

Kurze Temperprozesse im kalten Ofen – Neues Mikrowellensystem für die industrielle Wärmetechnik

Short tempering processes in cold oven – New microwave system for industrial thermal engineering

Von Reiner Wiesehöfer

Auf der JEC 2006 in Paris wurde das weltweit erste Industriesystem für Mikrowellenaushärtung, VHM HEPHAISTOS, vorgestellt. Neben bereits bekannten Wärme- und Trocknungsprozessen ist die Anlage auch zum Aushärten von Verbundwerkstoffen einsetzbar. Kohlefaserverstärkte Verbundwerkstoffe werden zunehmend in der Luftfahrt, der Automobiltechnik und Baustoffindustrie verwendet. Die CFK-Bauteile werden heute noch in schweren Industrie-Öfen (Autoklaven) bei hohem Druck ausgehärtet. Das international patentierte HEPHAISTOS-System (Bild 1) arbeitet dagegen grundsätzlich ohne zusätzlichen Druck und bleibt bei dem Prozess kalt. Reduzierte Produktionskosten durch kürzere Anheiz-, Prozess- und Abkühlzeiten sind wesentliche Vorteile des neuen Anlagekonzeptes.

Vötsch Industrietechnik presented the world's first industrial microwave hardening system, VHM HEPHAISTOS, at the JEC-Show 2006 in Paris. In addition to the usual heating and drying processes, the microwave system is also suitable for hardening of composite materials. Carbon fibre-reinforced composite materials are employed increasingly in aerospace engineering and in the automotive and building materials industry. CFC composites are still hardened at high pressure in heavy industrial ovens (autoclaves). However, the internationally patented HEPHAISTOS system (photo 1) functions on a principle that requires no additional pressure and therefore, the oven is no longer actively heated. Production costs reduced through shorter warm-up, process and cooling times are important advantages offered by the HEPHAISTOS system.

gestzt. Austretende Mikrowellen (Leckstrahlung) könnten bei „undichten Anlagen“ Nachrichtenübertragungen stören. Aus diesem Grund sind Mikrowellen nur in einigen Frequenzen für Haushaltsgeräte und Industrieanlagen zugelassen. Die am häufigsten verwendete Mikrowellen-Frequenz ist 2,45 GHz. Für diese Frequenz stehen aufgrund der bereits in großer Stückzahl produzierten Haushaltsgeräte preisgünstige Mikrowellenerzeuger (Magnetrons) auf dem Markt zur Verfügung.

Kalte Strahlung mit großen Vorteilen

Der große Anreiz für den Mikrowelleneinsatz liegt in der kontaktlosen Wärmezufuhr und in der Tatsache, dass Materialien die Strahlung unabhängig vom Wärmefluss durch die Oberfläche absorbieren. Materialien werden dadurch, im Gegensatz zur konventionellen Erwärmung, gleichmäßig erhitzt. Die Mikro-

Einleitung

Mikrowellen sind den meisten Menschen spätestens seit dem Einzug in die Haushalte zum Erwärmen, Garen, Trocknen und Auftauen von Lebensmitteln bekannt. Es handelt sich um elektromagnetische Strahlung aus dem Frequenzbereich 0,3 bis 300 GHz. Die Nutzung dieser Strahlung diente in der Vergangenheit in erster Linie militärischen Zwecken in der Radartechnik zur Erkennung feindlicher Flugzeuge. In der Optik- und Werkzeugindustrie werden Mikrowellen zur Plasmabeschichtung ein-

Bild 1:
Mikrowellen-Anlage,
Typ VHM 180/200

Fig. 1:
Microwave system,
type VHM 180/200





Bild 2: Bildnis des griechischen Gottes HEPHAISTOS

Fig. 2: Image of the Greek god HEPHAISTOS

wellenstrahlung hat im Vergleich zu herkömmlichen Trocknungsverfahren eine wesentlich größere Eindringtiefe. Die Materialien werden schnell und nahezu unabhängig von der Wärmeleitung volumetrisch erwärmt. Hierbei spielen die Stoffeigenschaften eine große Rolle. Mikrowellen können von Körpern reflektiert, durchstrahlt oder von ihnen absorbiert werden. Beispielsweise werden Mikrowellen an Metallen reflektiert und sie durchstrahlen Glas, Porzellan und Keramik nahezu ohne Absorption und werden von polaren Materialien (Nahrungsmitteln) absorbiert.

