

Simulation-based optimization of electrochemical coating processes

Sven Friedel

sven.friedel@comsol.com

COMSOL Multiphysics GmbH, Zurich

Abstract

Electroplating processes have been repeatedly improved throughout their history in order to increase the quality of the coatings and reduce the use of materials and energy. Due to the complexity of electrochemical transport processes, this was done purely empirically for long periods and consequently with a lot of trial-and-error.

Today, modern simulation methods such as in the software COMSOL Multiphysics® allow electroplating processes to be better understood, optimized and controlled with the help of numerical models. This is a cost-effective approach to investigate the influence of various parameters such as electrolyte composition, cell geometry, electrode reaction kinetics, operating voltages and currents and temperature. Time-dependent deformations of surfaces caused by deposition or dissolution processes in electrochemical cells can be better understood and predicted by multiphysical simulations. This allows processes to be optimized in terms of the uniformity of the layer thickness, the quality of the edges, particularly in the case of microstructures, or resource consumption.

In addition, complex simulation models can now be embedded in easy-to-use apps that allow practitioners in laboratories and production to incorporate the findings directly into daily practice.

Deutsche Version

Galvanotechnische Prozesse wurden in ihrer Geschichte immer wieder verbessert, um die Qualität der Beschichtungen zu erhöhen sowie den Einsatz von Material und Energie zu reduzieren. Wegen der Komplexität elektrochemischer Transportprozesse geschah dies über weite Strecken rein empirisch und folglich mit viel trial-and-error.

Moderne Simulationsmethoden wie in der Software COMSOL Multiphysics® gestatten heute galvanotechnische Prozesse mit Hilfe von numerischen Modellen besser zu verstehen, zu optimieren und zu steuern. Dies ist ein kosteneffizienter Ansatz, um den Einfluss verschiedener Parameter wie Elektrolytzusammensetzung, Zellgeometrie, Elektrodenreaktionskinetik, Betriebsspannungen und -ströme sowie Temperatur zu untersuchen.

Zeitabhängige Verformungen von Oberflächen, die durch Ablagerungs- oder Auflösungsprozesse in elektrochemischen Zellen entstehen, können durch multiphysikalische Simulationen besser verstanden und vorhergesagt werden. Dies erlaubt, Prozesse in Bezug auf die Gleichmässigkeit der Schichtdicke, die Qualität der Ränder, insbesondere bei Mikrostrukturen, oder Ressourcenverbrauch zu optimieren.

Darüber hinaus können komplexe Simulationsmodelle heute in leicht zu bedienende Apps eingebettet werden, die es Praktikern in Labor und Produktion erlaubt, die Erkenntnisse unmittelbar in die tägliche Praxis einfließen zu lassen.