

Gedruckt für: os-test04@gentnerverlag.de
am 01.09.2025, 12:53



Bessere Klima- und Kältetechnik-Produkte durch kleinere Kupferrohrdurchmesser

Weniger ist mehr

12.03.2014 Veröffentlicht in [Ausgabe 03-2014](#)

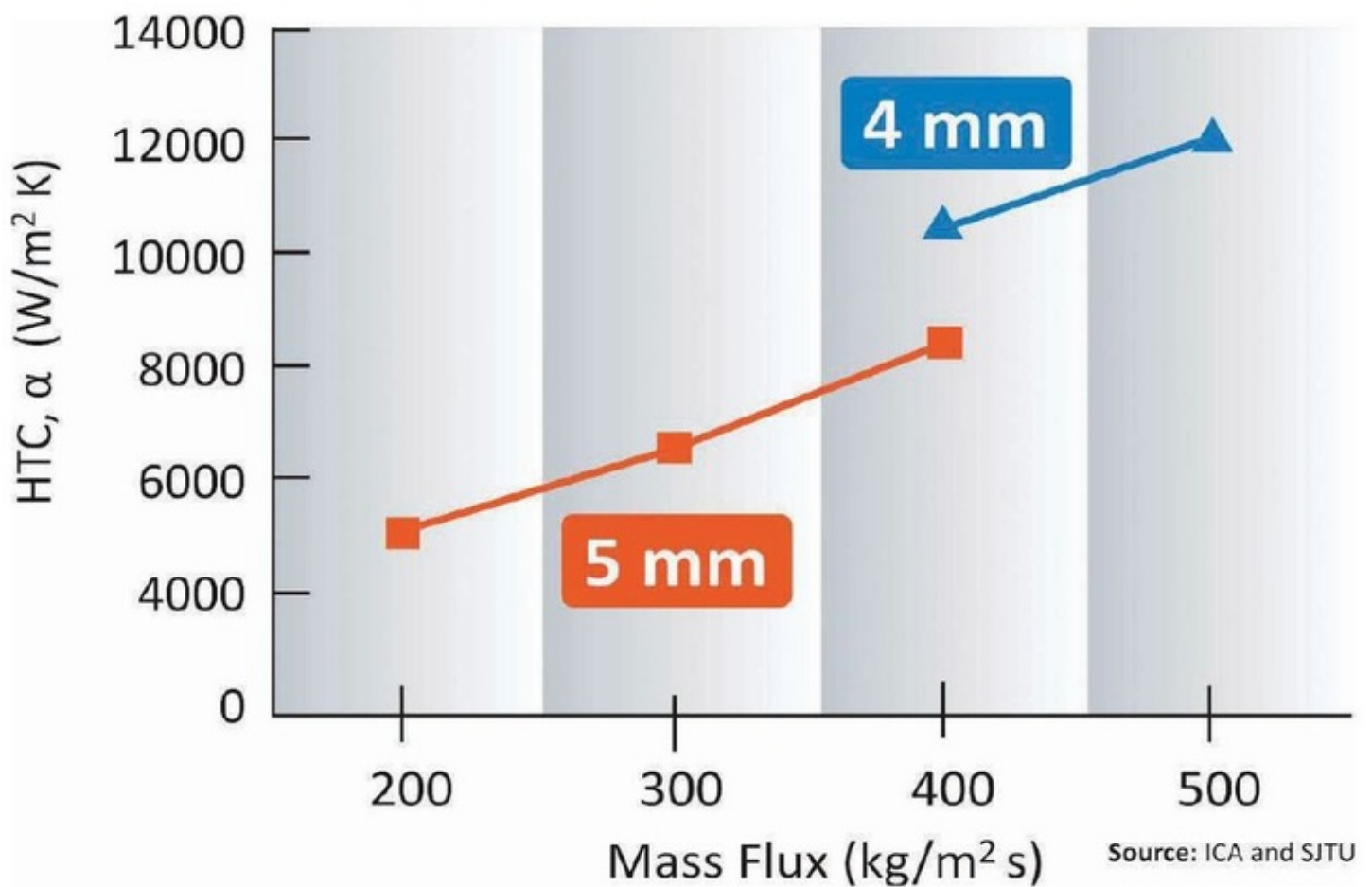


Bild 1: Der lokale Wärmeübertragungskoeffizient steigt mit zunehmendem Rohrdurchmesser, d. h. werden kleinere Rohrdurchmesser verwendet, kann bei geringerem Materialeinsatz mehr Wärme übertragen werden.

