切り起し熱交換素子“パインチューブA”

竹内 勝治¹⁾ 中村 授²⁾
中野 功³⁾ 平田 勝彦³⁾

1. はじめに

アルミニウムは熱伝導性、耐食性および加工性が良好で、かつ軽量であることから家電や自動車関係の熱交換器材料として使用され、とくにカークーラ・コンデンサとしての需要が大きい。

このカークーラ・コンデンサは従来からコルゲート・フィン型が主であり、その構造はアルミニウム偏平多孔管にコルゲートしたフィンをろう付けしたものである。したがって、製造に当っては偏平多孔管の蛇行曲げやフィン加工設備、フラックスを使用する連続ろう付け炉または真空ろう付け炉、組立用治具類その他の設備投資と複雑な生産管理を必要とする。また、フラックスろう付けの場合には公害対策も考えねばならない。

ここに紹介する切り起しフィン型熱交換素子(商品名: パインチューブA, 以下、本素子と称す)は、アルミニウムの持つ優れた押出加工性と切削技術を組み合わせることによって開発した、新形式の一体フィンチューブであり、主としてカークーラ・コンデンサ用に最適である。すなわち、所定の長さに切断された本素子は蛇行曲げ加工後、冷媒管路両端にハーフ・ユニオンをミグ溶接で取り付け、スポット溶接した厚さ1mmの鉄板枠で周辺を固定することにより、比較的容易に組み立てられる。設備投資額もろう付け方式と比べてかなり低いという経済的な利点があり、かつ、小量多品種の生産にも適している。

なお、本素子は空冷オイルクーラに使用された実績もあり、また、最近ではオーディオ機器その他におけるヒートシンクとしてもこのフィン切り起し技術が注目され始めている。

2. パインチューブAの成形方法

本素子はコルゲート・フィン型熱交換器の冷媒管路に用いられている純アルミニウム偏平多孔管の両外面に複

数の山型突条をつけた断面形状のものを押出素管とし、その山型突条部を薄肉フィンに切り起すことによって冷媒管路と一体成形したものであり、外観を写真1に示す。

写真1 パインチューブAの外観。

フィンの切り起し方法は押出素管を管軸方向に送ると同時に、回転円板に取り付けた複数の特殊形状バイトが管軸をある角度で横切る方向に、押出素管の山型突条部を通過させることによって、連続的にフィンを切り起すものである。この場合、バイトの形状、山型突条部の形状(突条数 M ・フィンの数、突条部の形と高さその他)、押出素管の送り速度、円板の回転速度とバイト本数などの条件を変えることによって、切り起されたフィンの高さ H_f (素子としての全高, mm)や厚さ T_f (mm)、およびフィン間隔 P_f (mm)などを比較的自由に得ることができる。写真2は切り起しの基本的な例を示す。

製造設備は、蛇行曲げ機を含めて2ラインあり、冷媒

写真2 フィン切り起しの基本的技術。

* 住友軽金属工業株式会社技術研究所

1) 次長 2) 主任研究員 3) 副主任研究員

Skived Heat Exchanger Element "Pine Tube A"; K. Takeuchi, S. Nakamura, I. Nakano, K. Hirata(Technical Research Laboratories, Sumitomo Light Metal Industries Ltd.)

1978年9月9日受理

管路幅 $B=15\sim 50$ mm, 素子単長 $L=10$ m までが製造範囲である。フィン成形速度は 7 m/min を標準とし、従来から実用化されている往復運動や転造方式によるものとくらべて量産性に優れている。

カークーラ・コンデンサ用としての本素子の寸法諸元の1例を示すと、 $B=22$ mm, $H_f=24$ mm, $P_f=1.8$ mm, $T_f=0.3$ mm, $L=6$ m 前後、単重は 0.278 kg/m である。本素子の単重を 100 として比較すると、ろう付け方式による $B=22$ mm の場合はおよそ $105\sim 118$ となるので、軽量化も計られているわけである。

