

MODELADO MULTIESCALA DEL RECUBRIMIENTO EN POLVO CON PISTOLA DE PULVERIZACIÓN MÓVIL

MULTISCALE MODELING OF POWDER COATING WITH A MOVING SPRAY GUN

Juan M. Gimenez^a y Sergio Idelsohn^a

^a*Centre Internacional de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria (CIMNE), Barcelona, Spain*

Palabras clave: Recubrimiento en polvo, Simulación multiescala de la turbulencia, P-DNS, Campo electrostático, Optimización de procesos

Resumen. El recubrimiento en polvo es un proceso de acabado donde partículas electrostáticamente cargadas se pulverizan sobre superficies metálicas, formando una capa uniforme y resistente tras su curado térmico. En este trabajo, el modelado y optimización del proceso se aborda mediante simulación numérica de alta fidelidad, adoptando el método multiescala P-DNS (Pseudo-Direct Numerical Simulation) para describir el flujo turbulento de partículas cargadas en un campo electrostático. Se simulan partículas en volúmenes representativos (RVE) y se homogeniza su respuesta dinámica. La adimensionalización de parámetros, incluyendo fuerzas eléctricas y gravitatorias, permite reutilizar modelos reducidos al simular escenarios en escala gruesa. Se introduce además una condición de contorno que cuantifica el espesor de la capa. La herramienta se valida con resultados de la literatura y se aplica al recubrimiento de geometrías complejas, considerando distintos voltajes y trayectorias de una pistola de pulverización móvil. Los resultados confirman el potencial de la metodología como herramienta predictiva rápida y eficiente para esta tecnología.

Keywords: Powder coating, Multiscale turbulence simulation, P-DNS, Electrostatic field, Process optimization

Abstract. Powder coating is a finishing process where electrostatically charged particles are sprayed onto metal surfaces, forming a uniform and durable layer after thermal curing. This work addresses the modeling and optimization of the process through high-fidelity numerical simulation, adopting the multiscale P-DNS (Pseudo-Direct Numerical Simulation) method to capture the turbulent flow of charged particles interacting with an electrostatic field. Particles are simulated in representative volume elements (RVEs), and their dynamic response is homogenized. By non-dimensionalizing governing parameters, including electric and gravitational forces, previously trained reduced models can be reused in coarse-scale simulations. A boundary condition is also introduced to quantify coating layer thickness. The tool is validated against literature results and applied to the coating of complex geometries, analyzing applied voltages and trajectories of a moving spray gun. The reliable results demonstrate the methodology's potential as a fast and efficient predictive tool for powder coating technologies.