Das Prinzip weniger ist mehr, das durch den amerikanischen Erfinder R. Buckminster Fuller definiert wurde, trifft besonders gut auf Wärmeübertrager in Klima- und Kältetechnikanwendungen zu. Um die Energieeffizienz zu steigern und Materialkosten zu senken, stehen Hersteller immer wieder vor der Herausforderung, die Bauform ihrer Produkte zu überdenken. Der Schutz der Atmosphäre ist zudem ein wichtiges Kriterium, das Hersteller dazu zwingt, Kältemittelvolumen zu verringern, um das Ozonabbaupotenzial (ODP) sowie das Treibhauspotenzial (GWP) von Kältemitteln zu reduzieren. Nigel D. Cotton, Brüssel, Bob Weed, New York, Wenson Zheng, Shanghai

Bereits vor zehn Jahren war die Bauform und die Herstellung von Lamellenwärmeübertragern (RTPF) in vielerlei Hinsicht ausgereift. Die Geometrie der Lamellen war umfassend erforscht, das Design sorgfältig geplant und damit vollständig optimiert. Zudem wurde die Ausformung der Kupferrohr-Innenoberflächen auf unterschiedliche Weise durch Innovationen verbessert, um den Wärmeübergang zu steigern. Es gab eigentlich kaum noch Spielraum für Neuerungen, außer bei einem entscheidenden Konstruktionsmerkmal: dem Rohrdurchmesser.

Was den Einfluss der Rohrgröße auf die Wärmeübertragung angeht, gilt: weniger ist mehr. Das ist natürlich keine neue Erkenntnis. Dieses Prinzip wurde vielmehr immer schon von lebenden Organismen angewandt. Kapillare arbeiten z. B. sehr effektiv, was die Kühlung des Körpers angeht. Das warme Blut wäre in diesem Fall die Wärmeträgerflüssigkeit, die an die Hautoberfläche gepumpt wird. An der Hautoberfläche erfolgt dann durch den verdunstenden Schweiß die Ableitung der Wärme. Die kleinsten Blutgefäße haben einen Durchmesser von lediglich 5 bis 10 Mikrometern!

Auf dem Weg zu kleineren Rohren

Als man zum ersten Mal daran dachte, Kupferrohre mit kleineren Durchmessern einzusetzen, sah man sich vor eine enorme Herausforderung gestellt. Die Carrier Corporation nannte ihre Initiative Everest, denn es handelte sich um ein intensives, 18 Monate andauerndes Projekt, das in der Einführung einer neuen Klimaanlage-Produktlinie im Januar 2006 [1] gipfelte. Bei den neuen Produkten wurden Microtube-Wärmeübertrager mit 7-mm-Durchmessern eingesetzt, wodurch sich die Größe der neuen Einheiten signifikant verkleinerte. Das Unternehmen gewann 2006 mehrere Auszeichnungen im Bereich Fertigung und erhielt außerdem den renommierten Best Buy vom Consumers Digest für einige dieser Produkte. Der Weg in Richtung kleinere Kupferrohre war nun geebnet.

Goodman stellte 2008 seine neue SmartCoil Technologie vor, bei der er Aluminiumlamellen und 5-mm-Kupferrohre in Wärmeübertragern einsetzte. Rusty Tharp war ein Mitarbeiter des Teams, das sich mit der Entwicklung von SmartCoil-Produkten beschäftigte, als das Projekt 2007 begann. Derzeit ist er Director of Regulatory Affairs der Goodman Manufacturing Company, einem Mitglied der Daikin-Gruppe.

Viele neue Herstellungsmethoden wurden bei der Entwicklung der ersten Wärmeübertrager mit 5-mm-Kupferrohren eingeführt, erläutert Tharp. Heute setzt Goodman 5-mm-Rohre für Zentralklima-geräte mit einer Kapazität von ca. 5 bis 50 kW ein. Unser Kupferzulieferer hat uns bei der Einführung von Kupferrohren mit kleineren Durchmessern gerne unterstützt. Um als wettbewerbsfähiger Global Player auf dem Klimaanlagenmarkt mitzuspielen, ist es essentiell, einen optimalen Mix von Leistung und Produktgröße zu finden. Daher hat sich Goodman für SmartCoil-Verflüssiger als Grundlage für seine Klimaprodukte entschieden. Verflüssiger mit 5-mm-Kupferrohren werden in Houston, Texas und Fayetteville sowie Tennessee hergestellt. Dadurch ergeben sich für den Kunden eindeutige Vorteile, nämlich verringertes Kältemittelvolumen, verbesserte Energieeffizienz, kompakte Bauweise und leichte Wartung, so Tharp weiter.

