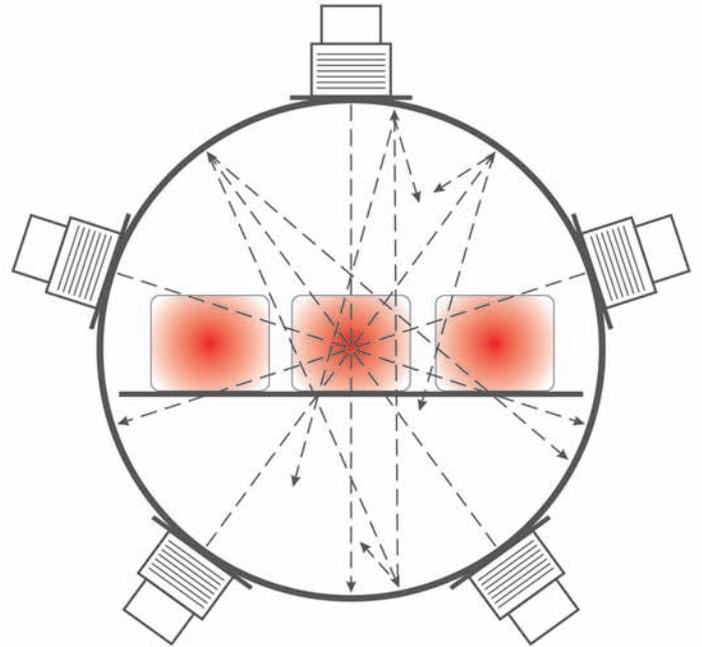


Linn High Therm



- Mikrowellenerwärmung
- Microwave heating



Mikrowellen-Theorie / Microwave-theory

Mikrowellen sind elektromagnetische Wellen, vergleichbar mit Radiowellen oder Radar. Sie zeichnen sich durch die gleichen physikalischen Gesetze wie diese aus und können daher von dem Material mit dem sie interagieren reflektiert, durchgelassen oder absorbiert werden (Abb. 1).

In die Gruppe der mikrowellenreflektierenden Materialien gehören alle Metalle, die daher nicht mit Mikrowellen erwärmt werden können. Mikrowellentransparente Materialien wie Teflon, Quarzglas oder Polypropylen können ebenfalls nicht von Mikrowellen erwärmt werden. Die meisten anderen fallen in die Kategorie der mikrowellenabsorbierenden Materialien und können daher mit Mikrowellen erwärmt werden.

Die Mikrowellenerwärmung wird durch folgende Formel (1) beschrieben:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon'' \cdot E^2 \cdot V \quad (1)$$

P = vom Material absorbierte Leistung;
f = Mikrowellenfrequenz; ϵ_0 = elektrische Feldkonstante; ϵ'' = Imaginärteil des komplexen Dielektrizitätskoeffizienten; E = elektrische Feldstärke; V = Materialvolumen

Diese Gleichung verdeutlicht die Abhängigkeit der Mikrowellenerwärmung von der Mikrowellenfrequenz, dem Material, der Mikrowellenleistung und dem Materialvolumen. Im Gegensatz zu konventionellen Erwärmungsmethoden spielt das Material und seine Form bei der Mikrowellenerwärmung eine größere Rolle. Der Dielektrizitätskoeffizient eines Materials bestimmt, wie gut es von Mikrowellen

Microwaves are electromagnetic waves, just as radio or radar waves. They are governed by the same physical laws as these waves, and therefore can be reflected, transmitted or absorbed by the material they interact with (Fig. 1).

Metals belong into the group of microwave reflecting materials and therefore cannot be heated by microwaves. Microwave transparent materials are Teflon, Quartz glass, and Polypropylen, for example. These materials also cannot be heated by microwaves. Most other materials fall into the category of microwave absorbing materials which can be heated by microwaves.

Microwave heating is described by following equation (1):

$$P = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon'' \cdot E^2 \cdot V \quad (1)$$

P = power absorbed by material; f = microwave frequency; ϵ_0 = electric field constant; ϵ'' = imaginary part of complex dielectric coefficient; E = electric field strength; V = material volume

This equation shows the dependency of the microwave heating on the microwave frequency, the material, the microwave power and the volume of the material. Unlike conventional heating, the material and its shape play a much greater role in microwave heating. The dielectric coefficient of the material determines how good it can be heated by microwaves and the shape (more correctly, the volume) determines how much microwave energy can be absorbed by the product.

erwärmt werden kann; die Form (genauer, das Volumen) bestimmt, wie viel Mikrowellenenergie das Produkt aufnehmen kann.

