

Spaltrohrmotorpumpen für TDI-Anwendungen

In der chemischen Industrie ist TDI (Toluol-2,4-diisocyanat) ein wichtiges Zwischenprodukt für die Herstellung von Klebstoffen und Schaumstoffen für Matratzen und Polsterungen (z. B. Autositzen), von Polyurethanen (z. B. für Schuhsohlen), Elastomeren, Beschichtungen und hochwertigen Lacken zur Verwendung in der Automobilindustrie, für Flugzeug- oder Triebwagenlackierungen. Außerdem kommt TDI auch bei der Schmierstoffproduktion zum Einsatz. Die weltweiten Jahreskapazitäten betragen über 1,5 Mio. Tonnen. TDI ist damit neben MDI das am meisten hergestellte Iso-cyanat. Heute werden in Großanlagen ca. 100.000 Jahrestonnen und mehr davon produziert.

Da Toluol-2,4-diisocyanat eine sehr giftige Flüssigkeit ist mit Dämpfen, die Augen und Atemwege sehr stark reizen und bei dauerhafter Einatmung zu bleibenden Lungenschäden führen, steht Sicherheit bei dieser Anwendung an erster Stelle.

Spaltrohrmotorpumpen sind aufgrund der dichtungslosen Technologie und der hohen Sicherheit der Bauweise sehr gut für diesen Einsatzzweck geeignet. Die HERMETIC-Pumpen GmbH bietet mit unterschiedlichen Baureihen ein komplettes Spaltrohrmotorpumpen-Spektrum für die TDI-Herstellung, die neben der Dichtheit, den weiteren Herausforderungen wie hohen Temperaturen, Langlebigkeit oder dem Einsatz in Tanks optimal Rechnung tragen.

TDI entsteht aus einer Reaktion zwischen primären Aminen bzw. deren Derivaten, häufig TDA (2,4-Diaminotoluol) und Phosgen. Aufgrund der Giftigkeit der Ausgangsstoffe werden diese im gleichen Prozess hergestellt. Die verwendeten Medien in allen Prozessen sind Kohlenstoffmonoxid, Chlor, Toluoldiamin und Dichlorbenzol.

Phosgen: Phosgen entsteht durch die Vermischung der gasförmigen Stoffe Chlor und Kohlenstoffmonoxid, deren Aktivierungsenergie durch den Katalysator Aktivkohle gesenkt werden muss. Um eine Dissoziation, also eine Trennung des Gemisches zu vermeiden, muss eine Austrittstemperatur von deutlich unter 100 °C gewährleistet werden. Das so gewonnene Phosgen wird in kaltem ortho-Dichlorbenzol (ODB) gelöst.

TDA: Der beim Cracken entstehende Stoff Toluol wird zunächst unter Zugabe von Nitrat nitriert und anschließend durch die Zugabe von Wasserstoff hydriert. Das so entstandene TDA wird nun auf 140 °C aufgeschmolzen und mit heißem ODB gemischt.

TDI: Die Herstellung von TDI kann in 2 Phasen aufgeteilt werden. Der Prozess beginnt mit einer Kaltphosgenierung, einer exothermen Reaktion, und endet mit der Heißphosgenierung, welche endotherm ist.

Die Kaltphosgenierung

Bei der Kaltphosgenierung wird die heiße TDA-ODB-Lösung bei Niederdruck (1–2 bar) oder Hochdruck (bis zu 20 bar) in die kalte Phosgen-ODB-Lösung eingerührt. Bei einer Referenzanlage läuft dieser Schritt bei 300 °C ab, wodurch die Energieeffizienz der Anlage steigt. Durch die hohe Temperatur werden ca. 80 % weniger ODB und ca. 40 % weniger Phosgen benötigt. Die hieraus entstehende Suspension bildet sehr schnell Feststoffe aus. Um dies zu vermeiden, gibt es verschiedenste Vorrichtungen wie ein Umpumpsystem, Gegenstrommischkammern, Kreiselpumpen, Venturimischdüsen und andere Mischeinrichtungen.

