

XII CONGRESSO NAZIONALE



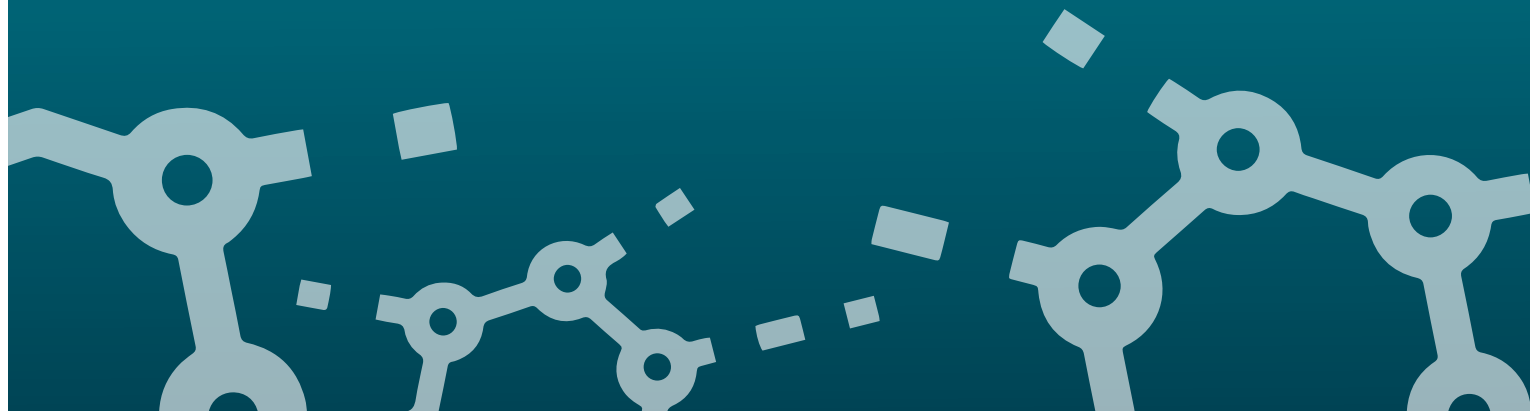
AICing

2021



ATTI DEL CONVEGNO

5-8 SETTEMBRE 2021 | REGGIO CALABRIA



A cura di

Prof. Francesco Mauriello
Prof. Piero Mastrorilli
Dott.ssa Emilia Paone
Dott.ssa Maria Chiara Miceli

Impaginazione e progetto grafico

Saso Pippia - Ufficio Comunicazione visiva e editoria UNIRC





Reggio Calabria, 5-8 settembre 2021

Comitato scientifico e promotore Direttivo AICIng

Marilena Tolazzi (Presidente)

Cristina Leonelli (Vicepresidente)

Piero Mastrotrilli (Segretario)

Isabella Chiarotto (Tesoriere)

Salvatore Failla (precedente Presidente)

Signorino Galvagno

Fabio Ganazzoli

Francesco Geobaldo

Roberto Paolesse

Marcella Trombetta

Comitato organizzatore

Francesco Mauriello, Chair

Piero Mastrotrilli, Chair

Andrea Donato

Maria Grazia Musolino

Vito Gallo

Antonino Rizzuti

Angela Malara

Andrea Gnisci

Emilia Paone

Filippo Fazzino

Antonio Fotia

Mariachiara Miceli

Daniela Pizzone

Antonella Satira

Studio e caratterizzazione di polimeri da fonti rinnovabili per stampa 3D

Giuseppe Rosace¹, [Raphael Palucci Rosa](#)^{1,*}, Rossella Arrigo², Giulio Malucelli²

¹ Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate, Università di Bergamo, Viale Marconi 5, 24044, Dalmine, BG, Italia.

² Dipartimento di Scienza Applicata e Tecnologia, Politecnico di Torino, Viale T. Michel 5, 15121, Alessandria, Italia.

*E-mail: raphael.rosa@unibg.it

Keywords: AESO; PEGDA; Additive manufacturing; stereolitografia; polimeri bio-based.