Die Eindringtiefe der Mikrowellen wird durch folgende Formel (2) beschrieben:

$$PD = \frac{\lambda_0}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{\epsilon'}}{\epsilon''} \quad (2)$$

PD = Eindringtiefe; λ_0 = Wellenlänge im Vakuum; ϵ' = Realteil des komplexen Dielektrizitätskoeffizienten; ϵ'' = Imaginärteil des komplexen Dielektrizitätskoeffizienten

Die Eindringtiefe ist definiert als die Tiefe, in der die ursprüngliche Feldstärke auf 1/e (etwa 37 %) zurückgegangen ist. Dies bedeutet, dass auch unterhalb der Eindringtiefe noch eine Mikrowellenerwärmung stattfindet. Jedoch ist natürlich die Energiemenge für die Erwärmung deutlich geringer als oberhalb der Eindringtiefe.

Viele Produkte können vollständig von den Mikrowellen durchdrungen werden, was dazu führt, dass das Produkt innen und außen gleichzeitig erwärmt wird. Dies würde theoretisch ein gleichmäßiges Temperaturprofil im Material erzeugen, wobei jeder Punkt die gleiche Temperatur hat. Jedoch gibt die Oberfläche des Produkts Wärme an die Umgebung ab, wodurch sie sich abkühlt. Das Innere kann keine Wärme abgeben und hat daher eine höhere Temperatur als die Oberfläche. Daraus ergibt sich ein Temperaturprofil, das invers zu dem bei konventioneller Erwärmung ist (d. h. Oberfläche heiß, innen kalt).

The penetration depth of the microwaves is described by the following equation (2):

$$PD = \frac{\lambda_0}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{\epsilon'}}{\epsilon''} \quad (2)$$

PD = penetration depth; λ_0 = wavelength in vacuum; ϵ' = real part of complex dielectric coefficient; ϵ'' = imaginary part of complex dielectric coefficient

As penetration depth, the depth is defined at which the initial field strength has been reduced to 1/e (or about 37 %). It means that even at depths below the penetration depth, microwave heating takes place. Only the amount of energy that is available for heating is much lower than above the penetration depth.

Many products can be completely penetrated by microwaves, resulting in simultaneous inner and outer heating of the material. Theoretically, this generates an even temperature profile inside the material with a homogenous temperature at every point. The surface of the material radiates heat to the ambient, and is therefore cooled. The interior cannot lose the heat and hence has a higher temperature than the surface. This results in an effective temperature profile inverse to the one obtained by conventional heating (i.e. surface hottest, inside coldest). This is one of the big advantages of microwave heating, as it results in much faster heating and drying than conventional methods.

Angaben ohne Gewähr
Values without guarantee

Dies ist einer der großen Vorteile der Mikrowellenerwärmung und ermöglicht eine viel schnellere Erwärmung und Trocknung als bei konventionellen Methoden.

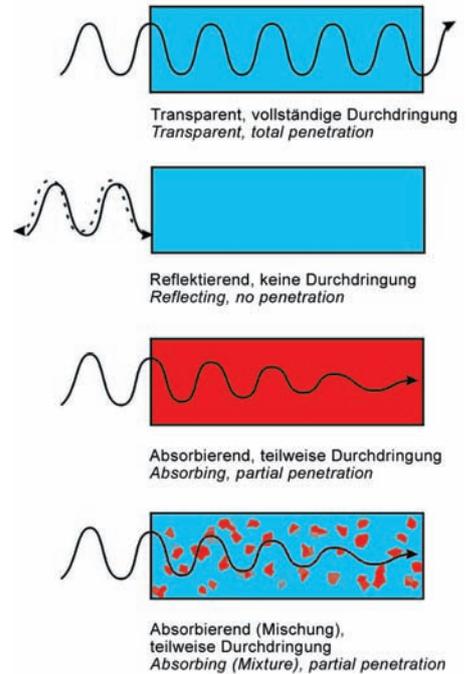


Abb. 1. Wechselwirkung von Mikrowellen mit Materialien

Fig. 1. Interaction of microwaves with materials

Dielektrische Eigenschaften verschiedener Materialien bei 2,45 GHz.				
Dielectric properties of different materials at 2.45 GHz.				
Material	ϵ'	ϵ''	Temp. °C	Eind.-tiefe Pen.-depth cm
Al ₂ O ₃	9	0,004	25	1461
Al ₂ O ₃	9,46	0,01	296	599
Al ₂ O ₃	10,15	0,055	683	113
Al ₂ O ₃	11,18	0,241	1221	27
Quarzglas				
Quartz glass	3,78	0,0002	25	18937
SiC	10,4	0,9	25	7
Zirkonia	18	2,34	300	4
Zirkonia	18,8	3,38	500	3
Zirkonia	22,3	8,25	800	1
PA	2,9	0,033	25	100
PE	2,3	0,0026	25	1136
PVC	2,9	0,016	25	107
PTFE	2,1	0,0006	25	4700
Pflanzenöl				
Vegetable oil	2	0,2	20	14
Wasser / Water	77,4	9,2	25	1,87
Wasser / Water	69,4	4,9	50	3,3
Wasser / Water	62,3	2,6	75	5,9
Wasser (gefroren)				
Water (frozen)	3,2	0,003	-12	1162
Ethanol	8	7,5	25	0,8
Methanol	24	13,5	25	0,7
Propanol	5	3,5	25	1
Holz / Wood	4	0,88	25	4,4
Borosilikatglas				
Boronsilicateglass	4	0,0016	25	2794

Mikrowellen-Theorie / Microwave-theory

Die Theorie der Mikrowellenerwärmung gibt an, dass die von einem Material aufgenommene Leistung nach Formel 1 berechnet werden kann.

