

RELY ON EXCELLENCE

Atomen bei der Arbeit zuschauen, um Reibung zu verstehen

EagleBurgmann entwickelt reibungsarme Gleitringdichtungen für Kernkraftwerke

Länder wie Kanada, Südkorea und Argentinien setzen bei der Energiegewinnung durch Kernkraft auf Schwerwasser-Reaktoren (auch: CANDU-Reaktoren von „Canada Deuterium Uranium“). Im Gegensatz zu den in Europa vorwiegend betriebenen Druck- und Siedewasserreaktoren können beim CANDU-Reaktor Brennelemente während des laufenden Betriebs ausgetauscht werden, wodurch sich die Reaktorverfügbarkeit erhöht. Die Abdichtung der dafür verwendeten hydraulischen Belademaschinen stellt eine große technische Herausforderung dar. Die kanadische CANDU Owners Group (COG) hatte mit Ausfällen der verwendeten Gleitringdichtungen zu kämpfen, die zu kostspieligen Stillständen führten. Für die Entwicklung einer passenden Lösung begaben sich die Materialwissenschaftler von EagleBurgmann auf eine Forschungsmission, die sie bis auf die atomare Ebene hinabführte.



In CANDU-Reaktoren wird schweres Wasser (D_2O) als Moderator und Kühlmittel verwendet. Es nimmt die Wärme der Kernspaltung auf und gibt sie an einen Sekundärkreislauf mit normalem Wasser (H_2O) ab, das eine Dampfturbine antreibt. Schweres Wasser enthält das Wasserstoffisotop Deuterium und absorbiert deshalb weniger Neutronen als normales Wasser. CANDU-Reaktoren können deshalb mit Natururan betrieben werden. Für die Betreiber ein entscheidender Vorteil, denn natürliches Uran ist besser verfügbar als angereichertes.

Die RAM-Wechselmaschinen sind komplexe hydraulische Systeme und für den störungsfreien Betrieb des Reaktors elementar. Ein wichtiger Bestandteil dieser Vorrichtungen ist eine Gleitringdichtung, die das druckbeaufschlagte Beladerohr der RAM-Maschine gegen ihr Antriebsgetriebe abdichtet. Die bisher verwendeten Dichtungen hielten den Belastungen nicht zuverlässig stand und versagten häufig. Die COG entschied sich deshalb, für diese kritische Stelle eine neue Gleitringdichtung auszuschreiben.

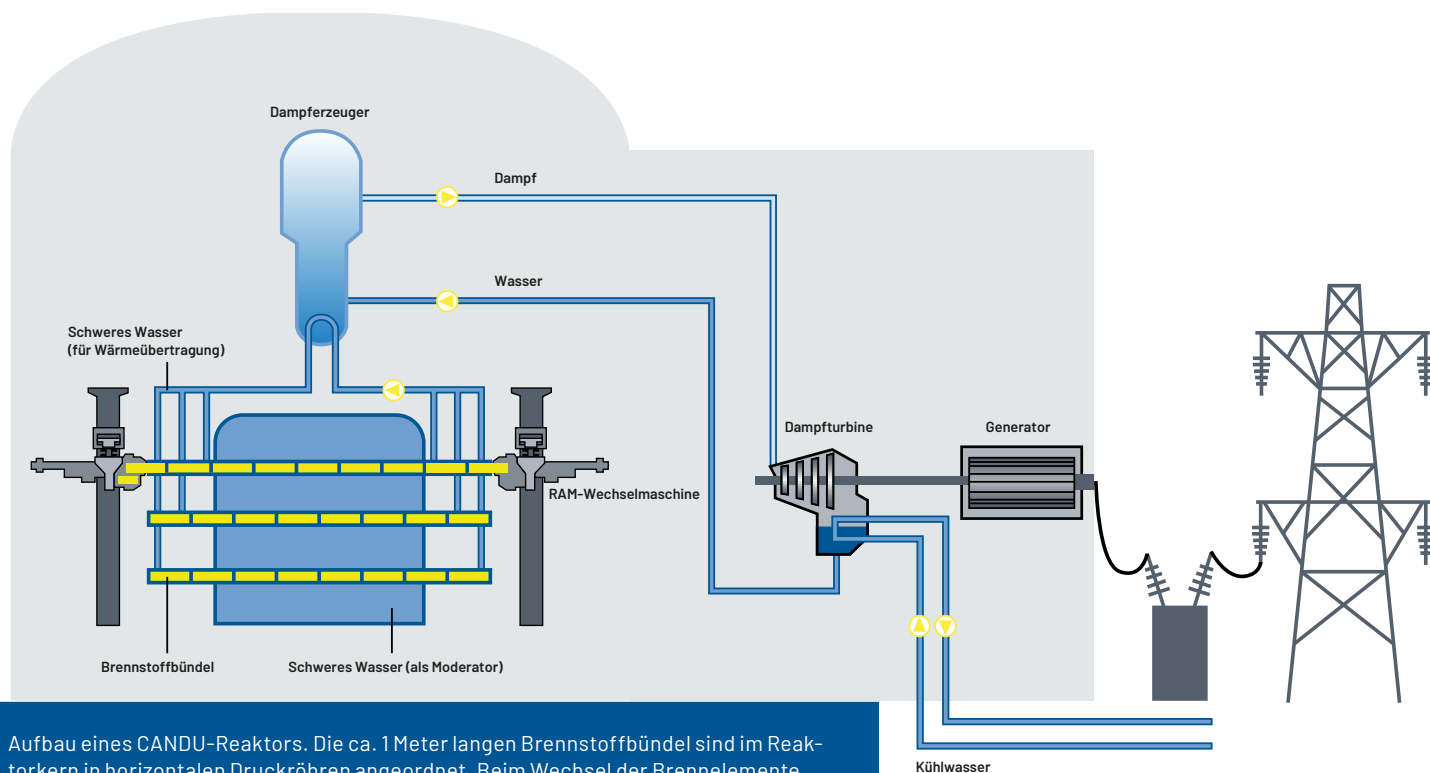
Zuverlässige Dichtungen schützen Personal und vermeiden Ausfallkosten

