

Nur von Vorteil

Mikrowellen-Vakuumtrocknung in der fortschrittlichen Verfahrenstechnik

Neben den bekannten konventionellen Trocknungsverfahren bietet die Trocknung durch Mikrowellenenergie den entscheidenden Vorteil, dass die Wärme durch die direkte Umwandlung elektromagnetischer Energie in kinetische Energie der Moleküle, d.h. im Feuchtegut selbst, erzeugt wird. Insbesondere in der Vakuumtrocknung kommt diesem Zusammenhang bei schlecht wärmeleitenden, stückigen und pastösen Produkten eine enorme Bedeutung zu.

Peter Püschner,
Microwave Power Systems



1: 2-Etagen-Vakuumtrockner mit Schwenkdüse zum Auftrag pastöser Produkte sowie Austrag mit Brecher

Die eingebrachte Mikrowellenenergie wird je nach Vakuum direkt in Verdampfungsenergie umgesetzt. Die wichtigsten Parameter für die Mikrowellenerwärmung sind die dielektrischen Verluste des zu trocknenden Produktes. Anwendungsbereiche für die MW-Vakuumtechnik sind beispielsweise die pharmazeutische und Nahrungsmittel-Industrie, die chemische Industrie für Feinchemikalien sowie die Halbleiterfertigung. Im Vergleich zu den konventionellen Trocknungsverfahren besitzt die Mikrowellen-Strahlung eine wesentlich größere Eindringtiefe. Man spricht daher von Volumenerwärmung im Inneren des Produktes mit zahlreichen Verfahrensvorteilen. Dies ist einmal ein zur Oberfläche hin gerichteter Temperaturgradient, d.h. eine im Inneren höhere Temperatur als an der Oberfläche und ein damit verbundener höherer Partialdruck, der die zu verdampfende Flüssigkeit zur Oberfläche transportiert. Daher trocknet die Oberflächenschicht nicht aus und bleibt durchlässig. Beim Verdampfen im Inneren wird die Flüssigkeit durch die Porenstruktur des makroporenen Festkörpers nach außen geführt. Dies hat eine höhere Trocknungsgeschwindigkeit zur Folge. Es erfolgt ein selektives Erhitzen von Wasser und der meisten anderen Lösemittel. Grund dafür sind die höheren dielektrischen Verluste von Wasser verglichen mit denen des zu trocknenden Produktes. Darüber hinaus ist eine schnelle Endtrocknung von feuchten Produkten mit niedriger Wärmeleitfähigkeit und eine gezielte Trocknung von Teilbereichen des Produktes bei hohen Regelgeschwindigkeiten der Energieübertragung möglich.

Zusammen mit der geeigneten Vakuumtechnik ergeben sich folgende Vorteile für das Produkt:

- niedrige Trocknungstemperaturen schonen das Produkt;
 - kein Sauerstoffangriff auf das Produkt;
 - hochwertigere Instanzeigenschaften;
 - bessere Aromasicherung;
 - weniger hydrokropische Endprodukte;
 - minimale Produktverluste;
 - ruhende Trocknung dicker Schichten ohne Abriebverluste möglich, dadurch keine mechanische Beanspruchung des Produktes.
- Aus Sicht der verwendeten Prozesstechnik sind die Vorteile folgende:
- lokal regelbare Energiezonen mit hoher Regelgeschwindigkeit;
 - klar definierte und kurze Verweilzeiten;
 - Kühlen vor dem Austrag bei flüssig-pastösen Produkten;
 - geschlossenes System;
 - einfaches Einstellen unterschiedlicher Betriebsparameter für unterschiedliche Produkte;
 - kontinuierliche Arbeitsweise möglich;

- kurze Prozesszeiten, hoher Gesamtwirkungsgrad und der automatisierte Fertigungsablauf garantieren den wirtschaftlichen Betrieb;
- servicefreundlich durch modularen Aufbau sowie vollautomatische Reinigung.

Randbedingungen für die Vakuumtrocknung

Bezogen auf die Integration von Mikrowellensystemen in Vakuumanlagen müssen eine Reihe hochfrequenz-spezifischer Punkte beachtet werden. Diese ergeben sich aus der Wechselwirkung der Randbedingungen dielektrische Produkteigenschaften, verwendete Fördersysteme, Produktdurchsatz, Trocknungsparameter sowie die verwendete Vakuumtechnik, insbesondere Tiefe des Vakuums.

