

アルミニウム協会賞 平成29年度開発賞受賞

親水性および排水性に優れたプレコートフィン材の開発*

荻原 加奈**, 藤村 涼子**, 笹崎 幹根**

Development of Pre-coated Aluminum Fin Stock with Excellent Hydrophilicity and Drainage*

Kana Ogihara**, Ryoko Fujimura** and Mikine Sasazaki**

1. はじめに

エアコンは一般家庭内で最も電力消費量が多い電気機器のひとつであり、環境への負荷を低減するために電力消費量削減による省エネルギー化が厳しく求められている。一方、消費者からは電気代削減という面からの省エネルギー化の他に、室内での快適性向上が求められる。快適性を阻害する要因として、冷房運転では室内の場所による温度のばらつき、暖房運転では定期的発生する冷気の吹き出しなどが挙げられる。暖房運転時には、室外機の熱交換器を利用して、外気から熱を吸収し、その熱を室内へと運搬する。外気から熱を吸収するためには室外機の熱交換器を外気温以下にする必要がある、その温度は大抵氷点下となる。この時に、空気中に含まれる水蒸気が熱交換器付近で冷却されることにより、霜となってフィンの表面に付着する。フィン表面に付着した霜は徐々に厚い層となっていく、最終的にはフィン間を閉塞させ、熱を吸収することが困難となってしまう (Fig. 1)。そこで、定期的に除霜運転を行う。除霜運転中は暖房運転が停止するため、暖気を作ることができず、室内には冷気が吹き出すこととなる。従って、快適性を向上させるためには、除霜運転をする回数を減らし、その時間を短くすることが有効である。すなわち、フィン間に付着する霜の成長を抑制し、フィン間が閉塞するまでの時間(着霜時間)が長くなり、かつ除霜時に霜が落ちやすい性質を有するフィン材の開発が望まれている。これまでの研究¹⁾から、着霜時間の延長と除霜時間の短縮にはフィン表面の性能が支配的であることが分かっている。

本報では、親水性及び排水性に優れたプレコートフィン材を実用化したので紹介する。

2. 開発目標

エアコン用プレコートフィン材は、水滴がフィン表面に付着すると、フィン間を閉塞させてしまうため、表面を親水性にすることが要求されてきた。表面を親水性にした場合、水滴が付着しても濡れ拡がり、水膜となるため、フィン間を閉塞させることは抑制される。一方、暖房運転中の室外機では、熱交換器が氷点下となるため、この水膜を起点として霜が発生して成長し、結果的にフィン間の閉塞が促進されてしまう。そこで当社では、2014年に着除霜性に優れたフィン材として親水性でありながら、付着した水滴が滑落する(滑水性)という、相反する性能を合わせ持つ「親水滑水フィン」

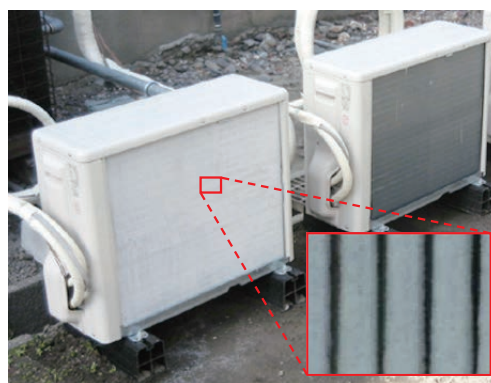


Fig. 1 Appearance of outside unit of frosted air conditioner.

* 本稿はアルミニウム 25-103 (2018), 5-8に掲載された内容を改訂

This paper was the revision of the paper published in Aluminum 25-103 (2018), 5-8 for the special features of Development Award of Japan Aluminum Association in 2017.

** (株)UACJ R&Dセンター 第五開発部

Development Department V, Research & Development Division, UACJ Corporation

を開発した。当社での熱交換器単体評価試験において、親水滑水フィンが親水フィンと同等の熱交換性能を有しながら、霜がフィンに付着してフィン間を閉塞させるまでの時間（着霜時間）が16%延長されることを確認した。着霜時間の延長が可能となった理由として、塗膜表面に付着した水滴がその場にとどまらず滑落するため、起点となる水膜ができず、霜の成長が遅いことが挙げられる。また、親水滑水フィンは除霜時にも、溶けた霜がすばやく滑落することから、除霜にかかる時間も短縮可能であった。これらの性質から、熱交換器からの水の排出しやすさ（排水性）には塗膜表面における水の滑落しやすさ（滑水性）が寄与していると考えられる。そこで、除霜時間をより短縮すべく、親水性でありながら塗膜表面の滑水性を向上させたプレコートフィン材の開発に取り組んだ。親水性の目標は、接触角 30° 以下、滑水性の目標は転落角 13° 以下とした。

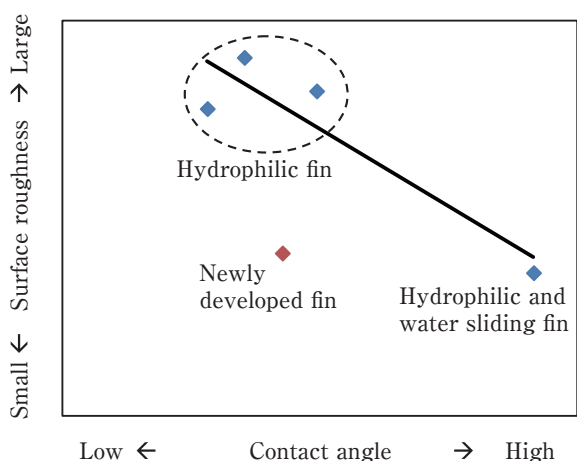


Fig. 2 Relationship between surface roughness and contact angle.