Die Anforderungen an die neue Dichtung waren hoch: Bei einem Druck von 120 bar und Drehzahlen von 261 Umdrehungen pro Minute sollte sie Drehmoment und Leckage auf ein Minimum beschränken. Zudem musste sie für einen Wechselbetrieb ausgelegt sein, da die RAM-Maschine zum Öffnen und Schließen der Reaktorrohre jeweils entgegengesetzt dreht. Nicht zuletzt sollte die neue Dichtung die größte Schwachstelle der bisherigen

Komponenten ausmerzen und zuverlässig funktionieren. Bei einem Dichtungsversagen summieren sich die Kosten für den Betreiber durch Wartungsaufwände und entgangene Umsätze auf 500.000 bis zu einer Million Dollar pro Tag. Außerdem werden Wartungstechniker bei der Arbeit an der RAM-Maschine einer erhöhten Strahlendosis ausgesetzt.

Vorteile der neuen Gleitringdichtung:

- Sehr niedrige Reibung durch optimale Werkstoffpaarung
- Geringe Leckage
- Ersetzt bisherige Lösung auf gleichem Bauraum
- Hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer



Aufbau eines CANDU-Reaktors. Die ca. 1 Meter langen Brennstoffbündel sind im Reaktorkern in horizontalen Druckröhren angeordnet. Beim Wechsel der Brennelemente fährt eine sogenannte RAM-Wechselmaschine an die entsprechende Reaktorröhre heran, dichtet sie nach außen ab, öffnet den Verschluss und schiebt neue Brennstoffbündel hinein. Dadurch werden auf der anderen Seite der Druckröhre die verbrauchten Brennelemente in eine zweite RAM-Maschine geschoben.

Unerwartetes Problem erfordert wissenschaftliche Herangehensweise

Die Entwicklung der Gleitringdichtung konfrontierte die Ingenieure von EagleBurgmann mit einem unerwarteten Problem: „Unter bestimmten Umständen erhöhte sich nach mehreren Drehzyklen das Drehmoment der Dichtung signifikant – ein Verhalten, das wir im Voraus nicht erwartet hatten“, erläutert Jens Hofmann, Head of Technical Sales Support Pump Seals Power, Mining, Pulp & Paper, Water bei EagleBurgmann. Um dem sprunghaften Anstieg des Reibungswiderstands auf den Grund zu gehen, nahmen die Materialexperten von EagleBurgmann die atomaren Bindungskräfte zwischen den Gleitflächen genauer unter die Lupe. Dazu führten sie in Zusammenarbeit mit den Kollegen ihres Mutterkonzerns, der Freudenberg Gruppe, eine atomistische Simulation durch.

„Wir konnten beobachten, dass beim leakage-freien Betrieb ohne Medium zwischen den Gleitflächen Kaltverschweißungen zwischen einzelnen Kohlenstoffatomen auftraten. Die Gleitflächen wurden auf molekularer Ebene miteinander verzahnt“, erklärt Hofmann. Auf Basis dieser Erkenntnis tasteten sich die Experten mit weiteren Simulationen an die optimale Materialkombination heran. Letztlich wurde eine Materialpaarung aus

einer kristallinen Diamantschicht und einer Siliziumkarbid-Gleitfläche eingesetzt. „Diese Kombination reduziert Kaltschweißeffekte und sorgt für einen dauerhaft niedrigen Reibungswiderstand. Auch der Verschleiß an den Flächen reduziert sich durch die neue Werkstoffpaarung. Dadurch erhöht sich die Lebensdauer der Dichtung auf vier Jahre – fast fünfmal so lang wie mit den Vorgängerdichtungen“, führt Hofmann aus.

