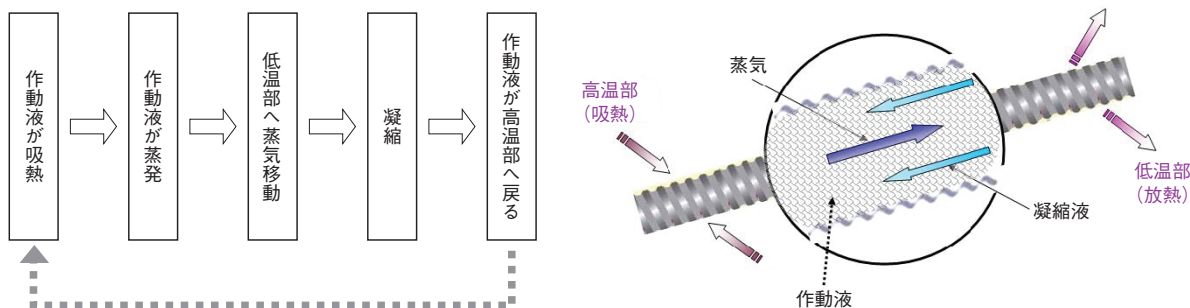


図9 ヒートパイプシステムの原理
Principle of operation for heat pipe.

する。これによりパイプ高温部から低温部へ効率よく熱が運ばれる。

現在、ヒートパイプは地熱を利用した融雪装置、人工衛星の温度制御、電気機器の放熱、家電などに広く利用されているが当社のステンレス及び銅コルゲートパイプは、完全な不活性ガス雰囲気中での製造技術及び長尺での連続溶接技術により、完全な気密性及水密性を有しており、かつ、そのフレキシビリティから長距離での配管に適しており、次世代ヒートパイプシステムへの応用が期待されている。

7. おわりに

自動車用途をはじめとした軽量化の要求に応えるべく、薄肉でありながら、過酷な二次加工や使用環境に耐え得る超薄肉溶接管の技術開発を行った。コルゲート加工技術との融合により、環境対応、省エネルギー対応などの次世代を担う商品の提案及び製作が可能である。

参考文献

- 1) 小林一清：溶接技術入門（第2版），理光学社（1999），263.
- 2) 加藤健三：塑性と加工，**22**（1981），1129.
- 3) 加藤健三：塑性と加工，**20**（1979），859.
- 4) 加藤健三：塑性と加工，**23**（1982-8），731.
- 5) 長谷川稔：機械材料（第4版），理光学社（1993）.
- 6) 柴芳郎：日本地熱学会誌，**27**（2005）.
- 7) 地中熱利用促進協会：地中熱利用促進協会パンフレット.