Die Heißphosgenierung

Anschließend kommt es zur sogenannten Heißphosgenierung. Hierbei wird der Suspension Wärme und Phosgen hinzugegeben, bis eine klare Flüssigkeit und kein weiterer Chlorwasserstoff mehr entsteht. In diesem Prozessschritt entsteht eine flüssige Rohware (ca. 15 % TDI, 80 % ODB, 5 % Phosgen), Chlorwasserstoffdampf und weitere Rückstände. Chlorwasserstoffdampf ist korrosiv und es benötigt besondere Legierungen mit Nickelanteil zum Schutz der Geräte. Mischt man das Gas mit Wasser erhält man Salzsäure. Chlorwasserstoff wird anschließend mit 18 %iger Salzsäure vermischt, um eine 30 % Salzsäure zu erhalten.

Die flüssige Rohware wird durch verschiedene Destillationsschritte in einer Rektifikationskolonne in die verschiedenen Bestandteile zerlegt. ODB und Phosgen werden in den Prozess zurückgeführt. In der letzten Kolonne wird TDI von Nebenkomponenten gereinigt. Die Destillationen werden bei Vakuum durchgeführt.

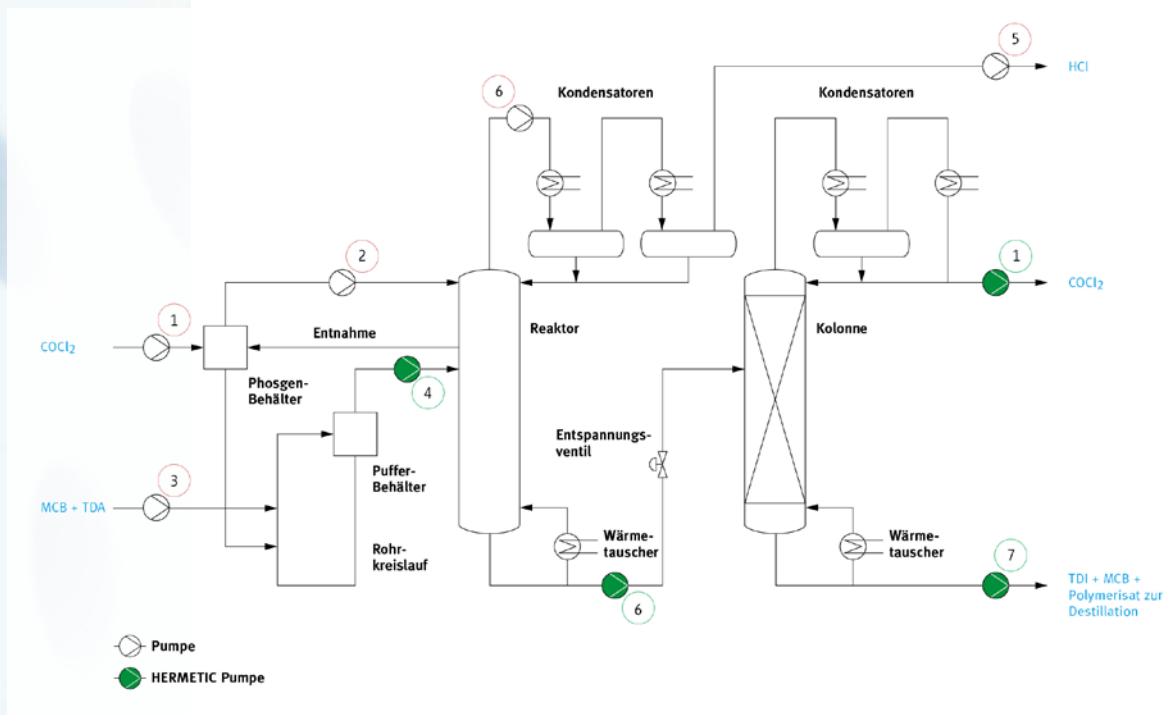


Abb. 1: Toluoldiisocyanat-Herstellungsprozess

Hohe Anforderungen an die Pumpentechnik

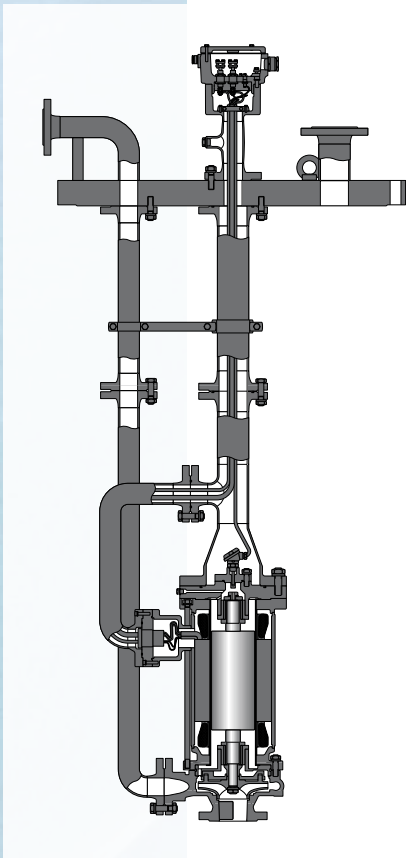
Pumpen kommen in diesem komplexen Herstellungsprozess an verschiedenen Orten zum Einsatz:

1. Zuführung von Phosgen (20 bar bis 300 °C) zur ODB-Lösung
2. Zuführung von Phosgen und ODB (20 bar bis 300 °C) in den Reaktor
3. Zuführung von TDA (20 bar bis 300 °C) zur ODB-Lösung
4. Zuführung von TDA und ODB (20 bar bis 300 °C) in den Reaktor
5. Abführung des Chlorwasserstoffs (bis 300 °C) aus dem Reaktor
