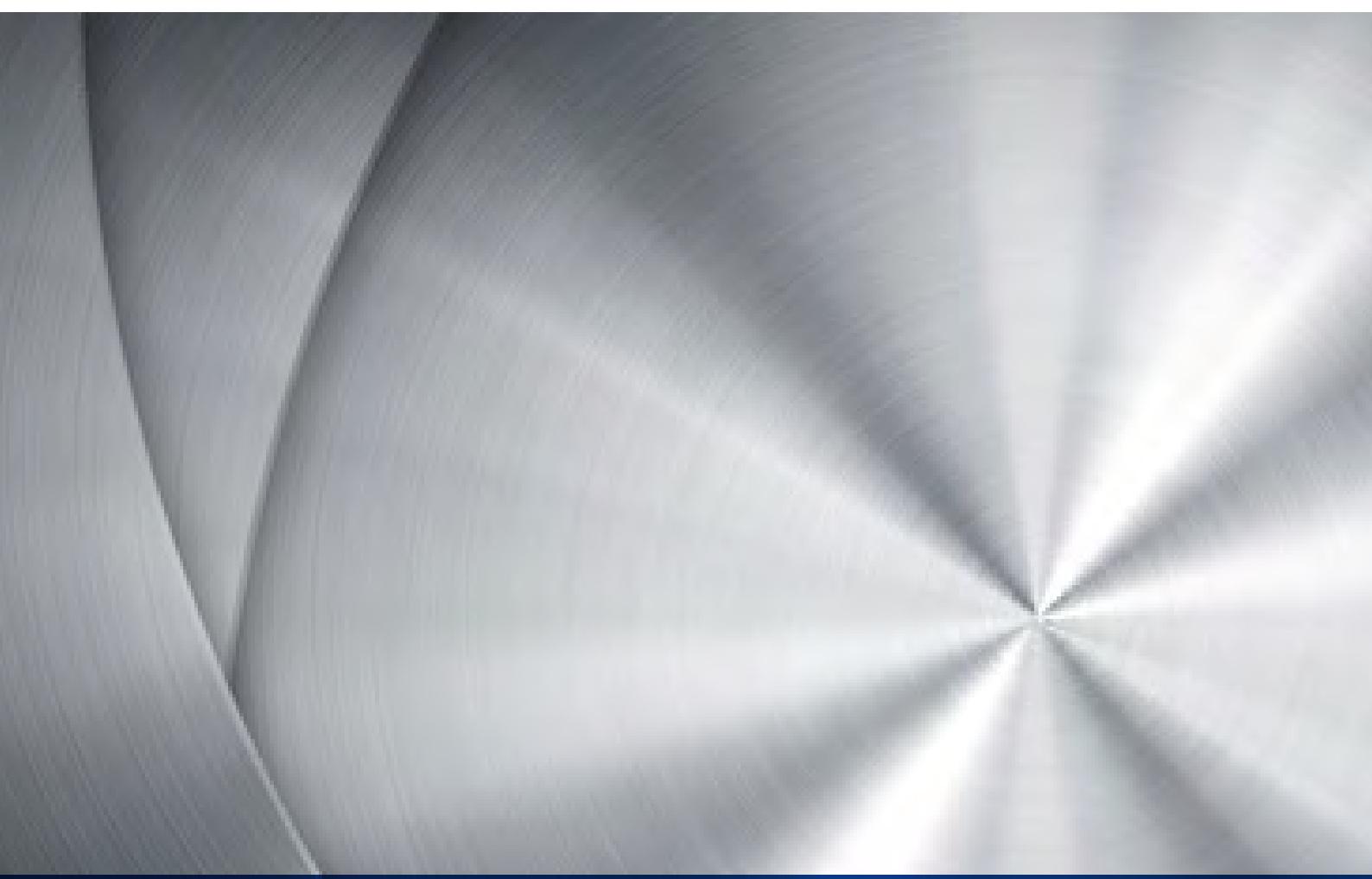


Sulzer Technical Review

5/2018

SULZER



Materialien der Zukunft

Werkstoffe der nächsten Generation für Hochenergiepumpen

Neues Schweißmaterial zur Reparatur von Turbinen

Carbonfaser-Verbundwerkstoff für die Destillation

Knochenersatzmaterialien einfach eingebracht

Über Sulzer

Das Kerngeschäft von Sulzer umfasst Flow Control und Applikatoren. Wir sind auf Pumpen, Services für rotierende Maschinen sowie auf Trenn-, Misch- und Applikationstechnologien spezialisiert. Unsere Kunden profitieren von einem Netzwerk mit über 180 Produktions- und Servicestandorten auf der ganzen Welt. Sulzer wurde 1834 gegründet und hat seinen Hauptsitz in Winterthur, Schweiz. 2017 erzielte das Unternehmen mit rund 14'700 Mitarbeitenden einen Umsatz von rund CHF 3,0 Milliarden. Unsere Aktien werden an der SIX Swiss Exchange gehandelt (SIX: SUN).

Pumps Equipment

Die Division Pumps Equipment ist auf Pumplösungen spezialisiert. Intensive Forschung und Entwicklung in den Bereichen Strömungsdynamik, prozessorientierte Produkte und Spezialmaterialien sowie zuverlässige Servicelösungen helfen dem Unternehmen dabei, seine führende Position auf seinen Fokusmärkten zu festigen.

Rotating Equipment Services

Die Division Rotating Equipment Services bietet hochmoderne Wartungs- und Servicelösungen für rotierende Maschinen an, die darauf ausgelegt sind, die Prozesse und die Leistungsfähigkeit des Kunden zu verbessern. Überall dort, wo Pumpen, Turbinen, Kompressoren, Generatoren und Motoren für den Betrieb unerlässlich sind, bietet Sulzer technisch fortschrittliche und innovative Lösungen.

Chemtech

Die Division Chemtech ist in allen wichtigen Industrieländern vertreten und setzt Massstäbe auf dem Gebiet des Stoffaustauschs und des statischen Mischens. Das Produktangebot reicht von einzelnen Prozesskomponenten bis hin zu kompletten Prozessanlagen. Der Kundensupport umfasst Engineering-Services für die Trenn- und Reaktionstechnologie sowie Vor-Ort-Services zur Installation von Trennböden und Packungen, Wartung von Trennkolonnen, Durchführung von Schweißarbeiten und Turnaround-Projekten für Anlagen.

Applicator Systems

Kunden der Division Applicator Systems profitieren von fortschrittlichen Lösungen für ein präzises Auftragen sowie von Zweikomponenten-Misch- und -Austragssystemen für Klebstoff-, Dental-, Gesundheits- und Kosmetikanwendungen. Ein globales Netzwerk bindet lokales Wissen und Kompetenz ein und unterstützt Sulzer dabei, seine führende Position in den Schlüsselmärkten zu behaupten.

Newsletter der Sulzer Technical Review: www.sulzer.com/str-newsletter



Herausgeber

Sulzer Management AG
Postfach
8401 Winterthur, Schweiz

sulzertechnicalreview@sulzer.com
www.sulzer.com/str

Ausgabe 5/2018
100. Jahrgang der STR
ISSN 1660-9042

Impressum

© Sulzer Ltd 2018 – Alle Rechte vorbehalten. Der Nachdruck von Beiträgen und Illustrationen ist nur mit Genehmigung der Redaktion gestattet. Die Sulzer Technical Review wurde nach bestem Wissen und Gewissen der Sulzer Management AG und der Autoren zusammengestellt. Chefredaktorin: Nadia Qaud; Redaktionssekretariat: Tanja Bosshart
Gestaltung: Pavla Balcarová, pb studio, Jaromer, Tschechische Republik
Übersetzungen: think global Milengo GmbH, Berlin, Deutschland; Thore Speck, Flensburg, Deutschland
Lektorat: Olivia Rath, Wetzkon, Schweiz; Bouqui Stautmeister, Winterthur, Schweiz

Fotos und Videos

Titelseite: Fotolia
Seiten 3, 4, 6, 12, 13, 14, 20, 22, 25: Fotolia; Seite 10: CEITEC CTLab; Seiten 17, 18: SGL Carbon GmbH.
Alle anderen Fotos und Videos: Sulzer

Materialien der Zukunft

“



Innovative Materialien können zum Markterfolg von Produkten beitragen. Deshalb befassen sich die Materialspezialisten von Sulzer mit der Prüfung und Kontrolle von Materialien, Beschichtungen und Oberflächenbehandlungen zur Verbesserung unserer Produkte und Produktionsprozesse. Sulzer verfügt über langjährige Erfahrung in der Anwendung verschiedenster Herstellungsverfahren und nutzt diese in ihrer ganzen Vielfalt. Unsere Ingenieure analysieren, bewerten und testen alle neuen Materialien und Produktionsmethoden gründlich, bevor sie in der Serienproduktion in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt werden.

Lesen Sie mehr über die Vorteile des isostatischen Heisspressens (HIPing) von Gusslaufrädern, die in Wassereinspritzpumpen unter dem Meeresspiegel verwendet werden und nicht einfach austauschbar sind. Um die Korrosionsbeständigkeit zu erhöhen, implementierte Sulzer ein Kohlenstofffaser-Verbundmaterial für Trennkolonnen. Auch bei Reparaturen nutzt Sulzer das Wissen von Materialspezialisten, um die Lebensdauer der reparierten Turbinen zu erhöhen. Mit Spezial-Kunststoffen und -Verfahren werden Dental spritzen hergestellt, die mit biokompatiblem Knochenmaterial gefüllt werden.

Thomas Kraenzler, Leiter Global Core Technology Materials von Sulzer Pumps Equipment, Winterthur, Schweiz



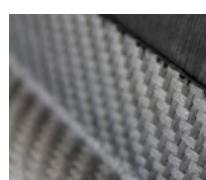
4 Werkstoffe der nächsten Generation für Hochenergiepumpen

Verstärkte Laufräder für Tiefseepumpen



11 Neues Schweißmaterial zur Reparatur von Turbinen

Wie man Spannungsrißkorrosion reduziert



16 Carbonfaser-Verbundwerkstoff für die Destillation

Wie die MellaCarbon-Einbauten erfunden wurden



19 Knochenersatzmaterialien einfach eingebracht

Dentalspritze für Zahnimplantate



22 News und Events



Werkstoffe der nächsten Generation für Hochenergiepumpen

Wasserinjektionspumpen unterstützen die Förderung von Öl und Gas aus Offshore-Feldern. Je tiefer die Lagerstätte, desto höher ist der Arbeitsdruck dieser Pumpen. Dabei müssen die Laufräder einem Druck von 1'000 bar und 60'000 Lastzyklen pro Minute standhalten. Um die Zuverlässigkeit der Pumpen zu verbessern, sind die Spezialisten von Sulzer kontinuierlich auf der Suche nach den am besten geeigneten Werkstoffen und Prozesstechnologien für die Zukunft.