Table 1 Relationship between surface roughness and water sliding angle.

| | Surface roughness | Water sliding angle |
|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| Hydrophilic fin① | Large | No water sliding |
| Hydrophilic fin② | | |
| Hydrophilic fin③ | | |
| Hydrophilic and water sliding fin | Small | 13° |
| Newly developed fin (target value) | < Hydrophilic and water sliding fin | < 13° |

Table 2 Surface roughness of developed fin.

| Sample | Roughness (nm) |
|-----------------------------------|----------------|
| Newly developed fin | 30 ~ 50 |
| Hydrophilic fin | 300 ~ 400 |
| Hydrophilic and water sliding fin | 20 ~ 40 |

現在、当社にて量産している親水フィンおよび親水滑水フィンの表面粗さと接触角を測定すると、親水性が良好な親水フィンは表面粗さが大きく、親水性の劣る親水滑水フィンは表面粗さが小さくなっている (Fig. 2)。これはWenzelの式(1)に表されており、 θ_w を粗い面上での接触角、 θ を同じ材質の平坦面での接触角とすると、 $\theta < 90^\circ$ では $\theta_w < \theta$ となることが分かる。すなわち、表面粗さの増加に伴い、親水性表面では接触角が低くなる。

$$\cos \theta_w = r \cos \theta \quad (1)$$

一方、滑水性を向上させる手段としては、塗膜表面を平滑にすることが挙げられる (Table. 1)。

これらの相反する性質を両立すべく、表面粗さが小さくても親水性を発現し、滑水性も発現するような塗膜を目標とした。実際の開発フィンの表面凹凸は親水滑水フィンよりも大きくなってはいたが、接触角は低くなり、良好な親水性を示した (Table. 2)。

3. 親水性および滑水性

3.1 供試材

今回開発したプレコートフィン材に加え、2014年に開発した親水滑水フィンおよび汎用的に用いられている親水フィンを比較材として、3種のフィン材の親水性および滑水性を評価した (Table. 3)。基材はいずれも0.1 mm厚のアルミニウム化成処理板を用い、各供試塗膜が厚さ $1 \mu\text{m}$ になるよう塗装した。塗装はいずれもラボにて実施し、バーコータを用いて塗装した。

3.2 評価方法

3.2.1 親水性

初期親水性の評価は、塗装したフィン材の上に純水 $2 \mu\text{L}$ を滴下し、30秒後に水滴両端の水接触角を測定した。接触角の測定には協和界面科学製全自動接触角計 (DM-701) を使用し、 $\theta/2$ 法にて測定した。

次に、親水持続性の評価は、塗装したフィン材を純水に2分浸漬し、6分風乾することを1サイクルとし、1200サイクル後の水接触角を測定した。

Table 3 Specification of surface treatment.

| Sample | Resin | Coating thickness (μm) |
|-----------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| Hydrophilic fin | Acrylic resin | 1 |
| Hydrophilic and water sliding fin | Acrylic resin | 1 |
| Newly developed fin | Acrylic resin | 1 |

3.2.2 滑水性

初期滑水性の評価は、塗装したフィン材の上に純水 10 μL を滴下し、30秒経過後から1°/secの速度でフィン材を傾斜させ、水滴の前進端が0.2 mm動いた時の角度（転落角）を測定した。転落角の測定には前述の接触角計を使用した。なお、滑水時に後進端が動かなかった場合、滑水せずと判定した。

次に、滑水持続性の評価は、前述の親水持続性と同様のサイクル試験を実施し、1200サイクル後の転落角を測定した。

3.2.3 低温における滑水速度

JIS B 8615-1:2013 6.暖房試験におけるH2温度条件（乾球温度2℃，湿球温度1℃）に設定した恒温恒湿槽内にて滑水速度を評価した。

滑水速度は、塗装したフィン材を垂直な板に貼り付け、水滴10 μL が100 mm滑り落ちるまでの時間を測定した。

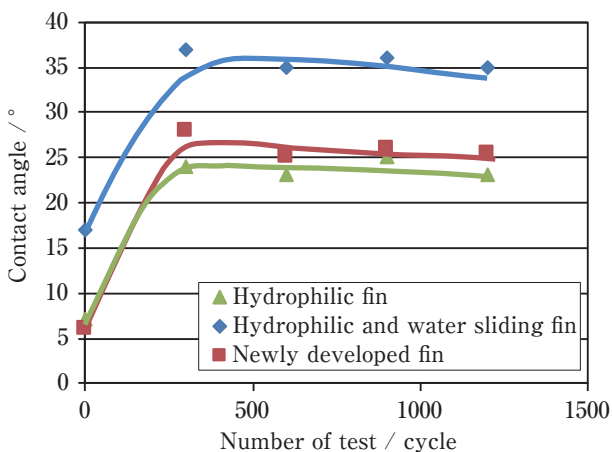


Fig. 3 Results of contact angle.