Introduzione

Negli ultimi anni, la stereolitografia (SLA), una tecnologia innovativa di stampa 3D, è diventata molto popolare grazie alla capacità di realizzare oggetti con geometria personalizzata, caratterizzati da un'elevata precisione, isotropia e finitura superficiale, con una vasta gamma di materiali. Attraverso questa tecnica, i componenti tridimensionali sono prodotti a partire direttamente da dati digitali elaborati da un software, impiegando adatti polimeri fotosensibili, solidificati tramite una sorgente UV, in presenza di un fotoiniziatore. I più comuni polimeri utilizzati commercialmente sono di origine fossile e tale circostanza sta stimolando la ricerca di valide alternative che rispondano alle sempre più pressanti richieste in termini di sostenibilità e basso impatto ambientale dei prodotti chimici.^[1] I biopolimeri sono una classe relativamente nuova di materiali prodotti utilizzando una quota sempre maggiore di risorse rinnovabili e offrono caratteristiche di biodegradabilità e compostabilità. Grazie all'ampia disponibilità ed ai costi di produzione relativamente bassi, i polimeri di origine naturale sono studiati per produrre un'ampia varietà di rivestimenti. Recenti studi hanno investigato utilizzo dell'olio di soia epossiacrilato (AESO) per sviluppare un sistema bio per la stampa di strutture complesse.^[2] I risultati hanno mostrato un'alta biodegradabilità, manifestando interessanti proprietà meccaniche nei manufatti ottenuti. Tuttavia, esiste ancora un numero limitato di studi sull'utilizzo di AESO per la stampa 3D. Pertanto, questo lavoro ha l'obiettivo di studiare ulteriormente l'uso di resine a base vegetale, per permettere un impiego sempre più diffuso dei polimeri da fonti rinnovabili nelle tecniche di manifattura additiva. I risultati hanno evidenziato la possibilità di utilizzare la combinazione di polimeri selezionati per avere il massimo contenuto bio-based possibile, pur mantenendo la viscosità abbastanza bassa da poter utilizzare la formulazione su qualsiasi stampante 3D standard a basso costo.

Materiali e metodi

Materiali

Il polietilenglicole diacrilato (PEGDA) (575 Mn), l'olio di soia epossidato acrilato (AESO) e il difenil(2,4,6-trimetilbenzoi)fosfina ossido (TPO, usato come fotoiniziatore) sono stati acquistati da Merck KGaA (Darmstadt, Germania). L'isopropanolo al 99% di purezza è stato acquistato da Carlo Erba.

Metodi

I campioni sono stati prodotti miscelando in diversi rapporti AESO (in quantità variabili dal 50 al 90 wt.% in peso) con PEGDA. Le soluzioni ottenute sono state additivate con il TPO (2% in peso), quindi sottoposte ad ultrasuoni per 30 minuti e lasciate in agitazione per ulteriori 30 minuti, a temperatura ambiente. Ciascuna miscela è stata utilizzata per stampare campioni adatti per le caratterizzazioni, impiegando una stampante 3D SLA (Peopoly MOAI). L'eccesso di polimero non fotopolimerizzato è stato eliminato in successivi lavaggi in isopropanolo e, poi, in acqua. Infine, i campioni sono stati trasferiti in una camera di polimerizzazione UV per 30 minuti, per completare la fotopolimerizzazione anche all'interno degli oggetti stampati.

I campioni sono stati caratterizzati per valutarne le proprietà meccaniche e possibili variazioni nella geometria (rigonfiamento). Le analisi di trazione e allungamento a rottura sono state eseguite secondo lo standard internazionale ASTM D638. Il rigonfiamento in acqua è stato calcolato misurando la variazione di peso (%) dei campioni analizzati dopo immersione in acqua deionizzata per un periodo di 8 giorni.

