

Dichtungstechnik

Abdichtung einer Vorzeige-Kältemaschine

27.01.14 | Redakteur: Luca Meister

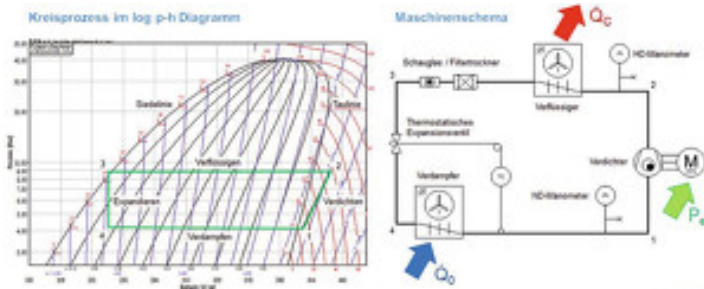


Abb.1: Im Kreisprozess werden vier Zustandsänderungen durchlaufen. (Bild: Hanser)

>> Im Rahmen eines internen Projektes wurde am Institut für Energiesysteme und Fluid-Engineering (IEFE) der ZHAW School of Engineering eine mobile Kältemaschine entwickelt, die alle relevanten Komponenten und Vorgänge bei der Kälteerzeugung anschaulich aufzeigt und so für

Studenten und Interessierte den Einstieg in das Thema erleichtert. Die Kubo Tech AG hatte bei diesem Projekt im Bereich Dichtungstechnik beratend zur Seite gestanden und die benötigten Dichtungen geliefert.

mei. In der Küche sorgt der Kühlschrank dafür, dass Lebensmittel nicht verderben. Wenn draussen die Sonne brennt, sorgen Klimaanlage drinnen für angenehme Temperaturen, sei es in Verkehrsmitteln, Warenhäusern oder Büros. Wie aber wird das Innere eines Kühlschranks gekühlt? Und woher kommt die kalte Luft der Klimaanlage? Verantwortlich dafür sind Kältemaschinen.

Bei der Produktentwicklung einer mobilen Kältemaschine für Demonstrationszwecke ist interdisziplinäres Ingenieurdenken gefordert: von der Thermodynamik über die Festigkeitslehre bis zur Dichtungstechnik.

Linkslaufender Kreisprozess

Der zu Grunde liegende thermodynamische Vorgang ist der sog. linkslaufende Kreisprozess. Dieser kann je nach Verwendungszweck für Wärmepumpen oder Kältemaschinen eingesetzt werden und ist integraler Lehrinhalt des

Maschinenbaustudiums. Der Kreisprozess im log-p-h-Diagramm sowie das Maschinenschema (Abb. 1) mit den relevanten Komponenten stellen die folgenden vier Zustandsänderungen dar, die im Prozess durchlaufen werden (Quelle: Günter Cerbe, Gernot Wilhelms 2008: Technische Thermodynamik. Carl Hanser Verlag):

- 1 → 2: Polytrope Verdichtung des Kältemitteldampfes mit Hilfe eines Drehkolbenverdichters auf das höhere Druckniveau von 9 bar
- 2 → 3: Isobare Kondensation des Kältemitteldampfes unter Abgabe von Wärme im Verflüssiger
- 3 → 4: Adiabate Drosselung des Kältemittelkondensats auf das tiefere Druckniveau von 4 bar im thermostatischen Expansionsventil
- 4 → 1: Isobare Verdampfung des Kältemittels unter Zufuhr von Wärme im Verdampfer

Auf energieaufwändige Kälteerzeugung sensibilisiert

Die Kältemaschine bewegt sich mit einer Kälteleistung von circa 120 Watt in der Grössenordnung eines kleinen Kühlschranks. Der Verdampfer repräsentiert den Kühlraum des Kühlschranks, von dem die Wärme entzogen wird. Er wird auf circa 8 Grad heruntergekühlt. Der Kondensator ist bei einem Kühlschrank auf der Rückseite angebracht und führt die Wärmeleistung aus dem System bei einer Temperatur von 45 Grad in die Umgebung ab. Diese entspricht der Summe der Kälte- und Verdichterleistung, also rund 155 Watt. Die elektrische Leistung für den Verdichter beträgt 35 Watt. Um den Energieaufwand zu spüren, kann diese komplett mit Muskelkraft an einer Handkurbel erzeugt werden. Dies zeigt auf ganz anschauliche Weise, wie energieaufwändig der ganze Prozess der Kälteerzeugung ist.