Es sind die nicht sichtbaren Unterschiede zwischen Pumpen, die über die mögliche Einsatzdauer in kritischen Anwendungen entscheiden. So hat der für das Laufrad oder das Gehäuse verwendete Werkstoff einen grossen Einfluss auf die Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Täglich stehen weitere Werkstoffe für additive Fertigungsverfahren zur Verfügung, die es Herstellern erlauben, neue Wege in der Fertigung zu beschreiten.

Die intelligente Nutzung von Prozesstechnologien und Werkstoffen ist ein wichtiger Schlüssel für die Entwicklung wettbewerbsfähiger Produkte. Dabei ist nicht der beste Werkstoff entscheidend – vielmehr kommt es darauf an, den geeigneten Werkstoff mit dem am besten geeigneten Verfahren zu kombinieren. Spielt die Lieferzeit die wichtigste Rolle, gewinnt ein schnellerer Produktionsprozess. Bei korrosiven oder abrasiven Medien sind verbesserte Werkstoffe oder Beschichtungen die erste Wahl.

Steigende Anforderungen an Wasserinjektionspumpen

Die Exploration und Förderung von Öl und Gas aus Offshore-Lagerstätten zwingt die Öl- und Gasindustrie dazu, ihre Grenzen zu erweitern. Immer mehr Wasserinjektionspumpen werden im Tief- und Tiefstwasser eingesetzt. Je tiefer die Öl- und Gasressourcen liegen, desto höher ist die Temperatur der gepumpten Fluide – ein geothermischer Effekt. Und je grösser die Tiefe, in der die Pumpe arbeitet, desto mehr korrosive Stoffe befinden sich im eingepressten Wasser.

Anfang der 1970er-Jahre lag der Förderdruck von Injektionspumpen bei rund 350 bar. Im Jahr 2001 stellte Sulzer mit der Installation von vier HPcP-Pumpen im Golf von Mexiko mit einem Förderdruck von 605 bar einen neuen Weltrekord auf. In Erwartung steigender Anforderungen startete Sulzer 2009 eine Konzeptstudie zur Entwicklung einer Injektionspumpe mit einem Arbeitsdruck von 800 bar. Aufgrund von Kundenrückmeldungen wurde die Messlatte für die Entwicklung noch einmal höher gelegt, und Sulzer entwickelte eine Pumpe mit einem Arbeitsdruck von 1'000 bar.

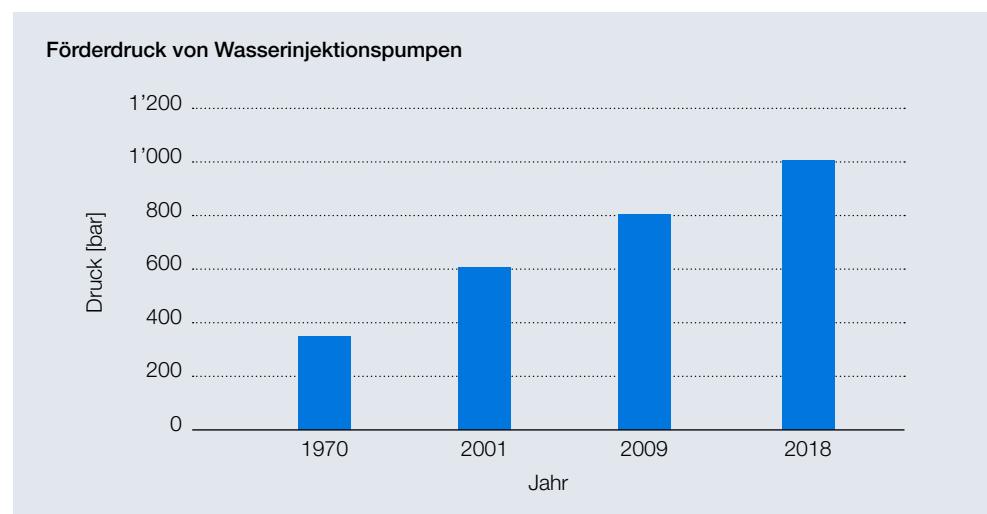


Abb. 1 Entwicklung des Förderdrucks von Wasserinjektionspumpen seit 1970.

Wie kann ein solch hoher Druckanstieg erreicht werden? Zum Teil durch Hinzufügen weiterer Pumpenstufen, aber hauptsächlich durch die Erhöhung der Förderhöhe pro Stufe. Dadurch steigt allerdings die mechanische Belastung der in den Pumpen verwendeten Werkstoffe. Normalerweise wird rostfreier Super-Duplex-Stahl für Hochdruckpumpen verwendet, doch bei einem Druck von 1'000 bar kommt auch dieser Stahl an seine mechanischen Grenzen.

Neben intelligenten technischen Lösungen erfordern zukünftige Pumpenentwicklungen deshalb verbesserte Werkstoffe, die eine höhere Festigkeit bei gleicher oder sogar besserer Korrosionsbeständigkeit bieten. Allerdings sind diese Werkstoffe nicht leicht zu finden, da Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit grundsätzlich im Gegensatz zueinander stehen.

Die Herausforderung besteht darin, geeignete Werkstoffe für die Laufräder zu finden, da diese nicht wie ein Pumpengehäuse aus hochfesten, niedrig legierten Stählen mit einer korrosions- und verschleissfesten Beschichtung gefertigt werden können. Neben der Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit spielt die Dauerfestigkeit des Laufradmaterials eine entscheidende Rolle, da diese Komponenten einer sehr grossen Zahl von Lastzyklen ausgesetzt sind.

Lastzyklen einer Pumpe

In einer gewöhnlichen Pumpe mit Diffusor passiert jede Laufradschaufel pro Umdrehung etwa zehn Diffusorschäufeln. Dabei entsteht jedes Mal eine Druckspitze am Laufrad, die zu einer kleinen elastischen Verformung des Bauteils führt (Abb. 2).



Simulationsvideo einer Laufradverformung ansehen.

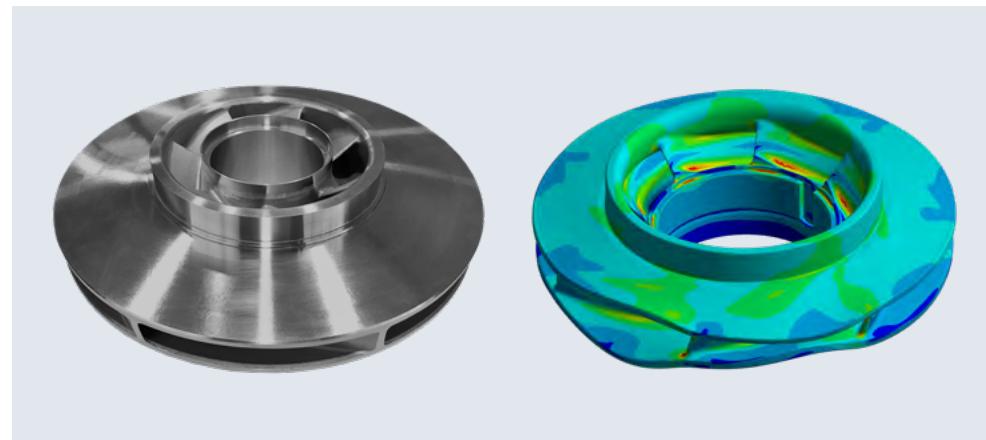


Abb. 2 Simulation einer Laufradverformung unter Teillastbedingungen durch FE-Analyse.

Bei einer Pumpendrehzahl von $6'000 \text{ min}^{-1}$ unterliegt das Laufrad $60'000$ Lastzyklen in der Minute. Zum Vergleich: Ein durchschnittliches Herz schlägt 90 Mal in der Minute, und der Motor eines Autos läuft mit einer Drehzahl von etwa $3'000 \text{ min}^{-1}$. Bei einem Dauerbetrieb von einem Jahr (bzw. $525'600$ Minuten) macht dies für die Pumpe $31,5$ Milliarden ($3,15 \times 10^{10}$) Zyklen (Abb. 3).



Abb. 3 Vergleich der Zyklen bzw. Schläge im Jahr in verschiedenen Bereichen.

Neue Werkstoffe erforderlich

Um den zukünftigen Anforderungen an Hochenergiepumpen gerecht zu werden, agiert Sulzer vorausschauend und prüft ständig neue Werkstoffe und Prozesstechnologien. Das Unternehmen ist sich der entscheidenden Bedeutung des Pumpenwerkstoffs bewusst und beschäftigt ein global aufgestelltes Team von 18 Werkstoffspezialisten.

„Potenzielle neue Laufradmaterialien für die nächste Generation von Wasserinjektionspumpen zu finden, ist eine Herausforderung“, erklärt Thomas Kränzler, Leiter Global Core Technology Materials. „Eine Verbesserung der mechanischen und Korrosionseigenschaften beeinflusst häufig die Fertigungsmethoden oder erhöht die Produktionskosten unverhältnismässig. Daher beschränkt sich unsere Evaluierung nicht auf Werkstoffspezialisten. Wir arbeiten bei der Wahl und Qualifizierung neuer Werkstoffe auch eng mit Fertigungsexperten zusammen.“

Werkstoffwahl

Eine zeitgemäße Werkstoffauswahl ist objektiv – dies zeigt sich bei der quantifizierten Auswahl eines Laufradwerkstoffs, der fester, aber mindestens genauso korrosionsbeständig sein muss wie gegossener rostfreier Super-Duplex-Stahl. Die Quantifizierung der beiden entscheidenden Werkstoffeigenschaften Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit wird durch den Einsatz einer Datenbank erleichtert. Eine hohe Festigkeit steht im Zusammenhang mit einer guten Beständigkeit gegen die Bildung von Ermüdungsrissen. Dennoch sind weitere Korrelationen notwendig, da mehr Materialdaten für Schmiede- als für Gussvarianten vorliegen. Zur Einschätzung und Beurteilung der Beständigkeit gegen Lochfrasskorrosion nutzen die Werkstoffingenieure den sogenannten PREN-Wert (Pitting Resistance Equivalent Number). Der PREN-Wert errechnet sich aus den Gewichtsprozentanteilen wichtiger chemischer Elemente ($\text{PREN} = 1 \times \% \text{Cr} + 3,3 \times \% \text{Mo} + 16 \times \% \text{N}$). Klar erkennt man in einem Diagramm die Optimierung des Leistungsvermögens mithilfe der beiden Haupteigenschaften quer durch alle Werkstoffe in der Datenbank. Die Kreisflächen in Abb. 4 stellen die Eigenschaften eines bestimmten Werkstoffs dar, wobei Super-Duplex-Stahl als Nr. 1 gekennzeichnet ist. Die Lage der Flächen gibt das relative Leistungsvermögen an, wobei gleichwertige Werkstoffe entlang einer diagonalen Linie liegen und das Leistungsvermögen nach oben rechts im Diagramm zunimmt. Der vielversprechendste Werkstoff ist hier eine spezielle Legierung auf Nickelbasis (Nr. 2). Die quantifizierte Werkstoffwahl zeigt somit, dass es nur eine begrenzte Zahl von Legierungen gibt, die ein besseres Leistungsvermögen als rostfreier Super-Duplex-Stahl aufweisen, von denen nur eine besonders vielversprechend ist.