Der Gleichmäßigkeit der Mikrowellen-Energieverteilung über die Förderbreite kommt eine zentrale Bedeutung zu. Gerade im Bereich der Endtrocknung oder bei Produkten mit schlechten Absorptionseigenschaften sind spezielle Mikrowellen-Strahleranordnungen notwendig, um eine gute Gleich-

mäßigkeit in der Temperatur- und Trocknungsverteilung zu gewährleisten. Auch gilt es mit hochwertiger Mikrowellen-Gleichstromversorgung Spitzen in der Feldstärke zu vermeiden, da durch das Vakuum die Durchbruchfeldstärke herabgesetzt wird. Bei Überschreitungen der Durchbruchfeldstärke kann es zu Lichtbögen und Plasmaentladungen kommen.

Sowohl die Verfahrensparameter als auch das Mikrowellen-Strahlerkonzept müssen somit vorab mit Versuchsanlagen erprobt werden. Eine Mikrowellen-Vakuumversuchsanlage kann mit verschiedenen Mikrowellen-Strahlern bestückt werden. Über IR- und faseroptische Temperaturmessung können sowohl Temperaturen im Inneren des Produktes als auch an der Oberfläche gemessen werden. Ferner werden Gewicht, Druck sowie vom Produkt absorbierte Mikrowellenenergie gemessen. Um Versuche mit lösemittelhaltigen Produkten sicher durchzuführen, kann die Kammer mit Stickstoff inertisiert werden. Die Inertisierungsphase wird mit einer Online-O₂-Messung überwacht. Auf Basis dieser Versuchsergebnisse kann dann das Scale-up eines Mikrowellen-

Vakuumtrockners für einen größeren Durchsatz projektiert werden.

Bei der traditionellen Vakuumband-trocknung mit Kontakt-trocknung wird das Produkt durch mehrere Heiz-zonen erwärmt. Heizplatten dienen als Wärmeträger, die Beheizung erfolgt mit Druckwasser, Dampf oder Thermoöl.

Der Mikrowelleneinsatz ist die bessere Alternative zur erwähnten Kontakt-trocknung gerade bei Produkten mit schlechten Wärmeleiteigenschaften. Es können pumpbare Konzentrate sowie pastöse, noch pumpbare Gemische fester Stoffe sowie Granulate und stückige Produkte mit Lösemittelanteilen getrocknet werden.

Der Mikrowellen-Vakuumband-trockner besteht aus einem Transportband, das in einem geschlossenen Gehäuse untergebracht ist und mit konstanter Geschwindigkeit an den Mikrowellenstrahlern vorbei geführt wird. Das zu trocknende Produkt ruht vom Eintritt bis zum Austritt auf dem Transportband. Diese Trocknungsart eignet sich besonders für solche Produkte, die während des eigentlichen Trocknungsprozesses eine klebrige bzw. hochviskose Phase durchlaufen sowie



für Produkte, die eine mechanische Beanspruchung in der Regel schlecht vertragen. Die flüssig-pastösen Produkte mit einem Trockensubstanz-Gehalt von etwa 50 bis 80 % werden mit Hilfe einer Dosierpumpe in den Vakuumbandrockner gepumpt. Eine Schwenkdüse, angetrieben von einem Schwenkzylinder, sorgt für einen gleichmäßigen Produktauftrag auf das geschwindigkeitsgeregelte Förderband. Eingesetzt werden vorzugsweise PTFE-beschichtete Glasgewebe. Mit der kontinuierlichen Bandregulierung wird das Band in einer optimalen Mittellage geführt, um einen maximalen Produktauftrag zu gewährleisten. Es ist dabei erwünscht und für den Trocknungsverlauf vorteilhaft, dass das Produkt beim Austritt aus der Düse im Vakuum aufschäumt, bzw. nach dem Verteilen auf das Transportband eine entsprechend hohe, schäumende Schicht bildet. Unter diesen günstigen Bedingungen kann die Masse zu einem leicht löslichen, porösen Kuchen austrocknen. Eine Kühlung vor dem Austrag sorgt für die Versprödung vom

getrockneten Produkt. Ein Grobbrecher bricht den getrockneten Kuchen mit rund 98 % Trockensubstanz vom Band ab, und der nachgeschaltete Inlinegranulator zerkleinert das Trockenprodukt, bevor es aus dem unter Vakuum stehenden Bereich des Trockners ausgeschleust wird.