6. Abführung der Rohware (bis 300 °C) aus dem Reaktor
7. Zu-/Abführung von TDI (bis 300 °C) aus / von den Kolonnen

Da TDI ein gesundheitsgefährdender, hochgiftiger Stoff ist, muss bei der Förderung durch die Pumpen eine absolute Dichtheit nach außen gegeben sein. Zudem sind Prozesstemperaturen von bis zu 300 °C sowie die aggressiven, korrosiven Eigenschaften der beteiligten Zwischenprodukte oder der Einsatz in Tanks weitere Herausforderungen, denen das Equipment gerecht werden muss. Spaltrohrmotor-pumpen sind aufgrund der dichtungslosen Technologie und der hohen Sicherheit der Bauweise sehr gut für diesen Einsatzzweck geeignet.

Leckagefreie, sichere Pumpenlösung für verschiedene Prozessschritte

HERMETIC Spaltrohrmotorpumpen isolieren das Fördermedium mit einer doppelten Sicherheitshülle gegenüber der Atmosphäre. Auch der Klemmenkasten und die Kabeldurchführungen sind gas- und flüssigkeitsdicht ausgeführt und auf den Nenndruck des Aggregates ausgelegt. Im Falle einer Zerstörung des Spaltrohres, etwa durch Lagerschaden oder Korrosion, kann es nicht zum Austritt von gefährlichen Stoffen in die Atmosphäre kommen. Somit bieten Spaltrohrmotorpumpen bestmögliche Sicherheit im Umgang mit TDI. Spaltrohrmotorpumpen kommen an den verschiedensten Stellen des Herstellungsprozesses zum Einsatz. In diesem Prozess befinden sich HERMETIC Pumpen an Stelle Nr. 1, 4, 6 und 7. In diesem Beitrag gehen wir auf die Pumpen Nr. 1, 4 und 6 näher ein.



