

Wasserinjektionspumpen für die Ölindustrie

Neue Maßstäbe beim Design von Kreiselpumpen

Bei der Offshore-Ölförderung werden Hochdruckpumpen verwendet, um Wasser in die Lagerstätten zu pressen und so die Ausbeute zu erhöhen. Sulzer hat eine neue Kreiselpumpe für Ultrahochdruck-Anwendungen bis 1000 bar entwickelt.

Erdöl ist eine der wichtigsten fossilen Primärenergiequellen, und die daraus gewonnenen Produkte (Kraftstoffe, Kunststoffe, Chemikalien usw.) gehören zu den grundlegenden Bedürfnissen des modernen Lebens. Erdöl lagert unterirdisch und muss durch Bohrlöcher gefördert werden. Üblicherweise wird der Druck in der Lagerstätte durch Einpressen von Wasser (oder anderen Flüssigkeiten) erhöht, um das Öl an die Oberfläche zu bringen. Dies geschieht mithilfe von mehrstufigen Kreiselpumpen und erhöht die Gesamtausbeute. Da die meisten aktiven Lagerstätten mittlerweile in tiefen Meeresgewässern liegen, sind die Druckanforderungen an die Pumpen in den letzten Jahren erheblich gestiegen.

Die erforderlichen Drücke können von Tiefseepumpen auf dem Meeresboden oder von Anlagen auf Förderplattformen über Wasser (Topside) aufgebracht werden. Für beide Anwendungen bietet Sulzer entsprechende Lösungen an. Dieser Artikel befasst sich mit den Entwicklungen im Bereich der Topside-Pumpen.

Entwicklung einer Pumpe mit 1000 bar

Bereits 2009 begann Sulzer mit Konzeptstudien zur Entwicklung einer Injektionspumpe mit einem Arbeitsdruck von 800 bar. Das Ergebnis dieser Studien wurde großen Öl- und Gasunternehmen präsentiert. In einem zweiten Entwick-

lungsschritt entwickelte Sulzer 2011 ausgehend vom gleichen Konzept und auf der Grundlage von Kundenrückmeldungen eine Pumpe mit einem Arbeitsdruck von 1000 bar. Die Konstruktion folgte dem bewährten Konzept der Sulzer HPcp-Pumpen, die zum Ausgleich der internen Lasten über gegenläufig angeordnete Laufräder verfügen (Bild 1).

Ein Druck von 1000 bar entspricht einem Gewicht von 1000 kg pro Quadratcentimeter. Dies bedeutet eine außergewöhnlich hohe Belastung der beteiligten Werkstoffe und Bauteile. Da als Medium typischerweise Seewasser gepumpt wird, müssen die Werkstoffe zudem äußerst korrosionsbeständig sein. So können nur Duplex-Edelstähle oder niedrig legierte Stähle mit Auftragschweißungen an allen benetzten Oberflächen verwendet werden. Die hohen Druckklassen erfordern eine gewisse Dicke des Topfgehäuses, damit die notwendige mechanische Festigkeit gewährleistet werden kann. Doch das Design und die Dicke des Topfgehäuses sind durch die möglichen Fertigungsmethoden begrenzt.

Einschränkungen überwinden

Eine Pumpe für einen Nennbetriebsdruck von 1000 bar muss auch höhere Drücke aushalten (etwa beim Abschalten). Der maximal erlaubte Druck erhöht sich dadurch auf 1320 bar. Um das Widerstandsvermögen des Gehäuses zu prüfen, wird sogar bis 1890 bar getestet. Da die Fertigung von Duplex-Edelstahl-Gehäu-

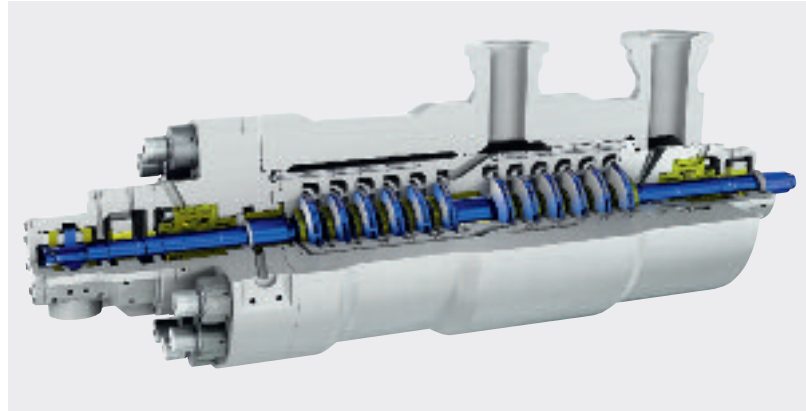
Hochdruck-Injektionspumpen erhöhen die Ausbeute von Offshore-Ölquellen.



sen für derart hohe Drücke mit den derzeit verfügbaren Technologien nicht möglich ist, hat Sulzer das Design des Pumpengehäuses angepasst. Die Gehäuseauslegung ist optimiert für den innerhalb der Pumpe ansteigenden Druck.

Aus diesem Grund basieren das Pumpendesign und die Druckprüfanordnung auf einem Konzept mit drei Druckkammern. Das gewählte Design trägt nicht nur der mechanischen Integrität während des Betriebs Rechnung, sondern berücksichtigt auch die verfügbaren Fertigungsmethoden für die Komponenten.