Wenn man dabei nur die Variablen berücksichtigt, so ist die aufgenommene Leistung von der Frequenz, der Dielektrizitätskonstante und der elektrischen Feldstärke abhängig. Beim Vergleich der beiden Frequenzen 2,45 GHz und 5,8 GHz fällt auf, daß die aufgenommene Leistung mit der Frequenz steigt; bei gleicher eingebrachten Leistung der Mikrowellen, also gleicher elektrischer Feldstärke. Daraus ergibt sich, daß theoretisch bei gleicher eingebrachter Mikrowellenleistung ein Material bei 5,8 GHz etwa doppelt so viel Energie aufnimmt wie bei 2,45 GHz.

Hinzu kommt, daß die Dielektrizitätskonstante für viele Materialien nicht wirklich konstant ist, sondern sowohl von der Temperatur als auch der Frequenz abhängt. Bei den meisten Materialien steigt die Dielektrizitätskonstante mit der Frequenz an. Die Frequenzabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten für Wasser ist in Abbildung 2 dargestellt. Das Maximum von ϵ'' für Wasser bei 25 °C liegt bei etwa 18 GHz. Die beiden zu vergleichenden Frequenzen sind eingezeichnet und man erkennt, daß der Wert für 5,8 GHz etwa doppelt so hoch wie der bei 2,45 GHz ist. Daraus ergibt sich, daß theoretisch bei Wasser mit 5,8 GHz sogar etwa die vierfache Leistung übertragen werden kann im Vergleich zu 2,45 GHz.

In der Praxis ist natürlich zu beachten, daß der Energieerhaltungssatz nicht verletzt werden kann. Da bei effektiven Mikrowellenerwärmungsprozessen durchaus Effektivitäten von 70-90 % erzielt werden können, ist eine Vervielfachung der aufgenommenen Energie physikalisch nicht möglich. Aber bei Mikrowellenprozessen, die wegen der geringen Materialgröße oder unpassenden Materialeigenschaften eine schlechte Effektivität haben, kann mit der höheren Frequenz die Energieaufnahme deutlich verbessert werden.

The theory of microwave heating shows that the power absorbed by a material can be calculated by equation 1.

Considering the variables only, the absorbed power depends on the frequency, dielectric constant and electric field strength. Comparing both frequencies 2.45 GHz and 5.8 GHz shows that absorbed power increases with frequency, holding microwave power and electric field constant. As a result, in theory, a material absorbs approximately twice the energy at 5.8 GHz than at 2.45 GHz at the same microwave power level.

In addition, the dielectric constant is, in most cases, not really a constant for many materials. It depends on both temperature and microwave frequency. In most materials, the dielectric constant increases with frequency. The frequency dependence of the dielectric constants for water is shown in Fig. 2.

The maximum ϵ'' for water at 25 °C is at about 18 GHz. The two discussed frequencies are shown in the diagram and it can be observed, that the value at 5.8 GHz is about twice as from 2.45 GHz. Therefore, water can absorb up to four times the microwave power at 5,8 GHz in comparison with 2,45 GHz, theoretically.

Practically it has to be taken into consideration that the law of energy conservation cannot be broken. An effective microwave process can have an efficiency of 70 to 90 %, therefore it is physically not possible to multiply the energy absorption. But for microwave processes that have a low efficiency due to low material volumes or inappropriate material properties, the 5.8 GHz frequency can result in a clearly improved energy absorption.

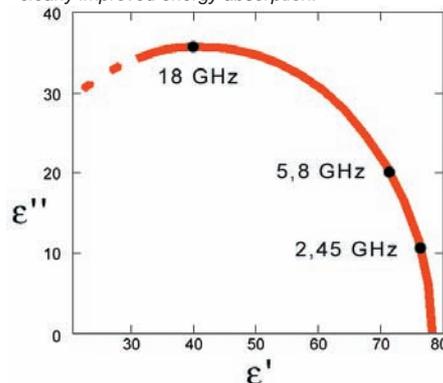


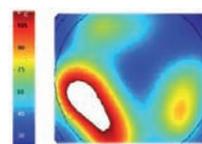
Abb. 2: Cole-Cole Kurve für Wasser bei 25 °C
Fig. 2: Cole-Cole curve for water at 25 °C

Simulation von elektromagnetischen- und Wärmefeldverteilungen in Mikrowellenkammeröfen Simulation of electromagnetic and temperature field distributions in microwave chamber furnaces