Die Reflexion an Metallen hat den Vorteil, dass Mikrowellenanlagen „kalt bleiben“, während sich darin befindliche Materialien erwärmen. Dadurch lassen sich zeit- und energiesparende Prozesse erzielen, da nicht die Mikrowellenanlage, sondern nur das zu erwärmende Produkt aufgeheizt und anschließend wieder abgekühlt werden muss. Die Elektromagnetischen Strahlung hat weiterhin den Vorteil, dass sie auch im Vakuum – z. B. bei Trocknungsprozessen – eingesetzt werden kann. Hierbei kommt der Vorteil der berührungslosen Erwärmung hinzu. So lassen sich unter Vakuumbedingungen Produkte erwärmen, die sich nicht zur Erwärmung durch Wärmeleitung eignen.

Die Energieeinbringung durch Mikrowellen sorgt für eine schnelle Erwärmung mit geringen Temperaturgradienten über den gesamten Querschnitt des Materials. Das dielektrische Materialverhalten und das Mikrowellenfeld bestimmen den Grad der Erwärmung. Das Material lässt sich im Gegensatz zur konventionellen Energieeinbringung im

Umluftofen gleichmäßig erwärmen. Insbesondere bei Isolationsmaterialien und schlechten Wärmeleitern (dielektrische Materialien) wird häufig mit Druck und Wärme gearbeitet. Durch den Einsatz von Mikrowellen ergeben sich bei diesen Materialien enorme Vorteile. Je nach Materialeigenschaft und chemikalischem Aufbau werden Mikrowellen von diesen Werkstoffen absorbiert. Aufgrund des volumetrischen Energieeintrages und der höheren Eindringtiefe der Mikrowellen in das Material ist eine schnellere, energiesparende Aufheizung gegenüber konvektiv-beheizten Wärmeföfen gegeben.

Mikrowellen im Industriemaßstab

Die neu entwickelte Mikrowellenanlage, VHM HEPHAISTOS, von Vötsch Industrietechnik ist ein international patentiertes System, bei dem die Vorteile der Mikrowellentechnologie bis zur industriellen Großtechnik entwickelt wurden. Das Mikrowellensystem wird von Vötsch Industrietechnik in Reiskirchen produziert und wurde in einem Technologietransfer mit den Partnern Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Flugzeugbau (IFB) an der Universität Stuttgart und dem Composite Research Centre der EADS in München entwickelt. Der Name HEPHAISTOS (**Bild 2**) bedeutet „High Electromagnetic Power Heating Automated Injected Structure Oven System“ und wurde von dem Namen des griechischen Gottes des Handwerks und Feuers abgeleitet.

Hintergrund der Entwicklung ist die Tatsache, dass viele Branchen, wie die Luftfahrt- und Automobilindustrie immer sparsamere, leisere und sicherere Fahrzeuge für ihre Kunden entwickeln. So benötigen heute Flugzeuge, wie der Airbus A-380, pro Passagier auf 100 km weniger als 3 Liter Kerosin. In ca. 10 bis

15 Jahren werden weitere 30 % an Einsparung erwartet. Daher ist die Flugzeugindustrie neben sparsameren Triebwerken an neuen Werkstoffen zur Gewichts- und Kosteneinsparung interessiert. Hoch-qualitative Materialien, wie Kohlefaser-Verbundwerkstoffe (CFK) werden aufgrund ihres hohen Leichtbaupotentials in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Fahrzeugindustrie zunehmend eingesetzt. Sie sind 25 % leichter als bisher dominierende Aluminium-Werkstoffe und dies bei hoher Stabilität. Das neue, modulare Mikrowellensystem soll eine druckfreie und energiesparende Herstellung von Bauteilen aus CFK-Verbundwerkstoffen im Großformat ermöglichen.

Die Mikrowelle beheizt den Ofen und Beschickungssysteme nicht mehr aktiv, es wird nur das eingebrachte Bauteil trägheitslos erwärmt. Weiterhin zeichnet sie sich durch eine sehr hohe Feldhomogenität aus. Dies ist erforderlich, um diese hoch-qualitativen Produkte und Materialien auszuhärten.

