

# Fortschrittliche Reparaturtechnik: Engspaltschweißen

**TONY ADAME**  
SULZER TURBOMACHINERY SERVICES

*Hickham Industries (ein Bereich von Sulzer Turbomachinery Services) hat sich zu einem führenden Unternehmen für das Reparaturschweißen an industriellen Turbomaschinen entwickelt. Zur Senkung der Schweißdauer und des Verbrauchs an Schweißmaterial bietet Hickham – zusätzlich zu den bestehenden Verfahren – einen neuen Schweißprozess an: das Rotations-Wolframschweißen mit enger Fuge, ein fortschrittliches automatisiertes Lichtbogenschweißverfahren.*

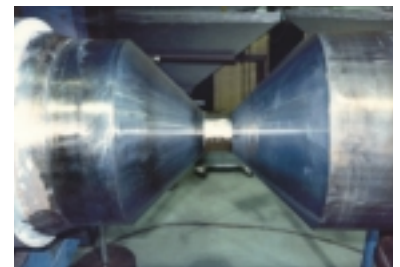
Das gebräuchlichste Reparaturschweißverfahren für hoch beanspruchte Wellen ist das Unterpulver-(UP-)Lichtbogenschweißen. Diese Technik wurde bis jetzt erfolgreich zum Auftrag oder Ersatz von Material an Rotoren verwendet. Das Anschweißen von Wellenstümpfen mit diesem Verfahren erfordert jedoch große Mengen an Zusatzwerkstoff. Die Bilder 1<sup>■</sup> und 2<sup>■</sup> zeigen die Fugenvorbereitung für eine UP-Schweißung. Bei einer typischen Wellenstumpf-Reparaturschweißung können ca. 10–60 kg Schweißgut verbraucht werden. Für die mechanische Bearbeitung des Wellenstumpfes und des Rotors zur UP-Schweißung werden etliche Stunden mehr benötigt als zum Engspaltschweißen.

## **SCHNELLER UND MIT WENIGER SCHWEISSMATERIAL**

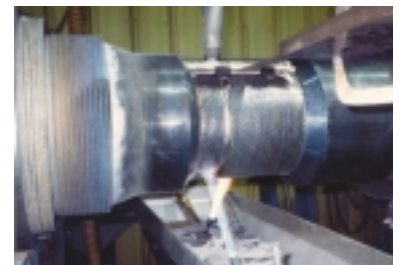
Das Rotations-Wolframschweißen mit enger Fuge (englisch: Rotating

Tungsten Narrow-Groove Welding, RT-NG), ein neu entwickeltes Schweißverfahren für die Reparatur von Turbomaschinenkomponenten, hat einen großen Einfluss auf die Fugenvorbereitung, den Schweißgutauftrag, die Wärmezufuhr, die Brenndauer des Lichtbogens usw. Im Gegensatz zum UP-Schweißen werden bei einer typischen RT-NG-Wellenstumpf-Reparatur nur 1–15 kg Schweißgut verbraucht, und die Brenndauer des Lichtbogens beträgt nur etwa ein Drittel derjenigen beim UP-Schweißen. Zudem ist die Reparaturqualität gleich gut oder sogar besser.

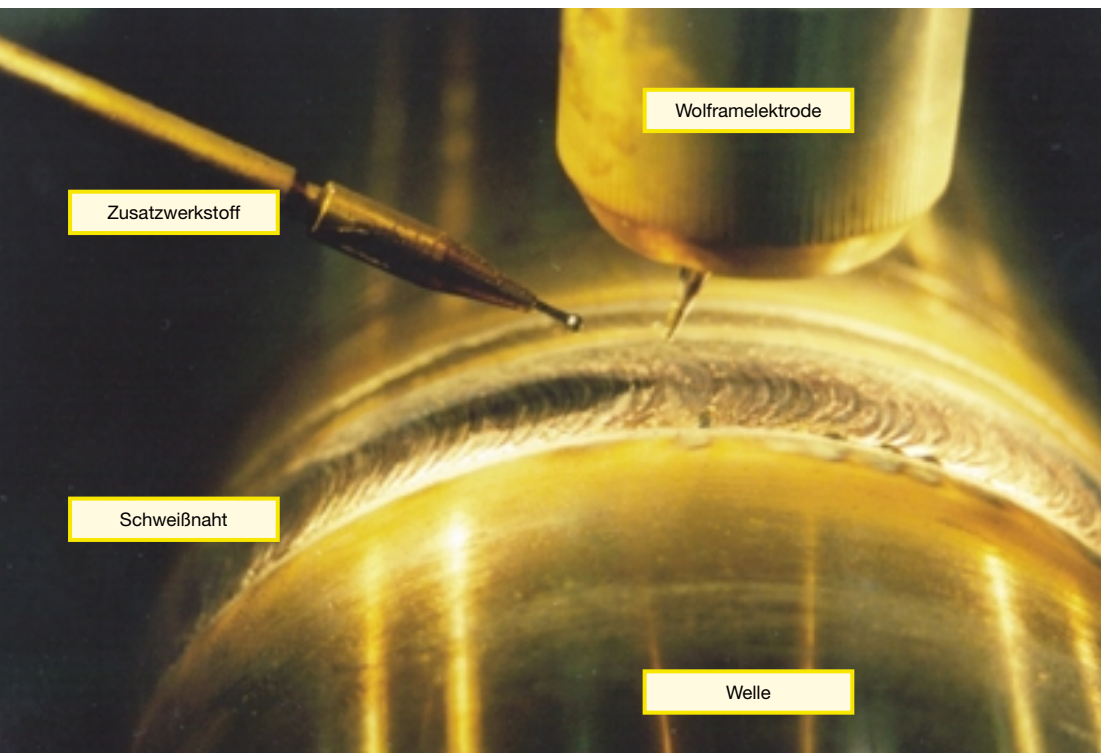
Beim RT-NG-Verfahren wird ein inertes Gas zum Schutz der Schweißzone (des Schmelzbades) vor der Atmosphäre verwendet. Das Verfahren nutzt die Lichtbogenenergie zur Erzielung eines gleichmäßigen Flankeneinbrands durch Querrotation (Pendelbewe-