Bei der Entwicklung von Mikrowellen-Erwärmungsanlagen ist die Verteilung des elektromagnetischen Feldes entscheidend. Doch eine ausschließlich elektromagnetische Simulation wird zur Planung von Mikrowellen-Erwärmungsanlagen nicht ausreichen. Bei der Mikrowellenerwärmung spielt neben der Dissipation von elektromagnetischer Energie auch der thermische Vorgang eine bedeutende Rolle. Um den Heizvorgang genau zu bestimmen, sollen verschiedene Wärmeübertragungsmechanismen sowie dabei entstehende Effekte ebenfalls berücksichtigt werden. Eine numerische 3D-Simulation kann dabei sehr behilflich sein. Die benötigten thermischen und elektromagnetischen temperaturabhängigen Eigenschaften unterschiedlicher Materialien kann man oft in der Literatur bzw. in den Tabellen finden. Messungen von temperaturabhängigen Materialeigenschaften sind sehr aufwändig und widerspruchsvoll und stellen ein großes wissenschaftliches und technisches Problem dar, was man nur mit großem Zeit- und Kostenaufwand lösen kann (Abb. 3-4).

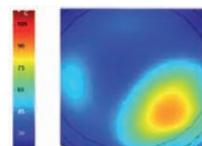
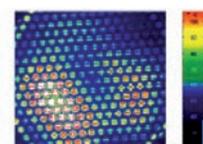
When developing microwave heating furnaces, the distribution of the electromagnetic field is crucial. However, an exclusively electromagnetic simulation will not be sufficient for designing microwave heating furnaces. Apart from dissipation of electromagnetic energy, the thermal process plays an important role in case of microwave heating. In order to determine the heating process exactly, various heat transfer mechanisms as well as the effects resulting thereof have to be considered as well. A numeric 3D-simulation could be of help. The required thermal and electromagnetic characteristics of the considered materials which depend on temperature can often be found in literature resp. in tables. Measurements of material characteristics which depend on temperature are very complex and contradictory. They are a huge scientific and technical problem which currently only can be solved by huge time efforts and investments (Fig. 3-4).

Numerische 3-D Simulation der Temperaturverteilung
Numeric 3-D simulation of temperature distribution

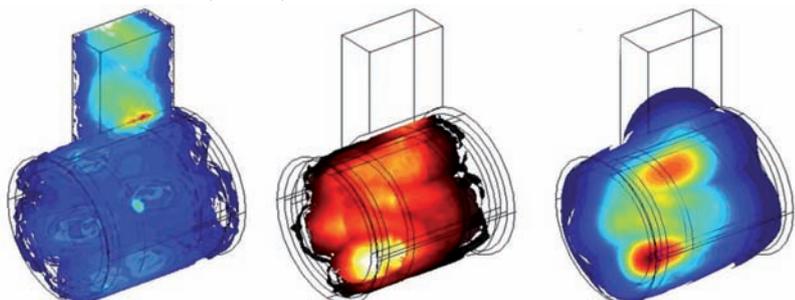
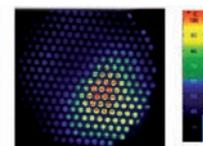


Rückseite nach T = 150 s / rear side after T = 150 s

Infrarot-Thermokamera-Temperaturmessung
Infrared thermocamera temperature measurement



Vorderansicht nach T = 150 s / front view after T = 150 s



Elektrische Felddichte
Electrical field distribution
Wärmequellendichte
Heating source density distribution
Temperaturverteilung
Temperature distribution

Abb. 3: Ergebnisse der FEM-Simulation (Beispiele) / Fig. 3: Results of FEM-simulation (examples)

Parameter	Modell	Experiment
Pein, W	572	572
Pabs, W	532	545
Pref, W	40	27
Pabs Wand, W	0,02	-
η , %	93	95,3
Ro	0,26	0,22
VSWR	1,72	1,56
To, °C	20	20
Tmax, °C	165,6	~170

Hohe qualitative und quantitative Übereinstimmungen der numerisch berechneten und experimentell gemessenen Temperaturfeldverteilungen.
High qualitatively and quantitatively accords with numerically calculated and experimentally measured temperature field distributions.

