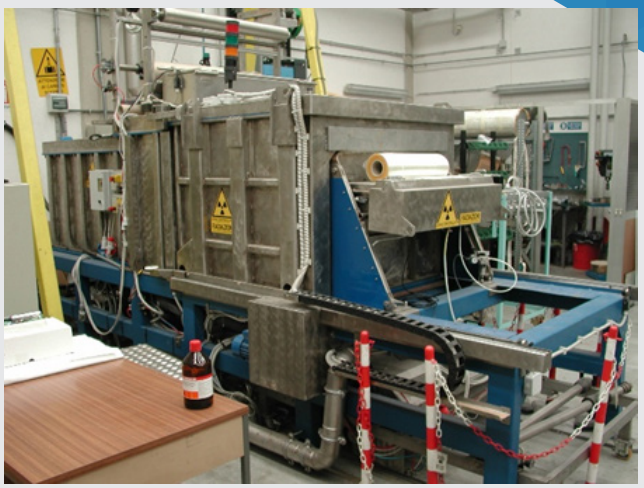
Electron beam
la macchina acceleratrice di elettroni

CEQ Centro Servizi Qualità

Laboratorio prove e tarature | Ricerca applicata | Trasferimento tecnologico



CHE COS'È

Si chiama 'Electron beam' ed è un macchinario acceleratore di elettroni a bassa energia. È un dispositivo che consente l'emissione di elettroni a differenti valori di energia per irradiare la superficie di materiali di varia natura e consentire di conseguenza delle modifiche superficiali, mediante la conversione di energia elettrica in corrente elettrica.

COSA POSSO OTTENERE

Il processo di irraggiamento di elettroni permette la modifica di proprietà chimiche e fisiche dei materiali polimerici e migliora la qualità del prodotto. Nel caso degli esperimenti effettuati nei nostri laboratori, l'acceleratore viene utilizzato per le seguenti applicazioni.

- **Polimerizzazione di monomeri da inserire nei tessuti**
- **Vulcanizzazione di laminati adesivi**
- **Vulcanizzazione di adesivi**
- **Controllo di materiali polimerici**
- **Sviluppo di campioni modello**
- **Miglioramento della resistenza meccanica dei materiali compositi**
- **Sterilizzazione**

DOVE SI TROVA

La macchina si trova nei laboratori di Prato di Next Technology Tecnotessile.

CARATTERISTICHE PECULIARI

Questa tipologia di acceleratori è intrinsecamente sicura, precisa, facilmente controllabile e, contrariamente alle sorgenti radioattive, può essere accesa o spenta a piacimento.
Inoltre le energie del fascio di elettroni e la potenza erogata possono essere modulate su un ampio intervallo.
La tecnologia basata sugli acceleratori di elettroni per modificare la superficie dei materiali risulta più sostenibile per l'ambiente rispetto ai metodi chimici perché non richiede l'ausilio di solventi o altri agenti tossici.

DETTAGLI TECNICI

Tipicamente, un acceleratore di elettroni opera nel seguente modo. Un fascio di elettroni viene emesso da un catodo per emissione termoionica. Questo fascio viene opportunamente deflesso in maniera analoga a quanto avverrebbe all'interno di un tubo catodico dei televisori analogici. L'energia alla quale gli elettroni sono sottoposti varia nel range dai 0,15 ai 10 MeV, mentre la dose di radiazione emessa rientra in differenti range di energia, a seconda delle applicazioni desiderate, indicativamente si parte da un minimo di 10 kGy per arrivare a un massimo di circa 500 kGy. La modalità di irraggiamento del fascio elettronico può essere di due tipi: a scansione e non a scansione [1].

La macchina situata in NTT rappresenta un sistema a triodo singolo con catodo al tungsteno e cilindro Wehmelt in camera ad alto vuoto. La tensione massima utilizzabile è di 300kV con corrente massima di 30 mA. Il fascio di elettroni emesso viene controllato in ampiezza e in altezza da un dispositivo di deflessione X/Y del fascio che consente di ottenere una scansione utile alla finestra di uscita di 75 × 700 mm. La fuoriuscita degli elettroni (dal corpo macchina sottovuoto all'ambiente), avviene tramite una lamina di titanio dello spessore di 10 µm, che permette di mantenere l'alto vuoto nella zona del catodo, senza offrire grande resistenza all'attraversamento da parte del fascio (figura 1).

Il sistema di vuoto è una struttura a doppia pompa, costituita da una pompa turbomolecolare e da una rotazionale aggiuntiva che permette di ottenere rapidamente le condizioni di vuoto e di mantenerle all'interno sia dell'acceleratore di elettroni che del sistema di scansione. La produzione di alta tensione avviene attraverso una serie di trasformatori risonanti con frequenza media di circa 35 kHz e amplificatore. La sezione per l'alta tensione è collocata in un serbatoio contenente olio per trasformatori chiuso ermeticamente.

L'impianto include anche un'unità di raffreddamento ad acqua, necessaria per refrigerare la finestra di uscita del fascio di elettroni, il sistema di vuoto e il trasformatore. L'acceleratore è opportunamente schermato con una struttura composita formata da una lamiera inox dello spessore di 4 millimetri (con funzione di supporto), da uno strato di piombo (mediamente dello spessore di 35 millimetri), e da una ulteriore lamina di acciaio inox di 2 millimetri che evita il contatto degli ossidi di piombo con i materiali posti nella camera di trattamento (figura 2). Il dimensionamento della schermatura è stato calcolato considerando le peggiori condizioni di lavoro (V= 300 KV, I= 30 mA). Questa protezione è stata realizzata per schermare i raggi X emessi a seguito dell'irraggiamento.