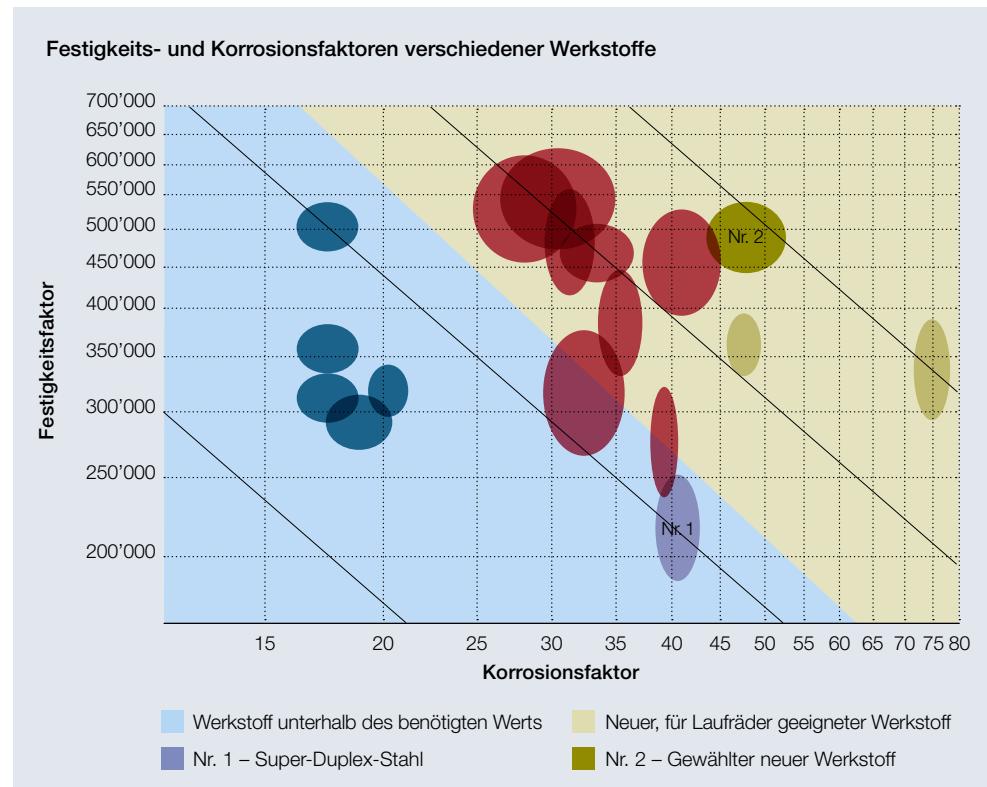


Abb. 4 Auswahldiagramm zur Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

Prozessauswahl

Die Auswahl der Verfahren zur Verarbeitung der Werkstoffe ist rein qualitativ und einfacher als die Werkstoffwahl. Geschmiedete oder bearbeitete Werkstoffe sind zwar bekannt für ihre relativ günstigen mechanischen Eigenschaften, doch eine Tatsache schliesst sie sofort aus der Wahl aus: Es gibt keine Werkzeuge, mit denen die komplexen Hohlräume eines geschlossenen Laufrads

hergestellt werden können. Das Zusammenfügen mehrerer geschmiedeter Teile mittels Schweißen oder Löten würde wiederum die Dauerfestigkeit ernsthaft gefährden. Die meisten verbleibenden modernen und traditionellen Verfahren bieten sowohl Vor- als auch Nachteile. Diese sind in einer Übersicht in Abb. 5 dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass beim 3-D-Druck durch Laserschmelzen Teile praktisch aus mehreren kleinen Gussteilen aufgebaut werden, was unweigerlich zu Störstellen bei der Erstarrung und zu Restspannungen führt. Daher ist der Vakuum-Feinguss aufgrund der Verfügbarkeit und der günstigen Kosten vorzuziehen. Hierbei handelt es sich um einen bewährten Produktionsweg für ausscheidungsgehärtete, nickelbasierte Superlegierungen.

Vorteilhafte Eigenschaften		Nicht-Schmiedeverfahren im Vergleich	Vakuum-Feinguss	Laser-schmelzen (3-D-Druck)*	Binder Jetting (3-D-Druck)*	Pulver-metallurgie
Werkstoff-eigenschaften	Richtungsunabhängige Eigenschaften	+	--	+	+	+
	Kleine Kristallgrösse	-	+	+	+	+
	Geringe Restspannung	+/-	---	+	+	+
	Hohe Dichte	--	-	--	--	--
	Gleichmässige Zusammensetzung	-	+	+	+	+
Werkstoff-flexibilität	Geeignet für reaktive Legierungen	+	-	-	-	-
	Legierungsflexibilität	+	-	-	-	+
	Mehrere Werkstoffe / Umhüllung	-	-	-	-	+
Konstruktion/ Abmessungen	Komplexe Formen	+	+++	++	++	-
	Grosse Teilegrössen	+	-	-	-	-
	Nahe an endgültiger Form	+	++	+	+	+
	Geringe Schrumpfung	--	+	-	-	-
	Hohe Oberflächengüte	+	+/-	+/-	+/-	+/-
Kosten	Kostengünstige Ausgangsmaterialien	+	-	-	-	-
	Geringer Arbeitsaufwand	-	+	+	+	-
	Weniger Abfall (Speiser/Stützen)	--	-	+	+	+
Verarbei-tungszeit	Kurze Produktionszeit	+	+++	++	++	-
	Behälterlose Verarbeitung	-	+	+	+	-
Wiederholbar-keit	Einstufige Schmelzsequenz	+	-	+	+	+
	Niedrige Entropie (Schritte)	+	-	-	-	+

Abb. 5 Vergleich verschiedener Verfahren für die Laufradfertigung.

* Siehe auch STR 2/2018 – Additive Fertigung

Vakuum-Feinguss

Vakuum-Feinguss ist ein dreidimensionales Reproduktionsverfahren, das vor der eigentlichen Herstellung des Metallaufrads einige Schritte erfordert. Zunächst wird ein sogenanntes verlorenes Modell, eine Kopie des Laufrads aus einem niedrigschmelzenden Kunststoff, per 3-D-Druck hergestellt und mit mehreren Schichten Keramikschlicker umhüllt. Anschliessend wird das Modell in einem Ofen erhitzt, wobei der Kunststoff verbrennt und der Keramikschlicker eine feste, aber brüchige hohle Form bildet. Im dritten Schritt wird das geschmolzene reaktive Metall in die warme Keramikform gegossen. Dies geschieht unter Vakuum, um Verschmutzungen zu verhindern. Nachdem sich das Metall in der Form verfestigt hat, wird das gegossene Laufrad durch Zerstören der brüchigen Keramikform freigelegt. Diese Grundzüge des Feingusses haben eine lange Geschichte. Laut Archäologen ist die Verwendung von Modellen aus Bienenwachs und Tonformen bereits Tausende Jahre alt. Das aktuelle Vakuum-Feingussverfahren ist verschmutzungsresistent und nutzt sogar moderne Methoden wie die Fertigung von Kunststoffmodellen per 3-D-Druck.

Wärmebehandlung und Zuverlässigkeit

Durch Wärmebehandlung werden zwei spezifische Faktoren in der statistischen Verteilung der Werkstofffestigkeit beeinflusst. Das Ergebnis ist eine verbesserte Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Verteilung angelegter Spannungen. Wichtig zu wissen ist, dass anstelle von Einzelwerten eine natürliche Streuung – oder Verteilung – der Festigkeits- und Spannungswerte vorliegt. Wie in Abb. 6 dargestellt, beeinflusst heissisostatisches Pressen (HIP) die Streuung der Dauerfestigkeit. Nach dem heissisostatischen Pressen ist die Streuung der Dauerfestigkeiten geringer, was die Zuverlässigkeit erhöht (Abb. 7). HIP funktioniert wie ein grosser Dampfkochtopf. Das Verfahren findet bei 1'200 °C nahe am Schmelzpunkt des Metalls statt und dauert mindestens drei Stunden. Dabei wird mithilfe von inertem Argon ein Druck von 1'000 bar aufgebaut, durch den Hohlräume im Gussteil geschlossen werden, die sonst die Beständigkeit gegen Ermüdungsrißbildung beeinträchtigen würden. Dies entspricht nahezu dem Druck, der im Marianengraben, dem tiefsten bekannten natürlichen Punkt der Erde, ca. 11 km unter der Meeresoberfläche herrscht. Ein zweites Wärmebehandlungsverfahren verbessert die Zuverlässigkeit durch Erhöhung der durchschnittlichen Dauerfestigkeit. Angesichts der steigenden Beanspruchungen durch immer tiefere Ölfelder wird die durchschnittliche Werkstofffestigkeit durch Lösungsglühen und Ausscheidungshärtungen unter Vakuum erhöht, um die Gefahr eines Versagens zu reduzieren (siehe Abb. 8). Darüber hinaus gibt es weitere Massnahmen, um die Festigkeitsverteilung zu beeinflussen. Durch kontinuierliche Regelung der inneren Spannungen bzw. Restspannungen während des gesamten Prozesses wird die Streuung der Festigkeit reduziert. Da sich die Legierung für ein langsames Abkühlen eignet, werden die Teile bei Sulzer nicht abgeschreckt, sondern unter Schutzgas kontrolliert abgekühlt. Heissisostatisches Pressen und kontrolliertes Ausscheidungshärteten tragen also zur Verbesserung der Zuverlässigkeit bei, indem sie sowohl die Verteilung der Festigkeit verringern als auch deren Durchschnittswert erhöhen.

Vorteile von HIP	Nachteile von HIP
<ul style="list-style-type: none"> ■ Minderung von Restspannungen ■ Reduzierung der Variation in der Dauerfestigkeitsverteilung ■ Minderung der richtungsabhängigen Eigenschaften ■ Minderung der Einschränkungen bei der zerstörungsfreien Prüfung ■ Minderung der Frühausfallraten ■ Verdichtung des Materials, Schliessen von inneren Hohlräumen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gefahr von grossen Kristallen und Schmelzen ■ Schrumpfen des Teils bei zu geringer vorheriger Dichte ■ Begrenzte Grösse des Druckgefäßes ■ Begrenzte Abkühlgeschwindigkeit ■ Zusätzliche Kosten

Abb. 6 Vor- und Nachteile von heissisostatischem Pressen (HIP).

