

**Thermisch gespritzte Funktionsschichten
unterstützen die Energiewende
Wasser | SOFC | Wind**

**Thermal-spray coatings
support new energies
Water | SOFC | Wind**

Dr. Hans-Michael Höhle
Sulzer Metco Europe GmbH
Kelsterbach, Germany

Thermisch gespritzte Funktionsschichten unterstützen die Energiewende

Wasser | SOFC | Wind

Thermal-spray coatings support new energies

Water | Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) | Wind

Dr. Hans-Michael Höhle, Sulzer Metco Europe GmbH, Kelsterbach, Germany

Anspruchsvolle Ziele zur Emissionskontrolle und zur CO₂-Einsparung sind in vielen Ländern bereits als bindende Norm eingeführt. Derartige Ziele bestimmen die Entwicklung der Energietechnologien und können mittel- und langfristig nur durch Einführung neuer Technologien (Biogas, Windenergie, Solarenergie, Ausbau der Wasserkraft, Wasserstofftechnologie) erreicht werden. In Deutschland kommt noch verstärkend hinzu, dass die Politik den Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen hat. Ferner ist davon auszugehen, dass der Primärenergiebedarf weiterhin steigt.

Heute wird bereits ein Anstieg des Anteils der erneuerbaren Energien an der Primärenergieerzeugung von 19 % in 2008 auf 32 % im Jahr 2035 vorausgesagt. Diese Rahmenbedingungen haben bereits heute zu einer Renaissance der Wasserkraftnutzung geführt aber auch völlig neue Technologien und Industrien entstehen lassen. Aber auch die Erhöhung der Energieeffizienz bei der Energieerzeugung sowie beim Energieverbrauch, insbesondere im Wohnbereich und im Transportsektor, tragen dazu bei, dass die hohen gesetzten Ziele erreicht werden.

Wasserkraft

Die einzelnen Komponenten der verschiedenen Wasserturbinen-Typen sind je nach Einsatzbedingungen sehr starken Beanspruchungen durch abrasiven Verschleiß, Erosion und Kavitation ausgesetzt.

Thermisch gespritzte Schichten haben das Potential, die Lebensdauer dieser Komponenten erheblich zu verlängern, wodurch der Wirkungsgrad der Turbinen lange Zeit hoch bleibt und damit auch die Nennleistung der Turbinen längere Zeit zur Verfügung steht. Im Wasserkraftbereich werden vorwiegend das Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen und das Draht-Flammspritzen eingesetzt.

Ohne Schutzschichten verschleiben die Komponenten der Wasserturbinen schnell, Bilder 1 und 2.

Bild 1: Kavitations-schaden an einer Francis-Turbine
Fig. 1: Cavitation damage on a Francis turbine



Photo: Wikimedia Commons

Many countries have already set ambitious targets and made it a binding commitment to control emissions and reduce CO₂ output. Such targets determine the development of energy technologies and can only be achieved in the mid or long term by introducing new technologies (biogas, wind energy, solar energy, hydropower expansion, hydrogen technology). In Germany, the decision made by politicians to phase out nuclear energy further underscores this trend. Moreover, it can be assumed that demand for primary energy will continue to rise.

In 2008, renewable energies made up 19 % of primary energy production. By 2035, this proportion is predicted to increase to 32 %. These basic requirements have not only led to a resurgence of hydropower but also the rise of completely new technologies. But also the increase in energy efficiency with respect to energy generation and consumption, especially in private households and in the transport sector, will enable these ambitious targets to be reached.

Hydropower

The individual components of different water turbines are subject to extreme wear caused by abrasion, erosion and cavitation depending on their application.

Thermal-spray coatings have the potential to prolong the lifetime of these components substantially. This means turbine efficiency remains high for a longer time and their nominal capacity is noticeably extended. In the field of hydropower, high velocity oxy-fuel flame spraying and wire-flame spraying are most often used.

Without protective coatings, water-turbine components wear out rapidly, figures 1 and 2.

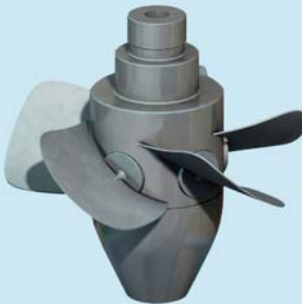


Bild 2: Verschlossener Becher einer Pelton-Turbine
Fig. 2: Worn buckets of a Pelton turbine



Photo: Stephan Loh, Wikimedia Commons

Die Tabelle zeigt die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten für thermisch gespritzte Schichten bei verschiedenen Turbinentypen (Anwendung je nach individueller Beanspruchung). Diese Schichten werden heute sehr erfolgreich eingesetzt – sie verhindern den Verschleiß zwar nicht, vermindern ihn aber stark.

The table shows the different applications of thermal-spray coatings for different types of turbines (depending on the wear they are subject to). These coatings are now used very successfully – although they do not prevent wear, they do reduce it substantially.