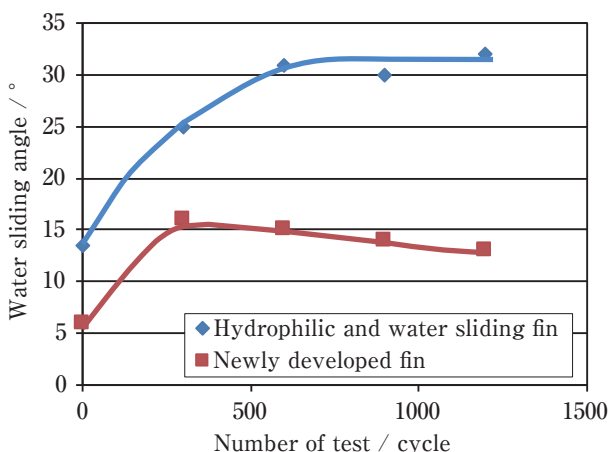


Fig. 4 Results of water sliding angle.

3.3 性能評価結果

3.3.1 親水性

各種フィン材における親水性および親水持続性を比較した結果をFig. 3に示した。開発フィン材は初期親水性および親水持続性のいずれも接触角30°以下であり、目標を達成した。

3.3.2 滑水性

各種フィン材における滑水性および滑水持続性を比較した結果をFig. 4に示した。開発フィン材は、初期滑水性および滑水持続性（1200サイクル時点）のいずれも転落角13°以下であり、目標を達成した。なお親水フィン材は、後退角が動かず水膜となってしまう、転落角は測定不可であった。

3.3.3 低温における滑水速度

各種フィン材の低温における滑水速度の評価結果をFig. 5に示した。室温2℃において、開発フィン材は親水滑水フィン材の約2.2倍速く滑水し、室温25℃では約3倍速く滑水することを確認した。開発フィン材は低温条件においても滑水性を発現することから、低温暖房条件においても良好な排水性を示すことが期待される。

4. まとめ

開発したプレコートフィン材は、現行の親水フィン材同等の親水性を示し、かつ親水滑水フィン材よりも良好な滑水性を示した。また、低温条件においても良好な滑水速度を示すことを確認した。これらの性能から、開発したプレコートフィン材は排水性の向上に貢献し、

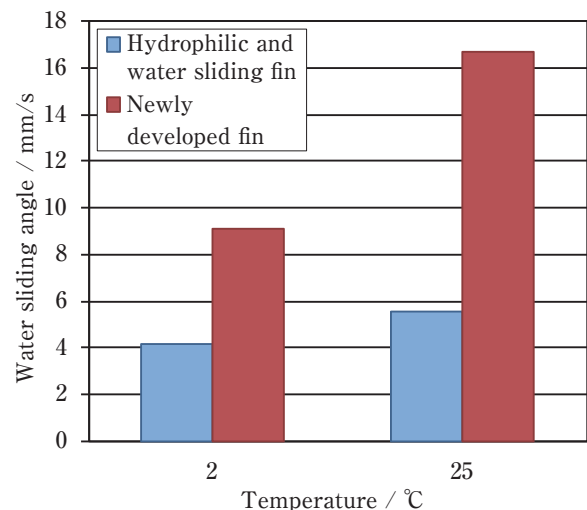


Fig. 5 Result of sliding speed at low temperature.

着除霜性が向上した。

エアコンの室外機用プレコートフィン材に求められる究極の性能として、霜がつかないこと（無着霜）が挙げられる。これまでは滑水性と着除霜性について検証してきたが、今後は滑水性以外の表面性能と着除霜性の関係を明らかにし、お客様にご満足いただける塗膜の開発に取り組む。

お問い合わせ

(株)UACJ 板事業本部 営業第二部
〒100-0004 東京都千代田区大手町1丁目7番2号
東京サンケイビル
TEL：03-6202-2672 FAX：03-6202-2031

UACJ Corporation, Flat Rolled Products Division,
Sales Division II
Tokyo Sankei Bidg., 1-7-2 Otemachi,
Chiyoda-ku, Tokyo 100-0004 Japan
TEL: 03-6202-2672 FAX: 03-6202-2031

参考文献

- 1) 笹崎幹根：UACJ Technical Report, 2-1 (2015), 38-40.



荻原 加奈 (Kana Ogihara)
(株)UACJ R&Dセンター 第五開発部



藤村 涼子 (Ryoko Fujimura)
(株)UACJ R&Dセンター 第五開発部



笹崎 幹根 (Mikine Sasazaki)
(株)UACJ R&Dセンター 第五開発部