

# Aufheizen von innen heraus – Einsatzmöglichkeiten der induktiven Erwärmung

*Heating from within – applications of inductive warming*

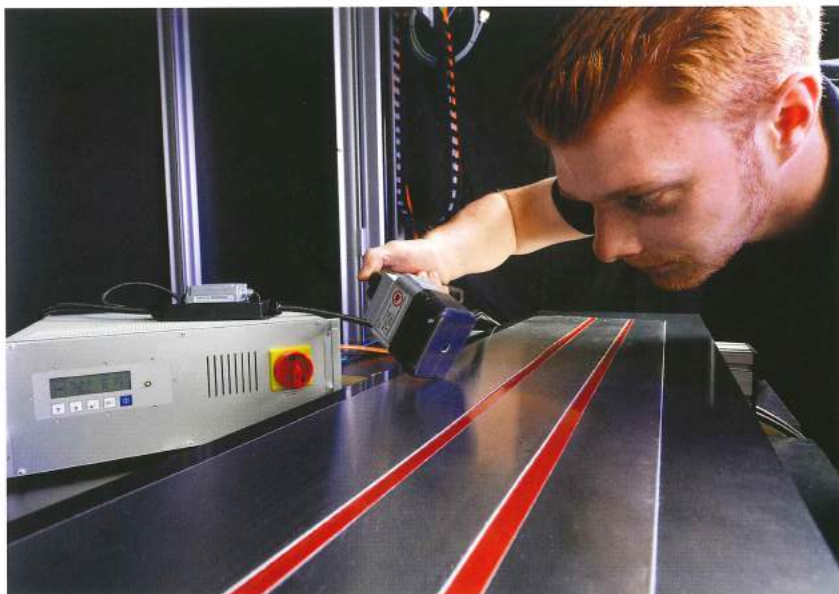
Konvektionsbasierte Erwärmungsverfahren sind meist mit hohem Zeitaufwand verbunden, da die Wärmeenergie nur vergleichsweise langsam übertragen werden kann. Eine Möglichkeit, die Konvektion zu umgehen, ist die Erwärmung durch elektromagnetische Induktion. Mit diesem Verfahren kann die Wärme direkt im Material erzeugt werden. So können Erwärmungsprozesse um ein Vielfaches beschleunigt werden. Das funktioniert grundsätzlich bei allen leitfähigen Materialien – so auch bei Faser-Metall-Laminaten. Mit der induktiven Erwärmung können bei der Erhöhung der Klebrigkeit, beim Verkleben und bei der Nachbearbeitung Zeit und damit Kosten eingespart werden.

## Die optimalen Parameter

Jede Erwärmungsaufgabe erfordert eine bestimmte Temperaturverteilung. So wird bei der Vorverklebung von Versteifungselementen auf Rumpfschalen z. B. eine Erwärmung nur im Bereich des Klebefilms gewünscht. Bei der Umformung von Prepregmaterialien wiederum soll die Temperatur gleichmäßig verteilt sein. Die Verteilung der Temperatur lässt sich einerseits durch die Prozessparameter beeinflussen und ist andererseits abhängig von dem zu erwärmenden Aufbau. Auch die Frequenz und die Bauform der Spule spielen eine Rolle. Durch die Leistung und die Erwärmungsdauer lässt sich ebenfalls Einfluss auf die Temperaturverteilung nehmen.

## Vorfixierung für Versteifungselemente

Die Technologie eignet sich insbesondere für die punktuelle Vorfixierung von Versteifungselementen auf CFK-Strukturen. Hier muss ein Klebefilm, der die Strukturen miteinander verbindet, auf eine Temperatur von ca. 50 – 60 °C gebracht werden. Auf diese Weise wird eine temporäre Fixierung der Versteifungselemente erreicht. Industriell eingesetzt werden hierfür konvektionsbasierte Heizgeräte, die ca. 60 Sekunden für eine Verklebung benötigen. Mithilfe eines Induktionsgenerators und Spulen kann die Zieltemperatur pro Punkt innerhalb von wenigen Sekunden erreicht und der Prozess damit um den Faktor 10 bis 20 beschleunigt werden. Da pro Flugzeug über 5.000 Verklebungspunkte herzustellen sind, ist die Zeitersparnis durch das Verfahren enorm. Die Einsatzfähigkeit der induktiven Erwärmung konnte bereits erfolgreich bei der Herstellung zweier Rumpfsegmente im Originalmaßstab demonstriert werden.