Das verringerte Kältemittelvolumen ist für HVAC-Produkte ein Pluspunkt, denn als Faustregel gilt: Systeme mit geringerem Kältemittelvolumen arbeiten zuverlässiger, sagt er. 5-mm-Kupferrohre ermöglichen energieeffiziente Komfortprodukte mit geringerer Größe und niedrigerem Gewicht. Zudem sind SmartCoil-Verflüssiger bei Undichtigkeiten vom Kunden leichter zu warten. Industriemechaniker kennen sich mit Kupfer-Wärmeübertragern im Gegensatz zu MicroChannel-Aluminium-Wärmeübertragern gut aus. Letztere sind schwierig zu warten, manchmal ist die Wartung bei ungünstigen Bedingungen sogar unmöglich.

Forschungskonsortium

Inzwischen ist in China ein Konsortium entstanden, das sich mit der weiteren Entwicklung von Kupferrohren mit kleineren Durchmessern beschäftigt. Das Konsortium ist beispielhaft für industrielle Zusammenarbeit. Die wichtigsten Entwickler von Klima- und Kältetechnikprodukten (im englischen Sprachgebrauch: ACR-Produkte) wie Chigo, Gree, Haier, Kelon und Midea kooperieren mit Rohrzulieferern über die International Copper Association. Zu den teilnehmenden Forschungseinrichtungen gehörten die School of Energy and Power Engineering der Xian Jiao Tong University (XJTU) sowie das Institute of Refrigeration and Cryogenics an der Shanghai Jiao Tong University (SJTU).

Anfangs lag der Fokus auf dem Einsatz von Kupferrohren mit kleineren Durchmessern für Raumklimageräte wie Fenstereinheiten und Split-Geräte. Im stark umkämpften Markt der Hausgeräte können sich Verbesserungen der Effizienz oder Materialeinsparung als eindeutiger Wettbewerbsvorteil erweisen. Kupferrohre mit kleineren Durchmessern vereinen diese Vorteile in zweierlei Hinsicht.

Bei den Untersuchungen wurden verschiedene Wärmeübertragerausführungen simuliert, Messungen der Rohreigenschaften im Labor vorgenommen, Software-Design-Tools und Prototypen entwickelt sowie Veränderungen der Fertigungseinrichtung und der Produktionsprozesse vorgenommen.

Laborbestätigung

Das Prinzip weniger ist mehr wurde im Labor anhand einer Reihe von Experimenten durch Professor Guoliang Ding, seine Kollegen und Studenten der SJTU bestätigt. Sie prüften die lokalen Wärmeübergangskoeffizienten (HTCs) im Rohrrinnern und stellten fest, dass sich diese durch eine Verringerung des Rohrdurchmessers signifikant erhöhten [2, 3].

Die Ergebnisse bestätigten die theoretischen Modelle zur Wärmeübertragung. In einem Verflüssigerrohr wird die Wärmeenergie z. B. durch das durchströmende Kältemittel nach außen und über die isolierende Grenzschicht des langsam fließenden Kältemittels im Bereich der Innenoberfläche der Rohrleitungen transportiert. **Bild 1** zeigt den Anstieg des lokalen Wärmeübertragungskoeffizienten beim Verringern des Rohrdurchmessers. Die Ergebnisse belegen, dass der Wärmeübergang höher ist, wenn der Rohrdurchmesser durch weniger Materialeinsatz verringert wird.

Innenrippen

Darüber hinaus zeigen die Experimente, dass lokale Wärmeübergangskoeffizienten sogar bei Rohrdurchmessern von 4 mm oder weniger durch Innenrippen oder microfin-Strukturen weiter verbessert werden können. **Bild 2** zeigt, wie sich der lokale Wärmeübergangskoeffizient in Rohren mit kleineren Durchmessern durch Innenrippen verbessert.

Die Gestaltung der Innenoberflächen bleibt weiterhin Gegenstand intensiver Forschungsarbeiten. Die Rohrzulieferer des ICA haben eigene Verbesserungen zur Auflösung der Isoliergrenzschichten in Verflüssigern und Beschleunigung der Nukleierung von Gasbläschen in Verdampfern entwickelt. Die effizientesten Modelle sind anwendungsspezifisch.

Die ICA bezeichnet die Technologie der kleineren Durchmesser und der innenberippten Oberflächen der Kupferrohre als MicroGroove-Technologie, was sowohl auf den kleinen Durchmesser (micro) verweist als auch auf Verbesserung der Rohrinnenoberfläche durch Rippen (grooves) oder Lamellen (microfins). Die Bezeichnung kann sich auch auf Wärmeübertrager beziehen, in denen Rohre mit MicroGroove-Technologie verbaut sind.

Querschnitt

Der kleinere Querschnitt eines MicroGroove-Rohres hat Einfluss auf die Durchflussrate und den Druckabfall in einzelnen Rohren, siehe **Bild 3**. Bei einem Rohr mit kleinerem Durchmesser ist der Druckabfall bei einer bestimmten Durchflussrate des Kältemittels höher.

