

# PENTAPOD-BEWEGUNGSMASCHINE FÜR FÜGE- UND HYBRID-TECHNOLOGIEN

## DIE AUFGABE

Ein wichtiger Bestandteil der Projektarbeit des Fraunhofer IWS ist die Überführung von Verfahren und Technologien in die industrielle Fertigung. Kundenwünsche wie die Erweiterung bestehender technologischer Grenzen, ein immer flexiblerer Einsatz von Fertigungsmitteln und niedrige Investitionskosten erfordern dabei immer auch die Einbeziehung neuer Ideen und Konzepte zu Maschinen und Anlagentechnik. Initiiert wurde die hier vorgestellte Entwicklung durch eine Machbarkeitsanalyse, deren Ziel (die Aufarbeitung von Gasturbinen vor Ort) nicht mit herkömmlicher Anlagentechnik erreichbar gewesen wäre. Anfragen aus dem Bereich der Luftfahrtanwendungen zeigten ebenfalls ein Defizit der verfügbaren Anlagenkonzepte auf. Perspektivisch sollten daher folgende Randbedingungen erfüllt werden:

- präzise 3D-Bearbeitung an großen Bauteilen (Länge > 10 m), inkl. der Option zum Laserstrahlschweißen bei Schweißtiefen von bis zu 20 Millimeter,
- Option zum Rührreißschweißen,
- eine integrierte Nahtvorbereitung (präzises Fräsen der Fügeanten) ohne Wechsel der Bauteileinspannung,
- einfacher und schneller Wechsel zwischen Fräsen und Schweißen,
- Option zum mobilen Einsatz des Verfahrens (Vor-Ort Durchführung auf der Baustelle) mit geringem Zeit- und Kostenaufwand für Transport, Aufbau und Einrichtung des Systems.

## UNSERE LÖSUNG

Der Lösungsansatz bestand in der Erweiterung des Anwendungsbereiches einer sogenannten Pentapod-Fräsmaschine. Derartige Maschinen, die auf dem parallelkinematischen Prinzip basieren, müssen bei vergleichbarem Arbeitsraum, Steifigkeit und Positionierungspräzision deutlich weniger Eigenmasse als herkömmliche CNC-Maschinen bewegen, in der Regel nur etwa 10 %. Die standardmäßig stationären Anlagen (Abb. 1 und 2) sind bei geeignetem modularem Aufbau auch als mobile Variante einsetzbar.

Durch Adaption der im IWS entwickelten Laserstrahlblenkoptiken (SAO-Baureihe) auf den Einsatz in Pentapod-Anlagen kann nun erstmalig an solchen Systemen vom Fräsen (etwa zur Nahtvorbereitung) zum Schweißen durch einfaches Einwechseln der Optik als Werkzeug umgeschaltet werden. Als Verfahren für die genannten großen Schweißtiefen wurde das am Fraunhofer IWS entwickelte Mehrlagen-Engspaltschweißen genutzt.

Neben Laserstrahlschweißanwendungen ist der Pentapod auch für Rührreißschweißaufgaben geeignet (Abb. 3, 5). Auch hier ist die Flexibilität für verschiedene Verfahren von Vorteil: Durch Kombination mit einer Fräsvorbereitung sowie dem Laserstrahlschweißen lassen sich bekannte Einschränkungen des Rührreibens begrenzen. So kann die erforderliche Konturnauigkeit an gröber tolerierten Bauteilen leicht durch Vorab-Überfräsen der Kontur erreicht werden. Auch die Gefahr einer Verschiebung der Fügepartner durch die relativ hohen Bearbeitungskräfte kann durch ein vorgeschaltetes Laserheften reduziert werden, eine Spaltbildung und Verformung an Strukturen mit geringer Eigensteifigkeit (etwa Flugzeug-Rumpfstrukturen) wird minimiert.



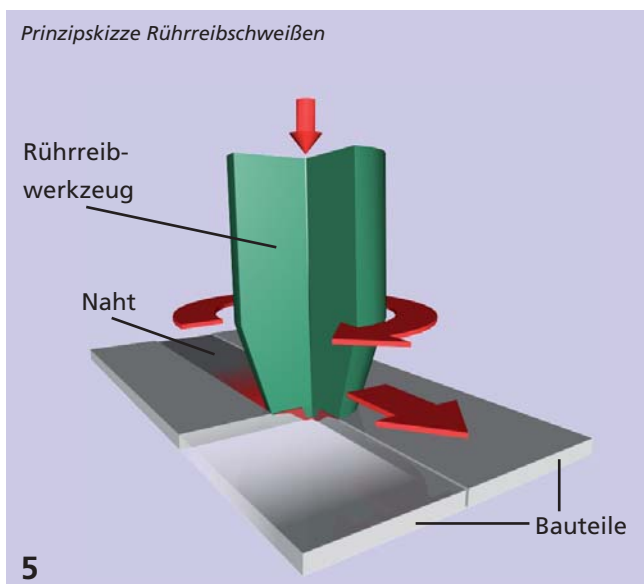
Ebenfalls denkbar sind mechanische oder thermische Nahtnachbehandlungen, etwa um die Dauerschwingfestigkeit durch Einbringen von Druckspannungen oder besseren Gefügestrukturen zu erhöhen.

### ERGEBNISSE

Die Machbarkeit der Erweiterung des Pentapod-Konzepts auf neue Füge- und Verfahrenskombination wurde im IWS-Labor an einer mobilen Pentapod-Anlage nachgewiesen. Als Laser kam ein (ebenfalls einfach transportierbarer) Faserlaser zum Einsatz. Abb. 4 zeigt beispielhaft verschiedene mögliche Werkzeuge: einen einwechselbaren Laserstrahlweißkopf einen Fräser sowie ein Rührreibwerkzeug.

Durch die kürzlich mit maßgeblicher finanzieller Unterstützung des Landes Sachsen und der EU erfolgte Investition in eine eigene Großfeld-Pentapodanlage (Arbeitsraum 5 x 2 x 2 m<sup>3</sup>) (Abb. 1, 2) sollen am IWS weitere Verfahrenstechnologien ausgebaut werden und das neue Konzept unter anderem Eingang in die Luft- und Raumfahrtindustrie finden.

- 1 Außenansicht der neuen stationären Großfeld-Pentapodanlage am Fraunhofer IWS
- 2 Großfeld-Pentapod mit weit ausgefahrener Hauptspindel
- 3 Einsatz der stationären Anlage für das Rührreibschweißen von Aluminium-Strukturen
- 4 Angepasste Strahlblenkoptik, die als Werkzeug am Pentapod eingewechselt werden kann, sowie ein Fräser und ein Rührreibwerkzeug zum Vergleich



### KONTAKT

Dr. Gunther Göbel  
 Telefon: +49 351 83391-3211  
[gunther.goebel@iws.fraunhofer.de](mailto:gunther.goebel@iws.fraunhofer.de)