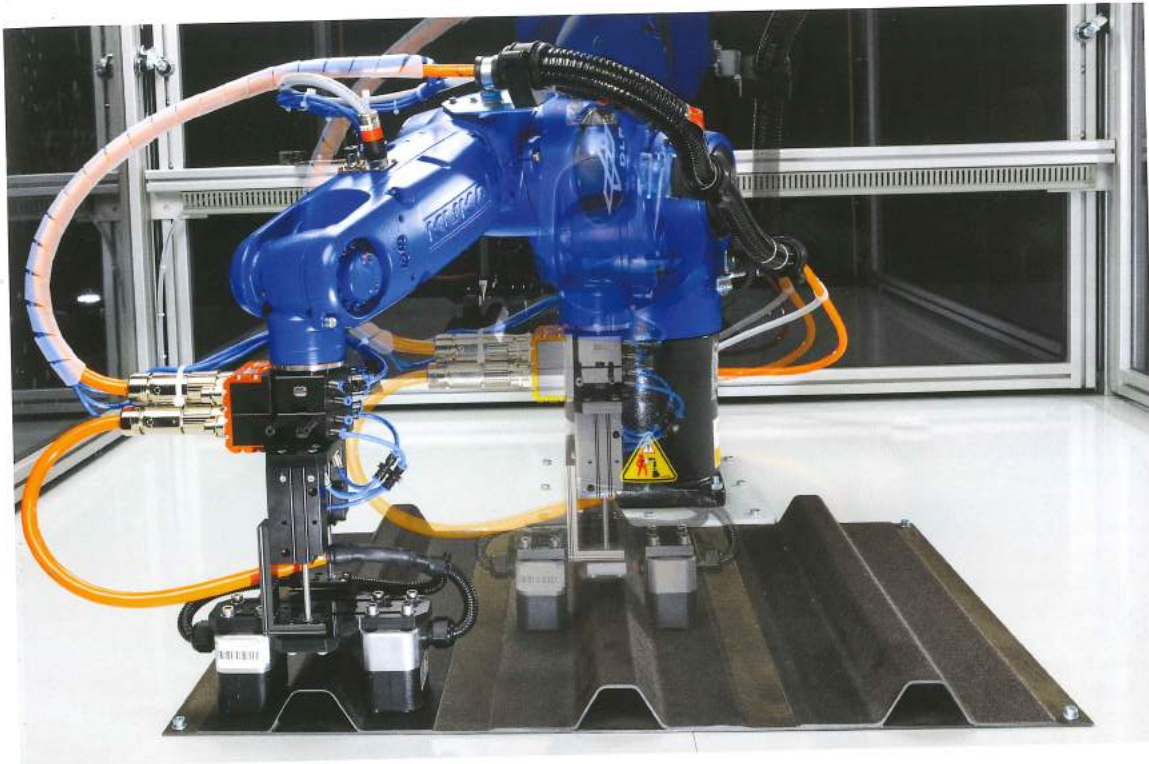


Fixieren von überlappenden Aluminiumblechen mit Klebefilm  
*Fixation of overlapping aluminium sheets with adhesive tape*

## Automatisierungspotenzial

Dank offener Schnittstellen und eines Baukastenprinzips der Hardware ist die Integration in bestehende Anlagen einfach. Schwieriger, jedoch dafür umso wertvoller, ist die Realisierung einer Qualitätssicherung für den Induktionsprozess. Da die Prozessparameter vom Aufbau abhängen, ist es vorteilhaft, die Erwärmung durch entsprechende Sensorik temperaturgesteuert durchzuführen. Da Thermolemente und Widerstandsthermometer metallisch und damit leitfähig sind, können sie nicht eingesetzt werden. Stattdessen wird eine optische Temperatursensorik eingesetzt.





Demonstrator einer automatisierten Stringerheftung  
**Demonstrator for automated stringer prebonding**

*Summary*

*Inductive heating of CFRP and FML materials allows up to 20 times faster heating rates for a large variety of applications. Heat treatment is necessary in many CFRP manufacturing processes and usually requires a lot of time. Electromagnetic induction transfers energy directly into the material and therefore bypasses convection. Reshaping, tack manipulation, adhering and post processing are some of the applications which potentially benefit from the new technique.*

*The resulting temperature distribution in the material is strongly dependent on process parameters such as frequency, coil characteristics, power, and duration. Further research is necessary to describe the influences and adjust them in order to achieve a required temperature distribution. As regular temperature sensors are metallic and therefore strongly affected by induction, optical sensors such as pyrometers and fibre bragg gratings are used for experiments and for process monitoring in the future.*

- > Dipl.-Ing. Deniz Akin (l.)
- > Dipl.-Ing. Hakan Uçan (r.)

