

Konzept zur Steuerung von Röntgenexperimenten

Virginia VOLAND*, Jocelin Incas TIEMEGNI*, Thorsten WÖRLEIN*,
Dr. Florian KARGL**, Dr. Norman UHLMANN*

* Fraunhofer Entwicklungszentrum Röntgentechnik, Dr.-Mack Str. 81, 90762 Fürth,
virginia.voland@iis.fraunhofer.de, Tel: 0911 - 58061 - 7563

** Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Linder Höhe, 51147 Köln,
florian.kargl@dlr.de, 02203 – 6012064

Kurzfassung. Die Erfahrung zeigt einen Bedarf an Möglichkeiten zur automatisierten Steuerung und Analyse von Röntgenexperimenten im Labor von Forschungseinrichtungen. Um eine optimale Beobachtbarkeit der erwarteten Effekte zu gewährleisten, ist eine Methode notwendig, um im Allgemeinen achsfreie Radioskopiesysteme schnell und zeitlich definiert anzusteuern.

Das Fraunhofer EZRT hat eine Software entwickelt, die diesen Anforderungen gerecht wird. Eine Aufnahme von Bildsequenzen, die bei Bedarf von externen Signalen angestoßen wird (z.B. temperaturabhängig), ermöglicht die Beobachtung und Analyse dynamischer Vorgänge. Es stehen Filterungen und weitere Bildoperationen zur Verfügung, um eine optimale Visualisierung zu gewährleisten. Durch eine Livemittelung können vorab optimierte Messparameter gefunden werden.

Die folgenden Anwendungen haben sich bisher herauskristallisiert:

- Zeitliche Beobachtung von Diffusionsprozessen
- Analyse großer Objekte durch passgenaues Zusammensetzen von beliebig vielen Projektionen
- Analyse von Zug-/Belastungsversuchen entweder zeitlich fein abgetastet oder belastungsunabhängig im Fall zyklischer Schwingungen

Als Anwendungsbeispiel sollen die Erstarrungsprozesse flüssiger Aluminiumlegierungen detailliert vorgestellt werden. Traditionell werden Diffusionsvorgänge in flüssigen Legierungen mit Kapillartechniken gemessen. Die Proben werden dabei bis zur Glut erhitzt, abgekühlt und nach der vollständigen Erstarrung analysiert. Diverse Effekte während der Erwärmung und Abkühlung der Proben können sich negativ auf die Analyseergebnisse auswirken. Die Röntgenbildgebung ist ein zusätzliches Verfahren, mit dem die Effekte beobachtet werden und ihnen entgegen gewirkt werden kann. In der Röntgenaufnahme wird ein Grauwertprofil über die Kapillarlänge schritthaltend analysiert und daraus der Grad der Vermischung zweier Materialien über die Zeit abgeleitet. Für die Bildaufnahme sind äquidistante Zeitabstände unerlässlich.

Potentiale des Softwarekonzepts, sowie weitere Ergebnisse von Experimenten, die aktuell am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt durchgeführt werden, werden präsentiert.

Steuerung dynamischer Röntgenexperimente

V. Voland, J.-I. Tiemegni, T. Wörlein, Dr. N. Uhlmann, Fraunhofer Entwicklungszentrum Röntgentechnik, Fürth
Dr. F. Kargl, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Materialphysik im Weltraum, Köln

Mess- und Analyseprinzip

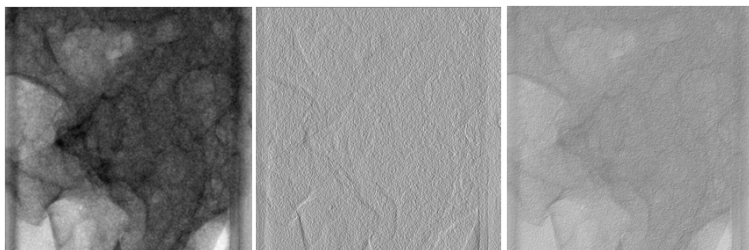


Abb. 1: Filterungen verbessern die visuelle Detailerkennbarkeit: Median (links), Sobel (Mitte), Pseudo 3D (rechts)