Kaplan-Turbine Kaplan turbine					
	Bauteil Component	Beschichtungsbereich Coating area	Schicht Coating	Beanspruchung Wear mechanism	
	Laufradmantel Discharge ring	zwischen Leitschaufelring über Kugelbereich bis zum Saugrohr Partial or entire discharge ring	• Drahtflammspritzen / 15 mm Stahl (Fe 13Cr) Wire-flame spraying / 15 mm steel (Fe 13Cr)		
	Kaplanflügel Kaplan blade	Teilbereiche bzw. ganzer Flügel Partial or entire blade	• HVOF / 0,4 mm WCCoCr • Drahtflammspritzen / 5 mm Stahl (Fe 13Cr) Wire-flame spraying / 5 mm steel (Fe 13Cr)		Erosions-Verschleiß (Hydro-Abrasion; Flüssigkeits-Erosion) Erosion wear (hydro-abrasion; liquid erosion)
	Leitschaufel-Ring Guide vane ring	Planfläche über Radius bis Laufradmantel Between planar surface and draft tube liner	• Drahtflammspritzen / 5 mm Stahl (Fe 13Cr) Wire-flame spraying / 5 mm steel (Fe 13Cr)		
	Schonbüchse Protective sleeve	2-teilige Dichtungselemente 2-part sealing elements	• HVOF / 0,3 mm WCCoCr • Drahtflammspritzen / Stahl (Fe 13Cr) Wire-flame spraying / steel (Fe 13Cr)		Dichtungsbereich, Abrasionsverschleiß Sealing area, abrasion wear
	Radiallager Radial bearing	Neufertigung und Reparatur New and repaired components	• Drahtflammspritzen / Sn 3.5Cu 7.5Sb Wire-flame spraying / Sn 3.5Cu 7.5Sb		
	Kurbel Crank	Gleitlagerbereich Slide bearing area	• Drahtflammspritzen / niedriglegierter Stahl Wire-flame spraying / low-alloy steel		Gleitverschleiß Sliding wear
Kurbelzapfen Crank pin	Gleitlagerbereich Slide bearing area	• Drahtflammspritzen / niedriglegierter Stahl Wire-flame spraying / low-alloy steel			
Francis-Turbine Francis turbine					
	Bauteil Component	Beschichtungsbereich Coating area	Schicht Coating	Beanspruchung Wear mechanism	
	Schutzwand Cheek plate	komplett über Leitschaufelbohrungen Complete area			
	Leitschaufel Guide vane	Blatt komplett, auch Teller und Stirnseiten bis Dichtung Complete guide vane, also disc and face side sealings			
	Turbinendeckel Turbine cover	Spalt- und Labyrinthbereich, Bereich der Verschleißringe Clearance and labyrinth area, wear ring area	• HVOF / WCCoCr		Erosions-Verschleiß (Hydro-Abrasion; Flüssigkeits-Erosion) Erosion wear (hydro-abrasion; liquid erosion)
Laufrad Runner wheel	Spalt und Labyrinthbereich, Schaufel-Wassereintrittskanten Clearance and labyrinth area, runner inlet channel				
Pelton-Turbine Pelton turbine					
	Bauteil Component	Beschichtungsbereich Coating area	Schicht Coating	Beanspruchung Wear mechanism	
	Peltonbecher Pelton bucket	Innenseite und über Nebenschneiden Inside and edges	• HVOF / WCCoCr		Erosions-Verschleiß (Hydro-Abrasion; Flüssigkeits-Erosion) Erosion wear (hydro-abrasion; liquid erosion)
	Düsennadel Pelton needle	Verschleißbereich bis Anzugsbohrungen Area subject to wear	• HVOF / WCCoCr • Plasma / Cr-Oxid Plasma / Cr-oxide		
	Nadelführung Needle spear	Verstellbereich Area subject to wear	• Drahtflammspritzen / Stahl (Fe 13Cr) / Bronze Wire-flame spraying / steel (Fe 13Cr) / bronze		Gleitverschleiß Sliding wear
	Mundstücke Nozzles tip	Gesamte Innenkontur Entire inner contour			
	Mundstück Einsatzring Nozzle tip insert ring	Verschleißbereich Area subject to wear			
	Strahlabweiser Jet deflector	Verschleißbereich Area subject to wear		• HVOF / WCCoCr	Erosiver & abrasiver Verschleiß Erosive & abrasive wear
Strahldach Jet deflecting cover	Verschleißbereich Area subject to wear				

Windenergie

Thermisch gespritzte Schichten sind seit geraumer Zeit Standard beim Korrosionsschutz von Offshore-Plattformen. In Bereichen mit kombinierten Beanspruchungen, z.B. an Stabilisatoren, Stützen oder Deckunterseiten, sind bislang insbesondere Al-Spritzschichten zur Anwendung gekommen.