Aus diesem Grund eignen sich nicht alle ACR-Anwendungen für kleinere Rohrdurchmesser. Konventionelle Kupferrohre mit Durchmessern von 3/8" (9,52 mm), 5/8", 1" oder mehr werden weiterhin in vielen Anwendungen verwendet werden, insbesondere dann, wenn hohe Durchflussraten Vorrang vor Wärmeübergangskoeffizienten haben. Bei Raumklimageräten lässt sich der höhere Druckabfall durch eine Veränderung des Rohrkreislaufs einfach anpassen.

Rohrkreislauf und Lamellenform

Druckabfälle können verringert werden, indem die Anzahl der Stränge durch den Wärmeübertrager erhöht und die Stränge selbst verkürzt werden. Das heißt, der Rohrkreislauf kann angepasst werden, um die Durchflussrate durch den Wärmeübertrager zu erhöhen. Die Suche nach einem optimierten Kreislauf wird in der Regel durch eine Wissensbasis unterstützt, die Simulationen zielgerichtet für umsetzbare Bauformen verwendet. **Bild 4** zeigt ein einfaches Beispiel, wie ein Rohrkreislauf angepasst werden kann, um Rohre mit kleineren Durchmessern aufzunehmen.

Die Optimierung der Lamellen sollte bei der Konstruktion neuer Wärmeübertrager nicht unterschätzt werden. Die optimale Lamellenform bei kleineren Rohrdurchmessern kann sich von der für konventionelle Rohre deutlich unterscheiden. Rohre mit kleineren Durchmessern verfügen über einen geringeren Formwiderstand als Rohre mit größeren Durchmessern. Daher sind MicroGroove-Wärmeübertrager, wenn alle anderen Faktoren gleichbleiben, kompakter und effizienter als konventionelle Wärmeübertrager, was die Wärmeübertragung außerhalb des Rohres anbelangt. Deshalb ist es wichtig, die Lamellenform zu überdenken und zu optimieren, wenn Rohre mit kleineren Durchmessern eingesetzt werden. Konventionelle Lamellentypen sind möglicherweise nicht mehr optimal.

Die Auswirkungen von Rohrkreislauf und Lamellenform auf die Wärmeübertragerleistung wurden genau untersucht; optimale Konfigurationen können mit den neuesten Software-Tools identifiziert werden. Prüfungen anhand von Wärmeübertrager-Prototypen und Messungen der tatsächlichen Leistung im Labor haben ergeben, dass die Ergebnisse dieser Simulationen heute mit der tatsächlichen Wärmeübertragerleistung sehr genau (Abweichung von einem Prozent) übereinstimmen.

Geht man heute von exakten Wärmeübertragungskoeffizienten aus, können diese Simulationen den Optimierungsprozess für den Wärmeübertragerkreislauf und das Lamellendesign beschleunigen. Zu diesem Thema wurden einige Publikationen von den Mitgliedern des Forschungskonsortiums [4 6] sowie in den Fachmedien [7 8] veröffentlicht.

Rusty Tharp von Goodman berichtet ebenfalls, dass der Druckabfall durch die genaue Zahl der Kältemittelstränge (Kreisläufe) in jedem Verflüssiger kontrolliert wurde. Die Aluminium-Lamellen selbst wurden durch die Bauweise und den Abstand der Kupferrohre mit kleinerem Durchmesser offensichtlich verändert. Die Wärmeübertragung wurde laut Tharp durch die Auswahl von verbesserten Aluminium-Lamellen optimiert. Und weiter: Goodman verwendet bei allen Produktentwicklungen Computersimulationen.

Herstellungsmethoden

Nachdem das Prinzip weniger im Labor nachgewiesen werden konnte, waren die OEMs (englisch: Original Equipment Manufacturer, Erstausrüster) stark motiviert, erforderliche Produktionsmethoden für die Massenfertigung zu entwickeln.

Glücklicherweise können bekannte Produktionstechnologien auch bei Rohren mit kleineren Durchmessern verwendet werden. Bei der Ausrüstung und den eingesetzten Techniken handelt es sich um abgewandelte Ausrüstung zum Bau konventioneller Rohre. Folgende Herstellungsprozesse werden angewandt:

- Lamellenstanzung (Fin Stamping), mithilfe eines Formwerkzeugs, um Lamellen aus Aluminium- und Kupferblechen herzustellen
- Rohrbearbeitung, einschließlich Vorrichtung zum Biegen von Haarnadeln, Ablängmaschine und Produktion von Umkehrbögen
- Handhabung und Zusammenbau, dazu zählen Prozesse zum Aufschichten der Lamellen und das Einstecken der Rohrleitungen durch die Lamellen
- Aufweitung, sorgt für den Kontakt zwischen Rohr und Lamelle

Bei Rohren mit kleineren Durchmessern ist bei jedem dieser Schritte eine strengere Prüfung der Toleranzen erforderlich. Bei Rohren mit kleineren Durchmessern kann die Qualität des Rohrmaterials für den Herstellungsprozess entscheidend sein; möglicherweise müssen Werkzeuge oder Anlagen geändert werden, in einigen Fällen wird ggf. eine neue Ausrüstung benötigt. Wärmeübertragerproduzenten kennen jedoch die Herstellungsprozesse und die erforderlichen Anpassungen.

