

Innovative Reparaturmethoden an Dampfturbinenteilen

Volkmar Patig

Abstract

Innovative repair methods on steam turbine parts

In the age of energy transition, the maintenance of steam turbines is increasingly becoming a challenge.

Maintenance concepts need to be revised according to:

- Objective: Innovative maintenance
- Advantage:
- Faster turnaround times of repair works
- Low effort for disassembly and reassembly
- Cost reduction
- Faster availability of the plant
- Reduction of wear from erosion corrosion, drop erosion/droplet impact
- Solution: Thermal spray processes: Spraying of metallic alloys, which are individually adapted to the damage.

Innovative repair methods of today mean creative decisions for tomorrow.

Durch den Energiewandel und vermehrten Einsatz von erneuerbaren Energien, wird der Einsatz von konventionellen Kraftwerksturbinen auf ein Minimum reduziert. Der ständige Kurzbetrieb der Anlage führt zu signifikant höheren Belastungen an den Turbinenteilen. Ein vermehrter Verschleiß, verursacht durch Erosionskorrosion und Tropfenerosion/Tropfenschlag an statischen und rotierenden Turbinenteilen, stellt eine zusätzliche Herausforderung dar.

Thermische Beschichtung als innovative Lösung

Das Thermische Spritzen hat in den vergangenen Jahren sowohl in der Neuteilfertigung als auch bei Reparaturen an immer größerer Bedeutung gewonnen. Besondere Merkmale dieser Technologie sind u.a. Kombinationsmöglichkeiten von Grundwerkstoffen mit den entsprechenden Spritzwerkstoffen. Mit der Flexibilität des Thermischen Spritzens gibt es vielfältige Möglichkeiten einer Reparatur an hoch-

wertigen verschlissenen Bauteilen. Geringere Reparaturkosten und kürzere Ausfallzeiten sind erhebliche Vorteile gegenüber der jahrelang angewandten Standardreparatur.

Das thermische Spritzen umfasst Verfahren, bei denen Spritzzusätze innerhalb oder außerhalb von Spritzgeräten an-, auf- oder abgeschmolzen und auf vorbereitete Oberflächen aufgeschleudert werden. Die Oberflächen werden dabei nicht thermisch verändert. Diese Verfahren werden für die Beschichtung von metallischen und nicht-metallischen Werkstoffen mit Metallen, Legierungen, Keramiken, Metall-Keramik-Verbundwerkstoffen (Cermets) und Kunststoffen sowie deren Mischungen eingesetzt. Ziel ist die lokale Veredelung und Funktionalisierung von Oberflächen. (Bild 1)

Die Vorteile des Thermischen Spritzens sind vielseitig:

- Jedes Material lässt sich verspritzen
- Das zu beschichtende Werkstück wird thermisch nicht verändert



Bild 1. Übersicht Thermisches Spritzen.

Autor
 Volkmar Patig
 CEO
 PATIG GmbH
 Philippsburg, Deutschland



Bild 1a und 1b. Thermisches Spritzen, Ausführung vor Ort.



Bild 2. Befunde an einer Dampfturbine.

- Fast jede Bauteilgröße und -geometrie kann beschichtet werden
- Automatisierbarkeit des thermischen Spritzprozesses
- Flexibler Einsatz, auch vor Ort
- Sehr gute Reproduzierbarkeit
- Hohe Maßgenauigkeit
- Hoher Qualitätsstandard
- Die Spritzschicht kann aus mehreren Werkstoffen bestehen



Bild 3. Befunde an einer Dampfturbine.

- Kostenreduktion
- Gezielte Schichteigenschaften an Bauteiloberflächen

Vor Ort kann Thermisches Spritzen durch folgende Verfahren eingesetzt werden (Bild 1a und 1b):

Lichtbogenspritzen

Beim Lichtbogenspritzen werden zwei Drähte gleicher oder unterschiedlicher Art in ei-

nem Lichtbogen abgeschmolzen und die Spritzzusätze mittels eines Zerstäubergases auf die vorbereitete Oberfläche gespritzt

Flammspritzverfahren mit Draht

Beim Drahtflammspritzen wird der Spritzdraht im Zentrum einer Acetylen-Sauerstoff-Flamme aufgeschmolzen und die geschmolzenen Partikel mittels eines Zerstäubergases auf die vorbereitete Oberfläche gespritzt.

