

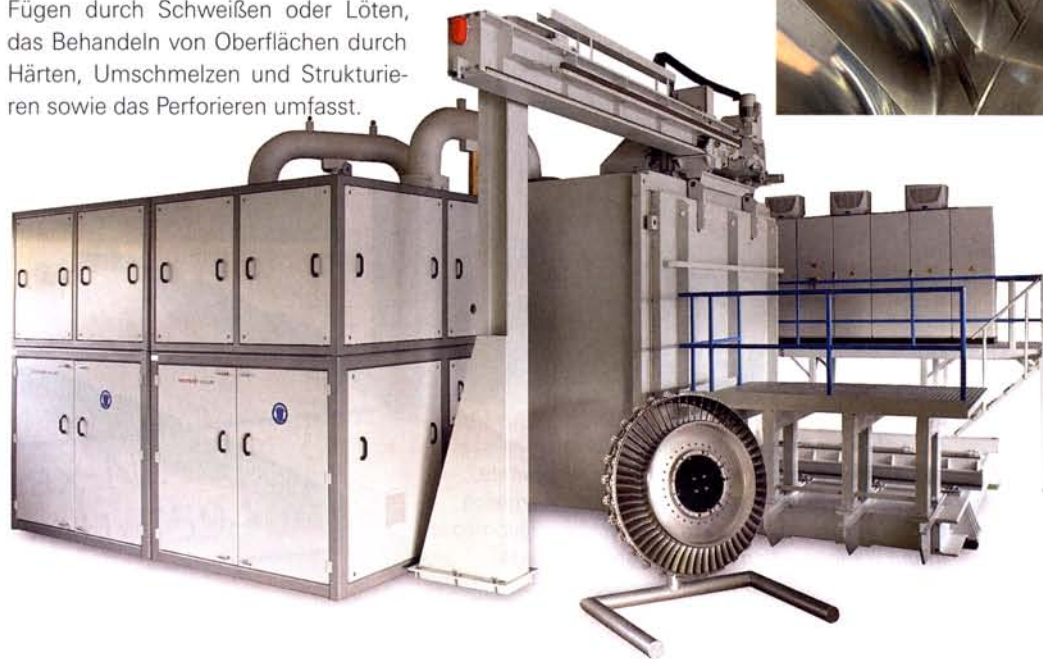
FÜGETECHNIK: SCHWEISSEN MIT DEM ELEKTRONENSTRAHL

# Multitasking-Fähigkeit im Vakuum

**Das Elektronenstrahlschweißen ermöglicht durch schlanke Nähte, verzugsarme Verbindungen sowie seiner niedrigen Energieaufnahme die Realisierung effizienter Fügeprozesse.**

Die Metallbearbeitung mit hochenergetischen Elektronenstrahlen kommt schon seit langem in der industriellen Fertigung zum Einsatz. Insbesondere moderne Steuerungstechnik und ein besseres Wissen über die Strahlform haben die Qualität und Reproduzierbarkeit des Elektronenstrahls in der jüngsten Zeit verbessert und somit eine breitere Anwendung ermöglicht. Doch noch immer ist das Potenzial der Technologie nicht ausgeschöpft, die Anwendungen wie das Fügen durch Schweißen oder Löten, das Behandeln von Oberflächen durch Härten, Umschmelzen und Strukturieren sowie das Perforieren umfasst.

innerhalb des Rezipienten relativ zum Strahl bewegt. Für kleinere Auslenkungen und kurze Bewegungen besteht die Möglichkeit, den Elektronenstrahl selbst abzulenken. Diese Eigenschaft ermöglicht eine Reihe von Technologien in der Mehrbad- und Mehrprozess-



Details des Trent 700-Triebwerks von Rolls-Royce, geschweißt auf einer Universalkammermaschine des Typs K640 Bilder: Pro-Beam

Der Elektronenstrahl als Werkzeug ist ein gebündelter Strahl von gerichtet bewegten Elektronen, der durch ein elektromagnetisches System manipuliert und abgelenkt wird. Die Ansteuerung der Ablenkelektronik erfolgt durch ein Softwareprogramm und macht den Elektronenstrahl zu einem softwaregesteuerten Werkzeug.