Die oben genannte Ausrüstung ist im MicroGroove-Webinar mit dem Titel The Manufacture of ACR Coils with Smaller Diameter Copper Tubes abgebildet und beschrieben. Das Webinar wurde von Appliance Design und ACHR News im März 2012 gehalten. Inzwischen ist das gespeicherte Webinar auf YouTube verfügbar, die Bilder und Texte können unter Webinar auf der Seite microgroove.net heruntergeladen werden.

Neue Haarnadelbiegemaschinen, Lamellenpressen bzw. -werkzeuge, Aufweitungsanlagen sowie die dazugehörigen Bauteile wurden von Goodman bereitgestellt, um die Serienfertigung der neuen Wärmeübertrager zu ermöglichen. Das Einschieben langer, kleiner Haarnadeln war anfangs schwierig. Auch das Aufweiten langer Wärmeübertrager mit kleinen Rohren, von kleinen Durchmessern ohne Verbiegen der Aufweitstangen, stellte eine große Herausforderung dar, so Tharp. Das Verändern der Lamellenbearbeitung und der Wärmeübertrager-Verrohrung gehörte zu den schwierigsten Aufgaben bei der Umstellung von 3/8"-Kupferrohren auf 5-mm-SmartCoil-Kupferrohre. Diese Herausforderung wurde erfolgreich gemeistert. Wir verfügen nun über einen verlässlichen und flexiblen Herstellungsprozess, was für unseren Produktmix entscheidend ist, resümiert Tharp.

Rohraufweiter ohne Schrumpfung

In einem typischen Herstellungsprozess werden die Rohre aufgeweitet, indem eine Kugel durch das Rohr gedrückt wird, die im Durchmesser etwas größer ist als das Rohr. Durch das Aufweiten wird ein stabiler Kontakt zwischen Rohren und Lamellen hergestellt. Bei der Rohraufweitung vergrößert sich auch der Umfang des Rohres. Für ein konstantes Kupferrohrvolumen erfordern geometrische Überlegungen, dass die Rohraufweitung mit einer Reduktion der Rohrlänge oder Reduktion der Wandstärke einhergeht. Wird die Rohrlänge konstant gehalten, kann dies durch eine geringfügige Verringerung der Rohrwandstärke kompensiert werden. Andernfalls muss die gesamte Rohrlänge reduziert werden.

Für Fenstereinheiten und Split-Geräte berichten OEMs von veränderten Rohrlängen nach dem Aufweiten der Rohre. Die mangelnde Kontrolle über die endgültigen Rohrlängen nach der Aufweitung kann in einigen Fällen zu einer Störung der nachfolgenden automatisierten Schritte führen, zum Beispiel das Verbinden der Umkehrbögen mit den offenen Rohren.

Viele OEMs haben dieses Problem gelöst, indem sie einen Aufweiter ohne Schrumpfung verwenden, bei dem die Rohrlänge während der Aufweitung konstant bleibt. Die Zhongshan OMS Industrial Co., Ltd. stellt beispielsweise eine Aufweitanlage ohne Schwund her.

Bild 5 zeigt eine schrumpflose Aufweitanlage, die derzeit bei der Herstellung von Wärmeübertragern für Raumklimageräte eingesetzt wird. Zum Vergleich zeigt **Bild 6** eine Aufweitanlage von Burr OAK Tool Inc. In letzterem Fall sind die Rohre vertikal ausgerichtet, da Kugeln durch die Rohre gedrückt werden.

Nicht alle OEMs verwenden schrumpflose Aufweitanlagen. Einige haben eigene Methoden entwickelt, um Rohre aufzuweiten und die Längenunterschiede zu kompensieren.

Berstdruck

Der Vorteil von Rohren mit kleineren Durchmessern ist, dass sich der Berstdruck bei abnehmendem Durchmesser und gleichbleibender Rohrwandstärke erhöht. Dieser fundamentale Zusammenhang leitet sich von grundlegenden Rohrleitungskonzepten ab. Dadurch kann die Rohrwandstärke reduziert werden und es ergeben sich weitere Materialeinsparungen. Dünnere Wandstärken erfordern auch weniger Kraftaufwand beim Aufweiten der Rohre.

