

10 TIPPS ZUR PUMPENAUSWAHL UND –AUSLEGUNG BEIM EINSATZ VON AMMONIAK UND CO₂ IN DER KÄLTEINDUSTRIE

Auszug aus dem Fachbericht: CO₂ und Ammoniak in Industriekälteanlagen
Herausforderungen sowie Tipps und Lösungen für die Pumpenwahl

1. Dichtigkeit der Pumpe

Die toxische Wirkung von Ammoniak erfordert höchste Sicherheitsstandards. Aber auch bei CO₂ soll ein Gasaustritt möglichst vermieden werden. Spaltrohrmotorpumpen bieten hier die beste Lösung, denn Motor und Hydraulik sind als Einheit im Pumpengehäuse untergebracht und bilden ein hermetisch dichtes System.

2. Investitions- und Lebenszykluskosten

Konventionelle Pumpen haben sich im Bereich der Fördermedien Ammoniak und CO₂ nicht durchgesetzt. Spaltrohrmotorpumpen zeigen statistisch erwiesen die besten MTBF (Mean Time Between Failure) Werte verglichen mit anderen Pumpentechnologien. Dank des geringen Wartungsaufwands und deutlich längeren Standzeiten sind die Lebenszykluskosten von Spaltrohrmotorpumpen auf lange Sicht geringer im Vergleich zu anderen Pumpentypen.

3. Technische Auslegung der Pumpe

Der wichtigste Faktor bei der technischen Pumpenauslegung ist die Auslegung des Betriebspunktes (B) auf Basis der Anlagen-Kennlinie und der Q-H Kennlinie (Förderstrom und Förderhöhe) der betreffenden Pumpe (Abb. 3). Der Betriebspunkt sollte möglichst im Punkt des besten Wirkungsgrades liegt. Zudem bedarf es einer Reserve bei der Auslegung des Antriebsmotors, so dass Motorüberlastungen bei schwankenden Förderhöhen vermieden werden. Bei einer Motorleistung bis 7,5 kW entspricht dies einer Reserve von ca. 20 %. HERMETIC bietet zur Pumpenauslegung ein innovatives online Expertentool. Es ermöglicht Anlagenplanern und Betreibern die Pumpenkonfiguration mit wenigen Klicks. Die browserbasierte Software ist einfach zu bedienen. Basierend auf der Eingabe der Kälteleistung, dem Umwälzfaktor und dem verwendeten Medium erlaubt sie zudem eine Echtzeitsimulation der Pumpenauslegung und damit die Optimierung der Auslegungsparameter.

4. Verbesserung des NPSH-Wertes

Bei der Auslegung einer Anlage muss ein kavitationsfreier Betrieb vorgesehen werden. Dies wird erreicht, wenn der NPSH-Wert der Anlage größer ist, als der NPSH-Wert der Pumpe. Soweit wirtschaftlich vertretbar, sollte NPSHA möglichst groß gewählt werden – bei einem gängigen Sicherheitszuschlag von 0,5m – um mögliche Schäden an der Pumpe zu vermeiden. Zur Verbesserung des NPSHR kann ein Inducer (Vorsatzläufer) unmittelbar vor das erste Laufrad angebracht werden (Abb. 4). Dieser bewirkt einen zusätzlichen Vordruck im Laufradeintritt und ein Gleichdrall der Flüssigkeit zur Laufradschaufel.

Eingesetzt wird er auch prophylaktisch, wenn die Widerstände und der Zulauf der Anlage nicht genau ermittelt werden können. Bei Gasanteilen bis 7 % in der Flüssigkeit kann der Inducer die Kavitation zuverlässig vermeiden. Bei optimaler Auslegung des Inducers können die NPSH Werte der Pumpe nahezu halbiert werden.

5. Regelung der Fördermenge

Zur automatischen Absicherung der Pumpe und für einen störungsfreien, kavitationsfreien Betrieb empfiehlt HERMETIC auch beim Einsatz von CO₂ und Ammoniak den Einbau von Regelorganen. Mit Hilfe einer Wärmebilanzrechnung und Prüfung der Lagertragfähigkeit lassen sich minimale und maximale Fördermengengrenzen (Q_{min} und Q_{max}) zuverlässig berechnen. Für die Einhaltung der Q_{min}-Menge kann eine einfache Q_{min}-Blende eingesetzt werden. Für die maximale Fördermenge bieten sich drei Alternativen an: eine berechnete Q_{max}-Blende, ein Mengenbegrenzungsventil (MBV) oder ein Frequenzumrichter mit Δp -Messung. Die Q_{max}-Blende (Lochblende) wird in der Druckleitung verbaut. Sie sichert den Förderstrom bei der Erstbefüllung der Anlage oder beim gleichzeitigen Öffnen von mehreren Verbrauchern ab. Vorteil der Q_{max}-Blende ist die einfache und kostengünstige Bauweise, Nachteil ist der starke Drosseloeffekt und die dadurch früh abfallende Kennlinie (Q-H). Der Vorteil des MBV liegt in einer später abfallenden Kennlinie (Q-H), da die Drosselung erst nahe der Maximalmenge erfolgt. Die Durchflussmenge wird durch speziell geformte Öffnungen in einem unter Federspannung stehenden beweglichen Kolben geregelt. Das MBV wird auf den Pumpendruckstutzen montiert. Die Verwendung eines Frequenzumrichters mit Δp -Messung (Saug- und Druckseite der Pumpe) erlaubt eine Regelung bei unterschiedlichen Betriebspunkten. Die Pumpenleistung kann genau an die geforderte Kälteleistung der Anlage angepasst werden. Dadurch können bis zu 70 % Energieleistung gegenüber einem 50-Hz-Netz-Betrieb eingespart werden, was sich insbesondere bei Dauerbetrieb und Langzeiteinsatz rechnet.