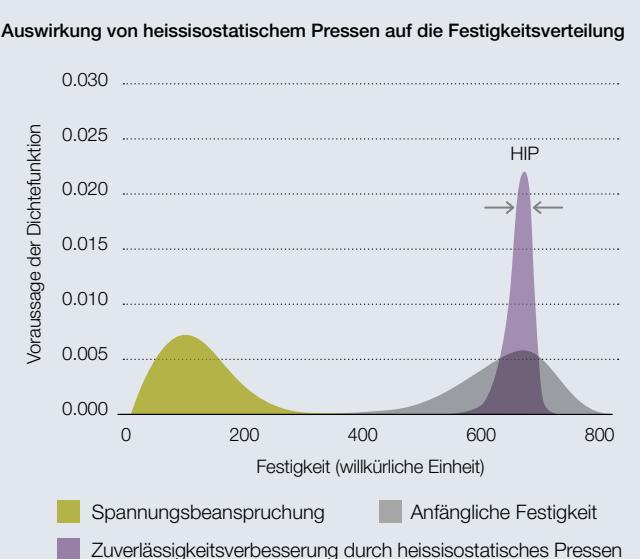


Abb. 7 Verringerung der Festigkeitsstreuung durch heissisostatisches Pressen (HIP) und Minderung innerer Spannungen.

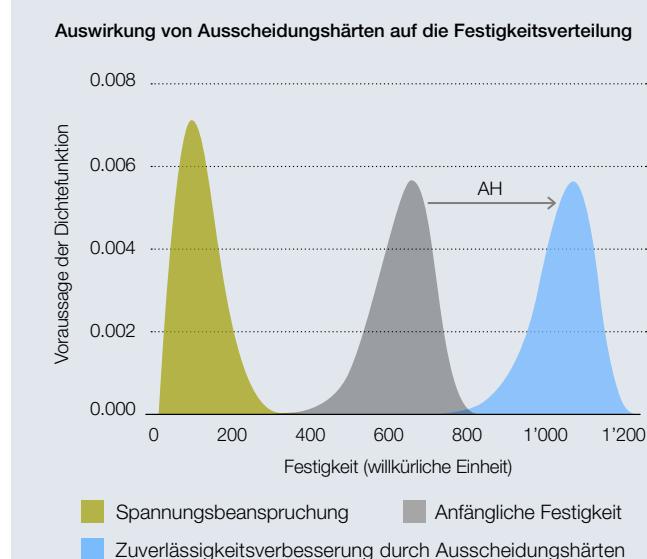
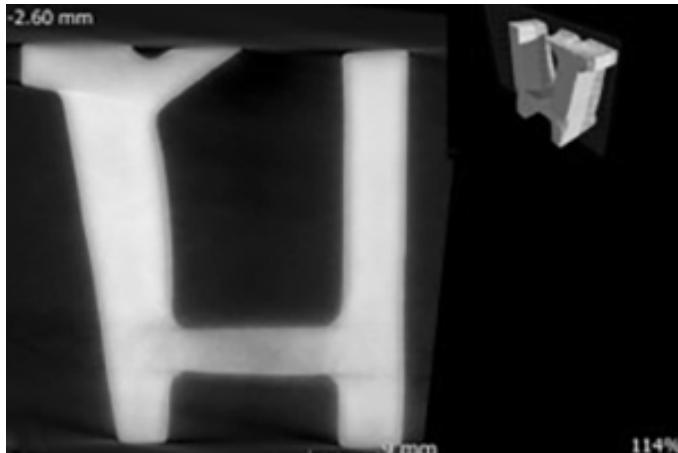


Abb. 8 Durchschnittliche Erhöhung der Festigkeit durch Ausscheidungshärteten (AH).

Inspektionen und Prüfungen

Da kein Produktionsverfahren hundertprozentig fehlerfreie Teile liefert, müssen neue Verfahren und Produkte stets geprüft werden, um die Zuverlässigkeit sicherzustellen. Das Ziel besteht darin, Fehlstellen zu begrenzen, um zu verhindern, dass daraus Bauteildefekte entstehen.



Die zerstörungsfreie Prüfung der Laufradprototypen lieferte vielversprechende Ergebnisse. Die Oberflächen wurden visuell, mithilfe eines Boroskops und durch fluoreszierende Eindringprüfung auf Risse und Ungänzen untersucht. Die Inspektion des Laufradinneren gestaltete sich aufgrund des komplexen Volumens der Gussteile als schwierig. Da nur die zugänglichen Bereiche mit Ultraschall untersucht werden konnten, wurde ergänzend Röntgen-Computertomografie eingesetzt. Ein Beispiel eines mit Röntgen-Computertomografie aufgenommenen Querschnitts ist in Abb. 9 dargestellt. Es zeigt, wie dicht das Material nach dem heissisostatischen Pressen ist.

Abb. 9 Röntgen-Computertomografie eines Laufradquerschnitts, aufgenommen vom CTLab des Central European Institute of Technology (CEITEC) im tschechischen Brünn.

Die Zuverlässigkeit wird mit empirischen Werten und Modellen des Leistungsvermögens der Werkstoffe ermittelt. Die Quantifizierung der Laufradzuverlässigkeit beruht auf dem wahrscheinlichkeitstheoretischen Ansatz der «Physik des Scheiterns» und damit stark auf Werkstoffwissenschaft, Design, Bruchmechanik und Statistik. Hierbei sind vor allem Ermüdung und bruchmechanische Eigenschaften entscheidend. Dazu werden die Ergebnisse vieler Ultraschallversuche zur Ermüdungsrissbildung mittels robuster und adaptiver bayesscher Statistikverfahren ausgewertet. Bei der Ultraschallermüdung handelt es sich um eine beschleunigte Prüfung mit einer zyklischen Belastung im Frequenzbereich von 20 kHz (anstatt 20 Hz) mit dem Ziel, Wöhlerkurven vom Mega- in den Gigacycle-Bereich auszudehnen. Hierbei sei erwähnt, dass die Ermüdungsprüfung von Stählen mit Lastspielen im Gigacycle-Bereich frühere Annahmen einer unbegrenzten Lebensdauer und definierten Dauerfestigkeit widerlegt haben. In weiteren Prüfungen wird die Toleranz gegen Fehler, Schäden und Umwelteinflüsse bestimmt. Deshalb sind sowohl die Werkstoffprüfungen als auch die Zuverlässigkeitsphysik für die Entwicklung und Konstruktion eines Pumpenlaufrads von entscheidender Bedeutung.



Thomas Kränzler,
Winterthur, Schweiz

Ausblick auf die Werkstoffevaluierung

Die zerstörende Prüfung von Prototypenteilen bei der Werkstoffwahl und -verarbeitung ist unverzichtbar. Nur so sind eine genaue Bestimmung der mechanischen Eigenschaften und eine Charakterisierung der Mikrostruktur möglich. Dass dabei viele Prüfstücke und Laufräder verlustig gehen, gehört zum Prozess. Die Prüfergebnisse sind vielversprechend. Viele metallografische Querschnitte ohne Poren oder mikroskopische Lunker bestätigen die Qualität der Gussteile und die Effektivität des HIP-Verfahrens. Weitere Zugversuche zeigen eine Verbesserung der Festigkeit um den Faktor 1,4 gegenüber gegossenem rostfreiem Super-Duplex-Stahl. Kränzler erklärt: „Eine Vielzahl weiterer Prüfungen findet noch statt. Da der Werkstoff zurzeit in keiner internationalen Werkstoffnorm aufgeführt ist, müssen wir eine vollständige Werkstoffcharakterisierung durchführen, die neben den üblichen Werkstoffprüfungen auch die oben erwähnten Prüfungen mit sehr hohen Lastzykluszahlen (ultra-high cycle fatigue, UHCF) sowie die Bestimmung der Rissausbreitung umfassen. Ein weiteres Thema ist die Evaluierung der Beständigkeit gegen Korrosion sowie der Beständigkeit gegen umweltbedingte Rissbildung. Ein neuer statistischer Ansatz hilft uns, die Anzahl der Prüfungen zu minimieren. Sobald sicher ist, dass sich der neue Werkstoff eignet, erhalten alle Sulzer-Designteams die Freigabe, dass der Werkstoff verwendet werden kann. Dies sorgt dafür, dass Sulzer-Ingenieure auf der sicheren Seite sind, wenn sie die Werkstoffe für neue Pumpen – auch in anderen Anwendungen – spezifizieren.“



David Lukezic,
Winterthur, Schweiz

Neues Schweißmaterial zur Reparatur von Turbinen



Dampfturbinen sind rund um die Welt als Kraftquelle für verschiedene Industrien im Einsatz. Dabei lassen sich auch mit den besten präventiven Wartungsverfahren nicht alle Probleme ausschliessen. Einem schwerwiegenden Problem, der Spannungsrißkorrosion, kann häufig durch genaue Analyse der Ursachen mit gezielten Abhilfemaßnahmen begegnet werden. Das neue Schweißreparaturverfahren von Sulzer mit 12%igem Chromstahl kann zudem die Lebensdauer überholter Rotoren gegenüber dem ursprünglichen Material verlängern.

Spannungsrißkorrosion tritt bei älteren Dampfturbinen häufig an den Turbinenschaufeln, den Rotorscheiben und anderen Komponenten auf. Das Wissen um die Ursachen und mögliche Lösungen kann dabei helfen, Ausfallzeiten zu minimieren und die Zuverlässigkeit zu erhöhen. Die „Forensiker“ von Sulzer untersuchen nicht nur die Beschaffenheit der Risse, sondern berechnen auch die Belastung der beschädigten Teile mithilfe der Finite-Elemente-Analyse (FEA). In einigen Fällen nutzte Sulzer darüber hinaus ein neues Schweißreparaturverfahren, um die Lebensdauer der überholten Turbinen deutlich zu verlängern.

Methoden zur Untersuchung von Rissen

Bei einem Kunden in Indien wies die Rotorscheibe der sechsten Stufe einer Dampfturbine mit Vollrotor im Bereich der Schaufelfüsse Risse auf. Die Betriebsdrehzahl der Turbine betrug $9'000 \text{ min}^{-1}$ und die Dampfeintrittstemperatur 400°C . Die Maschine war gut gewartet worden, und die Servicehistorie stand den Wartungsingenieuren zur Verfügung.

Normalerweise sind die Rotorscheiben und Schaufeln von Dampfturbinen im Bereich der Schaufelfüsse besonders hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt. In dem betreffenden Fall wurden durch eine Magnetpulverprüfung an insgesamt sieben Füßen Risse festgestellt. Im nächsten Schritt ging es darum, die genaue Ursache der Risse zu bestimmen. Dazu wurden zunächst vier Risse mechanisch geöffnet und die Bruchflächen mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops (REM) untersucht, wobei Hinweise auf eine interkristalline Rissbildung festgestellt wurden.



Abb. 1 Untersuchungsmethoden zur Analyse der Ursachen für die Rissbildung.



Abb. 2 Das Labor von Sulzer für metallurgische Untersuchungen in Houston, Texas.

Darüber hinaus untersuchten die Ingenieure (Abb. 2) einen Teil des beschädigten Bereichs mittels optischer Metallografie, wobei verzweigte Risse unmittelbar unterhalb der Bruchfläche festgestellt wurden. In Verbindung mit den Ergebnissen der REM-Untersuchungen liess dies darauf schliessen, dass die Risse durch Spannungsrisskorrosion verursacht worden waren. Hinweise darauf, dass andere Bruchmechanismen wie Ermüdung eine Rolle gespielt hatten, gab es nicht.