Bei einigen Kältemitteln benötigt der Kältemittelkreis höhere Drücke, weshalb die Berstdruckfestigkeit der Rohre höher sein muss. Ein extremes Beispiel ist die Verwendung des Kältemittels R 744. Für den transkritischen R 744-Kreislauf kann CO₂ auf 10 MPa Druck oder mehr komprimiert werden. Hier ist eine höhere Berstdruckfestigkeit essentiell! Bei Kupferrohren mit kleineren Durchmessern können diese hohen Drücke sehr gut kontrolliert werden.

Tharp führt an, dass die Berstdruckfestigkeit von 5-mm-SmartCoil-Kupferrohren, die von Goodman verwendet werden, höher ist als von Kupferrohren mit einem Durchmesser von 3/8".

Antimikrobielle Wärmeübertrager

Eine weitere Entwicklung ist das zunehmende Interesse an Wärmeübertragern, die komplett aus Kupfer bestehen. Der Grund für dieses gestiegene Interesse liegt in den antimikrobiellen Eigenschaften von Kupfer. Um von diesen Eigenschaften zu profitieren, müssen Kupferrohre nicht beschichtet werden. Es sind lediglich Kupferlamellen und Kupferrohre erforderlich.

Auf Aluminium oder Edelstahl können sich Bakterien leichter entwickeln, da diese Materialien keine nachweislichen antimikrobiellen Eigenschaften besitzen. Auf diesen Materialien können sich Beläge bilden, die das weitere Wachstum von Mikroorganismen fördern. Das Wachstum von Bakterien, Schimmel und Pilzen auf Kupferoberflächen wird aufgrund der antimikrobiellen Eigenschaften von Kupfer unterdrückt, somit sind die Oberflächen sauberer und leichter instand zu halten.

Die hohe Wärmeleitfähigkeit von MicroGroove-Rohren passt ideal zu der hohen Wärmeleitfähigkeit von Kupferlamellen und ermöglicht eine kompaktere und leichtere Bauweise.

Die Forschungsergebnisse der Copper Alliance wurden offiziell von der US-Umweltschutzbehörde (EPA) durch die Verordnung zu behandelten Artikeln (Treated Article Exemption) für Kupferlegierungen in HVAC-Anwendungen (Heating, Ventilation and Air Conditioning) bestätigt. Die Verordnung vom September 2010 ermöglicht, dass für Kupfer-HVAC-Komponenten in den USA Produktschutzansprüche geltend gemacht werden können. Diese Produkte haben nachweislich die Eigenschaft, das Wachstum von Bakterien, Schimmel und Pilzen zu unterdrücken, welche die Systemeffizienz und Produktqualität beeinträchtigen oder zu Geruchsbildung führen können.

Blick nach vorn

Wie sieht die Zukunft für Kupferrohre mit noch kleineren Durchmessern aus, was das Gerätedesign und die Herstellung anbelangt? Wenn sich weitere Verbesserungen im Hinblick auf Optimierung von Wärmeübertragung, geringerem Kältemiteileinsatz und kompakteren Bauformen ergeben, werden wir alle Optionen genau untersuchen, meint Tharp.

Wer weiß, was der nächste große Schritt für MicroGroove-Rohre mit kleinerem Durchmesser sein wird? Ist es der zunehmende Einsatz von Wärmepumpen, oder sind es variable Kältemittelmengen, neue synthetische und natürliche Kältemittel? Die Eliminierung von Undichtigkeiten in Supermärkten, die Entwicklung von energieeffizienten Kühlmöbeln, die Integration von Heißwassersystemen mit Klimatisierung, Kältespeichersysteme oder die steigende Nachfrage nach Netto-Null-Energie-Häusern?

Was die Zukunft auch bringen mag, es ist eine gute Zeit für die Produktentwicklung der Klima- und Kältetechnikbranche. Der nächste große Schritt in der Klima- und Kältetechnikbranche könnten kleinere Rohrdurchmesser in Wärmeübertragern sein. Und sie könnten aus Ihrer Werkstatt kommen. Werden MicroGroove-Rohre der Schlüssel zu Ihrem Erfolg sein? Nehmen Sie an unserer Diskussionsrunde teil auf:

<http://www.microgroove.net>

Quellen

- [1] Innovation Winner: Carrier Corp. von Beth Stackpole, Managing Automation, Juni 2006
- [2] Guoliang Ding et al.: Condensation Heat Transfer Characteristic of R410A-oil Mixture inside Small Diameter Smooth Copper Tubes, ASME-ATI-UIT-10, 2010
- [3] Guoliang Ding et al.: Two-phase Heat Transfer Characteristics of R 410 A-oil Mixture Flow Condensation inside Small Diameter Microfin Copper Tubes, ASME-ATI-UIT-10, 2010
- [4] Wei-kun Ding et al.: Development of Small-diameter Tube Heat Exchanger: Circuit Design and Performance Simulation, ASME-ATI-UIT, 2010
- [5] Jufang Fan et al.: Development of Small-diameter Tube Heat Exchanger: Fin Design and Performance Research, ASME-ATI-UIT, 2010
- [6] Wei Wu et al.: Principle of Designing Fin-And-Tube Heat Exchanger with Smaller Diameter Tubes for Air Conditioner, the Fourteenth International Refrigeration and Air Conditioning Conference, Purdue University, 2012
- [7] Nigel Cotton and Wenson Zheng: Designing for Efficient Heat Transfer A step-by-step procedure for optimizing the use of small diameter tubes in eco-friendly AC designs, appliance DESIGN, Juli 2012, <http://www.appliancedesign.com/articles/93186-designingforefficient-heat-transfer>
- [8] Nigel Cotton: Cool Technology: Small copper tubes make a big impact on air-conditioner efficiency, Machine Design, 23. August 2012, <http://www.machinedesign.com/news/cooltechnology-small-copper-tubemake-big-impact-air-conditionerefficiency>

Hinweis 1: ASME-ATI-UIT-10 The American Society of Mechanical Engineers (ASME), Associazione Termotecnica Italiana (ATI), Unione Italiana di Termofluidodinamica (UIT) und International Centre for Heat and Mass Transfer (ICHMT). Conference on Thermal and Environmental Issues in Energy Systems, Sorrent, Italien, Mai 2010.

Hinweis 2: Links zu technischer Literatur von MicroGroove finden Sie unter dem Kästchen Technical Materials auf der Website von microgroove.net oder direkt unter: <https://www.microgroove.net/technical-literature> .

Nigel D. Cotton

Global Team Leader von MicroGroove im European Copper Institute (ECI) in Brüssel

Bob Weed,

Vice President OEMs für die Copper Development Association (USA), New York City

Wenson Zheng,

Deputy Director of Technology für den ICA, in der Vertretung des ICA in Shanghai tätig. ICA, ECI und CDA gehören zur Copper Alliance.

Nigel D. Cotton, Brüssel, Bob Weed, New York, Wenson Zheng, Shanghai

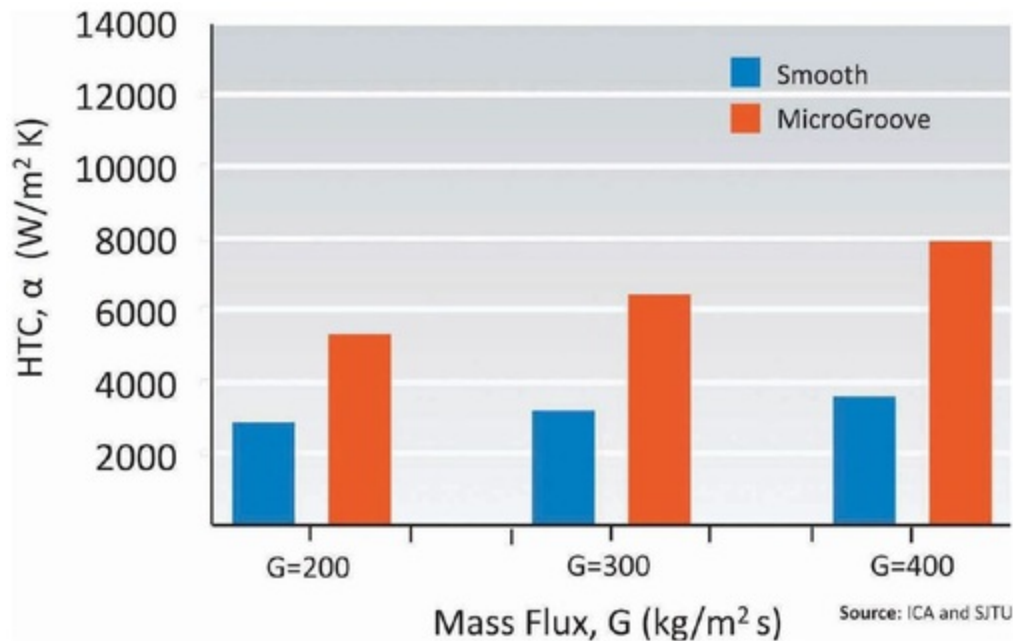


Bild 2: Innenrippen oder „microfin“-Strukturen können lokale Wärmeübergangskoeffizienten verbessern. (Durch Messungen im Labor bei Kupferrohren mit 5-mm-Durchmessern mit und ohne Verbesserungen der Innenoberfläche bestätigt.)

