

# *Die weltweit erste Hybrid-Reparaturmaschine für Turbinenschaufeln & Turboverdichter*

*HSC-Dreh-Fräszentrum  
der HSTM-Reihe:  
HSTM, HSTM XL  
und HSTM HD*

**HAMUEL  
REICHENBACHER**  
Unternehmen der SCHERDELGruppe

### Was ist eine Hybrid-Maschine?

Eine Hybrid-Maschine ist eine Maschine, bei der man die Fertigungsverfahren so leicht wechseln kann wie Fräswerkzeuge. Hybrid-Maschinen vermischen Technologien, damit Verfahren nach Bedarf miteinander kombiniert werden können. Die damit verbundene Möglichkeit, die Nutzungsdauer komplexer hochwertiger Bauteile aus Spezialmaterialien zu verlängern, ist gleichzeitig kosteneffektiv und umweltfreundlich.

Unsere Maschine fräst nicht nur, sondern sie ist voll anpassungsfähig für die Verfahren aus: **Fräsen + 3D Scannen + Laserauftragsschweißen + 3D Inspektion + Entgraten / Polieren + Laserkennzeichnung .... alles in einer einzigen Maschine!**

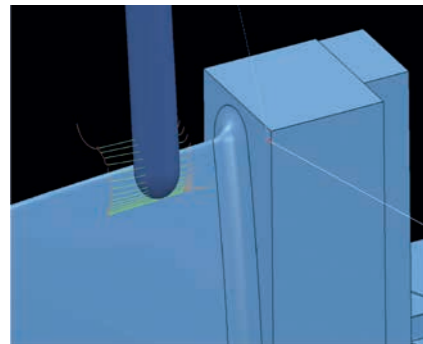


*“Die Hybrid-Fertigung ist ein höchst flexibles System für die Reparatur verschlissener Teile, das im Vergleich zur Herstellung neuer Teile nur einen Bruchteil des Energie-, Zeit- und Kostenaufwandes erfordert.”*

Prof. David Wimpenny  
Technology Manager Net Shape and Additive Manufacturing  
The Manufacturing Technology Centre, Coventry, UK.

50% 3D Laserauftragsschweißmaschine  
50% Fräsmaschine mit 3D Scannen

= 100% Automatisierte & adaptive Reparaturlösung  
für hochwertige Bauteile



Fräsbahnerzeugung im adaptiven CAM-System



3D Vermessung einer Turbinenschaufel in der HSTM



Hochgeschwindigkeitsbearbeitung von schwer zerspanbaren Werkstoffen

## Wie funktioniert das?

**Flexibilität** – der Schlüssel für die Hybrid-Fertigung liegt in der Flexibilität. Die Umschaltung zwischen Fräsen, Auftragsschweißung und Inspektion erfolgt vollautomatisch und schnell. Der Wechsel dauert weniger als 20 Sekunden und kann mit nur wenigen M-Befehlen während jedes beliebigen Teileprogrammes aufgerufen werden. Ein typisches, vollständig adaptives Teileprogramm kann jeden der folgenden Schritte umfassen, die alle angepasst durch eine einzige Software gesteuert werden.

## Adaptive Bearbeitung durch Flächenrückführung während des Verfahrens:

Der Schlüssel zur Vermischung von Verfahren liegt im Feedback. Unter Verwendung der adaptiven Automationssoftware sorgt die Teileinspektion während des gesamten Bearbeitungsprozesses für das Feedback zur Orientierung der Teile, Beurteilung von Schäden und Sicherung der Genauigkeit.

Die adaptive Verfahrenstechnologie schneidet das NC Programm auf den Kunden zu, um jedes Bauteil bestmöglich und mit außergewöhnlicher Genauigkeit und Zuverlässigkeit zu reparieren – selbst wenn Teile mit unterschiedlichen Verschleißbildern repariert werden. Die adaptive Fertigung steht bei vielen Luftfahrtanwendungen im Mittelpunkt, einschließlich der Produktion von Schaufeln / Blinks und der Reparatur von Bauteilen. Jegliche Bearbeitung mit einer Hybrid-Maschine erfolgt automatisch und kann adaptiv sein.

Die **3D Laserauftragsschweißung** ist im wesentlichen eine auf dem Schweißen basierende 3D Drucktechnik (auch als additive Fertigung bekannt), bei der Metall mit einem Laser geschmolzen und auf ein Teil aufgebracht wird. Dies ist bei praktisch allen herkömmlichen Schweißmetallen möglich. Zudem lassen die konzentrierte Wärmeeinbringung und die geringe Materialbeeinflussung eine Aufbringung schwierig zu verschweißender Materialien zu. Seit 15 Jahren verlässt sich die Industrie bei Reparaturarbeiten und beim komplexen 3D Drucken darauf.