Abb. 4: Ergebnisse der experimentellen Simulationsvalidierung
Fig. 4: Results of experimental simulation validation

Mikrowellen-Kammertrockner / *Microwave chamber dryer*

Mikrowellen-Kammer-Erwärmungsanlage mit Rollenbahn
Microwave chamber heater with roller conveyor
10 m³ / 24 kW

Mikrowellen-Kammertrockner
Microwave chamber dryer
21 m³ / 30 kW



Mikrowellen-Kammertrockner mit Rollenbahn
Microwave chamber dryer with roller conveyor
14 m³ / 25 kW



MKT Mikrowellen-Kammertrockner *MKT Microwave chamber dryer*

Technische Daten / *Technical Data*

Mikrowellenleistung	
<i>Microwave power</i>	4 - 150 kW
Volumen/ <i>Volume</i>	0,1 - 100 m ³
Max. Temperatur	
<i>Max. temperature</i>	200 °C

Optionen / *Options*

- Kontinuierliche Leistungsregelung
- *Continuous power adjustment*
- Rauchmelder und Löschsysteem
- *Smoke detection and extinguisher*
- Zusätzliche Luftvorwärmung
- *Additional air pre-heating*
- Zentrale Kühlluftzufuhr
- *Central cooling air supply*
- Kontinuierliche Leckstrahlüberwachung
- *Continuous leakage detection*
- Mit 2 Türen für Durchlaufbetrieb
- *With 2 doors for continuous operation*
- Spezielle produktoptimierte Luftführung
- *Custom, product-optimized air ventilation*
- Überwachung der Luftfeuchte
- *Monitoring of air humidity*
- Weitere Optionen auf Anfrage
- *Further options upon request*

Besondere Merkmale der MKT

- Luftgekühlte, robuste Magnetrons mit je 900 W Mikrowellenleistung
- Mikrowelleneinspeisungen an den Seiten der Kammer
- Spezielle Einspeisetechnik für gleichmäßige Feldverteilung
- Dadurch sehr gleichmäßige Produkterwärmung
- Hohe Lebensdauer der Magnetrons

- Kontinuierliche Funktionsüberwachung der Magnetrons und HV-Transformatoren
- Platzsparendes Rolltor mit pneumatischer Abdichtung

Vorteile der MKT (abhängig vom Anwendungsfall)

- Deutlich schnellere Erwärmung möglich
- Drastische Reduzierung der Trocknungszeit
- Gleichmäßigere Erwärmung/Trocknung
- Verringerung des Ausschusses
- Hohe Energieeffizienz
- Sofort Betriebsbereit, kein Vorwärmen notwendig
- Platzsparendes Torsystem

Anwendungen

Universelle Mikrowellen Kammer Trocknungs- und Erwärmungsanlage für Technikum und Produktion. Breites Anwendungsspektrum in der Keramik, Schleifmittelindustrie, Gießerei, Baustoffindustrie, Kunststoffindustrie und vielen weiteren Branchen. Erwärmung von Kautschuk: Das Verfahren ermöglicht die Vorwärmung einzelner Paletten nach Bedarf in 0,5 bis 1,5 h (in Vergleich zu konventioneller Erwärmung 4-6 Tage). Somit kann durch den Einsatz von 1-2 Mikrowellenanlagen eine große Wärmekammer eingespart werden. Trocknung von Porzellanisolatoren, Gießformen aus Gips, Porzellanfiguren und -vasen, Gießkernen und Formen, Schleifscheiben, Aushärtung von Kunststoffen, Vortrocknung von Sanitärkeramik u.v.a.

Special features of MKT

- *Air-cooled, robust magnetrons with 900 W microwave power each*
- *Microwave entry from both sides of the chamber*
- *Direct microwave entry for homogeneous field*

distribution

- *Therefore very homogeneous product heating*
- *Long magnetron lifetime*
- *Continuous control of the magnetrons and HV-transformers*
- *Space saving door with pneumatic sealing*

Advantages of MKT (depending on application)

- *Much faster heating possible*
- *Drastic reduction of drying time*
- *Homogenous heating/ drying*
- *Reduction of reject rate*
- *High energy efficiency*
- *Immediately ready for operation, no pre-heating necessary*
- *Space saving door system*

Applications

Universal microwave belt drying and heating unit for laboratory and production.

Wide range of applications in ceramic, abrasives, foundry, building materials, plastics industry and many other industries.

Heating of rubber: By this process, pre-heating of single pallets is possible according to requirement in 0,5 up to 1,5 hours (compared to conventional heating 4-6 days). Thus, a big heating chamber can be saved by using 1-2 microwave furnaces. Drying of porcelain insulators, gypsum casting moulds, porcelain figures and vases, casting cores and moulds, grinding wheels, curing of plastics, pre-drying of sanitary ceramics and much more.

Mikrowellen-Banddurchlauf-Trockner / *Microwave continuous belt dryer*



Mikrowellen-Banddurchlauf-Trockner
Microwave continuous belt dryer
20 m / 55 kW

Mikrowellen-Banddurchlauf-Trockner
Microwave continuous belt dryer
16 m / 48 kW + 25 kW Heißluft / Hot air



Mobiler Test-Mikrowellen-Banddurchlauf-Trockner
Mobile test microwave continuous belt dryer
4,5 m / 9 kW



Visualisierungssystem / Visualization system
Optional für SPS-Simatic S7.
Fernüberwachung über Internet.
Optional for PLC-Simatic S7.
Remote access via internet.

