

RELY ON EXCELLENCE

DF-SA DiamondFace® Gleitringdichtung für CANDU-Reaktor

Innovative Werkstoffpaarung ermöglicht reibungsarmen Betrieb und verlängert die Lebensdauer um das Fünffache.

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 Dichtungslösung begaben sich die Materialwissenschaftler von EagleBurgmann auf eine Forschungsmission, die sie bis auf die atomare Ebene hinabführte.

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.

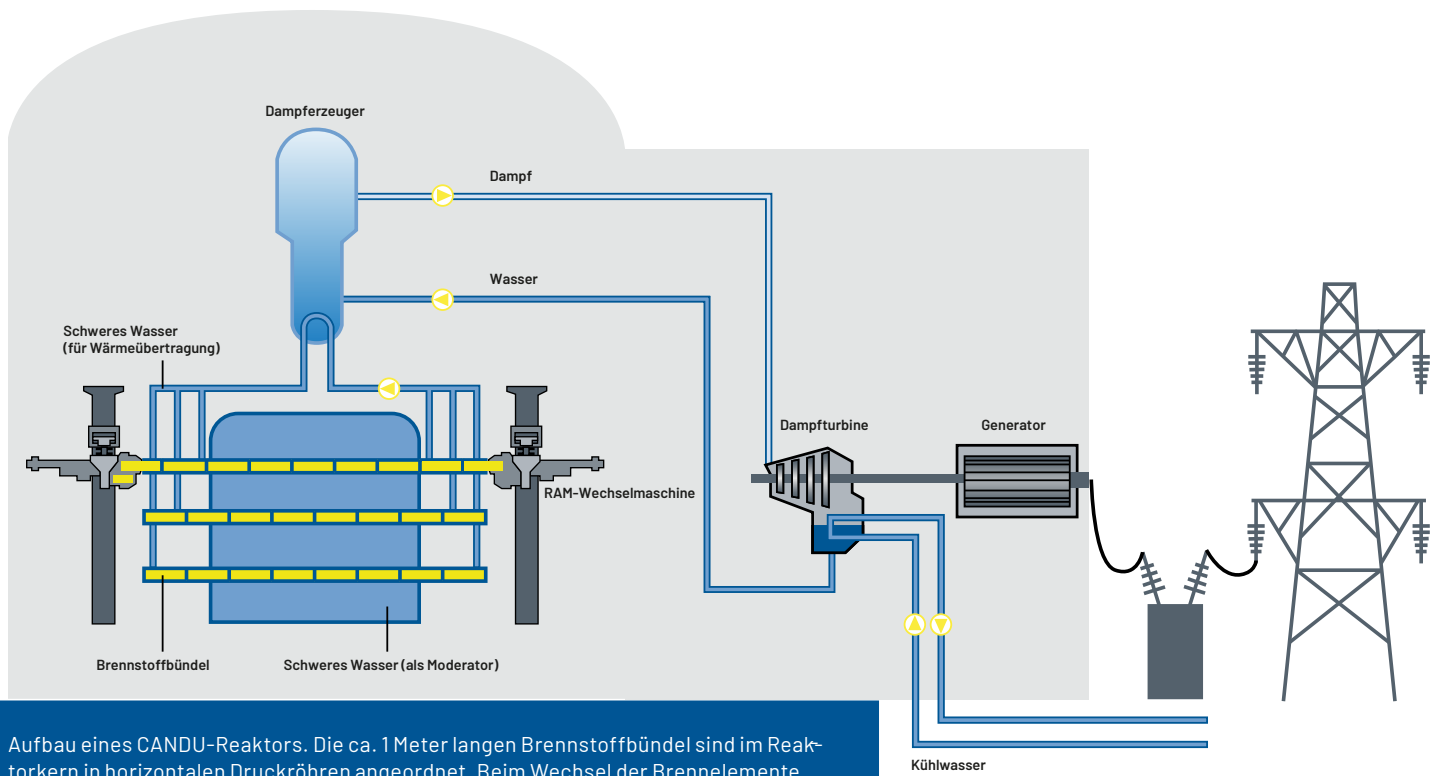
Anspruchsvolle Bad-Actor-Lösung gesucht
Die Anforderungen an die neue Dichtung waren hoch: Bei einem Druck von 120 bar und Drehzahlen von 261 Umdrehungen pro Minute sollte sie Drehmoment und Leckage auf ein Minimum beschränken. Zudem musste sie für einen Wechselbetrieb ausgelegt sein, da die RAM-Maschine 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.