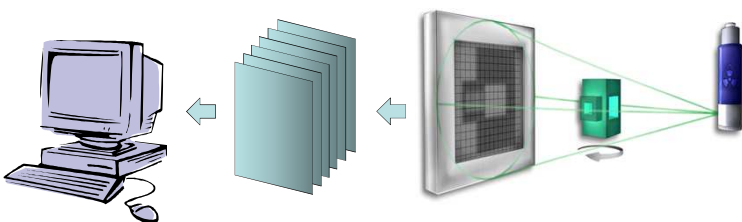


Abb. 2: Eine zeitlich exakte Aufnahme von Bildsequenzen erlaubt die Beobachtung dynamischer Vorgänge in Röntgenexperimenten

Potentielle Anwendungen



Abb. 3: Zugprobe vor (links) und nach (rechts) dem Zerreißen

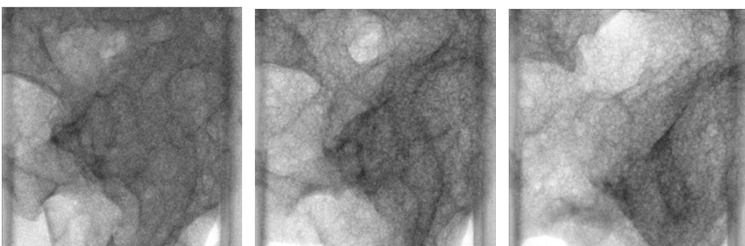


Abb. 4: Sequenz verlaufender Schäume. Hier: Schlagsahne

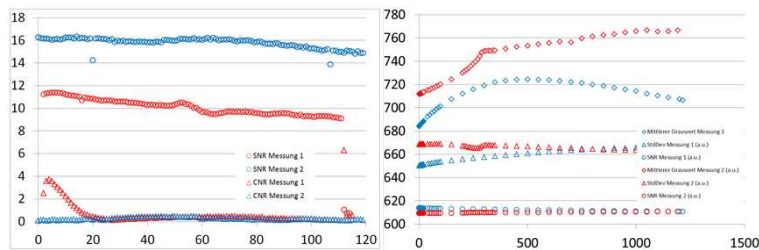


Abb. 5: Auswertungen der Bildsequenzen. Links: SNR und CNR der Zugproben (vgl. Abb. 3); Rechts: Grauwertstatistik und SNR der Schäume (vgl. Abb. 4). Schwankungen im Dehnverhalten und Risse sind im Diagramm deutlich zu erkennen.

Anwendungsbeispiel: Diffusionsexperimente

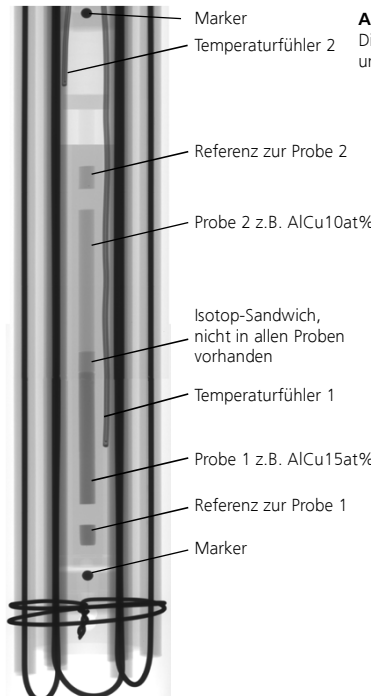


Abb. 6: Durchstrahlungsbild einer Kapillare für Diffusionsexperimente binärer Legierungen unterschiedlicher Zusammensetzung.