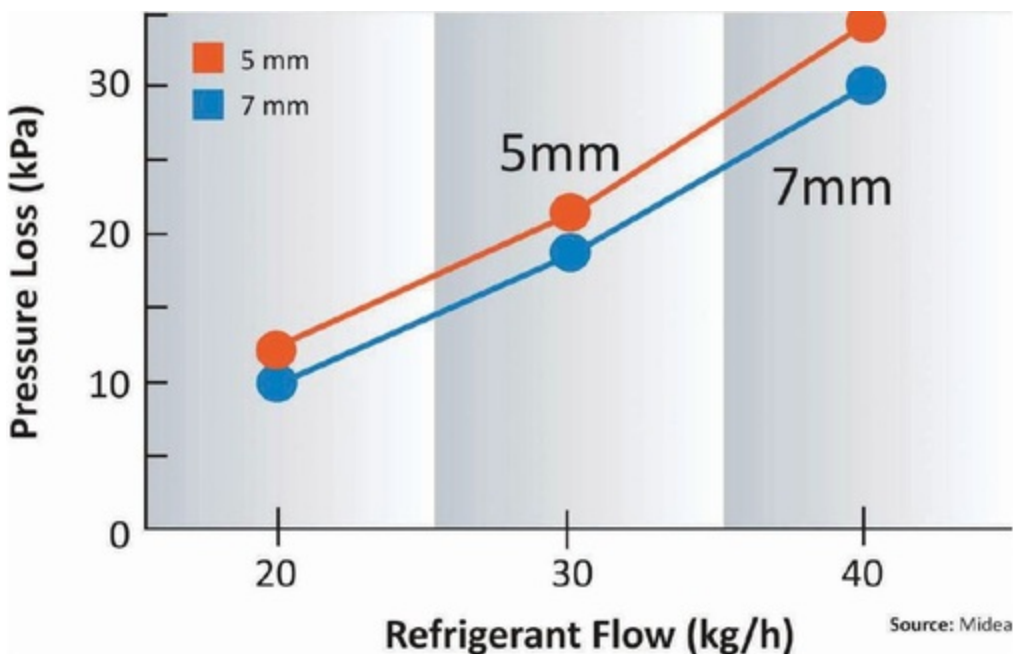


Bild 3: Bei Rohren mit kleinerem Durchmesser ist der Druckabfall bei einer vorgegebenen Kältemitteldurchflussrate durch das Rohr höher.

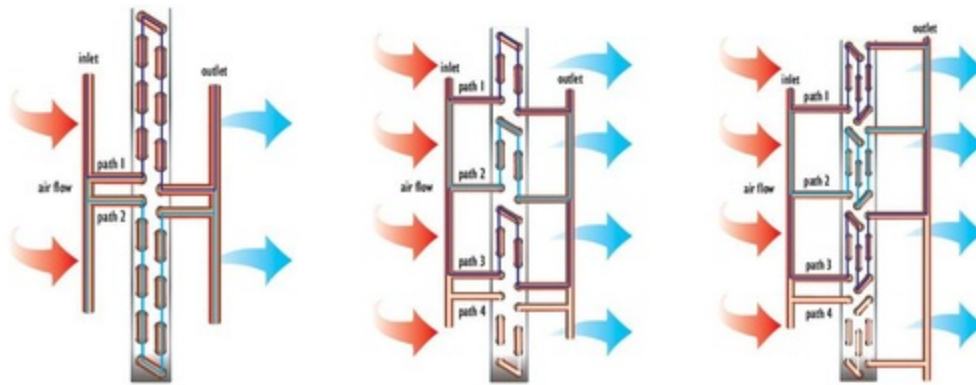


Bild 4: Der Rohrkreislauf kann angepasst werden, um Rohre mit kleinerem Durchmesser aufzunehmen.



Bild 5: Eine schruppflose Aufweitungsanlage von Zhongshan OMS Industrial wird für die Produktion von Wärmeübertragern mit kleineren Kupferrohrdurchmessern für Klimageräte im Wohnbereich verwendet.



Bild 6: Diese vertikal ausgerichtete Aufweitungsanlage von Burr OAK Tool Inc. wurde speziell für die Aufweitung von 5-mm-Rohrdurchmessern entwickelt.

Gedruckt für: os-test04@gentnerverlag.de

am 01.09.2025, 12:53

URL: <https://www.diekaelte.de/top-thema/bessere-klima-und-kaeltetechnik-produkte-durch-kleinere-kupferrohrdurchmesser-weniger-ist>