Analyse der Materialzusammensetzung

Eine chemische Analyse und Prüfung der mechanischen Eigenschaften der betroffenen Komponenten ist äusserst wichtig. Durch optische Emissionsspektroskopie wurde festgestellt, dass der Rotor aus der niedrig legierten Stahlsorte ASTM A470 Grade C gefertigt worden war. Die Prüfung der mechanischen Eigenschaften ergab, dass lediglich die Zugfestigkeit nicht der Spezifikation entsprach. Tatsächlich lag die Zugfestigkeit über dem spezifizierten Höchstwert, was zu einer erhöhten Korrosionsanfälligkeit führen kann.

Durch energiedisperse Spektroskopie (EDS) wurde die chemische Zusammensetzung der Ablagerungen an den Bruchflächen bestimmt (Abb. 3). Neben den in der Grundlegierung zu erwartenden Elementen wurden Natrium, Magnesium, Zinn und Chlor festgestellt, die wahrscheinlich aus dem in der Turbine verwendeten Dampf stammen.



Abb. 3 Materialanalyse der beschädigten Bauteile.

Strukturanalyse

Die Spannungen an den Rissstellen wurden mithilfe der Finite-Elemente-Analyse (FEA) berechnet. Dazu wurde ein 3-D-Modell der Rotorscheibe mit den montierten Schaufeln erstellt (Abb. 4 a). Die FEA (Abb. 4 b) zeigt, welche Spannungen bei Betriebsdrehzahl der Turbine in der Rotorscheibe und den Schaufeln auftreten (Abb. 5). In diesem Fall erreichen die Spannungen in der Scheibe am kurzen Schaufelfuss über 689 MPa. Der maximale Spannungswert liegt mit 786 MPa jedoch unter der gemessenen Streckgrenze des Materials von 862 MPa. Dies spricht ebenfalls dafür, dass die Risse nicht durch Strecken aufgrund der Spannungen verursacht wurden, sondern das Versagen primär auf Spannungsrisskorrosion zurückzuführen ist.

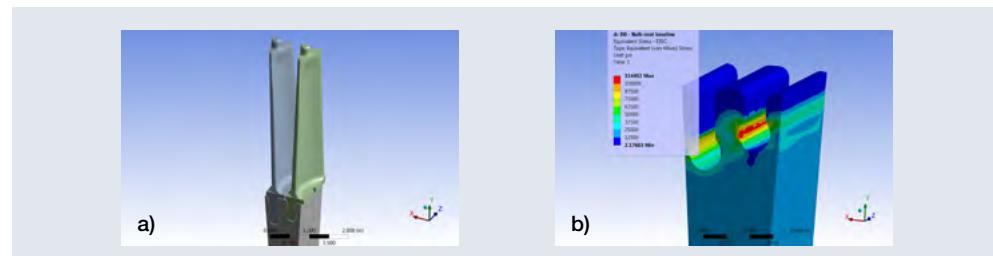


Abb. 4 Die Finite-Elemente-Analyse einer Schaufel zeigt die maximalen Spannungen bei Betriebsdrehzahl.



Abb. 5 Konstruktive Analyse der Schaufeln.

Ursachenbestimmung

Damit Spannungsrisskorrosion auftritt, müssen drei Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die Legierung muss anfällig für Spannungsrisskorrosion sein. (1)
- Der Spannungsintensitätsfaktor muss über dem Schwellenwert liegen. (2)
- Es muss eine korrosive Umgebung vorliegen. (3)

In dem betreffenden Fall wies die Rotorscheibe aufgrund ihrer höheren Zugfestigkeit eine erhöhte Korrosionsanfälligkeit auf (1). Außerdem treten die hohen Spannungen (2) in der Scheibe genau dort auf, wo die Rissbildung und -ausbreitung gemäss der Magnetpulverprüfung begann. Und schliesslich deutet der Nachweis von Chlor an der Bruchfläche auf eine korrosive Umgebung (3) hin, was die Spannungsrisskorrosion als Ausfallursache bestätigt.

Bekämpfung von Spannungsrisskorrosion

Um Spannungsrisskorrosion zu verhindern, muss mindestens eine der genannten Voraussetzungen beseitigt werden. In modernen Dampfturbinenkomponenten kommen neueste Legierungen und verbesserte Schaufelkonstruktionen zum Einsatz. In diesem Fall war eine Überarbeitung des Schaufelfusses zur Senkung der Spannungshöchstwerte nicht machbar, da das derzeitige runde Design sehr kompakt ist und kaum eine Verbesserung des Spannungsprofils zulässt. Hier können Schutzbeschichtungen, die auf die Oberfläche der Rotorscheibe aufgebracht werden, einen Schutz gegen korrosive Elemente bieten, die das Rotorgrundmaterial angreifen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die korrosiven Bestandteile im Dampf zu reduzieren. Durch eine vollständige Analyse des in dieser Turbine verwendeten Dampfs könnten die betreffenden Chemikalien identifiziert und entsprechende Massnahmen zur Verbesserung der Wasser- aufbereitung in der Anlage bestimmt werden.

Das Ermittlungsteam bei der Arbeit

Bei einem Kunden in den USA kam es zu einem ähnlichen Ausfall an einer Dampfturbine. Die Risse in der Rotorscheibe der sechsten Stufe wurden mit ähnlichen Verfahren wie den oben beschriebenen untersucht. Auch hier führte das „Ausfallermittlungsteam“ von Sulzer die chemischen, mechanischen, fraktografischen und konstruktiven Analysen durch. Neben einigen geringfügigen Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung des Rotors entsprach die gemessene Schlagzähigkeit (Charpy-Schlagzähigkeit) nicht den Anforderungen für die Legierung und lag deutlich unter den zulässigen Grenzen für Turbinenrotoranwendungen.

Bei der Untersuchung mit einem REM zeigte sich, dass die gesamte Bruchfläche eine interkristalline Struktur aufwies. Dies wurde durch die Prüfung eines polierten Abschnitts mit einem optischen Mikroskop bestätigt, bei der zudem eine verzweigte Rissbildung festgestellt wurde. Außerdem wurde bei der EDS-Analyse eine starke Oxidschicht an der Bruchfläche festgestellt. All diese Erkenntnisse sprachen dafür, dass der Ausfall durch Spannungsrisskorrosion verursacht wurde.

Nach dem chemischen Ätzen einer polierten Probe der Bruchfläche wurde deutlich, dass es sich bei dem Gefüge um nicht vollständig vergütetes Martensit handelte. Dies und die geringe Schlagzähigkeit ließen darauf schließen, dass das Schmiedeteil nicht richtig wärmebehandelt wurde und alle Faktoren zusammen die Rissausbreitung in der Rotorscheibe beschleunigt haben könnten (Abb. 6).



Abb. 6 Fallspezifische Analyse und Ergebnisse zur Rissbildung im Schaufelfussbereich der Rotorscheibe.

Ein neues Schweißreparaturverfahren

Die Ursache für den Ausfall einer Dampfturbinenkomponente festzustellen, kann sehr aufwendig sein und eine ganze Reihe von technischen Prüfungen erfordern. Doch der Zeitaufwand macht sich durch die anschliessende Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Turbine mehr als bezahlt. Darüber hinaus können die Ergebnisse einer Ausfallanalyse für andere Fälle nützlich sein und auf ähnliche Komponenten von anderen Turbinen übertragen werden.

Im Folgenden wird ein neues Schweißreparaturverfahren beschrieben, das dabei helfen kann, Spannungsrisskorrosion in Turbinenrotoren zu mindern. Auch wenn das Verfahren bei den beiden genannten Fällen nicht eingesetzt wurde, wäre es auch für diese beiden Rotoren geeignet.

Dampf aus dem Erdinneren

Geothermische Dampfturbinen arbeiten mit Dampf aus dem Erdinneren, der äußerst korrosive Bestandteile enthalten kann. Diese unterliegen wiederum naturbedingt unvorhersehbaren Schwankungen. In der Praxis kann dies im Laufe der Zeit zu erheblichen Schäden durch Korrosion und Erosion führen, wobei die dem Dampf ausgesetzten Bereiche regelrecht „weggewaschen“ werden.

“ Die Idee, Chrom beim Schweißen einzusetzen, entstand im Jahr 2013, als Sulzer in Indonesien den Auftrag bekam, den Rotor einer geothermischen Dampfturbine für einen philippinischen Kunden zu reparieren. Die Dampfturbine wies Risse und Spannungskorrosion auf, und unser Kunde wünschte sich Verbesserungen, um ein zukünftiges Wiederauftreten zu verhindern. Die Implementierung des neuen Materials für Reparaturen wurde 2018 mit dem Sulzer Innovation Award ausgezeichnet.

Hepy Hanipa, Head Turbo Services SEA, Purwakarta, Indonesien



Abb. 7 Schweißreparatur einer Dampfturbine mit 12Cr bei Sulzer Turbo Services in Indonesien.

Neuer Reparaturservice von Sulzer

Originalhersteller bieten häufig den Austausch von Rotoren an. Hier sah das Team von Rotating Equipment Services eine Chance, sich durch die Reparatur von Rotoren mithilfe von Schweißverfahren auf dem Markt abzuheben. Schweißreparaturen sind kostengünstiger und können die Wartezeit für den Kunden verkürzen. Bei dem neuen Verfahren wird zunächst das beschädigte Material entfernt und dann eine grössere Menge Schweißmaterial aufgetragen. Anschliessend wird das Bauteil maschinell bearbeitet, um die ursprüngliche Geometrie des Rotors wiederherzustellen. Eine solche Reparatur kann sehr viel schneller vorstatten gehen als die Bestellung eines Austauschteils, da die langen Vorlaufzeiten für neue Schmiedeteile entfallen. So profitieren sowohl der Kunde als auch Sulzer von einer Schweißreparatur.



Eesan Vamadevan,
Houston, Texas, USA

Längere Turbinenlebensdauer durch Chrom

Innerhalb des Sulzer-Teams gab es einige Bedenken hinsichtlich des bis dato verwendeten Schweißmaterials – ein Schweißdraht aus einem niedrig legierten Material für Turbinenrotoren, das beim Einsatz in einer aggressiven Umgebung zur Korrosionsrissbildung neigt. Schliesslich kam das Team auf die Idee, einen Schweißdraht aus Edelstahl mit 12% Chrom (12Cr) einzusetzen, der in vielen Fällen eine noch bessere Korrosionsbeständigkeit bietet als das ursprüngliche Rotormaterial.



Kirill Grebinnyk,
Houston, Texas, USA

Da das 12Cr-Material korrosionsbeständiger ist als typische niedrig legierte Rotorstähle, kann durch eine Schweißreparatur mit 12Cr in einigen Fällen die Lebensdauer des überarbeiteten Rotors gegenüber dem ursprünglichen Material verlängert werden.