Granulate bzw. stückige Produkte werden mit einer Doppelklappen-Einschleusung in den Mikrowellen-Vakuumbandrockner eingetragen. Mit Hilfe eines eingebauten Verteilsystems werden die Granulate gleichmäßig auf das Band aufgetragen. Der Eintrag erfolgt periodisch und ohne Betriebsunterbrechung. Das Vakuum wird mit einer separaten Vakuumanlage, die auch den Austrag steuert, generiert. Beim Granulatbetrieb entfallen die Kühlung, der Grobbrecher und der Inlinegranulator.

Sorgfältig angeordnete Mikrowellenstrahler mit stufenloser Leistungseinstellung sorgen für einen optimalen Energieeintrag in das Produkt. Die Produkttemperatur wird mit Hilfe IR-Temperaturmessung durch oben angeord-

2: Mikrowellen-Vakuumbandrockner Microwave Vac 1290. Die Mikrowellen-Bandrocknung bietet sich vor allem bei anspruchsvollen Trocknungsaufgaben thermosensibler Produkte an

nete Schaugläser überwacht. Sollte die Produkttemperatur über einen kritischen Wert ansteigen, wird automatisch die Mikrowellenleistung reduziert.

Zur Anwendung kommen Magnetrons im Bereich 1,2 bis 15 kW bei 2450 MHz. Die Leistungsauslegung erfolgt unter Berücksichtigung der zu verdampfenden Wassermenge. Die Brüden werden durch einen Dampfstrahler abgesaugt und verdichtet, anschließend in einem wassergekühlten Kondensator verflüssigt und mit einer nachgeschalteten Wasser-ring-Vakuumpumpe ausgetragen.

In der Regel wird mit einem Betriebsvakuum von 10 bis 50 mbar getrocknet. Der Ausschleusbehälter dient gleichzeitig als Pufferbehälter. Die Austragung erfolgt periodisch und ohne Betriebsunterbrechung. Das Vakuum für die Ausschleusung wird mit einer separaten Vakuumanlage generiert.

Die komplette Mikrowellen-Vakuumbandrocknungs-Anlage wird über einen Prozessrechner gesteuert. Messdatenerfassung, Prozessvisualisierung und Prozessschaubilder können über einen PC eingebunden werden. Normierte Schnittstellenprotokolle über RS232 und Ethernet stehen zur Verfügung. Als http-Server ist die Mikrowellenanlage über TCP/IP-Netzwerke ansprechbar und ermöglicht ein Web Enabled Engineering sowie Fernwartung über Intra- und Internet. Die Reinigung geschieht entweder mit einer integrierten Reinigungsanlage oder durch den schnellen Ausbau der kompletten Fördertechnik.

Der Mikrowellen-Vakuumbandrockner bietet optimale Einflussmöglichkeiten auf das Trocknungsverhalten. Folgende Parameter können mit der Vakuumversuchsanlage optimiert werden, um bestmögliche Trocknungsergebnisse zu erzielen:

- Beschickungsmenge und Konsistenz für flüssige pastöse Produkte;
- Düsendurchmesser, Düsenabstand zum Band, Beschickungsbreite;
- Aufschäumen des Produktes beim Auftragen auf das Band;
- geschlossener Produktteppich;
- Eintragszyklus und Produktmenge beim Granulateintrag;
- Bandgeschwindigkeit;
- Vakuum;
- Mikrowellenleistung;
- Austragszyklus.

Mikrowellen-Vakuumtrocknung

Die Trocknung durch Mikrowellenenergie bietet den entscheidenden Vorteil, dass die Wärme durch die direkte Umwandlung elektromagnetischer Energie in kinetische Energie der Moleküle, d.h. im Inneren des Feuchteguts selbst erzeugt wird. Insbesondere bei schlecht wärmeleitenden, stückigen und pastösen Produkten kommt diesem Aspekt eine enorme Bedeutung zu. Die Mikrowellen-Vakuumtechnik bietet sich somit bei anspruchsvollen Trocknungsaufgaben thermosensibler Produkte an, um höhere Produktqualitäten und kürzere Trocknungszeiten zu erzielen. Mit entsprechender Prozessüberwachung lassen sich auch Anwendungen unter ExSchutz sicher betreiben.