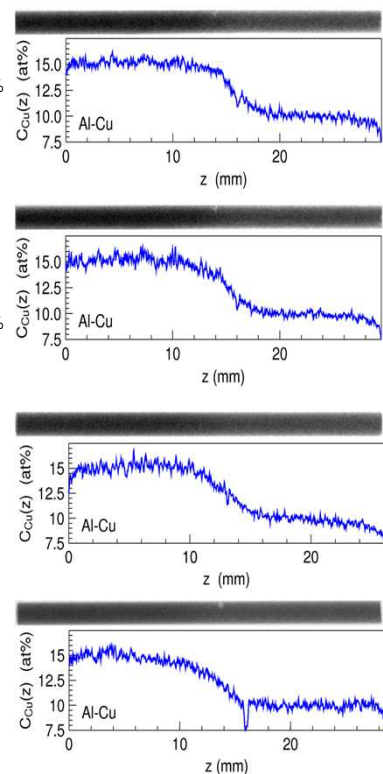


Abb. 7: Cu-Konzentration von AlCu10at% gegen AlCu15at% über die Probenlänge; ohne Sandwichkonfiguration. Die Cu-Konzentrationen wurden mittels des Lambert-Beer'schen Gesetzes $I = I_0 e^{-\mu d}$ bestimmt. Die Proben sind für die gleichen Prozessbedingungen dargestellt. Ein Teil der Messungen ist artefaktbehaftet. Dies kann durch die radiographischen Aufnahmen sichtbar gemacht werden.

Analyse

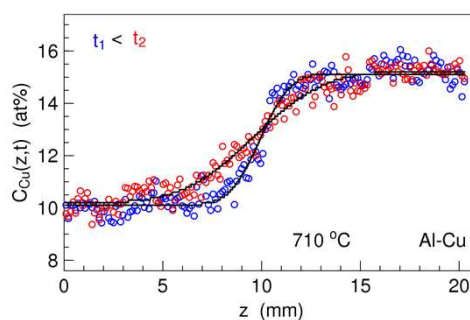


Abb. 8: Cu-Konzentrationsprofile für zwei verschiedene Messzeitpunkte für AlCu10at% vs. AlCu15at%. Anpassung der Daten an:

$$C(z,t) = \frac{C_1 + C_2}{2} + \frac{C_1 - C_2}{2} \operatorname{erf} \left\{ \frac{z - z_0}{\sqrt{4Dt}} \right\}$$

Lösung der 2. Fick'schen Diffusionsgleichung unter der Annahme, dass die Endkonzentrationen unverändert bleiben. Dies ist für kurze Diffusionszeiten gegeben.

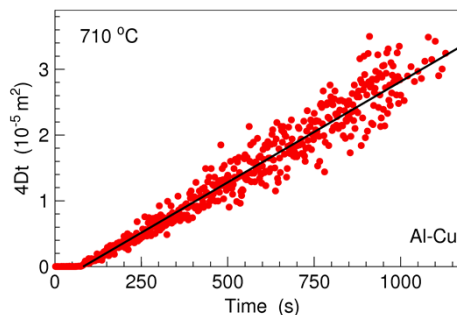


Abb. 9: Quadratische Diffusionslänge angepasst mittels einer Geraden. Die Steigung der Geraden dividiert durch 4 entspricht dem Interdiffusionskoeffizienten D . Der hier erhaltene Diffusionskoeffizient für AlCu10at% vs. AlCu15at% ist auf Grund von Konvektion höher als der tatsächliche Wert. Essentiell ist bei dieser Messung eine exakte zeitliche Abstimmung im Sekundentakt oder besser. Dies stellt hohe Anforderungen an den Röntgendetektor.

Kontakt

Virginia Voland
Fraunhofer Entwicklungszentrum Röntgentechnik
Dr.-Mack-Str. 81
90762 Fürth
Tel: +49 911 / 5 80 61 - 7563
Email: virginia.voland@iis.fraunhofer.de

Dr. Florian Kargl
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Materialphysik im Weltraum
Linder Höhe
51147 Köln
Tel: +49 2203 / 601 20 64
Email: florian.kargl@dlr.de