Das Aufbringen einer Schweißschicht aus 12%igem Chromstahl auf die verschiedenen niedrig legierten Rotorstähle ist keine leichte Aufgabe. Dennoch ist es dem Team von Sulzer gelungen, ein Schweißverfahren zu entwickeln, das bereits erfolgreich zur Reparatur von Kundenrotoren eingesetzt wird (Abb. 7).



Carbonfaser-Verbundwerkstoff für die Destillation

Carbonprodukte kommen immer dann zum Einsatz, wenn andere Materialien wie Stahl, Aluminium, Kupfer oder Kunststoff bezüglich ihrer Werkstoffeigenschaften wie Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit an ihre Grenzen stossen. Die 2017 eingeführten MellaCarbon-Einbauten für Trennkolonnen ermöglichen Kunden den Bau von Anlagen mit einer höheren Kapazität, die mit geringeren Kosten betrieben werden können.

Innovation beschränkt sich nicht allein auf konstruktive Veränderungen. So können Kunden erheblich davon profitieren, wenn bekannte Teile aus einem neuen Werk- oder Verbundstoff gefertigt werden. Sulzer Chemtech ist ein führender Anbieter von Einbauten für Destillations- bzw. Trennkolonnen. Die Kolonneneinbauten oder „Packungen“ bestehen für gewöhnlich aus Metall, Kunststoff oder Graphit.

MellaCarbon – der korrosionsbeständige Werkstoff

Sulzer hat eine neue Reihe von Einbauten aus korrosionsbeständigen Kohlenstofffaserverbundwerkstoffen (CFC) für Trennkolonnen entwickelt. Die im Jahr 2017 unter dem bestehenden Markennamen MellaCarbon eingeführten neuen Einbauten sind genauso beständig wie die bekannten Graphiteinbauten, aber leichter, fester und steifer. Sie sind in der Lage, höheren Temperaturen standzuhalten als Kunststoffe, und kosten weniger als Sondermetalle. Ein innovatives Stecksystem ermöglicht die Realisierung grösserer Durchmesser, sodass grössere Kolonnen mit deutlich höherer Kapazität gebaut werden können.

Merkmale von Kohlenstoff und Kohlenstofffaser-Verbundstoffen

Kohlenstofffasern werden durch die thermische Zersetzung von Kunststofffasern gewonnen, die zuerst bei 180 bis 300 °C unter Spannung an der Luft oxidiert werden. Durch Erwärmen der Fasern auf 1'600 °C entsteht amorpher Kohlenstoff. Bei weiterer Erwärmung auf 3'000 °C erhalten die Fasern eine kristalline Struktur. Die einzelnen Kohlenstofffasern haben einen Durchmesser von 5 bis 8 µm. Ihre Festigkeit ist bei gleichem Gewicht deutlich grösser als die von Stahl. Die Dichte von Kohlenstoff beträgt 1,8 g/cm³, während Aluminium eine Dichte von 2,7 g/cm³ und Stahl von 7,8 g/cm³ besitzt.

Zu den weiteren Vorteilen von Kohlenstoff gehören seine gute elektrische und thermische Leitfähigkeit. Kohlenstofffaserverbundwerkstoffe (CFC) sind weit verbreitet. Bei der CFC-Herstellung werden die Fasern als sogenannte Multifilamente (Fäden aus mehreren einzelnen Fasern) zu Bändern oder Geweben verarbeitet, die dann mit Kunststoffmonomeren (Epoxidharzen, Thermoplasten) imprägniert und polymerisiert werden. Das Ergebnis sind leichte, stabile Formprodukte, die äusserst zugfest, biegefest und korrosionsbeständig sind.

“ Die SGL Group, ein weltweit führender Hersteller von Produkten aus Kohlenstoff, war gerne bereit, die Kooperation im Bereich der Kolonneneinbauten auf CFC-Basis zu erweitern. Die neuen Einbauten, die von Sulzer unter dem Markennamen MellaCarbon angeboten werden, sind genauso korrosionsbeständig wie die bisher verwendeten Flüssigkeitsverteiler aus Graphit, aber leichter, fester, steifer und temperaturbeständiger als Kunststoffe. Gleichzeitig können sie kostengünstiger produziert und angeboten werden als Sondermetalle.

Ralph Spuller, Projektleiter für das Kooperationsprojekt bei der SGL Group, Meitingen, Deutschland.

Kooperation mit SGL

Die neue Familie von Einbauten auf CFC-Basis wurde gemeinsam mit der SGL Group entwickelt. SGL ist marktführender Hersteller von Kohlenstoff- und Kohlenstoff-Verbundwerkstoffen. Rund 70% der Mitarbeiter der SGL Group sind in Europa beschäftigt. Die gesamte globale Forschung und Entwicklung findet im Technologie- und Innovationszentrum in Meitingen in Deutschland statt. Der Hauptsitz befindet sich in Wiesbaden, Deutschland.

Entscheidend für die Innovation war, dass das Team auf einem bekannten Sulzer-Produkt aufbauen und dieses verbessern konnte. Sulzer stellte das Wissen in den Bereichen Design, Prüfung und Installation, während SGL das Know-how für die Fertigung mit dem CFC-Werkstoff und Kunden für die ersten Prototypen beisteuerte. Über drei Jahre lang arbeiteten Sulzer und SGL unermüdlich an der Entwicklung und Fertigung der ersten einsatzfähigen Produkte aus dem neuen Material. Dazu gehörten auch umfangreiche Tests im Labor und auf dem Prüfstand, um das Verhalten des Werkstoffs genau nachzuvollziehen zu können. Abb. 1 zeigt das Prüfgerät für die Strömungsmessung in Meitingen.

Vorteile des neuen Werkstoffs

Der hochmoderne CFC-Werkstoff mit dem Namen SIGRABOND® stellt eine innovative und ökonomische Lösung für Sulzer-Kunden und ihre anspruchsvollen Anwendungen dar. Mit dem neuen Design kann das Gewicht der Roste um unglaubliche 90% reduziert werden, während die offene Fläche für die Wiederverteilung um 60% vergrössert wird. Zudem erlaubt das Design (Abb. 2) den Bau von Kolonneneinbauten mit einem Durchmesser von über einem Meter, die einfach über einem Mannloch installiert werden können. Der neue CFC-Werkstoff bietet SGL und Sulzer die Möglichkeit, mit strukturierten Packungen und Einbauten neue Märkte zu erschliessen und neue Kunden zu erreichen. Bislang wurden zwei Patente angemeldet, um die Fertigung und Funktionalität der neuen Entwicklung zu schützen.



Abb. 1 Strömungsmessung an einem Flüssigkeitsverteiler zu Testzwecken. Quelle: SGL Carbon GmbH, Deutschland.

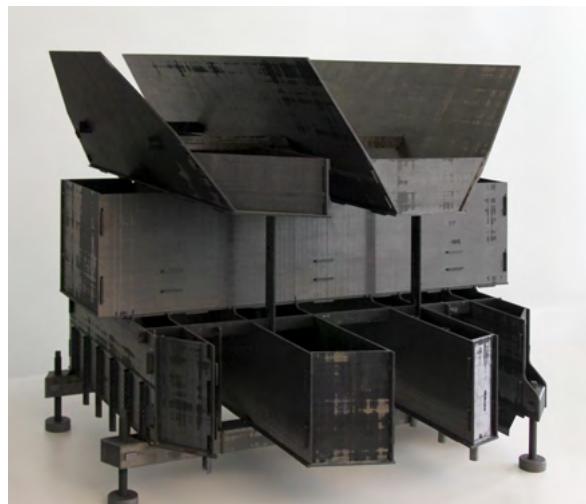


Abb. 2 Einzelteile der MellaCarbon-Einbauten.

Eine innovative Idee, geboren in der Küche von Sulzer

Bei einer der ersten Besprechungen des Innovationsteams war noch nicht klar, wie viel Flüssigkeit durch eine Wand aus CFC dringen würde. Kurzerhand nutzte das fünfköpfige Team eine Küchenspülle in der Nähe des Besprechungsraums als Testumgebung. Das Team füllte einen CFC-Behälter mit Wasser, den man für den Rest des Tages auf dem Tisch im Besprechungsraum stehen liess.

Am Ende des Tages waren alle von den vielversprechenden Eigenschaften des Materials überzeugt, da im Vergleich zur Strömung durch den Verteiler nur sehr wenig Flüssigkeit durch die Wände verloren ging. Um das Management von den Fähigkeiten des CFC-Werkstoffs zu überzeugen und die Verteilungseigenschaften zu demonstrieren, stellte das Team ein Modell zur Verfügung, das jederzeit unter einem Wasserhahn geprüft werden kann – quasi als langfristige Machbarkeitsstudie.

Lernen durch Putzen

„Ich habe an der Hochschule gelernt, dass Kohlenstofffasern (Abb. 3) elektrisch leitfähig sind. Aber es war akademisches Wissen. Zu Beginn meiner Tätigkeit als Entwicklungsingenieurin erhielt ich den Auftrag, das Ablaufverhalten von steifen Kohlenstofffasern auf dem Spulengatter zu testen. Der Test verlief gut, auch wenn sich einige Fasern abspalteten.



Abb. 3 Spule mit Kohlenstofffasern.
Quelle: SGL Carbon GmbH, Deutschland.

Als mein Kollege am nächsten Morgen die Schärmachine im Prüfzentrum einschaltete, knallte es um uns herum, und Lichtbögen zuckten – fast wie bei einem Feuerwerk. Wir waren schlagartig wach und fragten uns, was um alles in der Welt passiert war. Die abgespalteten Carbonmikrofasern hatten sich im Raum verteilt. Einige waren auf den Schalttafeln der Prüfmaschine gelandet, wo sie aufgrund ihrer Leitfähigkeit Kurzschlüsse verursacht hatten. Später habe ich erfahren, dass die Schaltschränke bei der Arbeit mit Kohlenstofffasern mit Unterdruck betrieben werden sollten, um ein Eindringen dieser Mikrofasern zu verhindern. Es dauerte eine ganze Woche, bis das Prüfzentrum vollständig geputzt war, und ich habe mir geschworen, entsprechende Vorkehrungen zu treffen, sollte ich jemals wieder mit Kohlenstofffasern arbeiten.“

Nadia Qaud, Textilingenieurin und Chefredakteurin der Sulzer Technical Review, Winterthur, Schweiz.

