

Abstract (In English) :

Large Format Additive Manufacturing (LFAM) enables rapid production of complex, large-scale geometries. Within this field, Fused Granular Fabrication (FGF) has become a promising method for high-throughput polymer and composite printing. The quality of FGF parts depends strongly on both process parameters—such as deposition speed (layer time), volume flow rate or extruder rotation rate, layer height, and nozzle temperature—and environmental conditions including ambient temperature, cooling, and humidity. These variables influence inter-layer temperature profiles and the dimensional accuracy of the printed geometry, ultimately shaping interlayer adhesion and mechanical performance.

This thesis develops predictive models for two composite materials: recycled polypropylene reinforced with 30% glass fiber (rPP+30%GF) and regenerated polyamide 6 reinforced with 30% glass fiber (rPA6+30%GF). The research combines experimental fabrication and numerical simulation. Using a Design of Experiments (DOE) framework, the study systematically evaluates how key parameters—layer height, volume flow rate or extruder rotation rate, and deposition speed—affect geometry (contact width and bead width) and flexural strength.

In parallel, 3D thermal simulations were performed in Ansys DED to analyze how different parameter sets change inter-layer temperature evolution for a specific geometry for the materials. These simulations provide insight into the thermal history driving bonding quality in FGF.

The experimental and numerical results provide a predictive basis for selecting optimal printing parameters for the two glass-fiber-reinforced composite systems studied, specifically rPP+30%GF and rPA6+30%GF, within LFAM applications.

Abstract (In Italian) :

La manifattura additiva di grande formato (Large Format Additive Manufacturing, LFAM) consente la produzione rapida di geometrie complesse e di grandi dimensioni. In questo ambito, la Fused Granular Fabrication (FGF) si è affermata come una tecnica promettente per la stampa ad alta produttività di polimeri e materiali compositi. La qualità dei componenti realizzati mediante FGF dipende in modo significativo sia dai parametri di processo—quali la velocità di deposizione (tempo di strato), la portata volumetrica o la velocità di rotazione dell'estrusore, l'altezza di strato e la temperatura dell'ugello—sia dalle condizioni ambientali, incluse la temperatura ambiente, il raffreddamento e l'umidità. Tali variabili influenzano i profili di temperatura inter-strato e l'accuratezza dimensionale della geometria stampata, incidendo direttamente sull'adesione tra gli strati e sulle prestazioni meccaniche del componente finale.

Questa tesi sviluppa modelli predittivi per due materiali compositi: polipropilene riciclato rinforzato con il 30% di fibre di vetro (rPP+30%GF) e poliammide 6 rigenerata rinforzata con il 30% di fibre di vetro (rPA6+30%GF). La ricerca integra fabbricazione sperimentale e simulazioni numeriche. Mediante un approccio basato sul Design of Experiments (DOE), lo studio analizza in modo sistematico l'influenza dei principali parametri di processo—altezza di strato, portata volumetrica o velocità di rotazione dell'estrusore e velocità di deposizione—sulla geometria del cordone estruso (larghezza di contatto e larghezza del bead) e sulla resistenza a flessione.

In parallelo, sono state eseguite simulazioni termiche tridimensionali mediante Ansys DED per analizzare l'evoluzione della temperatura inter-strato in funzione delle diverse combinazioni di parametri, considerando una geometria specifica per ciascun materiale. Tali simulazioni consentono di approfondire la storia termica che governa la qualità del legame inter-strato nei processi FGF.

I risultati sperimentali e numerici forniscono una base predittiva per la selezione ottimale dei parametri di stampa per i due sistemi compositi rinforzati con fibre di vetro analizzati—rPP+30%GF e rPA6+30%GF—nell'ambito delle applicazioni di LFAM.