Nicht nur Kühlschränke und Klimaanlage, sondern auch viele andere Anwendungen von Kältemaschinen führen dazu, dass die Erzeugung von Kälte in der Schweiz rund 14 Prozent des elektrischen Stromverbrauchs verursacht (Quelle: Energie Schweiz, *Effiziente Kälte*-Website). Es handelt sich hier um einen sehr energieaufwändigen Prozess, der dringend mit mehr Sensibilität betrachtet werden

sollte. Das IEFE leistet mit dieser Kältemaschine und mit dem neuen Kältelabor einen wichtigen Beitrag zu dieser Sensibilisierung.

Spezielle Konstruktion

Das Ziel des Projekts: eine Kältemaschine, bei der alle relevanten Komponenten sichtbar und zum Anfassen angebracht sind (bei einem Kühlschrank oder einer Klimaanlage sind diese im Normalfall verborgen). Das einmalige Herzstück der Maschine sind die beiden Wärmetauscher (Verdampfer und Kondensator), die vollständige Einsicht in die Zustandsänderungen des Kältemittels bieten. Die Randbedingungen für die Kältemaschine waren so gestellt, dass die Verdichterleistung von Hand aufgebracht werden musste und sowohl Verdampfung als auch Kondensation gegenüber der Umgebungstemperatur erfolgen sollten. Um mit moderaten Drücken arbeiten zu können, wurde als Kältemittel Tetrafluorethan eingesetzt. Zwei Manometer zeigen die beiden Druckniveaus und damit verbunden die Verdampfungs- und Kondensationstemperatur.

Die grosse Herausforderung stellten die beiden Wärmetauscher dar: Unter grossen Schaugläsern soll das Kältemittel in schmalen Alukanälen gut sichtbar kondensieren respektive verdampfen. Die Dimensionierung der Wärmetauscher hängt im Wesentlichen von der benötigten Wärmeübertragungsfläche für die Wechsel der Aggregatzustände ab. Die Wärmezufuhr und -abfuhr erfolgt mit Hilfe von grossen Kühlrippen und zwei Lüftern auf der Rückseite der Wärmetauscher.

Der hohe Prüfdruck von 16 bar stellte hohe Anforderungen an die Schaugläser. Mit FEM-Berechnungen wurde eine Mindestdicke von 60 Millimeter berechnet, um die zulässigen Zugspannungen im Glas nicht zu überschreiten. Das Glas wurde als Dreifachverbund (Floatglas) gefertigt. Auch die Aluminiumteile mussten entsprechend massiv konstruiert werden.

Angewandte Dichtungstechnik

Als Dichtung der Schaugläser werden Flachdichtungen eingesetzt. Bei der Materialwahl für die Dichtung war die zentrale Anforderung die gleichzeitige Beständigkeit gegenüber dem Kältemittel und dem Schmieröl für den Verdichter. Als Kältemittel wird «R134a» eingesetzt, die Schmierung erfolgt mit einem Öl auf Polyolester(POE)-Basis. Dieses bietet den Vorteil, dass es im Kältemittel gut löslich

ist und dadurch im Kältekreis leicht mittransportiert werden kann. Eine Teflondichtung vom Typ «Gylon Blau Style 3504» war die erste Wahl wegen der guten chemischen Beständigkeit und einer minimalen Flächenpressung von nur gerade 9 N/mm². In einem ersten Test hat jedoch das Dreifachverbund-«Floatglas» Spannungsrisse erhalten. Die Spannungsspitzen mussten daher reduziert werden. Nach einer umfangreichen Recherche wurde dann auf einer Seite eine NBR-Flachdichtung eingesetzt, deren Mindestflächenpressung rund zwei Drittel kleiner ist als die der Gylon-Dichtung. Um die Beständigkeit gegenüber dem Esteröl gewährleisten zu können, darf der Nitrilanteil der NBR-Dichtungen 36 Prozent nicht unterschreiten. Durch diese Massnahme konnte die Kältemaschine am IEFE erfolgreich abgedichtet werden. <<

Copyright © 2014 - Vogel Business Media

Dieser Beitrag ist urheberrechtlich geschützt.
Sie wollen ihn für Ihre Zwecke verwenden?
Infos finden Sie unter www.mycontentfactory.de.

Dieses PDF wurde Ihnen bereitgestellt von <http://www.maschinenmarkt.ch>