MDBT Mikrowellen-Banddurchlauf-Trockner *MDBT Microwave continuous belt dryer*

Technische Daten/ Technical Data

Mikrowellenleistung:
Microwave power: 3 - 150 kW
Länge / *Length:* 5 - 30 m
Bandbreite/ *Belt width:* 100 - 1000 mm
Tmax ca. / *app.:* 230 °C

Optionen/ Options

- Kontinuierliche Leistungsregelung
Continuous power adjustment
- Rauchmelder und Löschsystem
Smoke detection and extinguisher
- Zusätzliche Luftvorwärmung
Additional air pre-heating
- Zentrale Kühlluftzufuhr
Central cooling air supply
- Kontinuierliche Leckstrahlüberwachung
Continuous leakage detection
- Spezielle produktoptimierte Luftführung
Custom, product-optimized air ventilation
- Weitere Optionen auf Anfrage
Further options upon request

Besondere Merkmale der MDBT

- Homogene Mikrowellen Feldverteilung durch Mikrowelleneinspeisungen an vier Seiten
- Weitere Vergleichmäßigung des Feldes durch zylindrische Mikrowellenkammer
- Hohe Lebensdauer der Magnetrons
- Luftgekühlte, robuste Magnetrons mit je 900 W Mikrowellenleistung
- Funktionsüberwachung der Magnetrons und HV-Transformatoren
- Absorptionstunnel am Ein- und Auslaß zur Unterschreitung der gesetzlichen Grenzwerte der Leckstrahlung

- Modularer Aufbau, dadurch flexibel und anpassbar

Vorteile der MDBT (abhängig vom Anwendungsfall)

- Deutlich schnellere Erwärmung möglich
- Drastische Reduzierung der Trocknungszeit
- Gleichmäßigere Erwärmung/Trocknung
- Verringerung des Ausschusses
- Hohe Energieeffizienz
- Sofort Betriebsbereit, kein Vorwärmen notwendig

Anwendungen

Universelle Trocknungs- und Erwärmungsanlagen für Technikum und Produktion. Die Anlagen sind anwendbar für Stückgüter, Granulate und Pulver. Breites Anwendungsspektrum in der Keramik, Gießerei, Lebensmittelindustrie, Baustoffindustrie, Chemie, Pharmazie und vielen weiteren Branchen. Trocknung von Wabenkeramik: ist heute Stand der Technik beim Trocknen von Katalysatorträgern oder Dieselrußpartikelfiltern, technischer Keramik z. B. Isolatoren. Trocknung von Geschirrkemik, Gießkernen, Isolationsmaterialien. Herstellung von Schnellkochreis mittels Mikrowellen: Energieeinsparung bei der Produktion bis zu 80 %. Kein Wasserverbrauch wie unter konventioneller Produktion (Innovationspreis der deutschen Wirtschaft 2004), Sterilisation von Weinkorken und Entfernung von TCA (Trichloranisol), Behandlung von Ölsaaten, Trocknung von Hopfendolden, Reduzierung von Aflatoxin in Nüssen, Vorbacken von Brot. Aushärten von Kunststoffen und Kleber u.v.a.

Special features of MDBT

- Very homogeneous microwave field distribution by microwave entry from four sides
- Cylindrical microwave chamber further equalizes

the microwave field

- Long magnetron lifetime
- Air-cooled, robust magnetrons with 900 W microwave power each
- Continuous control of the magnetrons and HV-transformers
- Absorption tunnels at entry and exit to keep leak radiation below legal levels
- Modular design, allowing maximum flexibility

Advantages of MDBT (depending on application)

- Much faster heating possible
- Drastic reduction of drying time
- Homogenous heating/ drying
- Reduction of reject rate
- High energy efficiency
- Immediately ready for operation, no pre-heating

Application

Universal drying and heating units for laboratory and production. The furnaces are suitable for general cargos, granules and powder. Wide range of applications in ceramic, foundry, food, building materials, chemical, pharmaceutical industry and many other industries. Drying of ceramic honeycombs: is today state of the art in case of drying of catalyst supports or diesel particulate filter, technical ceramic, e.g. insulators. Drying of tableware, foundry cores, insulation materials. Production of fast-cooking rice by microwaves: energy saving up to 80 % during production. No water consumption as in conventional production (innovation award of German economy 2004), sterilization of wine bottle stopper and removal of TCA (Trichloranisol), treatment of oil seeds, drying of hops, reduction of aflatoxin in nuts, pre-baking of bread. Curing of plastics and glues and much more.