Darüber hinaus bedient sich Sulzer der neuesten Designmethoden, um die mechanische Integrität zu gewährleisten. Pumpengehäuse werden normalerweise nach gängigen Normen für Druckbehälterauslegungen konstruiert. Bei diesem Projekt richtete sich Sulzer nach den neu-



1 Die neue Pumpe mit 1000 bar basiert auf der bewährten HPcP-Baureihe von Sulzer. Mehr Informationen: www.sulzer.com/HPcP-Pumpe

zogen, die ebenfalls in den genannten Normen vorgegeben sind.

Bild 2 zeigt eine typische Simulation eines druckbeaufschlagten Gehäuses einer mehrstufigen Kreiselpumpe. Bei diesen Simulationen werden alle druck-

haltenden Komponenten (Verschraubungen, Stutzen, Gehäuse usw.)

geprüft. Stark belastete Bereiche werden identifiziert und optimiert, um Bereiche lokaler Spannungen im Bauteil zu reduzieren. Neben der mechanischen Integrität der Pumpe muss gewährleistet sein, dass die Verformung der Bauteile innerhalb bestimmter Grenzen bleibt. Besonders wichtig ist die Prüfung des Abstands zwischen Rotor und Stator, da sich dieser aufgrund des hohen Drucks während des Betriebs verringert und eine Berührung der Bauteile verhindert werden muss.

Darüber hinaus müssen die statischen Dichtungen dicht sein. Sulzer hat die verfügbaren alternativen statischen Dichtungslösungen untersucht, die für solche extremen Bedingungen in der Öl- und Gasindustrie qualifiziert sind. Die Dichtungen wurden auf internen Prüfständen unter hohen Drücken getestet, um ähnliche Materialverformungen zu simulieren und die Dichtheit zu bestätigen. Diese Tests lieferten interne Bewertungskriterien für zukünftige Designs. Ferner wurden alle gängigen Designverfahren für diese Spezialpumpen befolgt und gegen validierte externe und interne Standards geprüft:

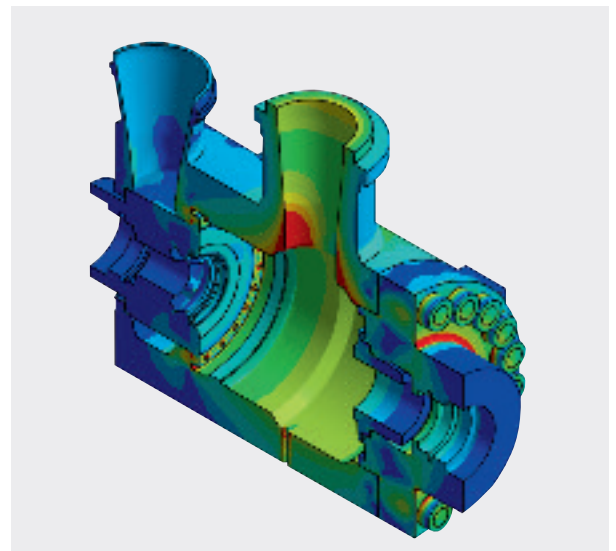
- Analysen der Wellenbeanspruchung
- Ermüdungsanalysen der Laufräder
- Rotordynamische Analysen
- Allgemeine Risikoabschätzung und Minderungsmaßnahmen

Mit dieser Innovation im Bereich des modernen Pumpendesigns ist Sulzer in der Lage, noch bessere Lösungen anzubieten, die die anspruchsvollen Anforderungen der Öl- und Gasindustrie erfüllen.

Martin Üre Villoria
Sulzer Pumps (UK) Ltd
Manor Mill Lane
Leeds
LS11 8BR
Vereinigtes Königreich
Tel +44 113 272 4528
martin.ure@sulzer.com

Thomas Welschinger
Sulzer Pumps
Neuwiesenstraße 15
8401 Winterthur
Schweiz
Telefon +41 52 262 3986
thomas.welschinger@sulzer.com

2 Mithilfe der Finite-Elemente-Analyse wird das mechanische Verhalten des Pumpengehäuses validiert.



Sulzer hat Dichtungslösungen für extreme Tiefseebedingungen untersucht.

ersten Ausgaben der beiden verbreiteten Richtlinien, um einen validierten Designansatz sicherzustellen:

- ASME Boiler & Pressure Vessel Code (Section XIII) Division 2
- EN 13445-3 Design-by-Analysis-Method (analytischer Zulässigkeitsnachweis)

Diese Normen beinhalten Verfahren zur Konstruktion und Simulation solcher Druckgehäuse mithilfe finiter Elemente. Durch die Simulationen kann das mechanische Verhalten einer Pumpe unter Druckprüfungs-, Auslegungs- und Betriebsbedingungen vorhergesagt werden. Dazu wird die Struktur des Pumpengehäuses, die mithilfe moderner 3-D-CAD-Werkzeuge konstruiert wird, in eine finite Anzahl kleiner Elemente unterteilt, denen die Eigenschaften der verwendeten Stähle zugewiesen werden. Wirken Drücke und externe Belastungen auf diese Elemente, verformen sie sich, und es entstehen innere Spannungen. Grundsätzlich müssen diese Spannungen für die gesamte Pumpe innerhalb des elastischen Bereichs des Werkstoffs liegen. Zur Validierung des Designs gegenüber den simulierten Lasten werden bestimmte Werkstoffgrenzen herange-