In CANDU-Reaktoren wird schweres Wasser (D₂O) als Moderator und Kühlmittel verwendet. Es nimmt die Wärme der Kernspaltung auf und gibt sie an einen Sekundärkreislauf mit normalem Wasser (H₂O) ab, der 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 Uran.

CASE STUDY

- **Referenzprojekt:** CANDU-Reaktor
- **Kunde:** CANDU Owners Group (COG), Kanada
- **Branche:** Kernenergie
- **Herausforderung:** Bad Actor-Lösung | Entwicklung einer neuen Gleitringdichtung für die hydraulische Belademaschine
- **EagleBurgmann-Leistungen:** Beratung, Engineering, atomistische Simulation
- **Technische Lösung:** DF-SA DiamondFace® Sonderdichtung für die Kraftwerkstechnik



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

Bei der Entwicklung der Gleitringdichtung stießen die Ingenieure auf ein unerwartetes Problem: Unter bestimmten Bedingungen stieg das Drehmoment der Dichtung nach mehreren Drehzyklen deutlich an – ein Verhalten, mit dem im Vorfeld niemand gerechnet hatte. Es galt, den sprunghaften Anstieg des Reibungswiderstands zwischen den Gleitflächen zu verstehen. Dazu nahmen die Werkstoffexperten Kontakt zu Kollegen der Muttergesellschaft, der Freudenberg-Gruppe, auf, um die atomaren Bindungskräfte zwischen den Gleitflächen mit Hilfe einer atomistischen Simulation genauer zu untersuchen.

Im leckagefreien Betrieb ohne Medium zeigte sich, dass es an den Gleitflächen zu Kaltverschweißungen zwischen einzelnen Kohlenstoffatomen kam. Die Gleitflächen haben sich auf molekularer Ebene quasi miteinander verzahnt. Auf Basis dieser Erkenntnisse tasteten sich die Spezialisten mit weiteren Simulationen an die optimale Werkstoffkombination heran.



Zum Einsatz kam schließlich eine Werkstoffpaarung aus einer mikrokristallinen Diamantschicht und einer Gleitschicht aus Siliziumkarbid.

Diese Kombination reduziert Kaltschweißeffekte und sorgt für einen dauerhaft niedrigen Reibungswiderstand. Auch der Verschleiß an den Flächen wird durch die neue Materialpaarung reduziert. Dadurch hat die neue Dichtung eine fast fünffach längere Lebensdauer von vier Jahren im Vergleich zur Vorgängerdichtung.



DiamondFace® – eine innovative Gleitflächentechnologie für maximale Laufleistung – wurde 2007 gemeinsam von EagleBurgmann und dem Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST) entwickelt. Unter Vakuum und bei Temperaturen von 2.000 °C (3.632 °F) entsteht mittels chemischer Gasphasenabscheidung (CVD) eine einzigartige mikrokristalline Diamant-Oberfläche.

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. In der Tribologie, der Wissenschaft von Reibung, Verschleiß und Schmierung, sind atomistische Simulationen deshalb besonders aufschlussreich. Materialwissenschaftlern eröffnen sie eine neue Perspektive auf Werkstoffe und ermöglichen ein tieferes Verständnis der 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.

„Wir betreuen zahlreiche Kunden in der Nuklear-industrie. Mit unserer Erfahrung und Expertise können wir deshalb nicht nur anforderungs-gerechte technische Lösungen entwickeln, sondern auch die besonderen Ansprüche und Standards der Branche in jedem Prozessschritt berücksichtigen.“