Vom Modell zur Markteinführung

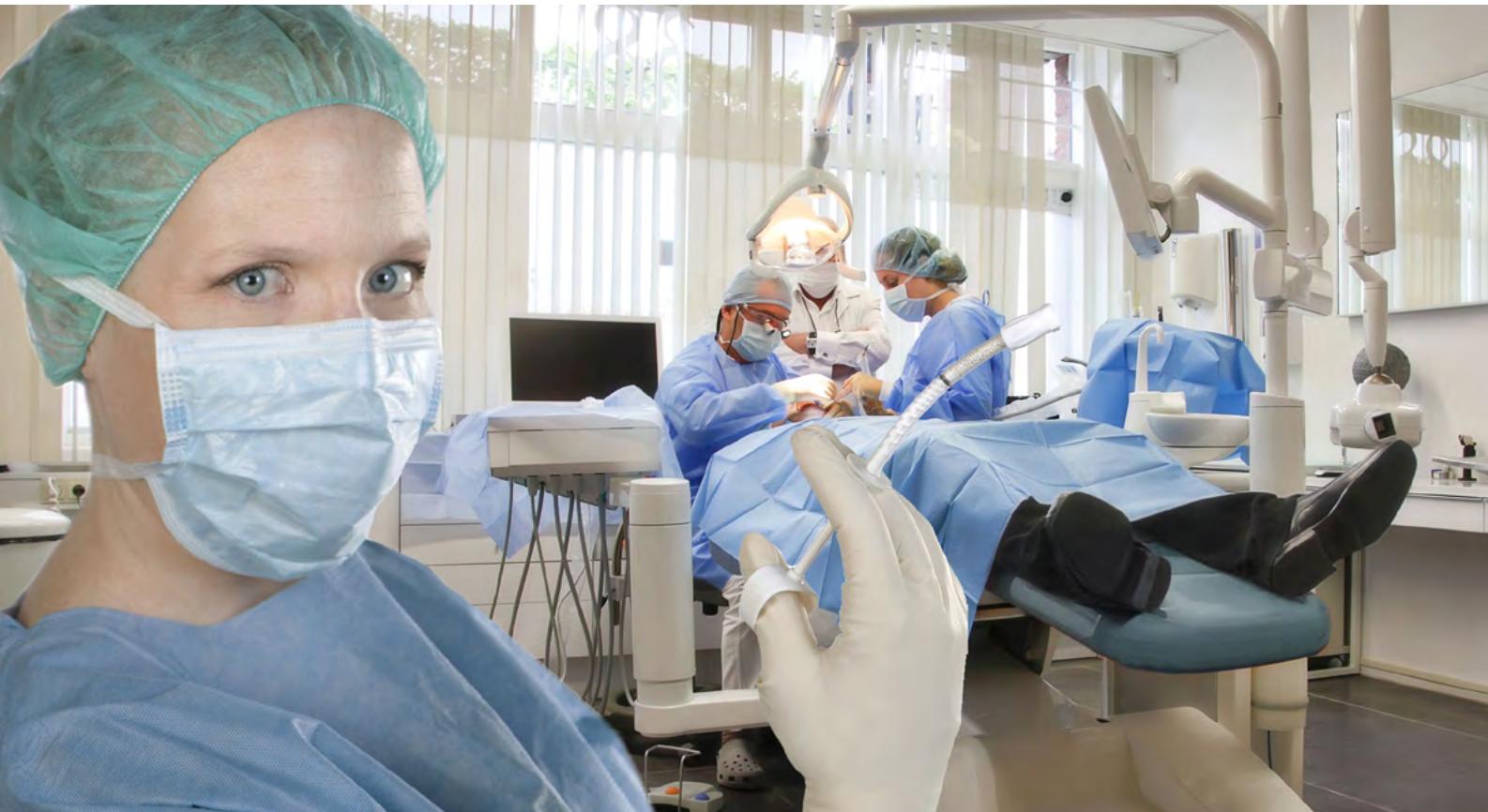
Mit SGL hat Sulzer einen perfekten Partner gefunden, der über einschlägige Erfahrung auf diesem speziellen Gebiet der Werkstofftechnik und über das notwendige Know-how zur Fertigung der CFC-Produkte verfügt. Nachdem die vertraglichen Grundlagen gelegt waren, stand einer effizienten Kooperation zwischen den Werkstoffexperten von SGL und den Engineering-Spezialisten von Sulzer nichts mehr im Weg.

„Entscheidend für den Erfolg dieser F&E-Partnerschaft war eine offene und dynamische Kommunikation zwischen den Teams und einzelnen Spezialisten beider Unternehmen. Wir hatten bereits viele Ideen für technische Lösungen, und nachdem der Kooperationsvertrag stand, entwickelte sich eine offene Diskussion, die es uns ermöglichte, die grössten technischen Herausforderungen schnell zu bewältigen“, erklärt Johannes Rauber, Senior Application Manager von Sulzer Chemtech.



Christian Bachmann,
Winterthur, Schweiz

Die Entwicklung, die Sulzer-intern mit einem Innovationspreis ausgezeichnet wurde, hilft Kunden dabei, die Lebensdauer ihrer Kolonneneinbauten zu verlängern. Der Markterfolg seit der Einführung von MellaCarbon spricht für sich.



Knochenersatzmaterialien einfach eingebracht

Biokompatible Materialien und Komponenten, die im und am menschlichen Körper zum Einsatz kommen, dürfen keine negativen Körperreaktionen hervorrufen. Für Zahníimplantate werden Knochenersatzmaterialien aus synthetischen, humanen oder tierischen Rohstoffen verwendet. Medmix bietet neu eine spezielle Spritzenlösung aus biokompatiblen Kunststoffen an, mit denen Knochenersatzmaterial intuitiv, sicher und hygienisch in den Knochendefekt eingebracht werden kann.

Medmix Systems AG mit Sitz in Rotkreuz, Schweiz, ist ein führender Anbieter von Misch- und Applikationssystemen für die globale Medizinprodukteindustrie und entwickelt sowie vertreibt einzigartige, effiziente und benutzerfreundliche Applikationslösungen für Biomaterialien. Viele renommierte Unternehmen aus den Bereichen Orthopädie, Oralchirurgie und Gewebebehandlung arbeiten schon Jahrzehntelang mit Medmix zusammen und schätzen vor allem Entwicklungsprozesse gemäss neuestem Stand der Technik. Mit der Übernahme von Medmix hat die Division Applicator Systems ihr Portfolio bei Misch- und Dosiergeräten erweitert. Die Produkte von Medmix werden überwiegend im Medizinalbereich bzw. im klinischen Umfeld angewendet.



Handling der Dentalspritze
für granulatförmiges
Knochenersatzmaterial.

Zahníimplantate nehmen deutlich zu

Ein Zahníimplantat ist ein in den Kieferknochen eingesetztes Bauteil aus körperfremdem Material. Nach der Entfernung eines defekten Zahnes übernehmen diese Implantate die Funktion einer künstlichen Zahnwurzel, an welcher unterschiedliche Zahnprothesen fixiert werden können. Zu diesen Zahnprothesen zählen Einzelzähne, Brücken oder Kronen.

“ Wir freuen uns sehr, Medmix-Produkte und -Technologie in unser aktuelles Portfolio aufzunehmen. Damit verstärken wir unsere Position im Gesundheitsmarkt als Anbieter von modernsten Misch- und Dosierlösungen.

Amaury de Menthire, Divisionspräsident Applicator Systems, Winterthur, Schweiz

Die Implantate werden in der Regel mit einem Schraubgewinde in den Kieferknochen eingedreht. Vor dem Einbringen des Implantates in den Kiefer wird ein Knochenersatzmaterial unterstützend in die für das Implantat vorgesehene Kavität eingebracht. Im Zeitraum von 3 bis 6 Monaten verwächst sich das Implantat mit dem umgebenden Knochen. Durch das Einwachsen des Implantats in den Knochen (Osseointegration) ist das Implantat äußerst belastungsfähig mit dem Knochen verbunden.

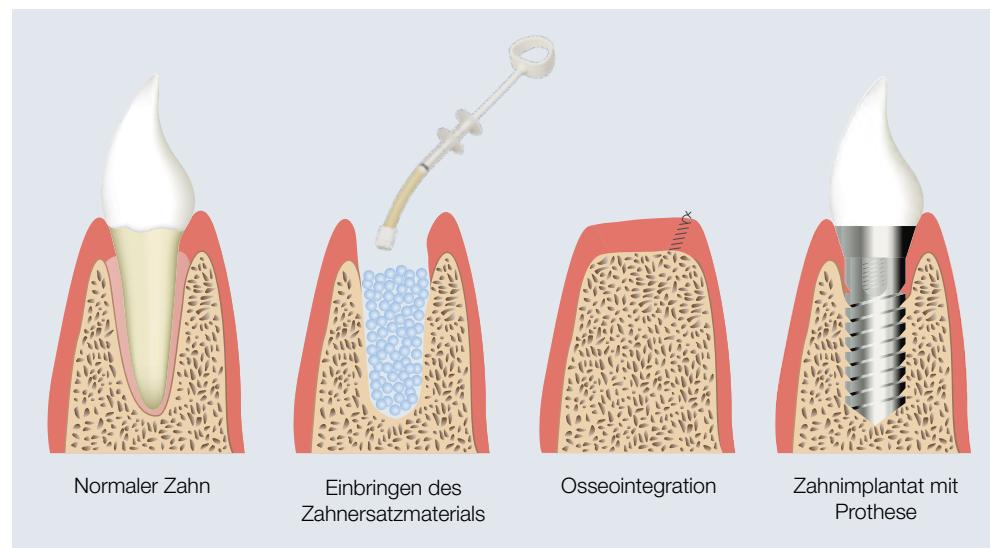


Abb. 1 Ablauf für das Einbringen von Zahnnimplantaten.

Dentalspritze mit Knochenersatzmaterial

Die im Juni 2018 von Medmix lancierte „Dentalspritze“ wurde entwickelt, um Zahnärzten das Handling von Knochenersatzmaterialien zu vereinfachen. Mithilfe der Spritze wird das Knochenersatzmaterial bis zum Einsatz keimfrei gelagert, gegebenenfalls hydriert und im Anschluss in den Kiefer eingebracht. Zahnärzte schätzen die unkomplizierte Handhabung der Spritze. Ob Knocheneratzmaterial in Form von Granulat oder als Paste, beides wird präzise und zielsicher eingebracht.

Ergonomische Handhabung

Das einzigartige Design der Spritze erlaubt eine einhändige Bedienung. Durch die geschwungene Form im vorderen Teil der Spritze hat der Zahnarzt einen ungehinderteren Blick auf den zu versorgenden Knochendefekt. Somit ist eine präzise Platzierung des Knocheneratzmaterials sichergestellt.

Die Dentalspritze ist in zwei Konfigurationen erhältlich. Einerseits mit Filteraufsatz für das Hydrieren von granulatförmigen Knocheneratzmaterialien und andererseits mit einfacher Verschlusskappe für pastenförmige Knocheneratzmaterialien. (Abb. 2 und 3).



Abb. 2 Dentalspritze mit Filteraufsatz für granulat-förmige Knochenersatzmaterialien.



Abb. 3 Dentalspritze mit einfacher Verschlusskappe für pastenförmige Knochenersatzmaterialien.

Verpackung und Schale in einem

Nicht nur Zahnärzte schätzen effiziente Prozesse. Auch der Patient profitiert, wenn der Eingriff so schnell wie möglich abgeschlossen ist. Weniger Handgriffe und beschleunigte Prozesse für den Zahnarzt – dank der Analyse und Beobachtungsgabe der Entwicklungingenieure und anschliessender kreativer Umsetzung wird dies mit neuen Produkten von Medmix erzielt. Die Dentalspritze von Medmix wird auf Wunsch mit einer Blisterschale ausgeliefert, welche gleichzeitig vom Zahnarzt als Handling-Kit für die Hydrierung von granulatförmigen Knochener-satzmaterialien genutzt werden kann (Abb. 4).