Die Auftragung in einer Dreh-Fräsmaschine schafft einen neuen Preisvorteil für diese Systeme und hat zudem den Vorzug, dass das aufgebrachte Metall durch Fräsen / Polieren in einer einzigen Aufspannung oberflächenbearbeitet werden kann.

Vor allem bietet die Hybrid-Maschine alle vorgenannten Anwendungsmöglichkeiten, ohne dass irgendwelche Kompromisse hinsichtlich der seitens HAMUEL bekannten Fräsqualität eingegangen werden müssen.

Das **Hochgeschwindigkeits-5-Achs-Fräsen** mit seinem einzigartigen Maschinenlayout, seiner hervorragenden Spindelleistung und der optionalen CO<sub>2</sub>-Kühlung wird bei HAMUEL kontinuierlich verbessert.

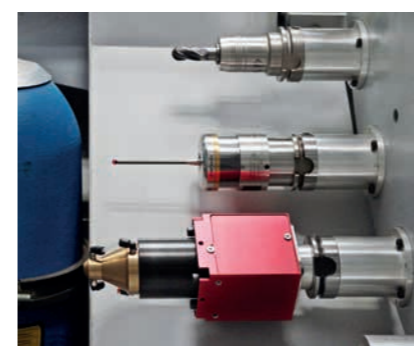
Optional kann die Spindel auch das abschließende Polieren, etc. übernehmen. Das Hybrid-System ist für das gesamte Spektrum der HSTM, HSTM XL und HSTM HD Maschinen geeignet.



Werkzeuge für die Laser- und spanende Bearbeitung



Polierwerkzeug für Ein- und Austrittskante



Werkzeug, Messtaster und Laserschweißeinheit im Werkzeugwechsler

## Anwendungsbeispiele für Hybrid-Maschinen

**Reparatur von Turbinenschaufeln für die Luftfahrt, Gas- oder Dampfturbinen:** Diese neue Technologie ist entwickelt worden, um die Reparaturmöglichkeiten von Turbinenschaufeln zu verbessern, indem man viele Operationen zusammen in einem automatisierten Zyklus durchführt. Die Eliminierung der manuellen Elemente gewährleistet eine einheitliche Qualität, minimiert die Zykluszeit, und ermöglicht die Aufarbeitung der Teile zu einem Bruchteil der Kosten, die bei der Fertigung eines Neuteiles anfallen würden.

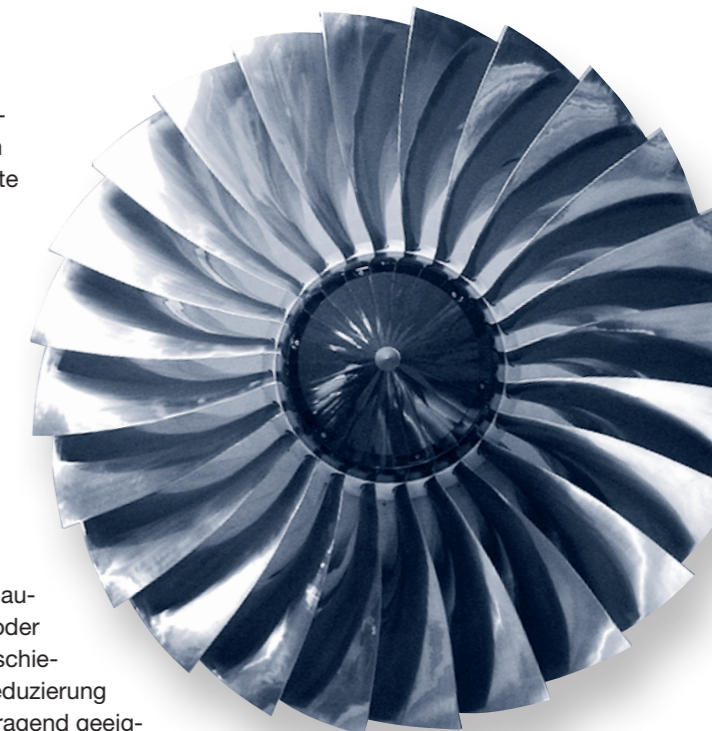
Unsere Hybrid-Technologie ermöglicht auch den Einsatz von Superlegierungen für bestimmte Bereiche des Schaufelprofils, um die Leistung zu steigern und die Bauteileigenschaften zu verbessern. Dadurch kann das Grundmaterial durch weiteres aufgetragenes Material gezielt verstärkt oder widerstandsfähiger gemacht werden.

