

Numerical and Experimental Investigation of the Disintegration of Polymer Melts in an Ultrasonic Standing Wave Atomizer

von Nils Lessmann

In der industriellen Produktion und Anwendung gewinnen Polymerpartikel mit Durchmessern von ca. 30 µm eine zunehmende Bedeutung. Solche Partikel werden in großen Mengen in der Pulverlackiertechnik benötigt, welche durch eine praktisch völlige Vermeidung von Lösemitteln und Abwasseremissionen ein nachhaltig umweltschonendes Lackierverfahren darstellt. Die Herstellung dieser Pulver erfolgt bisher hauptsächlich durch energieaufwendiges Vermalen von Polymeren. Die so hergestellten Partikel weisen eckige, scharfkantige Formen auf, woraus sich insbesondere im Bereich der Pulverlackiertechnik einige ökonomische und qualitative Nachteile ergeben. Die Ultraschall-Stehwellenzerstäubung (USZ) stellt eine Alternative zu konventionellen Herstellungs- und Applikationstechniken dar. Mittels zweier gegenüberliegend angeordneten piezokeramischen Schallwandlern wird ein Ultraschallstehwellenfeld erzeugt. Der Abstand zwischen den beiden Wandlern wird derart gewählt, daß ein quasistationäres „Stehwellenfeld“ mit drei oder fünf Druckknoten resultiert. Mit Hilfe einer Düse wird kontinuierlich Polymerschmelze in das System eingebbracht, welche auf Grund der auf die Flüssigkeitsoberfläche wirkenden Schallkräfte in diskrete Tropfen mit einer Größenverteilung von etwa 5100 µm zerstäubt. Die dabei erzeugten sphärischen Partikel weisen deutlich bessere Eigenschaften gegenüber unregelmäßig geformten auf. Um jedoch die Akzeptanz der USZ in der Industrie zu erhöhen, ist eine Optimierung des Verfahrens hinsichtlich z.B. Durchsatz, Partikelgrößenverteilung und Energiebedarf notwendig.

Zur optimalen Nutzung dieses Verfahrens ist ein fundamentales Verständnis des Zerstäubungsmechanismus und eine quantitative Beschreibung der relevanten Einflussparameter erforderlich. Dazu wird ein numerischer Ansatz basierend auf Strömungssimulationen gewählt und in Kombination mit validierenden Messungen am System. In einem ersten Schritt erfolgt die Simulation von oszillierenden Drücken und Geschwindigkeiten des Ultraschallfelds für kompressible Strömungen mit Hilfe der kommerziellen *Computational Fluid Dynamics* – Software *CFX* bzw. *Fluent*. In Form einer unidirektionalen Kopplung werden diese Schallkräfte an den Volume of Fluid-Code *FS3D* übergeben, welcher den Desintegrationsprozess durch Krafteinwirkung des Ultraschallfelds auf die Fluidoberfläche darstellt. Diese Kräfte werden als Impulsfluss über die Phasengrenze modelliert, um damit die realen Sprungbedingungen nachzustellen. Die Validierung dieses Modells erfolgte anhand von Tropfenzerstäubungen im Levitator durch Vergleich von experimentellen und numerisch berechneten Daten.

Die Simulationen erlauben eine qualitative Beschreibung von Tropfendeformation und -zerstäubung im Ultraschall-Leviator. Werden Rückwirkungen der dispersen Phase auf das Schallfeld berücksichtigt, sind weiterhin quantitative Aussagen über den Tropfenradius in Abhängigkeit der Schwingeramplitude möglich. Da die USZ ein sehr viel komplexeres System darstellt, können derartige Rückwirkungen bisher nicht berücksichtigt werden, so daß bisher lediglich qualitative Beschreibungen der Vorgänge möglich sind. Dennoch sind hiermit bereits Tendenzen aufzeigbar, mit denen das System auf Variationen von Betriebs- und Stoffparametern reagiert. Dies ist wichtig für die industrielle Anwendungen, so dass nunmehr basierend auf diesen Ergebnissen eine Optimierung der USZ möglich ist.