Il cannone elettronico è integrato in una struttura protettiva realizzata in acciaio inox e piombo, dotata di labirinti e dispositivi adeguati al trattamento di materiali flessibili in continuo.

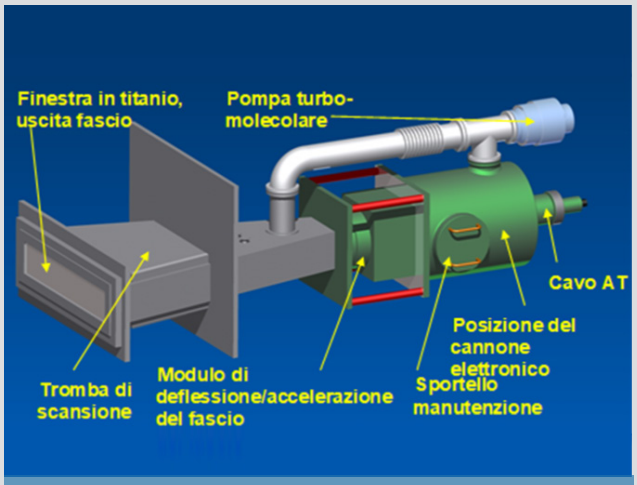


Figura 1: schema descrittivo delle componenti

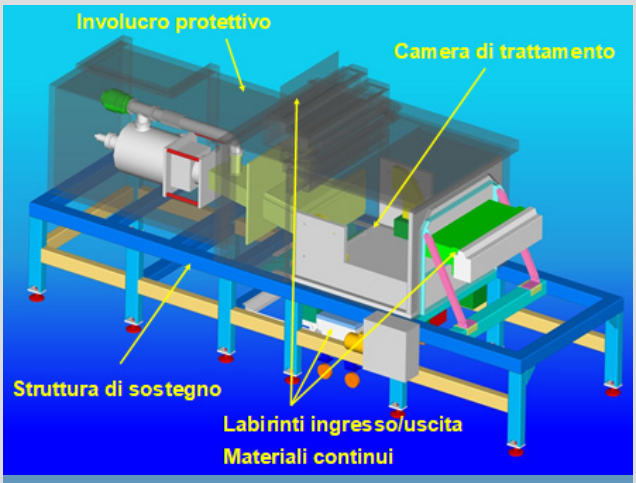


Figura 2: schema del rivestimento protettivo

Quando un campione viene bombardato da elettroni ad alta energia, si innescano dei meccanismi di trasferimento di energia agli elettroni di legame chimico del materiale. L'effetto finale è la generazione di radicali liberi e di conseguenza un aumento della reattività chimica del campione trattato [2]. Questo rende possibile diversi processi chimico-fisici come la reticolazione (crosslinking), l'innesto (grafting) e l'indurimento (curing) dei materiali trattati.

La presenza di radicali liberi nelle catene polimeriche rende inoltre possibile una maggior funzionalizzazione di differenti gruppi, in questo modo si riesce a modificare la superficie del materiale polimerico e di conseguenza a migliorare le proprietà meccaniche e termiche [3]. Il campo di applicazione, nonché i materiali trattati con electron beam, varia in base all'energia del fascio incidente utilizzata [4].

Bibliografia

[1] T. A. Elmaaty, S. Okubayashi, H. Elsisi e S. Abouelenin, «Electron beam irradiation treatment of textiles materials: a review,» Journal of Polymer Research, vol. 29, n. 117, pp. 1-19, 2022.

[2] U. Gohsa, R. Böhmb, H. Brüniga, D. Fischera, L. Häusslera e M. Kirstenc, «Electron beam treatment of polyacrylonitrile copolymer above the glass,» Radiation Physics and Chemistry, n. 156, pp. 22-30, 2019.

[3] N. Pramanik, R. Haldar, U. Niyogi e M. Alam, «Development of an Advanced Engineering Polymer from the Modification of Nylon 66 by e-beam Irradiation,» Defence Science Journal, vol. 64, n. 3, pp. 281-289, 2014.

[4] W. A.Parejo, C. Celina, L. Duarte, L. Diva, B. Machado, J. E. Manzoli, A. Beatriz, C. Geraldo, Y. Kodama, L. Gondim, A.Silva e E. S.Pino, «Electron beam accelerators—trends in radiation processing technology for industrial and environmental applications in Latin America and the Caribbean» Radiation Physics and Chemistry, n. 81, pp. 1276-1281, 2012.

Per informazioni rivolgersi a:

Francesco Troisi
Via del Gelso, 13
59100 Prato - Italy
Tel. +39 0574 634040
Fax +39 0574 634045
e-mail: francesco.troisi@tecnotex.it

Maurizio Poggiali
Via del Gelso, 13
59100 Prato - Italy
Tel. +39 0574 634040
Fax +39 0574 634045
e-mail: maurizio.poggiali@tecnotex.it

www.tecnotex.it