Vorteile des HEPHAISTOS-Systems

Aufgrund der hohen Feldhomogenität (**Bild 3**) lassen sich Bauteile und Werkstoffe gleichmäßig erwärmen oder trocknen. Da die Mikrowellen nur einen Energieeintrag in das zu trocknende Material bewirken, bleibt der Ofen kalt. Reduzierte Produktionskosten durch kürzere Anheiz-, Prozess- und Abkühlzeiten sind das Ergebnis. Durch Mikrowellen können großvolumige Bauteile gleichmäßig und homogen erwärmt werden. Bei den Verbundwerkstoffen umgeht die Mikrowelle durch die Volumenheizung die schlechte Wärmeleitung des Fasergeleges. Damit können bei geringen Energieverbräuchen hohe Heizraten in dem Bauteil direkt durch die Mikrowelle erzeugt werden. Zudem

Bild 3: Vergleich von Feldverteilungen in einem hexagonalen sowie zylindrischen Applikator

Fig. 3: Comparison of field distributions of a hexagonal and a cylindrical applicator

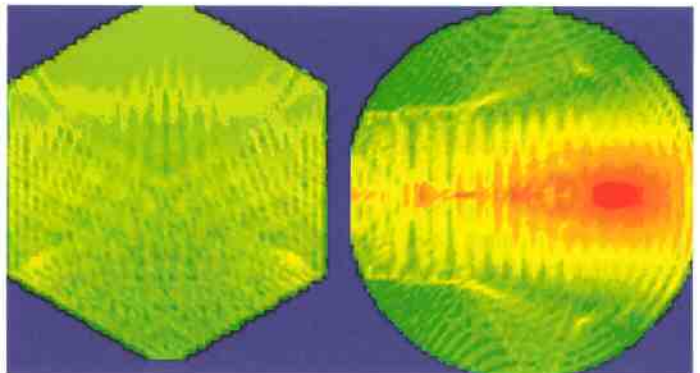




Bild 4: Mikrowellen-Anlage,
Typ VHM 100/100

Fig. 4: Microwave system,
type VHM 100/100

erschließen sich der Luftfahrt neu entwickelte, kostengünstige Verfahren, um Harze als Klebstoff zwischen trockene Kohlefasern zu injizieren. Eine schnellere, effizientere und preiswertere Produktion von Verbundwerkstoffstrukturen wird damit möglich.

Das HEPHAISTOS-System ermöglicht weiterhin, konventionelle Metallwerkzeuge und Beschickungssysteme in das Mikrowellenfeld einzubringen. Durch die hohe Feldhomogenität bleibt das Blitzlichtgewitter aus.

Energieübertragung mit Lichtgeschwindigkeit

Die elektromagnetische Strahlung der Mikrowelle überträgt die Energie mit Lichtgeschwindigkeit. Dies hat eine trägheitslose Erwärmung von Bauteilen und Materialien im Mikrowellenfeld zur Folge. Dies Phänomen hat den Vorteil, dass Prozesse, die zur Exothermie neigen „feiner“ geregelt werden können. Da der Mikrowellenofen kalt bleibt, wird beim Abschalten der Mikrowelle umgehend die Energiezufuhr gestoppt. Dies ist durch die Trägheit bei konvektiv-beheizten Öfen nicht möglich.

Fazit

Für das Aushärten von Kunststoffen, Vulkanisieren von Gummi sowie das Herstellen von Polymer-Schäumen ge-

winnen Mikrowellen zunehmend an Bedeutung. Auch in der Keramikindustrie werden Mikrowellen zur Trocknung und Sinterung eingesetzt. Keramische Werkstoffe lassen sich mit Mikrowelle um ein Vielfaches schneller trocknen als in konventionellen Heißluftöfen. Weitere Beispiele sind das Trocknen von Futtermitteln, Kernen in der Gießereitechnik, Zellulose, Textilien, Papier, Granulat, Farben und Lacken. Die Beispiele zeigen, dass die Mikrowellen für eine Vielzahl von Anwendungen in der Industrie einsetzbar sind. Das modulare HEPHAISTOS-System ist vom Labormaßstab (**Bild 4**) (Nutzraumvolumen 750 ltr) bis zur industriellen Großanlage lieferbar.

**Dipl.-Ing.
Reiner Wiesehöfer**
Vötsch Industrietechnik GmbH



Tel.: 06408 / 84-6302
E-Mail: rwiesehoef@v-it.com