

Hochtemperatur Wärmepumpe mit HFO und HCFO Kältemitteln – Systemdesign, Simulation und erste experimentelle Ergebnisse

Cordin Arpagaus^{1*}, Manuel Prinzing¹, Frédéric Bless¹, Michael Uhlmann¹, Elias Büchel¹, Stefan Frei¹, Ralph Kuster¹, Jürg Schiffmann², Stefan S. Bertsch¹

¹ NTB Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs, Institut für Energiesysteme IES,
Werdenbergstrasse 4, 9471 Buchs, Schweiz

cordin.arpagaus@ntb.ch

² Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Laboratory for Applied Mechanical Design,
Rue de la Maladière 71b, 2002 Neuchâtel, Schweiz

* Korrespondenzautor

Kurzfassung

Hochtemperatur Wärmepumpen (HTWP) mit Vorlauftemperaturen im Bereich von 100 bis 160 °C werden in den kommenden Jahren zunehmend kommerzialisiert. Wichtige Anwendungen sind identifiziert, insbesondere in der Lebensmittel-, Papier-, Metall- und Chemieindustrie, speziell für Prozesse wie Trocknung, Sterilisation, und Verdampfung. Mit Verschärfung der F-Gas-Verordnung dürfen in der nächsten Zukunft nur noch Kältemittel mit niedrigem GWP eingesetzt werden. Ersatzkältemittel für die derzeit verwendeten Fluorkohlenwasserstoffe R245fa und R365mfc werden erforscht.

Der Forschungsbedarf auf dem Gebiet der HTWP besteht insbesondere darin, den Wirkungsgrad und die Vorlauftemperatur bei Verwendung von umweltfreundlichen Kältemitteln zu erhöhen. Natürliche Kältemittel wie Wasser (R718) oder Kohlenwasserstoffe (z.B. R601 oder R600) sind vielversprechende Kandidaten. Diese erfordern jedoch spezielle Wärmepumpen-Kreislaufkonzepte mit mehrstufiger Verdichtung oder ausgeklügelte Sicherheitsmaßnahmen aufgrund der Brennbarkeit, was die Kosten erhöhen kann.

Verschiedene Hydrofluorolefine (HFOs) und Hydrochlorfluorolefine (HCFOs) wurden in jüngster Zeit entwickelt, welche sehr niedrige GWPs aufweisen, nicht brennbar sind und ein Potenzial für den Einsatz bei hohen Temperaturen ermöglichen. Die thermodynamischen Eigenschaften dieser synthetischen Kältemittel erlauben einen effizienten unterkritischen Wärmepumpenbetrieb bei Kondensationstemperaturen bis zu 160 °C.

Diese Studie untersucht die HFOs R1336mzz(Z) und R1234ze(Z), sowie die HCFOs R1233zd(E) und R1224yd(Z) und vergleicht die Leistungszahl und die volumetrische Heizleistung mit den Kältemitteln R365mfc und R245fa bei unterschiedlichen Kondensationstemperaturen und Temperaturhuben.

Auf der Grundlage von Simulationen und Literaturergebnissen wurde eine einstufige HTWP mit internem Wärmetauscher (IHX) entwickelt und aufgebaut. Mit dieser Laboranlage können verschiedene Kältemittel bei einer Heizleistung von ca. 5 bis 10 kW getestet werden. Dabei können bei Quellentemperaturen von 40 bis 80 °C Vorlauftemperaturen von 80 bis 150 °C erreicht werden. Das System arbeitet mit einem drehzahlvariablen Hubkolbenverdichter und besteht aus kommerziell verfügbaren Standardkomponenten. Der stufenlos zuschaltbare IHX gewährleistet eine ausreichende Überhitzung und dient zur Effizienzerhöhung.

Das Systemdesign, die theoretischen Simulationen und die ersten experimentellen Testergebnisse mit den Kältemitteln R1233zd(E) und R1336mzz(Z) werden vorgestellt.

Stichwörter:

Hochtemperatur Wärmepumpe, HFO, HCFO, Kältemittel, niedrige GWP, Wirkungsgrad, COP