Hochtemperatur Mikrowellenanlagen / High temperature microwave units



MKS 80-S Mikrowellen-Hybrid-Kammerofen - gasdicht
MKS 80-S Microwave hybrid chamber furnace - gastight



Mikrowellen-Drehrohrfurnas
Microwave rotary tube furnace

Mikrowellen-Hybrid-Banddurchlauf-Ofen
Microwave hybrid continuous belt furnace



Kammer-Mikrowellen-Sinterofen unter Schutzgasatmosphäre und Vakuum
Chamber microwave sintering furnace with protective gas atmosphere and vacuum



Mikrowellen Multilab für F+E
Microwave Multilab for R+D

MKS-S Hybrid-Kammeröfen *MKS-S Hybrid chamber furnaces*

Widerstandsbeheizte gasdichte / VAC Muffelöfen mit Mikrowellenunterstützung. Kammervolumen zwischen 70 l und 460 l möglich. Mikrowellenleistungen, je nach Anlagengröße, zwischen 1,5 kW und 10 kW wählbar. Mikrowellenausbreitung nur innerhalb der metallischen Muffel, daher kein negativer Einfluß des Isolationsmaterials. Zur Entwicklung und für die Produktion industrieller Hochtemperaturprozesse. Anwendungen zum Entbindern (CIM, MIM), Erwärmen, Aushärten u.a. Für viele Hochtemperaturprozesse ist eine reine Mikrowellenerwärmung industriell nicht anwendbar, da das Material nicht gut genug ankoppelt. Tmax 1050 °C.

Optionen: Begasung, Vakuum.

Resistance heated gastight / Vac muffle furnaces with microwave heating. Chamber volumes between 70 l and 460 l possible. Microwave power, depending on chamber size, between 1,5 kW and 10 kW. Microwave field only inside metallic muffle, therefore no negative influence of the insulation material. For development and for production of industrial high-temperature processes. Applications, amongst others, debinding (CIM, MIM), heating, curing. Many high-temperature processes are not possible with pure microwave heating, as the material is not coupling well enough.

Tmax 1050 °C.

Options: gas feeding, vacuum.

Mikrowellen-Multilab *Microwave Multilab*

Universelle Mikrowellen Laboranlage mit kontinuierlicher Leistungseinstellung. 2,7 kW.

Universal microwave laboratory furnace with continuous power adjustment. 2,7 kW.

Mikrowellen-Sinterofen *Microwave sintering furnace*

Mikrowellen-Hochtemperatur-Kammerofen MKH, für Sinterversuche unter Schutzgas / Vakuum. 2,7, 5,4 kW und 7,2 kW.

High temperature microwave chamber furnace MKH, for sintering in protective gas / vacuum atmospheres. 2,7, 5,4 and 7,2 kW.



MHT-G 1600 Mikrowellen-Hybrid-Hochtemperaturofen
MHT-G 1600 Microwave hybrid high temperature furnace

Mikrowellen-Drehrohrfurnas *Microwave rotary tube furnace*

Mikrowellen-Drehrohrfurnas zur Wärmebehandlung von Granulaten, Pulvern, Fasern, etc. 2,7 + 5,4 kW.

Microwave rotary tube furnace for heat treatment of granules, powders and fibers. 2,7 and 5,4 kW.

MHT Hybrid Hochtemperaturofen *MHT Hybrid high temperature furnaces*

Mit keramischer Faserisolierung und Mikrowellenunterstützung. Kammervolumen zwischen 4 l und 52 l. Je nach Modell für 1400 °C, 1600 °C oder 1800 °C. Mikrowellenleistungen zwischen 1,5 kW und 5 kW wählbar. Zur Entwicklung industrieller Mikrowellen Sinterprozesse, auch für Pilotproduktionen geeignet. Anwendung zum Sintern von Keramiken oder Pulvermetallen. Viele dieser Materialien lassen sich mit reiner Mikrowellenerwärmung nur schwer erwärmen. Es ist ein Vorwärmen der Produkte notwendig um höhere Temperaturen zu erzielen. Optionen: Schutzgas-/ Vakuumdicht, Begasung. *With ceramic fiber insulation and microwave heating. Chamber volumes between 4 l and 52 l. Depending on model for 1400 °C, 1600 °C or 1800 °C. Microwave power between 1,5 kW and 5 kW. For development of industrial sintering processes, also for pilot production. Applications for sintering of ceramics and powder metals. Many of these materials are difficult to heat by pure microwave heating. Pre-heating is necessary to reach higher temperatures. Options: Gas-/ vacuumtight, gas feeding.*

Mikrowellen-Hybrid-Banddurchlauf-Ofen *Microwave hybrid continuous belt furnace*

Recycling von Prepreg-Teilen, Produktionsabfällen und End of Life Teilen aus kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffgegenständen und/oder von Aktivkohlepartikeln aus Textilien, Geweben, etc mit Mikrowellenstrahlung-, Heißgas- und Widerstandserwärmung. Mikrowellenleistung von 15 bis 100 % einstellbar. *Recycling of prepreg-parts, production waste and end of life parts made of carbon fiber reinforced plastic objects and/or activated charcoal particles of textiles, fabrics etc. with microwave radiation, hot gas and resistance heating. Microwave power adjustable from 15 to 100 %.*

Mikrowellenanlagen / Microwave units

Mikrowellen-Vakuum-Überdruck-Trockner
Microwave vacuum-overpressure dryer



Mikrowellen-Infass-Trockner
Microwave in drum dryer



Zweifrequenz-Versuchsanlage mit 2 Magnetrons für F+E
Dual frequency test unit with 2 magnetrons for R+D



Zweifrequenz-Versuchsanlage 2,45/5,8 GHz *Dual frequency test unit*

Anlagen für vergleichende Versuche mit den beiden Mikrowellenfrequenzen 2,45 GHz und 5,8 GHz. Für Materialauswahl und Verfahrens- und Prozessentwicklung.

