

UNIVERSITY OF SALERNO



DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Ph.D. Course in Industrial Engineering

Curriculum in Chemical Engineering - XXXII Cycle

Abstract of the thesis

Design of a rapid heating/cooling system: control the properties of micro-injection molded parts

Supervisor

Prof. Roberto Pantani

Ph.D. student

Annarita De Meo

Scientific Referees

Prof. Ben Whiteside

Dr. Felice De Santis

Ph.D. Course Coordinator

Prof. Francesco Donsì

Abstract

Il microstampaggio ad iniezione è uno dei processi più efficienti per la produzione di larga scala di componenti sottili realizzati con materiali termoplastici. Per produrre micro-componenti di alta qualità, un aspetto cruciale da investigare e ottimizzare è il riempimento della cavità da parte del polimero. Lo stampaggio ad iniezione convenzionale con una temperatura dello stampo costante presenta problemi causati dalla grande differenza di temperatura tra lo stampo e il fuso polimerico entrante. La temperatura dello stampo rappresenta il parametro chiave per la produzione di componenti con spessori su scala micrometrica includendo materiali non utilizzati finora. Anche se la tecnologia per la variazione di temperatura dello stampo esiste da diverse decadi e include diversi metodi di riscaldamento, non esiste nessuna tecnica consolidata per il micro-stampaggio ad iniezione. Inoltre, nella letteratura, lo scorrimento di un fuso polimerico in una cavità per micro-stampaggio ad iniezione con rapide variazioni di temperature non è stato ancora discusso accuratamente.

In questo lavoro di tesi, un sistema speciale per il condizionamento della superficie per realizzare evoluzioni rapide di temperature nel micro-stampaggio a iniezione è stato progettato e utilizzato per estendere il tempo di solidificazione e influenzare la morfologia di polimeri semi-cristallini. Il sistema di variazione dinamica della temperatura è basato sull'uso di una cavità multistrato con elementi sottili riscaldanti, termocoppie e strati isolanti: esso permette di aumentare la temperatura di 100°C in pochi secondi e di ottenere un raffreddamento rapido in un tempo di 10 secondi. Il sistema è usato per produrre campioni sottili in acido poli-lattico (PLA) e polipropilene isotattico (iPP).

Il PLA è un polimero biodegradabile con una velocità di cristallizzazione bassa. Le analisi calorimetriche su granuli di PLA hanno permesso di studiare la cristallizzazione in condizioni quiescenti e stabilire la temperatura per stadi di annealing durante il processo. In questo modo, il sistema di controllo della temperatura è stato adottato per influenzare la cristallinità finale del PLA applicando stadi isotermici. Inoltre il sistema è stato usato per applicare storie termiche diverse in zone differenti del campione dopo la solidificazione in cavità e realizzare una fase cristallina e una amorfa nella stessa parte. Gli effetti sulla morfologia sono stati analizzati tramite osservazioni ottiche, analisi calorimetriche, raggi X e analisi spettroscopiche. Per studiare l'effetto sulla morfologia sulla velocità di biodegradazione, sono stati condotti esperimenti di idrolisi rilevando che le parti mostrano cinetiche di degradazione diverse e differente comportamento meccanico.

Le potenzialità del sistema per il controllo rapido di temperature è stata anche verificata in una cavità sottile con una geometria con due gate. In questa parte del lavoro è stato utilizzato un polipropilene isotattico per studiare gli effetti di temperature della cavità diverse sulla formazione della linea di giunzione. Il risultato che si ottiene aumentando la temperatura della cavità sulla linea di giunzione è evidente: aumentando la temperatura la linea di giunzione è meno visibile e tende a scomparire a 130°C. Le indagini morfologiche rappresentano la chiave di lettura dei risultati per spiegare l'effetto delle diverse storie termiche sulle proprietà meccaniche finali.

Simulazioni Moldflow sono state condotte per studiare il sistema in uno stampo di scala industriale. In questo caso, per minimizzare dispersioni termiche, un sistema mobile dalla sede della cavità è stato creato. Questo studio ha dimostrato che durante lo stadio riscaldante l'uso del sistema permette di ridurre le perdite di calore e di ottenere incrementi di temperature di 100°C a contatto con la parete della cavità. Inoltre, la conducibilità elevata delle pareti della cavità permette di raffreddare rapidamente le superfici quando lo stampo è chiuso.