Die eigentliche Bearbeitung mit dem Elektronenstrahl findet im Vakuum statt. Durch geeignete Bewegungssysteme wird das Bauteil

technik. Das heißt, mehrere Prozesse wie etwa Vorwärmen, Schweißen und Nachwärmen können in einem Arbeitsschritt realisiert werden. Denn durch die schnelle Strahlablenkung kann der Elektronenstrahl quasi an mehreren Orten gleichzeitig arbeiten und simultan verschiedene technologische Prozesse ausführen. Die Vorteile: Mehrere Prozessschritte lassen sich in einem Arbeitsgang integrieren. Zudem ist die Parallelbearbeitung von Werkstücken möglich.

Als zusätzliche Funktion kann der Elektronenstrahl zur Beobachtung der Schweißsituation und zur automatischen Positionierung verwendet werden. Dabei werden Rückstreu- und Sekundärelektronen ähnlich einem Rasterelektronenmikroskop von Sensorplatten aufgefangen. Die nachgeschaltete Elektronik wandelt das erfasste Signal in ein digitales Bild um. Die gewonnene Bildinformation wird zur Beobachtung der Schweißsituation und des Schweißvorgangs verwendet und bildet die Grundlage für die automatische Strahlpositionierung.

Das Elektronenstrahlschweißen hat eine Reihe von Vorteilen: Es entstehen schlanke Nähte und verzugsarme Verbindungen. Außerdem entstehen niedrige Betriebskosten in der Produktion, da für den Schweißprozess keine Zusatzmaterialien benötigt werden und die Anlagen einen hohen Wirkungsgrad aufweisen. Zudem ist das Verfahren flexibel.

Die Luft- und Raumfahrtindustrie kennt diese Vorteile, zumal das Verfahren sich sehr gut für die Bearbeitung von reaktiven Materialien sowie von Magnesium, Titan, Inconel und Aluminiumlegierungen eignet. Das für den Betrieb einer Elektronenstrahlanlage erforderliche Vakuum wirkt sich dabei ebenfalls positiv auf die Qualität der zu bearbeitenden Bauteile aus. Zudem geht der Trend auch in dieser Branche zur Automatisierung von Fertigungsprozessen.

## > NEUE TECHNOLOGIEN

Beim Elektronenstrahlschweißen im Vakuum lassen sich auch mehrere Prozessschritte wie Vorwärmen, Schweißen und Nachwärmen in einen Arbeitsgang integrieren: Dabei wird durch Bewegungssysteme das Bauteil innerhalb des Rezipienten relativ zum Strahl bewegt. Für kleinere Auslenkungen und kurze Bewegungen wird der Elektronenstrahl selbst abgelenkt. Diese Eigenschaft deckt eine Reihe von Technologien in der Mehrbad- und Mehrprozestechnik ab.

Rolls-Royce setzt beispielsweise für das vollautomatische Schweißen von Trent-Triebwerkskomponenten die Elektronenstrahlschweißanlage Typ K640 der Pro-Beam AG & Co. KGaA ein. Dabei handelt es sich um eine Großkammermaschine, denn die Triebwerke und deren Komponenten erfordern entsprechend große Fertigungsmaschinen. Das Frontlagergehäuse aus Titan wird aus einzelnen Schaufeln und Paneelen zusammengefügt. Im Anschluss wird die gesamte Konstruktion in einer Vakuumkammer mit dem Elektronenstrahl manuell verschweißt. Nachteilig bei der manuellen Positionierung

sind die relativ lange Bearbeitungszeit und die bedienerabhängige Qualität der Schweißverbindung.

Durch die Automatisierung der Positionierung und des Schweißens konnte die Bearbeitungszeit unter Beibehaltung einer konstant hohen Qualität indes deutlich reduziert werden. Kritisch war in dieser Anwendung die Zugänglichkeit der Fügestelle für optische Verfahren zur Positionierung. Durch die gezielte Anpassung der Scan-Parameter an die Licht- und Fokusverhältnisse war es möglich, die Qualität der Bilder schon während der Erfassung zu verbessern. Aus diesen Bildern wird die Position der Fügestelle bestimmt. Diese Information dient einer CNC-Steuerung zur automatischen Strahlpositionierung und Schweißung.