1<sup>■</sup> Unterpulver-(UP-)Lichtbogenschweißen ist das herkömmliche Verfahren zur Reparatur von Wellenstümpfen. Hier eine Ansicht der Nahtvorbereitung.



2<sup>■</sup> Das konventionelle UP-Schweißen erfordert erhebliche Mengen Schweißgutauftrag.



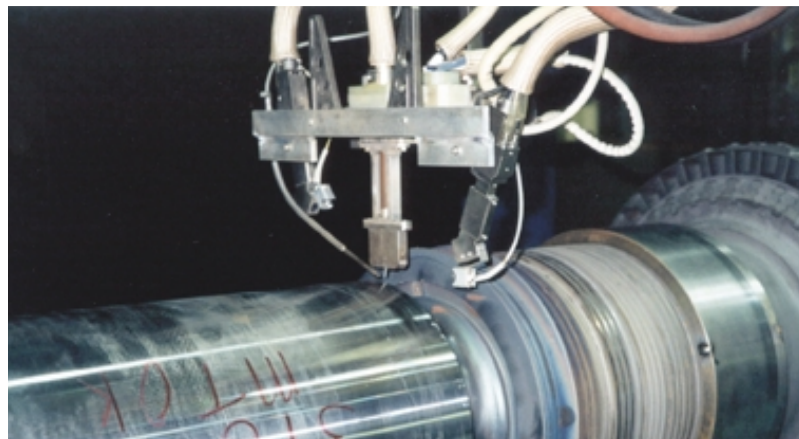
3<sup>■</sup> Das neu entwickelte System zum Rotations-Wolframschweißen mit enger Fuge (RT-NG) in Position vor dem Zünden des Lichtbogens.

gung von Seite zu Seite) einer abgewinkelten Wolframelektrode über die Breite der Schweißfuge hinweg (Bild 3<sup>■</sup>) und liefert ausreichende Abschmelzmengen unter Beibehaltung aller Schweißpositionen. Die zum Schweißen benötigte Wärme wird durch einen elektrischen Lichtbogen zwischen einer praktisch nicht abschmelzenden Wolframelektrode und dem Werkstück erzeugt. Da die Elektrode kaum abschmilzt, kommt die Verschweißung durch Schmelzen des Grundwerkstoffs ohne Anwendung von Zusatzwerkstoffen zustande. Je nach Anforderungen kann aber auch mit Zusatzwerkstoff gearbeitet werden. Die Ausrüstung schließt in die Fuge blickende Videokameras und digitale Steuerungen zur präzisen

Regelung des Schweißvorgangs ein (Bild 4<sup>■</sup>).

Die Anwendung des RT-NG-Verfahrens bietet folgende gewichtige Vorteile: Es reduziert den Aufwand für die Fugenvorbereitung, die Lichtbogen-Brenndauer, die Wärmezufuhr, die Breite der Wärmeinflusszone und den Verzug. Zudem ermöglicht es die Herstellung von Schweißnähten bester Qualität, im Allgemeinen frei von Fehlern, und die präzise Steuerung der Schweißparameter.

4<sup>■</sup> Ein neues Wellenende wird durch RT-NG-Schweißen angesetzt. Videokameras sind auf die Schweißfuge gerichtet, um eine präzise Steuerung zu gewährleisten.