HVOF – Hochgeschwindigkeitsflammspritzen

Beim Hochgeschwindigkeitsflammspritzen erfolgt eine kontinuierliche Gasverbrennung mit hohem Druck innerhalb einer Brennkammer, in deren zentraler Achse der pulverförmige Spritzzusatz zugeführt wird. Die Spritzpartikel werden hierbei auf eine Geschwindigkeit von bis zu 550 m/s beschleunigt, das zu enorm dichten Spritzschichten mit ausgezeichneter Haftung führt.

Innovative Reparatur am Beispiel Diffusor Turbinengehäuse

Bei einer planmäßigen Revision der Dampfturbine, wurden durch den Kraftwerksbetreiber folgende Befundungen am Turbinengehäuse Diffusor festgestellt (Bild 2 bis Bild 6):



Bild 4. Befunde an einer Dampfturbine, Detailansicht.



Bild 5. Befunde an einer Dampfturbine, Detailansicht.



Bild 6. Befunde an einer Dampfturbine, Detailansicht.

Einlaufspuren unterhalb der Schaufelreihe Null – Austrittsseite und Turbinen-/Generatorseite – bis zu 22 mm tief und ca. 30-40 mm breit.

Seitens des Betreibers war eine komplette Demontage der Turbine und Instandsetzung in herkömmlicher Weise aus Zeit- und Kostengründen nicht vorgesehen.

Die bis dahin bekannte Reparaturmethode ist das Einbringen von geschmiedeten Segmentteilen. Dazu muss das Gehäuse im Bereich der Einlaufspuren vor dem Einbau mechanisch vor- und nach Fertigmontage fertigbearbeitet werden. Der Ein- und Ausbau des Rotors und weitere Nebengewerke, sind für diese Reparaturmethode zwingend erforderlich.

Mit unserem neuen, innovativen Reparaturkonzept konnte PATIG den Kraftwerksbetreiber überzeugen, eine Aufarbeitung mittels Thermischen Spritzens vor Ort durchzuführen.

Nachdem werkseitig jeweils die Null-Schaufelreihen der Austritts- und der Generator-/Turbinenseite ausgebaut waren, bestand die Herausforderung darin, den Rotor so zu schützen, dass bei allen nachfolgenden Arbeiten keine Beschädigung durch Strahlen oder Spritzen entstehen.

Jetzt konnte gemeinsam mit dem Kraftwerksbetreiber eine Schadensbegutachtung durchgeführt werden.

Der erste Arbeitsgang bestand darin, die erodierten Flächen gemäß DIN EN 13507 vorzubereiten d.h. Verschleifen von scharfkantigen Erosionsstellen um im Anschluss die fachgerechte Oberflächenvorbereitung für das Thermische Spritzen durchführen zu können.

Der nachfolgende Beschichtungsaufbau wurde in einem thermischen Drei-Schicht-Verfahren aufgespritzt: Grundierung, Füllschicht, Verschleißschutz.

Vorteil dieser Reparaturmethode im Vergleich zum Schweißen ist die einwirkende Wärmebelastung: Während des Thermischen Spritzprozesses erfolgt kein massiver Wärmeeintrag in den Grundkörper – die maximale Temperatureinwirkung beträgt 100 °C-, womit keine Gefügeveränderung des Grundwerkstoffes entsteht. Um eine Gleichmäßigkeit des Schichtaufbaus zwischen der Unterkante der Turbinenschaufel und der Spritzschicht zu gewährleisten, wurden diverse Lehrpunkte am Gehäuse fixiert. Nach Fertigstellung der Beschichtung erfolgte die Nachbehandlung der Spritzschicht mittels Strahlen und Versiegelung und abschließender Remontage der beiden Schaufelreihen durch den Kraftwerksbetreiber.

Danach wurde überprüft, ob der erforderliche Abstand zwischen Turbinenschaufel



Bild 7. Turbinenschaufel nach Reparatur/ Beschichtungsaufbau.



Bild 8. Turbinenschaufel nach Reparatur/ Beschichtungsaufbau.