6. Lieferzeit

Ob Neuprojekt oder Sicherung des Betriebs bei einem Pumpenausfall – auch die Lieferzeit ist angesichts der Marktdynamik in der Kälteindustrie ein ausschlaggebendes Kaufkriterium. HERMETIC Pumpen hat dies durch ein Baukastenprinzip gelöst, welches es ermöglicht, dass Standardpumpen innerhalb von wenigen Wochen und im Notfall sogar umgehend geliefert werden. Das modulare Konzept ermöglicht eine kurzfristige Anpassung bei kleineren und größeren Änderungswünschen.

7. Wirkungsgrad

Unabhängig vom eingesetzten Kältemittel ist der Wirkungsgrad der Gesamtanlage und der Zusammenhang mit der verwendeten Pumpe derzeit ein heiß diskutiertes Thema – obgleich die Pumpe nur einen marginalen Teil einer Kälteanlage darstellt. Bei der richtigen Pumpenauslegung sind mögliche Einflüsse auf den Wirkungsgrad daher zu vernachlässigen. Die größten Energieeinsparungspotentiale einer Anlage liegen dagegen beispielsweise bei der Vermeidung von Ablagerungen in engen Rohrleitungen, der Vermeidung ungünstiger Leitungsführungen oder bei den Kompressoren. Um dennoch den Betriebspunkt der Anlage und der Pumpe mit dem besten Wirkungsgrad zu erreichen, können Anpassungen am Laufrad der Pumpe vorgenommen werden.

8. Einstufige vs. mehrstufige Pumpe

Je nach Anforderungen des Gesamtsystems können bei Ammoniak und CO₂ unterschiedliche Ausführungen einer Pumpe eingesetzt werden. Einstufige Pumpen besitzen im Gegensatz zu mehrstufigen nur ein Laufrad. Sie werden hauptsächlich dann eingesetzt, wenn große Fördermengen bei geringen Förderdrücken benötigt werden. Dank des integrierten Hilfslaufrades ist die einstufige CNF Baureihe von HERMETIC (Abb. 5) zudem für Flüssigkeiten mit steilem Temperatur-Druckverhalten geeignet. Dagegen besitzen mehrstufige Ausführungen durch den internen Druckaufbau einen großen Vorteil, wenn eine geringe Fördermenge mit hohem Druck gefördert werden muss. Für alle verfügbaren Kältemedien bietet HERMETIC ein- und mehrstufige Ausführungen an. Steigt die Betriebstemperatur über -10 °C kommt die speziell für CO₂-Anwendungen konzipierte mehrstufige CAMh (Abb. 6) zum Einsatz, um den hohen Betriebsdruck des natürlichen Kältemittels zu beherrschen. Die CAM / CAMh Baureihen von HERMETIC haben zusätzlich einen verbesserten NPSH-Wert durch das vorgesetzte, optimierte Laufrad (siehe für NPSH-Wertverbesserung auch Punkt 4).

9. Ausrichtung Saug- und Druckstutzen

Die Ausrichtung der Saug- und Druckstutzen ist abhängig von der Verrohrung und den Gegebenheiten der Kälteanlage. Grundsätzlich sind auf dem Markt zwei verschiedene Versionen vorhanden: Saug- und Druckstutzen radial angebracht oder Saugstutzen axial und Druckstutzen radial angebracht. Für höchstmögliche Flexibilität, insbesondere beim Einbau in Kompaktanlagen mit geringen Zulaufhöhen, bietet HERMETIC mit der CAMR eine Baureihe, bei der die Saug- und Druckstutzen radial angebracht sind. So kann die Pumpe platzsparend ohne 90 °-Bogen direkt unter dem Behälter hängend befestigt werden. Bei den Baureihen CAM / CAMh und CNF ist der Saugstutzen axial und der Druckstutzen radial angebracht.

10. Druckstufe

Während Pumpen für Ammoniak-Anlagen einem Nenndruck von maximal 40 bar gerecht werden müssen, stellt CO₂ höhere Anforderungen an die Druckfestigkeit. Zudem gilt es, die niedrige Viskosität von CO₂ zu berücksichtigen. Die Konstruktion der Pumpe muss entsprechend der jeweiligen Druckstufe hinsichtlich Materialzusammensetzung, Gehäusewandstärken und Gleitlagerbeschaffenheit angepasst werden. Die von HERMETIC speziell für CO₂-Anwendungen entwickelte CAMh-Baureihe zeichnet sich durch einen Nenndruck von 52 bar und einen Abpressdruck von 78 bar aus. Die Betriebstemperatur kann dabei zwischen -50 °C und +15 °C liegen. Gefördert werden können Förderströme von 1 m³/h bis 14 m³/h bis zu einer Förderhöhe von 85 m. Speziell auf die CO₂-Förderung und niedrige Viskosität ausgelegte hydrodynamische Gleitlager minimieren die Mischreibung, was für hohe Standzeiten und eine absolute Zuverlässigkeit sorgt.

Kontakt: Adrian Schäfer, schaefer.adrian@hermetic-pumpen.com

Kompletter Fachbericht zum Download: <https://www.hermetic-pumpen.com/de/downloads/fachberichte>