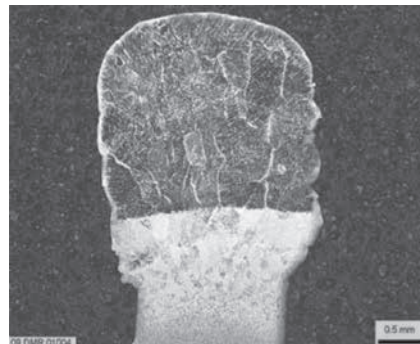
Die Weiterentwicklung von Schaufeln mit "Kontureintrittskante" oder "Profileintrittskante" durch verschiedene Hersteller zwecks Lärmreduzierung ist für unsere Maschine hervorragend geeignet und ist in den Zyklus aufgenommen worden, um dieses Merkmal weiterhin zu perfektionieren.

**Kompakt und erschwinglich** – die Kombination der Fähigkeiten fünf unterschiedlicher Maschinen (5-Achs CNC Fräsen, Zelle zum Laserauftragsschweißen, Zelle mit Polieren durch Roboter, CMM (Koordinatenmessgerät) und Laserkennzeichnung) in einer einzigen Maschine spart Aufstellungsfläche und kostet nur einen Bruchteil einer Reparaturzelle mit mehreren Maschinen.

## Wie ist die Qualität des aufgebrachten Metalls?

Die Laserauftragsschweißung ist ein etabliertes Verfahren für den Einsatz in sicherheitskritischen Anwendungen, bei dem hochwertiges Material aufgebracht werden kann, dessen Eigenschaften die des Grundmaterials übertreffen können.





Materialprobe zum Nachweis der optimalen Verbindung des aufgetragenen Materials

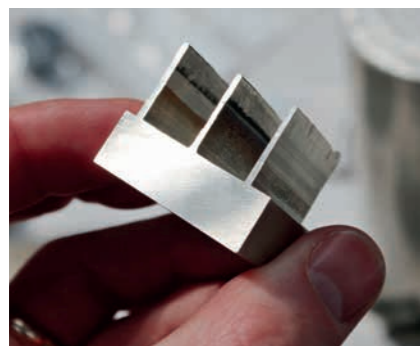
## Bessere Nachhaltigkeit für wertvolle Metallelemente

Das Hybrid-System ist in der Lage, hochwertige Metallbauteile wieder aufzubereiten, um ihnen ein zweites Leben zu geben, damit kein Neuteil gefertigt werden muss. Dadurch können entscheidende Kostenvorteile erzielt werden, insbesondere bei hochwertigen und komplexen Bauteilen.

Das Bild zeigt die Reparaturmöglichkeiten für die verschlissene Schaufel eines Impellers. Unter Einsatz einer Hybrid-Maschine ist es möglich, die beschädigte Stelle durch Abfräsen des verschlissenen Teils zu entfernen, dann das Material mit Hilfe der Auftragsschweißung wieder aufzubauen, ohne dass das Bauteil zwischen den einzelnen Bearbeitungsstadien aus der Maschine genommen werden muss. Dies ist ein Garant für höchste Präzision, Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit.

## Vorteile durch die Auftragsschweißung

Neben der Aufarbeitung verschlissener oder beschädigter Bereiche eines Bauteils kann das Laserauftragsschweißen verschiedene Materialien miteinander verbinden, um die Bauteileigenschaften zu verbessern. Beispielsweise ermöglicht das Laserauftragsschweißen die effektive Kombination unterschiedlicher Materialien. Dadurch kann ein Teil aus einem Trägermaterial mit guten Struktureigenschaften (das aufgrund seiner Festigkeit, Zähigkeit und Widerstandsfähigkeit ausgewählt wurde) mit einem härteren und trägeren Material oberflächenbeschichtet werden, um seine Verschleiß- und Korrosionsfestigkeit zu steigern. Auf diese Art und Weise können die Zusammensetzung und Topologie von Teilen für eine lange Lebensdauer unter harten oder extremen Betriebsbedingungen optimiert werden.



Laserauftragsgeschweißtes Material

Bei entsprechenden Verfahrensparametern gehen das Auftrags- und das Grundmaterial eine sehr starke Bindung an der Schnittstelle ein. Dies ist wichtig, weil das Verhältnis zwischen dem Basissubstrat und dem Auftragsmaterial eine bedeutende Rolle für den Aufbringungsprozess spielt und letztlich die Teileigenschaften und die Mikrostruktur bestimmt. Ein zentraler Aspekt des für dieses Verfahren erforderlichen Know-Hows ist die Vereinbarkeit der unterschiedlichen Materialien. Es sind zahlreiche Studien und Analysen der verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten durchgeführt worden, damit dieses Verfahren auf höchstem Qualitätsniveau entsprechend der Standards der Luftfahrtindustrie durchgeführt werden kann.