Risultati e discussione

Come fattore determinante per permettere l'omogeneità del campione stampato attraverso SLA, la viscosità deve essere mantenuta la più bassa possibile ($< 1.5 \text{ Pa s}$). AESO e PEGDA puri hanno viscosità rispettivamente di 15 e 0.057 Pa s . Tranne nel caso della combinazione (in peso) dei polimeri AESO:PEGA=90:10, per la quale la viscosità è risultata pari a 3 Pa s , tutte le altre miscele hanno mostrato valori inferiori a 1.5 Pa s , raggiungendo 1.21 Pa s in corrispondenza dell'80% in peso di AESO. Come mostrato in Figura 1, l'aggiunta di AESO ha costantemente migliorato le proprietà meccaniche ed il rigonfiamento del PEGDA reticolato. La resistenza alla trazione del PEGDA puro reticolato, pari a $0.6 \pm 0.2 \text{ MPa}$,^[3] aumenta del 517% ($3.7 \pm 1.3 \text{ MPa}$) aggiungendo il 50 wt.% in peso di AESO, e raggiunge il valore massimo di $4.4 \pm 0.2 \text{ MPa}$ (aumento del 633%) quando l'aggiunta è dell'80% in peso (Figura 1a). Anche l'allungamento a rottura ha mostrato miglioramenti dovuti alla presenza di catene di acidi grassi liberi nell'AESO, che contribuiscono alla flessibilità della matrice. Infatti, il PEGDA ha un allungamento massimo del $2 \pm 1\%$,^[3] che, in corrispondenza delle aggiunte del 50 e 80% in peso di AESO, aumenta rispettivamente dell'815% ($18.3 \pm 2\%$) e del 1150% ($25 \pm 2,3\%$, Figura 1a). Infine, come mostrato in Figura 1b, l'aggiunta di AESO riduce drasticamente il rigonfiamento del PEGDA reticolato, passando dal 38.6 all'1.96%, in presenza dell'80% in peso di AESO. La riduzione è dovuta alle lunghe catene idrocarburiche dell'AESO che impediscono alle molecole d'acqua di interagire con i gruppi idrossilici tipici del PEGDA.

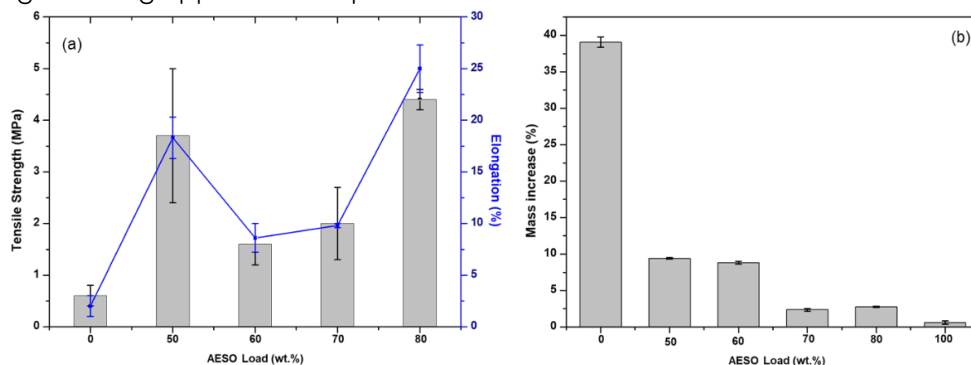


Figura 1. (a) Proprietà meccaniche e (b) rigonfiamento (%) della miscela AESO/PEGDA

Questo studio ha permesso di valutare il comportamento di polimeri di origine naturale nella stampa di strutture complesse. La combinazione composta dal 20% in peso di PEGDA e dall'80% in peso di AESO ha mostrato un contenuto di carbonio di origine bio del 69%, una viscosità di 1.21 Pa s e una resistenza a trazione e un allungamento a rottura rispettivamente di 4.4 MPa e 25%. Inoltre, rispetto al solo PEGDA, il rigonfiamento è diminuito del 94.9%. L'utilizzo di polimeri da fonti rinnovabili, studiato in questo lavoro, potrebbe costituire una soluzione sostenibile per la crescente domanda di nuovi materiali per la manifattura additiva.

Bibliografia

- [1] P. Dijkstra, M. Tietema, R. Folkersma, V. S. D. Voet, T. Strating, K. Loos, A. J. J. Woortman, G. H. M. Schnelting, J. Jager, J. Xu, *ACS Omega* **2018**, 3, 1403.
- [2] R. Palucci Rosa, G. Rosace, *Macromol. Mater. Eng.* **2021**, 2100345.
- [3] N. B. Palaganas, J. D. Mangadlao, A. C. C. De Leon, J. O. Palaganas, K. D. Pangilinan, Y. J. Lee, R. C. Advincula, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2017**, 9, 34314.



AICing
2021



ISBN 978-88-3623-061-7



9 788836 230617