Zuführung von Phosgen zur OBD-Lösung (Nr. 1)

In einer Referenzanlage kommt bei der Zuführung von Phosgen zur OBD-Lösung eine einstufige HERMETIC Spaltrohrmotor-Tauchpumpe des Typs TCN zum Einsatz. Diese Baureihe eignet sich speziell zur sicheren Förderung von aggressiven, toxischen, heißen, explosiven, kostbaren und feuergefährlichen Flüssigkeiten sowie Flüssiggasen. Die Pumpe ist ausgelegt für den Einsatz in Tanklagern, Terminals, Chemie- und Offshore-Anlagen, Gasspeicher-Kavernen und auch Industrieanlagen. In Verbindung mit verschiedenen Einbausystemen sind die Pumpen dieser Baureihe, die sowohl als TCN (einstufig) und TCAM (mehrstufig) erhältlich sind, die optimalen Pumpen für diese Einsatzfälle.

Neben der doppelten Sicherheitshülle erreichen sie auch Bestwerte in den Punkten Langlebigkeit. Denn die hermetische Bauweise setzt die Anordnung der Lager in der Betriebsflüssigkeit voraus. Daher kommen als Lager meist nur hydrodynamische Gleitlager zur Anwendung. Diese haben bei richtiger Betriebsweise den Vorteil, dass es keine Berührung zwischen den Lagergleitflächen gibt. Dadurch arbeiten sie im Dauerbetrieb verschleiß- und wartungsfrei. Standzeiten von über 10 Jahren sind für hermetische Pumpen durchaus keine Seltenheit.

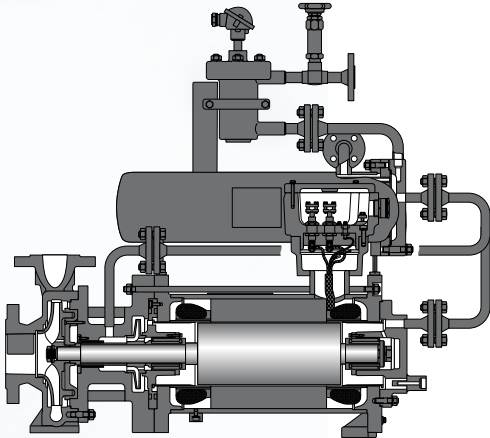
Zudem bieten die Spaltrohrmotor-Tauchpumpen klare Vorteile bezüglich Einbauraum durch die vergleichsweise kompakte Abmessung im Vergleich zu konventionellen Pumpen mit Gleitringdichtung und magnetgekuppelten Tauchpumpen. Denn je nach Eintauchtiefe entfällt bei Spaltrohrmotor-Tauchpumpen die lange Antriebswelle. Die drehenden Teile der Pumpenwelle sind in der Spaltrohrmotorpumpe untergebracht und dementsprechend kurz. Die Pumpe hängt an einem statischen Tragrohr, das am Mannlochdeckel angebracht ist. Das Tragrohr hat lediglich die Aufgabe, neben dem Halten der Pumpe die Kabel nach außen zu führen.

Mediumgeschmierte Führungslager oder dauerfettgeschmierte Wälzlager sind nicht erforderlich, weil die sonst üblich lange Antriebswelle systembedingt komplett entfällt. Bei vertikalen Tauchpumpen mit Spaltrohrmotorantrieb ist die Länge der Antriebswelle unabhängig von der Eintauchtiefe.

Das Anwendungsraster für die einstufigen TCN-Varianten beinhaltet Förderhöhen bis 220 m, Volumenströme bis 1.800 m³/h, Fluidtemperaturen von -160 bis +250 °C und Druckstufen bis 100 bar.

Weitere Informationen >>

Zuführung von TDA und ODB (20 bar bis 300 °C) in den Reaktor (Nr. 4)