Mikrowellenleistung 1 bzw. 2 x 900 W (2,45 GHz) / 1 bzw. 2 x 600 W (5,8 GHz).

Kammerdurchmesser 300 mm bei 2 Magnetrons bzw. 640 mm bei 4 Magnetrons.

Units for comparative tests with the two microwave frequencies 2,45 GHz and 5,8 GHz. For choice of materials and process development.

Microwave power 1 or 2 x 900 W (2,45 GHz) / 1 or 2 x 600 W (5,8 GHz).

Chamber diameter 300 mm for 2 magnetrons or 640 mm for 4 magnetrons.

Mikrowellen-Vakuum-Überdruck-Trockner *Microwave vacuum-overpressure dryer*

Mikrowellen-Vakuum-Trockner für Holz, Keramik, Chemie, Lebensmittel, Baustoffe, Aushärten faserverstärkter Kunststoffe (GFK/CFK) u.v.m. Normaldruck, Grobvakuum (10 mbar) und leichter Schutzgasüberdruck. 12 Magnetrons á 900 W/2,45 GHz (10,8 kW).

Microwave vacuum dryer for wood, ceramics, chemicals, food, building materials, for curing of fiber reinforced composite materials and more.

Operation under normal pressure, rough vacuum (10 mbar) and slight protective gas overpressure.

12 magnetrons á 900 W/2,45 GHz (totally 10,8 kW).

Mikrowellen-Erwärmungskammer *Microwave heating chamber*

Mikrowellen-Durchlauf-Erwärmungskammer MEK für Glasfaserkabel, glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK), Verstärkungsprofile für Lichtwellenleiter. 0,9 / 1,8 / 2,7 kW.

Microwave continuous heating chamber MEK for glass fiber cables, glass fiber reinforced plastics, reinforced optical fibers. 0,9 / 1,8 / 2,7kW.



Mikrowellen-Erwärmungskammer
Microwave heating chamber

Mikrowellen-Infass-Trockner *Microwave in drum dryer*

Mikrowellenanlage zum Eindampfen von flüssigen radioaktiven oder toxischen Abfällen in endlagerfähige Behälter (200 / 400 l Faß). 8,1 kW.

Microwave unit for evaporation of liquid radioactive or toxic waste in final repository container / casks (200 / 400 l drum). 8,1 kW.

Mikrowellen-Durchlauferhitzer *Microwave flow heater*

Mikrowellen-Durchlauferhitzer MFH für Polymere / Gießharze (Gellzeitreduzierung) und Flüssigkeiten. Ab 2,7 kW.

Microwave flow heater MFH for polymers / cast resins (shorter gelling time) and fluids. 2,7 kW and up.



Mikrowellen-Durchlauferhitzer
Microwave flow heater

Warum Linn

Why Linn



linn
High Therm



Heinrich-Hertz-Platz 1
92275 Eschenfelden / Germany
Tel: +49 (0) 9665 9140-0
Fax: +49 (0) 9665 1720
info@linn.de
www.linn.de



- Flexibilität bei Sonderanfertigungen nach Kundenwunsch.
- Wirtschaftlichkeit durch günstige Anschaffungskosten, niedrige Betriebskosten und lange Lebensdauer.
- Niedriger Energieverbrauch durch Verwendung modernster Isolationsmaterialien und innovativer Technologien.
- Zuverlässiger störungsfreier Betrieb basierend auf praktischer Erfahrung seit 1969.
- Durchdachte Konstruktionsmerkmale mit Mehrfachnutzen.
- Strikte Einhaltung aller bestehenden Sicherheitsbestimmungen.
- Aufstellung und Inbetriebnahme durch qualifizierte Fachleute weltweit.
- Lückenloser weltweiter Service und Ersatzteilversorgung.

- *Highest design flexibility for custom solutions.*
- *High profitability due to low acquisition costs, low operating costs and long durability.*
- *Low energy consumption due to the latest insulation materials and innovative technologies.*
- *Reliable, trouble-free operation based on practical experience since 1969.*
- *Sophisticated and consolidated design.*
- *Strict adherence to all safety regulations.*
- *Installation and start-up by qualified specialists.*
- *Complete service worldwide.*
- *Large stock of spare parts and accessories.*