## ENTWICKLUNG EINES REPARATURVERFAHRENS

Zum Zwecke der Qualifizierung eines Schweißverfahrens werden zur Simulation des Ablaufs Musterteile vorbereitet, reparaturschweißend und auf die endgültigen Maße bearbeitet. Die zu Anfang der Untersuchungen durchgeführten Schweiß- und Spannungsarmglühversuche an derartigen Musterteilen dienen zur Beschaffung von Material zur Qualitätsbeurteilung durch zerstörungsfreie Prüfung, zur Bewertung der Schweißbarkeit und zur Herstellung von Proben für mechanische und chemische Prüfungen. Nach Durchführung der Schweißung eines Musterteils unter Anwendung des vorgesehenen Verfahrens wird dieses zur Prüfung und Freigabe an eine anerkannte Prüfstelle geschickt. Folgende Prüfungen werden zur Bewertung des Verfahrens durchgeführt.

- Biegeversuch
- Zugversuch
- Metallografische Untersuchungen
- Chemische Analyse, Härtemessungen und Kerbschlagprüfungen des Grundwerkstoffs, der Wärmeinflusszone und des Schweißguts

Die Anwendung der Reparaturschweißung ist spezifisch auf hoch belastete Rotoren in Turbomaschinen ausgerichtet.

## QUALIFIZIERTES REPARATURVERFAHREN

Wenn ein Rotor als noch reparierbar angesehen wird, werden die qualifizierten und standardisierten Reparaturverfahren von Hickham Industries zur Reparatur der beschädigten Partien des Teils eingesetzt. Diese Verfahren sind so ausgelegt, dass eine hohe und gleichmäßige Qualität der Reparaturschweißung sichergestellt ist. Nachstehend sind die angewendeten Reparaturschritte aufgeführt:

- Der Rotor wird mechanisch so bearbeitet, dass sichergestellt ist, dass alle beschädigten Bereiche des Grundwerkstoffs entfernt werden und die der Schweißwärme ausgesetzte Zone in einem nicht-kritischen Bereich liegt. Die Position der Schweißnaht wird oft nach Durchführung einer Finite-Elemente-Analyse (FEA) am Rotor bestimmt. Die Anwendung der FEA auf eine Rotor-Reparaturschweißung stellt einen ausschlaggebenden Faktor für den Erfolg dar.
- Der Rotor wird nach Vorbearbeitung zerstörungsfrei (mit Ultraschall) geprüft, um sicherzustellen, dass sich der Grundwerkstoff zur Aufbringung der Schweißung eignet.
- Der Rotor wird unter Anwendung einer qualifizierten Methode reparaturgeschweißt, z.B. mit dem RT-NG-Verfahren.
- Die Schweißnaht wird zur zerstörungsfreien Prüfung vorbereitet.

- Im reparaturgeschweißten Bereich wird die zerstörungsfreie Prüfung (mit Ultraschall) durchgeführt.
  - Die Schweißnaht wird in senkrechter Stellung spannungsarmgeglüht, um den Verzug auf ein Minimum zu beschränken.
  - Es werden Härteprüfungen sowohl des Schweißguts als auch des Grundwerkstoffs durchgeführt, um sicherzustellen, dass die vorgeschriebenen Härtewerte eingehalten werden.
  - Nach dem Spannungsarmglühen werden im reparaturgeschweißten Bereich zerstörungsfreie Prüfungen (mit Ultraschall) durchgeführt.
  - Der Rotor wird nach den Vorschriften der Konstruktionszeichnung fertig bearbeitet.
  - Im reparaturgeschweißten Bereich wird eine abschließende zerstörungsfreie Prüfung (Magnetpulver-Rissprüfung) durchgeführt.
- Alle Abläufe und Prüfungen erfolgen unter genauer Einhaltung schriftlicher Anweisungen, und die Ergebnisse werden dokumentiert.

## WESENTLICHE VORTEILE FÜR DIE KUNDEN

Bild 5<sup>■</sup> zeigt die Anwendung des RT-NG-Verfahrens an einer 30-MW-Dampfturbine, die zum Antrieb eines Kompressors für Synthesegas gehört. Die Dampfturbine ist doppelseitig angetrieben, und auf einer Seite hatte sich ein Riss in der Nähe der Kupplung gebildet. Durch Anwendung des RT-NG-Schweißens konnten das Wellenende repariert und die Turbine nach kurzer Zeit wieder in Betrieb genommen werden. Die Anwendung dieser Reparaturverfahren gewährt den Betreibern von Turbomaschinen erhebliche Vorteile: Zeitersparnis, weniger Ausschuss und geringere Kosten für neue Teile.  $\Omega$

## INFO DIRECT

Barney McLaughlin  
Hickham Industries Inc.  
11518 Old La Porte Rd.  
La Porte, TX 77571  
USA  
Telefon +1 (1)713-567 27 13  
Telefax +1 (1)713-567 28 30  
E-Mail [barney.mclaughlin@hickham.com](mailto:barney.mclaughlin@hickham.com)

5<sup>■</sup> Ein Reparaturschweißtechniker mit Fernbedienungschalter bei der Fertigstellung eines Rotor-Wellenendes für eine 30-MW-Dampfturbine.

