

DKV-Forschungsbericht Nr. 61

Alexandre Alexeev

Untersuchung zur Weiterentwicklung einer
Gemisch-Joule-Thomson-Kältemaschine auf
Basis ölgeschmierter Kompressoren

1999

978-3-932715-64-8



Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Gemisch-Joule-Thomson-Kühlung auf der Basis ölgeschmierter Kompressoren. Diese Anlage ist konstruktiv einfach und kompakt. Die wartungsfreie Zeit kann weit über 20.000 Betriebsstunden liegen. Da diese Kältemaschine auf der Basis von konventionellen und daher kostengünstigen Komponenten aus der Klima- und Kältebranche gebaut wird, können die Gesamtherstellungskosten relativ niedrig gehalten werden.

Trotz des scheinbar einfachen Fließbildes liegt der Gemisch-JT-Kältemaschine ein relativ komplexes Verfahren zugrunde. Deshalb war es wichtig, zunächst die vorhandenen Erfahrungen detailliert zu analysieren, die Thermodynamik des Prozesses zu untersuchen und die Randbedingungen zu definieren, die durch die Hardware-Komponenten vorgegeben sind. Diese Fragen wurden in Kapitel 2 eingehend diskutiert.

In Kap. 3 wurde eine im Rahmen der Arbeit entwickelte Optimierungsmethode beschrieben, mit welcher rasch und übersichtlich für gegebene Randbedingungen die jeweils optimale Gemischzusammensetzung gefunden werden kann. Damit wurde eines der bisherigen Hindernisse überwunden – nämlich der erhebliche Rechenaufwand, welcher durch die große Anzahl freier Parameter verursacht wird. Diese Optimierungsmethode erleichterte die nachfolgende Bewertung verschiedener Prozeßvarianten.

In der Beschäftigung mit vielversprechenden Modifikationen des Fließbildes lag ein weiterer Schwerpunkt der Dissertation (Kapitel 4). Drei Vorschläge zur Verbesserung des Systems werden in der Arbeit erläutert: Vorkühlung durch den im Flüssigkeitsabscheider abgetrennten ölhaltigen Strom, Einsatz einer Rektifiziertrennung und Vorkühlung mit Hilfe einer separaten Kältemaschine. Es wird untersucht, welche Auswirkungen auf die Charakteristika der Kältemaschine diese Änderung haben können. Es wurde gezeigt, daß durch einfache Modifizierung des Fließbildes deutliche Verbesserungen von Gemisch-JT-Kältemaschinen (im Bereich der Effektivitäts- und Zuverlässigkeitserhöhung) erreicht werden können.

Eine Gemisch-JT-Kältemaschine mit Vorkühlstufe wurde entwickelt, in Betrieb genommen und getestet. Die Messungen zeigen, daß die Kälteleistung der Anlage stark von der Zusammensetzung des Gemisches abhängt. Mit einer geeigneten Gemischzusammensetzung wurde eine tiefste Kühltemperatur von ca. 83 K und eine Kälteleistung von ca. 100 W bei 110 K gemessen. Der Energieverbrauch der Anlage betrug dabei ca. 1.1 kW. Mit diesen Werten ist die Anlage effektiver als die zur Zeit in diesem Kälteleistungsbereich eingesetzten Gifford-MacMahon-Refrigeratoren. Sie ist auch besser als andere derzeit bekannte Gemischkälteanlagen.

Die entwickelte Gemisch-Joule-Thomson-Kältemaschine wurde zur Rekondensation von abdampfenden Argon eingesetzt. Es wurde gezeigt, daß die Verwendung einer solchen Kältemaschine zur Argon-Rekondensation wirtschaftlich sehr effektiv sein kann.

Die Gemisch-Joule-Thomson-Kältemaschine besitzt ein großes Potential. Um dieses zu nutzen, sollten noch weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Es besteht ein Bedarf an der Entwicklung einer Methode zur Analyse möglicher Einflüsse der eingesetzten Hardware-Komponenten auf die Änderungen der Gemischzusammensetzung in der Kältemaschine, und dem Ausarbeiten einer adäquaten Vorgehensweise zum „Tuning“ der Gemischzusammensetzung in der laufenden Kältemaschine.

Langfristig kann man die Forschritte erwarten, die mit der Entwicklung von besser angepaßten Einzelkomponenten (z.B. eines zweistufigen Verdichters) verbunden sind.

Weiter Modifizierungen, mit dem Ziel, die Kältemaschine zu verbilligen, müssen untersucht werden. Langzeit-Betriebserfahrungen werden weitere Hinweise auf Verbesserungsmöglichkeiten und notwendige Modifikationen bringen.