Auch EADS Astrium setzt auf die Elektronenstrahl-Technologie, und zwar bei der Fertigung von Treibstofftanks für Satelliten-Anwendungen. Hergestellt aus einer dünnwandigen Titanlegierung, können diese Längen von bis zu 3 m und Durchmesser bis 1,6 m erreichen. Die Forderung, an jeder beliebigen Stelle des Tanks schweißen zu können,



Diese Treibstofftanks für Satelliten-Systeme von EADS Astrium wurden auf der Universalkammermaschine S450 geschweißt

machte in diesem Fall eine Großkammer erforderlich. Diese sollte so konstruiert sein, dass sich der Tank innerhalb einer separaten Kammer kontrolliert über einen Zeitraum von zehn bis zwölf Stunden evakuieren und belüften lässt. Gefordert sind Schweißstiefen von bis zu 20 mm sowie eine hohe Qualität der Schweißnaht. Im Rahmen der Qualitätssicherung gilt es zudem, alle Prozessparameter aufzuzeichnen. Zur Bearbeitung solch

# INTERPART

Design, Rapid Prototyping und Zulieferteile für die Automobil- und Maschinenbaubranche

JETZT ALLE 2 JAHRE!

## SURFACTS.

Die Branchenmesse für Oberflächentechnik in Süddeutschland



[www.interpart-surfacts.de](http://www.interpart-surfacts.de)

STAMPING-DAYS  
  
 KARLSRUHE

## Stamping-Days™ 2009

Leitmesse für Zulieferer, Ausrüster und Unternehmen der Prozessketten Stanzen und Hochleistungsstanzen.

NEUER VERANSTALTUNGSORT:  
 Messe Karlsruhe

Melden Sie sich jetzt online an!

[www.stamping-days.de](http://www.stamping-days.de)

5.-6. Mai 2009

Messe Karlsruhe, Deutschland

Erstmals parallel mit

**medipart**

Zulieferer des medizintechnischen Marktes

11458\_AS\_GM09

großer Bauteile kann der Elektronenstrahl – eine ausreichende Strahlqualität vorausgesetzt – auch mit großen Arbeitsabständen von bis zu 2 m eingesetzt werden.

Doch die Anwendung in der Luft- und Raumfahrt beschränkt sich nicht nur auf großvolumige Bauteile. Auch Werkstücke mit kleineren Dimensionen, aber in hohen Stückzahlen werden mit dem Elektronenstrahl bearbeitet. Aus wirtschaftlicher Sicht erfordern diese Bauteile ein geändertes Anlagenkonzept. Pro-Beam hat dafür eine Schleusen-Shuttle-Maschine entwickelt und patentiert. Vor der Arbeitskammer ist eine Schleusen-kammer installiert, so dass die Arbeitskammer immer unter Hochvakuum verbleibt. Drei Arbeitsgänge laufen damit gleichzeitig ab: Das Be- und Entladen der Werkstücke auf dem Vorbett, das Evakuieren und Belüften in der Schleusen-kammer sowie die Elektronenstrahl-Behandlung in der Arbeitskammer.



*Die Universalkammermaschine S450 ist mit zwei 150 kV Elektronenstrahl-Generatoren ausgestattet. Neben automatischen Vakuumroutinen verfügt die Anlage über eine automatische Strahlparameterjustierfunktion und eine automatische Fugensuche.*

Die Schleusen-Shuttle-Maschine vereinigt die Universalität der Einkammer-Maschinen mit dem Vorteil stark reduzierter Prozessneben- und kurzer Umrüstzeiten sowie flexibler Vorrichtungskonzepte. Sie lassen sich in vollautomatisierte Fertigungsabläufe integrieren. Und durch die Reduzierung der Nebenzeiten und kurze Umrüstzeiten wird eine hohe Produktivität erreichen.

Zum Einsatz kommt sie etwa beim Schweißen von Kegelrädern. Dabei lässt sich eine große Vielfalt von Kegelrädern in der Anlage bearbeiten, und zwar durch flexible Paletten, welche die Bauteile im Vakuum bewegen. Dieses Konzept setzen auch Anwender in der Automobilindustrie ein.

### ■ Uwe Clauß

Pro-Beam, Planegg