Bernd Wunderlich,
Senior Project Development Manager Nuclear Power

Besonderheit: Sicherheitskritische

Anwendung

Da die Gleitringdichtungen in unmittelbarer Nähe des Reaktors eingesetzt werden, stellte der Kunde besonders hohe Anforderungen an Qualität, Sorgfalt und Transparenz. Vor der Auslieferung wurde jede einzelne Gleitringdichtung umfangreichen Tests auf einem speziellen Prüfstand unterzogen, der die Betriebsbedingungen in der RAM-Wechselmaschine simuliert. Alle verwendeten Werkstoffe und Bauteile wurden zudem auch dahingehend ausgewählt, dass sie eine möglichst lange Lagerzeit ermöglichen. So können die Betreiber die Ersatzteilverfügbarkeit problemlos selbst gewährleisten. In den RAM-Dichtungen werden beispielsweise nur O-Ringe verwendet, die gerade erst hergestellt wurden. Durch solche Maßnahmen ist eine lange Haltbarkeit garantiert. Eingelagerte Dichtungen muss der Kunde erst nach Jahren überprüfen.

Auch bei der Verpackung sind für die Industrie spezifische Vorgaben zu erfüllen. Die fertigen Dichtungen werden in Sonderfolie eingeschweißt, die für den Nuklearbereich zugelassen ist. Sie ist frei von Chloriden und anderen korrosiven Bestandteilen.

Zertifiziert nach N299

EagleBurgmann hat sich für das Projekt nach dem kanadischen Kernkraftwerksstandard

„N299 - Quality assurance program requirements for the supply of items and services for nuclear power plants“ 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

Vorteile der DF-SA DiamondFace®

Die DF-SA DiamondFace® Sonderdichtung von EagleBurgmann wurde speziell als Funktionselement für kritische Einsatzbereiche in der Kraftwerkstechnik entwickelt. Die innovative Werkstoffpaarung, standardisierte Komponenten und nicht zuletzt ihre hohe Flexibilität in Bezug auf Anschlussstellen im Pumpeneinbauraum macht sie zur technisch idealen und zugleich kosteneffizienten Dichtungslösung für den Einsatz in Pumpen für Kesselspeisewasser und Reinstwasser.

- Beständig gegen elektrochemische Korrosion.
- Kein Dosiersystem, keine Konditionierung des Kühlkreislaufwassers erforderlich.
- Extrem lange Laufzeiten (>40,000 h)
- Geringe Reibwerte durch DiamondFace®, daher reduzierte Leistungsaufnahme.
- Verformungsoptimiert, für hohe Gleitgeschwindigkeiten und mittlere Drücke.



Ergebnis

Die für den CANDU-Reaktor neu entwickelte Gleitringdichtung erfüllte nicht nur alle vom Auftraggeber geforderten Spezifikationen, sie überzeugs im Einsatz auch mit einer beeindruckenden Leistung. Die erwartete Lebensdauer wurde bei allen installierten Dichtungen deutlich übertroffen. Bei Kraftwerksbetreibern hat sich die DF-SA DiamondFace® Gleitringdichtung von EagleBurgmann inzwischen als Standardkomponente etabliert. Bis heute sind weltweit mehr als 300 Stück erfolgreich im Einsatz.

Voraussetzung dafür geschaffen, dass die COG ein bestmöglich gefertigtes und dokumentiertes Produkt erhält.

* Die CANDU Owners Group ist eine private, gemeinnützige und führende Organisation im Bereich der Kerntechnik. Gemeinsam mit ihren Mitgliedern treibt sie Innovationen in der Kraftwerkstechnik und den -prozessen voran, um höchste Standards bei Sicherheit, Effizienz und Umweltverträglichkeit zu gewährleisten. Mehr Informationen finden Sie unter: www.candu.org

EagleBurgmann – Leading Innovation in Sustainable Sealing Solutions

EagleBurgmann ist Ihr international führender Spezialist für industrielle Dichtungstechnik. Wir kombinieren innovative Technologien, digitale Lösungen mit Leidenschaft und Enthusiasmus zu anspruchsvollen Dichtungssystemen. Unsere Produkte helfen dabei, ganze Industriezweige sicherer und nachhaltiger zu machen. Rund 6.000 Beschäftigte schaffen mit ihrer Begeisterung und Kompetenz weltweit Mehrwert für unsere Kunden. EagleBurgmann ist ein Joint Venture der deutschen Freudenberg Gruppe und der japanischen Eagle Industry Gruppe.

Rely on excellence.

eagleburgmann.com
info@eagleburgmann.com