Was ist eine atomistische Simulation?

Eine atomistische Simulation berechnet das Verhalten und die Wechselwirkungen zwischen einzelnen Atomen und Molekülen. Zu diesen Wechselwirkungen auf atomarer Ebene gehören auch Bindungskräfte, die für uns in Form von Effekten wie Haft- oder Gleitreibung wahrnehmbar sind. Besonders aufschlussreich sind atomistische Simulationen deshalb in der Tribologie, also der Wissenschaft von Reibung, Verschleiß und Schmierung. Sie geben Materialwissenschaftlern eine neue Perspektive auf Werkstoffe und ermöglichen ein tieferes Verständnis für die Eigenschaften bestimmter Materialien und Materialpaarungen.

Atomistische Simulationen finden bisher hauptsächlich in der Wissenschaft Anwendung, lassen sich aber auch auf Problemstellungen in industriellen Applikationen übertragen. Sie ermöglichen die Entwicklung reibungsärmerer Kontaktflächen, die zu energieeffizienteren Produkten mit weniger Verschleiß führen.

Hohe Anforderungen durch die sicherheitskritische Anwendung

Da die Gleitringdichtungen in unmittelbarer Nähe des Reaktors eingesetzt werden, stellte der Kunde besondere Anforderungen bezüglich Qualität, Sorgfalt und Transparenz. Vor der Auslieferung wird jede einzelne Gleitringdichtung auf einem speziellen Prüfstand eingehenden Tests unterzogen, um die Betriebsbedingungen in der RAM-Wechselmaschine zu simulieren. Alle verwendeten Werkstoffe und Bauteile wurden zudem auch dahingehend ausgewählt, dass sie eine möglichst lange Lagerzeit ermöglichen, damit die Betreiber die Ersatzteilverfügbarkeit problemlos selbst gewährleisten können. „In den RAM-Dichtungen werden beispielsweise nur O-Ringe verwendet, die gerade erst hergestellt wurden“, führt Hofmann aus. „Durch solche Maßnahmen können wir eine lange Haltbarkeit garantieren. Eingelagerte Dichtungen muss der Kunde erst nach Jahren überprüfen.“ Auch bei der Verpackung sind für die Industrie spezifische Vorgaben zu erfüllen, wie Hofmann ausführt. „Die fertigen Dichtungen werden in Sonderfolie eingeschweißt, die für den Nuklearbereich zugelassen ist. Sie ist frei von Chloriden und anderen korrosiven Bestandteilen.“

EagleBurgmann hat sich für das Projekt nach dem kanadischen Kernkraftwerk-Standard zertifizieren lassen. Von einer Auditierung des gesamten Unternehmens sowie der Fertigungsprozesse über die Auswahl geeigneter Werkstoffe bis hin zur Zulassung der Lieferanten – in jedem Teil des Prozesses hat EagleBurgmann die Voraussetzung dafür geschaffen, dass die COG ein bestmöglich gefertigtes und dokumentiertes Produkt erhält.

Aus einer Innovation wird ein zuverlässiges Standardbauteil

Jahrzehntelange Erfahrung in Projekten der Nukleartechnik auf der ganzen Welt und eine hohe Materialexpertise sorgen dafür, dass EagleBurgmann auch für herausforderndste Einsatzszenarien wirkungsvolle und zuverlässige Lösungen entwickeln kann. EagleBurgmann verfügt außerdem über die nötige Flexibilität, Prozesse anforderungsgerecht an individuelle Kundenstandards anzupassen.

„Wir betreuen zahlreiche Kunden in der Nuklearindustrie und kennen deshalb die besonderen Ansprüche der Branche“, erklärt Hofmann. „Mit unserer Erfahrung und Expertise können wir deshalb nicht nur anforderungsgerechte technische Lösungen entwickeln, sondern beherzigen die besonderen Standards der Branche in jedem Prozessschritt.“ Die neuentwickelten Dichtungen von EagleBurgmann haben sich bei Betreibern schnell als Standardbauteil etabliert.

EagleBurgmann zählt zu den international führenden Unternehmen für industrielle Dichtungstechnologie

Unsere Produkte sind überall im Einsatz, wo es auf Sicherheit und Zuverlässigkeit ankommt: in den Branchen Öl & Gas, Raffinerie, Petrochemie, Chemie, Pharmazie, Nahrungsmittel, Energie, Wasser, und weiteren. Rund 6.000 Mitarbeiter sorgen täglich mit ihren Ideen, ihren Lösungen und ihrem Engagement dafür, dass sich Kunden weltweit auf unsere Dichtungen verlassen können. [Rely on excellence.](#)