Unterkante und Spritzschicht eingehalten wurde, d.h. ob das gewünschte Spaltmaß vorhanden ist. (Bild 7 und Bild 8)

Befundung der Reparaturflächen nach 1 Jahr Betrieb, zusammen mit dem Kraftwerksbetreiber

Fast genau ein Jahr später wurden, zusammen mit dem Kraftwerksbetreiber, die reparierten Stellen überprüft (Bild 9 und Bild 10), mit nachfolgendem Bericht:

„Visuell konnten keine Anzeichen für Erosionserscheinungen festgestellt werden. Die Erosion wurde blockiert/gestoppt. Die reparierten bzw. beschichteten Bereiche sahen sehr glatt aus, fast wie eine Art Politur. Es gab keine Anzeichen von Tropfenerosion. Die Oberflächen auf beiden Seiten (Vorder- und Rückseite) befanden sich in identischem Zustand. Daraus kann man schließen, dass die Oberflächen an beiden Diffusorseiten intakt waren.

Auf der Rückseite der Turbine, die dem Generator zugewandt ist, sahen die vermeintlich polierten Bereiche über die gesamte Fläche glänzender aus. Auf der turbinenzugewandten Vorderseite gab es weniger Verfärbungen der Thermischen Verschleißschicht. Diese war intakter.

Der Unterschied in der Verfärbung beeinträchtigt jedoch in keiner Weise die Integrität der Diffusorschutzschicht oder deren

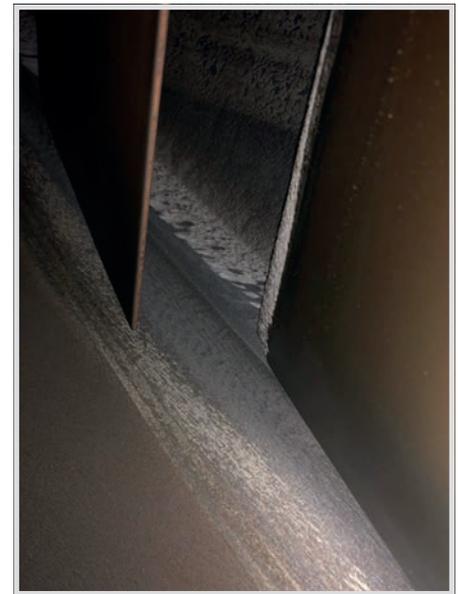


Bild 9. Turbinenschaufel ein Jahr nach Reparatur mit Beschichtung.



Bild 10. Turbinenschaufel ein Jahr nach Reparatur mit Beschichtung.

Funktion. Die Haftung zwischen der Beschichtung und dem Grundmaterial wurde ebenfalls als intakt befunden. Es wurden weder Risse noch Unregelmäßigkeiten visuell festgestellt.“

Zusammenfassung und Ergebnis

Es hat sich gezeigt, dass sich thermische Spritzschichten gegenüber bisherigen Reparaturmethoden als Alternative bewährt haben. Die Vorteile, die durch den Einsatz des Thermischen Spritzens entstehen, sind deutlich erkennbar:

- Zeitersparnis und massive Kostenreduktion aufgrund von nicht erforderlichem Ein- und Ausbau des Rotors
- schnellere Verfügbarkeit der Anlage, da kurze Durchlaufzeit der Reparatur
- hocheffektive Verschleißschicht gegen Dampferosion

Innovative Reparaturmethoden von heute bedeuten kreative Entscheidungen für morgen!

VGB | P O W E R T E C H

VGB POWERTECH as printed edition,
monthly published, 11 issues a year

Annual edition as CD or DVD
with alle issues from 1990 to 2019:
Profount knowledge about electricity
and heat generation and storage.

Order now at www.vgb.org/shop



© Sergey Nivens - Fotolia



VGB PowerTech

Contact: Gregor Scharpey
Tel: +49 201 8128-200
mark@vgb.org | www.vgb.org

The international journal for electricity and heat generation and storage.
Facts, competence and data = VGB POWERTECH

www.vgb.org/shop

Special Prints / Reprints from journal VGB PowerTech

A meaningful medium, print or digital, for your technical papers from the renown journal VGB PowerTech.



- | Benefit from the image of our journal, in which only technical papers reviewed by experts are published.
- | Reprints are produced individually according to your requests and with the same contents as the original paper.
- | Your CI can be transferred into the paper, or you will get a copy of the original layout from our journal.

Please do not hesitate to contact us!

Mr Gregor Scharpey | phone: +49 201 8128-200 | E-mail: mark@vgb.org