Turmsegmente für Windenergieanlagen werden in der Regel durch Lichtbogen-gespritzte Schichten vor Korrosion geschützt, insbesondere im Bereich von Flanschen und Anbauteilen sowie im Spritzwasserbereich. In der Kombination von ZnAl Beschichtungen und organischen Versiegelungen wird hier ein Duplex-System eingesetzt, welches die Lebensdauer erheblich verlängert. Speziell in diesem Bereich beträgt die erwartete Lebensdauer etwa 35 Jahre. Folgende Komponenten werden an Windenergieanlagen durch Lichtbogenspritzschichten beschichtet (Spritzwerkstoff Al oder ZnAl): Fundamentplatte, Maschinengehäuse, Turm (Innen- und Außenbeschichtung), Verbindungsflansch (Turm), Drehkranz, Bremsscheibe.

Bild 3: Beschichten eines Drehkranzes durch Lichtbogenspritzen (Werkstoff ZnAl)
Fig. 3: Coating a slewing ring using arc spraying (spray material ZnAl)



Photo: © OGRAMAC Engenharia de Superfície

Wind energy

For quite some time now, thermal-spray coatings have been a standard application in protecting offshore oil platforms from corrosion. In areas subject to combined stresses, e.g. stabilizers, piles or deck underside, Al-spray coatings have proved to be particularly suitable.

Tower segments of wind-energy systems are generally protected from corrosion with arc-spray coatings, especially in the vicinity of flanges, mounted parts and in the splash zone. A duplex system of ZnAl coatings combined with organic sealings extends the lifetime of these components considerably. In this area in particular, the expected lifetime is around 35 years. The following components of wind-energy systems are coated using arc spraying (spray material Al or ZnAl): Foundation plate, machine housing, tower (inner and outer coating), coupling flange (tower), slewing ring, brake disc.

Bild 4: Beschichten eines Turmsegments durch Lichtbogenspritzen (Werkstoff ZnAl)
Fig. 4: Coating a tower segment using arc spraying (spray material ZnAl)



Photo: Muehlhan A/S, Middelfart, DK

Energie-Effizienz

Einen wesentlichen Beitrag zur Energiewende leisten auch Technologien und Maßnahmen, die zur Steigerung der Effizienz bei der Energiewandlung und Stromerzeugung beitragen. Wichtige Beiträge mit hohem Zukunftspotenzial leisten hier die Hochtemperatur-Brennstoffzellen SOFC (englisch: solid oxide fuel cell) sowie alle Maßnahmen zur Erhöhung des Wirkungsgrads in Gasturbinen. Auch hier hat sich die thermische Spritztechnik bereits etabliert.

Mit einer SOFC in einem Leistungsbereich zwischen 1 MW und einigen hundert MW kann der höchste Wirkungsgrad bei der Erzeugung von elektrischer Energie erzielt werden. Ähnlich wie bei den Gasturbinen ist der Erfolg der SOFC im Hinblick auf Leistung und Lebensdauer in hohem Maße von Oberflächenschichten abhängig. Einige dieser Schichten lassen sich sehr effizient durch thermisches Spritzen herstellen. Aktuell werden jährlich mehrere Hunderttausend SOFC-Interkonnektoren mit einer Schicht aus Lanthan-Strontium-Manganat (LSM) beschichtet, um eine Chrom-Verdampfung aus den metallischen Interkonnektoren zu verhindern.

Weitere Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz durch Thermisches Spritzen sind bei stationären Gasturbinen der Einsatz von Einlaufschichten zwischen Turbinenschaufel und Gehäuse sowie Wärmedämmschichten. Auf diese Maßnahmen wird im Rahmen dieser technischen Information jedoch nicht eingegangen.

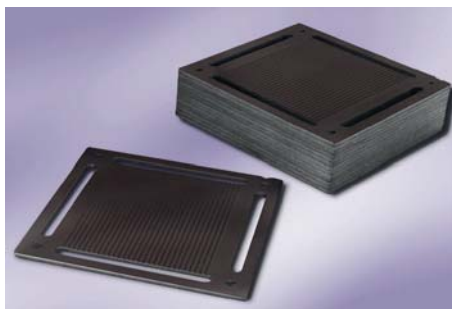


Bild 5: Interkonnektoren einer SOFC, mit LSM beschichtet (Atmosphärische Plasmaspritzen)
Fig 5: SOFC interconnects coated with LSM (air plasma spraying)

Energy efficiency

Technologies and measures taken to increase the efficiency of energy conversion and power generation also substantially contribute to the new energy movement. SOFCs have an enormous future potential and offer major benefits along with all the measures taken to boost the efficiency of gas turbines. Thermal-spray technology has also established a place for itself in this field.

An SOFC with a capacity of between 1 MW and some hundred MW offers the highest efficiency when generating electrical energy. Similar to gas turbines, the success of SOFCs with respect to capacity and lifetime largely depends on surface coatings. Some of these coatings can be produced very efficiently using thermal spraying. Currently, several hundred thousand SOFC interconnects are coated with lanthanum strontium manganite (LSM) per year in order to prevent chromium evaporation from metal interconnects.

Further measures to increase energy efficiency with thermal spraying are the use of abrasion-resistant coatings between the turbine blade and housing on stationary gas turbines and also thermal barrier coatings. The scope of this technical bulletin, however, does not permit these measures to be described in detail.