Abb. 4 Einfaches Handling dank der integrierten Reservoirs für z. B. Blut zum Benetzen von granulatförmigem Knochenersatzmaterial.

Biokompatibilität und Sterilität

Die Spritzen werden in einer partikel- sowie keimarmen Umgebung (Reinraum ISO 8) gefertigt und verpackt. Die gewählten Kunststoffe entsprechen den Anforderungen der Vorschrift USP Class VI (Pharmazulassung) und sind somit für die Anwendung im und am Menschen geeignet. Des Weiteren gestatten die ausgewählten Kunststoffe die Sterilisation via Gammastrahlen, ohne dass die Performance der Spritze limitiert wird.



Marco Müller,
Rotkreuz, Schweiz

Austragssysteme für Biomaterialien

Knochenersatzmaterialien respektive Biomaterialien im Allgemeinen und deren geeignete Handha-bung werden immer wichtiger im Gesundheitsbereich. Bei der Herstellung ist absolute Verlässlich-keit und Qualität zu gewährleisten, um die Sicherheit des Anwenders sowie des Patienten zu garantieren. Als mit ISO 13485:2016 zertifiziertes Unternehmen ist Medmix ein erfahrener Partner in diesem Bereich. Die Kunden von Medmix erhalten Unterstützung bei der gesetzlichen Zulassung von Produkten durch die Bereitstellung der geforderten Produktdokumentation.



Benjamin Nieber,
Rotkreuz, Schweiz



Energieeinsparung mit dem Hochleistungs-Turbokompressor HST 30

Der HST 30 ist die neueste Ergänzung der HST™-Produktlinie von Turbokompressoren mit hoher Drehzahl. Er bietet mehr Volumenstrom und Druck bei einem deutlich höheren Wirkungsgrad im Vergleich zu den vorherigen Modellen. Dies führt zu erheblichen Energieeinsparungen beim Einsatz der Niederdruckluftverdichtung für die Wasseraufbereitung und für industrielle Prozesse.

Typische Einsatzgebiete für den HST 30 sind die Belüftung von Wasser, Abwasser oder anderen Flüssigkeiten, die Schwebekörperförderung durch Luft, die Luftzufuhr für Verbrennungsprozesse oder die Entschwefelung. Wie Sie mit dem HST 30 Energie und Geld sparen können, erfahren Sie unter sulzer.com/hst30. Um diese Energieeinsparungen zu ermöglichen, wurde in Zusammenarbeit mit einer finnischen Universität eine detaillierte Forschung an Kompressoren durchgeführt. Um mehr über diese Forschungsergebnisse zu erfahren, lesen Sie das Sulzer Whitepaper 5/2018.



Edward Paro,
Kotka, Finnland

Hochleistungs-Turbokompressor HST 30.

Virtual-Reality-Showroom für Kolonneneinbauten

Ein Bild sagt mehr als tausend Worte. Ein detailliertes 3-D-Bild schafft noch mehr Klarheit. Sulzer hat aus diesem Grund die App Sulzer VR Column Internals als virtuellen Showroom für seine Kolonneneinbautlösungen entwickelt.



Mithilfe der App, selbst ohne Virtual-Reality-Brille, können Sie sich wie in einer Live-Ausstellung von einem Display zum anderen bewegen. Besuchen Sie acht interaktive Produkt-Displays, um sich über die neuesten Entwicklungen von Sulzer im Bereich der Kolonneneinbauten zu informieren. Laden Sie die kostenlose App herunter, indem Sie auf die QR-Codes für iOS oder Android klicken oder diese scannen.

MinMin Tan,
Singapur

Ausbau der elektromechanischen Dienstleistungen von Sulzer

Sulzer hat Brithinee Electric übernommen, einen führenden unabhängigen elektromechanischen Dienstleistungsanbieter in Colton, CA, USA. Im vergangenen Jahr erzielte Brithinee mit 46 Mitarbeitern einen Jahresumsatz von rund USD 10 Mio.

Mit dieser Akquisition erweitert Sulzer das elektromechanische Dienstleistungsgeschäft in Südkalifornien und erweitert seine Präsenz auf dem kalifornischen Wind-, Zement- und Wassermarkt mit einem etablierten Angebot und einer bestehenden Kundenbasis. Das 1963 gegründete Unternehmen Brithinee ist spezialisiert auf elektromechanische Reparatur, Überholung, Überarbeitung, Upgrades und Modifikationen sowie kundenspezifische Schaltschranksysteme.

Claudia Pröger,
Winterthur, Schweiz

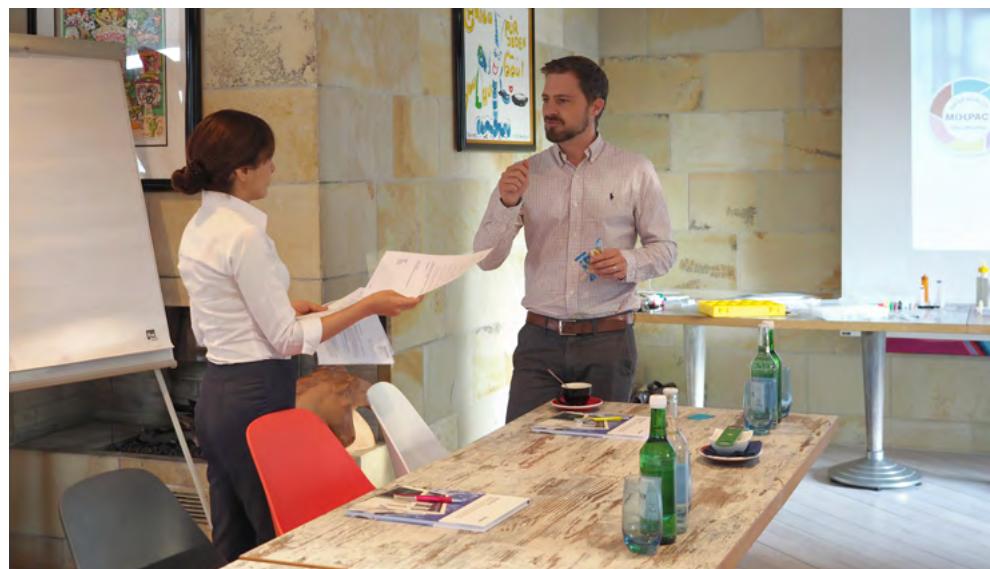


Das elektromechanische Servicennetz von Sulzer wird in Südkalifornien, USA, ausgebaut.

Die Visionen von Opinionleadern nutzen

Das Erfassen von Marktbedürfnissen und die Verwirklichung neuer Ideen ist die Grundlage für ein marktorientiertes Unternehmen. Sulzer Mixpac verfügt über ein internationales Netzwerk von Zahnärzten, die Opinionleader genannt werden, und hat aus vier Regionen der Welt Ideen zusammengetragen um das Produktportfolio zu verbessern und auszuweiten.

Im Jahr 2018 teilte ein internationales Team von 20 Zahnärzten sein Wissen mit Sulzer und war am Entstehungsprozess beteiligt. Sie gaben Einblicke in die Bedürfnisse und täglichen Herausforderungen eines Zahnarztes. Um den Stellenwert dieses Inputs zu unterstreichen, hat Sulzer ein Dental Competence Center geschaffen. Die an diesem Programm beteiligten Zahnärzte – jeweils mit unterschiedlicher Expertise und Fachwissen – halten Vorträge, machen Marktanalysen oder leiten Workshops auf Dentalfachmessen für Sulzer.



Opinionleader-Meeting in Zürich, Schweiz.

Internationale oder lokale Anforderungen und Trends?

Um zwischen globalen und regionalen Anforderungen oder Trends zu unterscheiden, führen die Produktmanager von Sulzer Mixpac eine internationale Marktanalyse durch und nutzen den Input aller Opinionleader auf der ganzen Welt. In den letzten sechs Monaten hat Sulzer Mixpac vier Veranstaltungen organisiert, um mit Meinungsbildnern aus verschiedenen Regionen zu diskutieren: USA, Brasilien, China und Europa. Während dieser Veranstaltungen diskutierten die Zahnärzte über aktuelle Branchenthemen aus ihrer Region und über zukünftige Trends in der Dentalindustrie. Die erfolgreichen Veranstaltungen lieferten dabei neue Ideen, die unser Entwicklungsteam in neue Produktkonzepte übertragen und zukünftige Produkte einbringen wird.

Mariella Devrient,
Haag, Schweiz

Webinare und Events

Falls Sie unser Webinar „Challenges of Maintenance Rotating Equipment for Onshore and Offshore platforms“ verpasst haben sollten, können Sie es hier online abrufen. Klicken Sie auf www.iirdirect.com/templates/sulzer/20181004/followup.htm, um unsere Webinar-Liste und die Aufnahmen zu sehen.

Unter www.ccj-online.com/sulzer-coatings-webinar/ finden Sie das Webinar „Keep aging gas turbines competitive with coatings and material upgrades“.



Sulzer nimmt an Veranstaltungen, Ausstellungen und Konferenzen rund um den Globus teil. Bitte beachten Sie unseren Veranstaltungskalender, um auf dem Laufenden zu bleiben. Für weitere Informationen besuchen Sie bitte www.sulzer.com/events.

Und der Gewinner ist ...



Lee Manson arbeitet derzeit als Elektroingenieur bei EDF Energy in Glasgow, Grossbritannien – jedoch als Angestellter der Personalvermittlung Rullion. Er hat unseren Wettbewerb gewonnen und wird schon bald eine Apple Watch Nike+ erhalten.

EDF Energy ist ein Energieunternehmen in Grossbritannien, welches rund 5 Millionen Kunden mit Strom oder Gas versorgt. Die Firma produziert rund ein Fünftel (20%) der Elektrizität des Landes. EDF Energy beschäftigt über 13'500 Mitarbeiter in ganz Grossbritannien – von der schottischen Stadt Torness bis nach Exeter in Südengland. Als grösster Produzent von CO₂-armem Strom in Grossbritannien glaubt EDF Energy an eine kohlendioxidarme Zukunft und ist bestrebt, das Pariser Übereinkommen über Klimaänderungen zu unterstützen.

Newsticker

+++ Sulzer Mixpac setzt die erfolgreiche Durchsetzung der Schutzmarken von Candy Color™ fort. +++ Sulzer's BLUE BOX™ IoT Advanced Analytics hat an den Swiss Digital Economy Awards in der Kategorie Highest Digital Quality das Goldzertifikat Industry 4.0 gewonnen. +++ Sulzer wird als Vertriebspartner für Nidec Industrial Solutions tätig sein. Nidec stellt massgeschneiderte Antriebe für industrielle Anwendungen her, hauptsächlich für den US-amerikanischen und kanadischen Markt. +++