Die Charakteristika des Verbindungsbereiches bestimmen die Qualität der Bindung zwischen den beiden Materialien; sie entscheidet somit über die Endfestigkeit des Produkts.



## Die Hybrid-Maschine ist vom folgenden Team entwickelt worden:

Vor sechs Jahren wurde der aktive Einsatz einer Hochgeschwindigkeitsfräsmaschine in einem Forschungslabor für 3D Druck initiiert. Die Kreuzung aus aufbringenden und abhebenden Technologien führte zu einem Forschungsprojekt mit Basis in Großbritannien, das zum heutigen Hybrid-Maschinensystem weiterentwickelt wurde.

HAMUEL hat mit einem weltweit führenden Team zusammengearbeitet, um diese Technologie zu einer vollwertigen industriellen Reparaturlösung in seine Maschinen zu integrieren. Die Delcam CAD / CAM Software bildet das Herzstück des Systems, das alle Verfahren integriert und steuert. Hybrid Manufacturing Technologies hat die automatische Umschaltung zwischen den Verfahren entwickelt. Das Manufacturing Technology Centre war für das 3D Laserauftragsschweißverfahren und die Entwicklung der Anwendungen verantwortlich. Dieses Team hat es ermöglicht, dass HAMUEL seinen Kunden ein unübertroffenes Niveau an Service und Erfahrung anbietet und einer sich schnell entwickelnden Industrie eine wirklich revolutionäre Technologie bringt.



Delcam liefert Software und Dienstleistungen, die Firmen helfen, ihre Produktivität zu steigern, ihre Qualität zu verbessern und ihre Fertigungszeiten zu verringern. Delcam ist ein führender Anbieter computergestützter Bearbeitungssoftware und entwickelt auch Produktdesign, Werkzeugdesign und Inspektionsprogramme. Software von Delcam wird von mehr als 40.000 Organisationen in über 80 Ländern verwendet.



Die Firma Hybrid Manufacturing Technologies, mit Sitz in Großbritannien, ist darauf spezialisiert, Additiv-, Subtraktiv- und Messverfahren, die in CNC und Roboterplattformen integriert sind, miteinander zu kombinieren. Ihre zum Patent angemeldete Serie von Andocklösungen ermöglicht den automatisierten Wechsel zwischen den Verfahren in weniger als 30 Sekunden und damit die agile fortschrittliche Fertigung für Reparaturen oder die Herstellung neuer Bauteile.



Das MTC stellt eine der größten Investitionen der öffentlichen Hand in die Fertigung seit vielen Jahren dar und befindet sich in einer speziell erbauten Anlage mit 12.000 m<sup>2</sup> im Ansty Park, Coventry. Es handelt sich um eine Partnerschaft einiger der bedeutendsten weltweit tätigen Hersteller in Großbritannien. Wir stellen eine qualitativ hochwertige Umgebung für die Umsetzung von Spitzentechnologien in Fertigungsprozesse mit dem Ziel her, der Industrie in Großbritannien wirklich innovative Lösungen anzubieten.



Fast 100 Jahre Erfahrung im Maschinenbau sowie rund 30 Jahre Kompetenz in der CNC-Bearbeitung sprechen für sich: Nahezu 4.000 in der Firmengruppe gefertigte CNC-Maschinen sind weltweit in den unterschiedlichsten Branchen im Einsatz. Viele Eigenentwicklungen und Patente demonstrieren die hohe Innovationskraft des Unternehmensverbundes.

Die Firmengruppe SCHERDEL ist weltweit an 29 Standorten mit 37 produzierenden Werken und über 4.000 Mitarbeitern aktiv. Davon sind rund 600 Mitarbeiter im Bereich Maschinen-, Anlagen- und Werkzeugbau beschäftigt. Unsere Kunden schätzen die starken Synergien, die sich aus dem Unternehmensverbund ergeben, und erhalten so umfangreiche Problemlösungen nach dem „Full-Service-Prinzip“.



**HAMUEL**  
**REICHENBACHER**  
Unternehmen der SCHERDELGruppe

**HAMUEL Maschinenbau GmbH & Co. KG**  
Industriestraße 6 · 96484 Meeder (Deutschland)  
Tel.: +49 95 66-92 24 0 · Fax: +49 95 66-92 24 80  
info@hamuel.de · www.hamuel.de