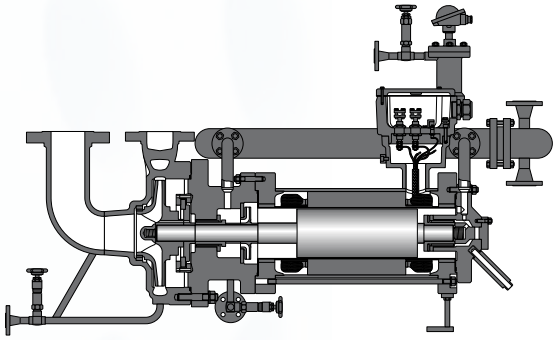


Bei Flüssigkeitstemperaturen von über 200 °C bietet HERMETIC mit der Baureihe CNK eine Ausführungsvariante seiner Spaltrohrmotorpumpen an, die auf die Förderung von heißen organischen Flüssigkeiten abgestimmt ist. Die Förderflüssigkeit gelangt durch den Saugraum in das Laufrad und wird durch dieses zum Druckstutzen gefördert. Pumpe und Spaltrohrmotor werden bei diesem Konzept durch ein Zwischenstück, welches als Wärmesperre fungiert, räumlich voneinander getrennt. Dadurch wird verhindert, dass die Wärme von der Pumpe auf den Motor übertragen wird. Die Motorverlustwärme wird durch den sekundären Kühl- / Schmierkreislauf in einen getrennt angeordneten Wärmetauscher abgeführt. In dieser Anwendung wurde die Pumpe mit Rohrbündelwärmetauscher ausgestattet. Diese sind einfach zu reinigen und zu warten. Im Motor selbst ist ein Hilfslaufrad installiert, das die im Rotorraum befindliche artgleiche Flüssigkeit über einen um den Motor herum angeordneten oder separat montierten außenliegenden Rohrbündelkühler umwälzt. Die Motorverlustwärme wird dabei von einer Kühlflüssigkeit aufgenommen. Auf diese Weise entstehen zwei Förderkreise mit unterschiedlichem Temperaturniveau. Der Betriebskreislauf kann für Temperaturen bis 450 °C zugelassen werden, während die Förderflüssigkeit des sekundären Kühl-Schmierkreislauf wesentlich niedrigere Temperaturen von 60 °C bis 80 °C aufweist.

Die CNKr Baureihe bildet einen Leistungsbereich von 1450 bis 3500 U/min mit einer Fördermenge von 3 bis 1400 m³/h und einer Förderhöhe von 3 bis 230 m.

Weitere Informationen >>

Abführung der Rohware TDI aus dem Reaktor (Nr. 6)



In diesem Prozessschritt muss ein extrem gefährliches Gemisch (Phosgen), das zusätzlich mit Feststoffen versetzt ist, gefördert werden. In der Referenzanlage kam hierfür mit der CNPKf eine Bauart zum Einsatz, die sich zur Förderung verunreinigter oder mit Feststoffen versetzter Flüssigkeiten eignet. Diese Baureihe ist standardmäßig nach API 685 gefertigt.

Eine der Zielvorgaben war es, den Installationsaufwand zu minimieren und Anpassungen der Rohrleitungen zu vermeiden.

Deshalb wurde in dieser Applikation eine Top-Top-Konfiguration verwendet. Hierbei werden Saug- und Druckflansch in vertikaler Ausrichtung API-konform ausgeführt. Dies erleichtert die Rohrleitungsführung und reduziert eventuell notwendige Ausgleichsbögen. Die Förderflüssigkeit gelangt durch den Saugraum in das Laufrad und wird durch dieses zum Druckstutzen gefördert. Eine Wärmesperre verhindert den direkten Wärmeübergang vom Pumpen- zum Motorteil. Die Motorverlustwärme wird durch den sekundären Kühl- / Schmierkreislauf in einen getrennt angeordneten Wärmetauscher abgeführt. Dieser Kühl- / Schmierkreislauf versorgt gleichzeitig die Gleitlager. Damit können pumpenseitig Flüssigkeiten mit einer Temperatur von bis zu +425 °C gefördert werden, während sich der sekundäre Kühlkreislauf auf einem niedrigeren Temperaturniveau befindet.

Die CNPKf-Varianten haben ein Leistungsraster von 1.475 bis 3.550 U/min mit einer Fördermenge von 3 bis 520 m³/h und einer Förderhöhe von 7 bis 300 m.