3. 伝熱性能

風洞試験によって測定した本素子の伝熱性能、すなわち、フィン側の熱コンダクタンス α_0 (kcal/m²h²C), 交換熱量 $\alpha_0 \cdot A_{0f}$ (kcal/h²C, ここに、 A_{0f} は熱交換器コアのフィン側伝熱面積 m²), および空気側圧力損失 ΔP (mmAq) を P_f との関係において図1に、同様に B との関係において図2にそれぞれ示す。

図1 パインチューブAの伝熱性能に及ぼすフィン間隔の影響。(空気重量速度 $G_a=5$ kg/m² s, コア前面面積 0.16 m²)

図3はカークーラ・コンデンサについて市販のゴルゲート・フィン型のもものと比較して $\alpha_0 \cdot A_{0f}$, α_0 , ΔP を前面面積 1 m² の場合について前面空気重量速度 G_a (kg/m² s) との関係において示した1例である。本素子の α_0 はゴルゲート・フィン型のものよりおよそ 30% 高い値をもち、これは次の理由によるものと考えられる。

- (1) フィンが冷媒管路と一体化されていること。
- (2) 空気流の方向にフィンが分割されているため、前縁効果が有効に利用されていること。
- (3) 切り起されたフィンは根元が空気流方向に対して

図2 パインチューブAの伝熱性能に及ぼす冷媒管路幅の影響。(空気重量速度 $G_a=5$ kg/m² s, コア前面面積 0.16 m²)

図3 パインチューブAとゴルゲート・フィン型カークーラ・コンデンサの伝熱性能の比較。(前面面積 1 m²)

およそ 20° の角度をもち、フィンの高さ方向中央部でほぼ平行となり、先端では逆に -20° となるように成形されている。これによって、 ΔP を増加させることなく空気の攪拌を生じやすい。

著者らは熱交換器を設計するに当たって必要な $\alpha_0 \cdot A_{0f}$, α_0 ならびに ΔP などの基礎伝熱性能を本素子の寸法諸元よりそれぞれ算出できる実験式(1)~(3)を確立したので、要求される伝熱性能にフィン条件を適合させることができる。

$$\alpha_0 \cdot A_{0f} = C_1 \cdot B^{0.7} \cdot H_f^{-0.8} \cdot P_f^{-0.9} \cdot T_f^{0.3} \cdot M^{0.4} \quad (1)$$

$$\alpha_0 = C_2 \cdot B^{-0.35} \cdot H_f^{-0.8} \cdot P_f^{-0.15} \cdot T_f^{0.3} \cdot M^{0.4} \quad (2)$$

$$\Delta P = C_3 \cdot B^{0.6} \cdot H_f^{-0.6} \cdot P_f^{-1.7} \cdot T_f^{1.2} \cdot M^{0.4} \quad (3)$$

ここに、 C_1, C_2, C_3 は G_a に関する定数である。

4. 生産実績

本素子は前述したように熱交換器として組み立て上の利点をもち、かつ、 α_0 が高く、軽量性があるカークーラ・コンデンサ用として適している。蛇行曲げされた本素子は大手カークーラ製造会社でコンデンサ完成品に組み立てられ、国内外に市販されており、その 1 例を写真

写真3 パインチューブを用いたカークーラ・コンデンサ。

3 に示す。昭和 48 年以降、現在までの販売実績は 30 万枚余、アルミニウム重量で 500 t に達している。

5. 特 許

本技術は特許 No. 858524 (昭和 52 年 5 月 16 日) として確立しており、現在出願中のものは国内で 2 件 (特開昭 49-126939, 52-33898), 米国およびオーストラリアに各 1 件である。

6. お わ り に

アルミニウム押出多孔偏平管の両外面山型突条部を切り起して、薄肉フィンを成形する本技術は、アルミニウムにおける新加工技術を開発確立したのと同時に、従来のものと比べて高性能で、かつ経済性に富んだ熱交換素子を市場に供給可能としたわけである。アルミニウムのもつ優れた伝熱特性、耐食性、加工性を生かして熱交換器分野への需要拡大を一段と期待する所である。

文 献

- (1) フィン根元角度等の影響については、平田勝彦，竹内勝治：住軽金技報，14(1973)，191 を参照されたい。