Weitere Informationen >>

Vollkommen leckagefreie, verschleiß- und wartungsarme Pumpentechnologie

Im Gegensatz zu konventionellen Kreiselpumpen mit Gleitringdichtungen kommen Spaltrohrmotorpumpen ohne jegliche anfälligen dynamischen Dichtungen aus. Stattdessen verfügen sie über eine zweite hermetische Sicherheitshülle, die jedes Austreten von Fördermedien und Emissionen ausschließt. Der konstruktionsbedingte Verzicht auf verschleißanfällige Bauteile wie Wellendichtungen, Kupplungen und Wälzlager sorgt für eine hohe Betriebssicherheit, beinahe zu vernachlässigenden Verschleiß und die besten MTBF-Werte (Mean Time Between Failure), verglichen mit anderen Pumpentechnologien. Jede Spaltrohrmotorpumpe von HERMETIC verfügt über hochentwickelte Technologien. Dazu zählt beispielsweise das einzigartige HERMETIC ZART®-Prinzip. Läuft die Pumpe im Betriebspunkt, entsteht kein Kontakt zwischen rotierenden Teilen. Die komplette Kompensation der Axialkräfte in Verbindung mit hydrodynamischen Gleitlagern garantieren eine extrem hohe Zuverlässigkeit in den Prozessen der Betreiber. Dadurch lassen sich die Lebenszyklus- und Betriebskosten einer Spaltrohrmotorpumpe erheblich reduzieren.

HERMETIC-Pumpen GmbH

Die HERMETIC-Pumpen GmbH ist ein weltweit führender Entwickler und Hersteller hermetischer Pumpentechnologien. Als Spezialist für Spaltrohrmotorpumpen hat sich HERMETIC mit sicheren und langlebigen Pumpen – für extremste Einsatzbereiche und gefährlichste Fördermedien – weltweit einen Namen gemacht. Der Anwendungsbereich von HERMETIC Spaltrohrmotorpumpen erstreckt sich auf Fluidtemperaturen von -160 °C bis $+480\text{ °C}$ und Systemdrücke bis 120 MPa. In Verbindung mit Leistungsstärken von 1 kW bis 690 kW bietet HERMETIC das größte Leistungsraster an Spaltrohrmotorpumpen im Markt.

HERMETIC beschäftigt rund 440 Mitarbeiter am Stammsitz in Deutschland und unterhält Niederlassungen in China und den USA. In Verbindung mit einem weltweiten Service- und Vertragspartnernetz bietet das Unternehmen zuverlässigen Kundenservice über den gesamten Lebenszyklus einer Anlage hinweg.

Ansprechpartner

Dominik Hegen

Product Manager

+49 761 5830-323

hegen.dominik@hermetic-pumpen.com

Quellen

<https://www.chemietechnik.de/marktstudie-ammoniak-nachfrage-waechst-dynamisch/>

<https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/ammonia-market.asp>

Michael Binnewies, Maik Finze, Manfred Jäckel, Peer Schmidt, Helge Willner, Geoff Rayner-Canham: Allgemeine und Anorganische Chemie, 2016, Springer Spektrum, ISBN 978-3-662-45067-3 S. 556–561

<http://www.chemie.de/lexikon/Ammoniak.html>

<http://ietd.iipnetwork.org/content/partial-oxidation>

<https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/sulfosolvan-verfahren/8891>

Jürgen Falbe: Römpf-Lexikon Chemie (H–L), Georg Thieme Verlag, 1997, ISBN 3-13-107830-8, S. 1644–1646

Detlef Forst, Maximilian Kolb, Helmut Roßwag: Chemie für Ingenieure. Springer Verlag, 1993, ISBN 3-662-00655-3, S. 234–238

Michael Binnewies, Maik Finze, Manfred Jäckel, Peer Schmidt, Helge Willner, Geoff Rayner-Canham: Allgemeine und Anorganische Chemie, 2016, Springer Spektrum, ISBN 978-3-662-45067-3, S. 561

http://ruby.chemie.uni-freiburg.de/Vorlesung/Gif_bilder/Nichtmetalle/nh3_fliessschema_b.png



HERMETIC-Pumpen GmbH · D-79194 Gundelfingen
www.hermetic-pumpen.com