

UNIVERSITA' DI PISA



CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE

Curriculum Industriale

CLASSE: LM 71 (Scienze e Tecnologie Chimiche)

Preparazione di nanocompositi elastomerici a base di nanotubi di carbonio come sensori di deformazione

Relatore: Dott. Andrea Pucci

Controrelatore: Dott. Fabio Di Francesco

Candidato: Luca Panariello

Anno accademico 2012/2013

INDICE

1. Introduzione	1
1.1 Nanotubi di carbonio	1
1.1.1 Proprietà elettriche dei nanotubi di carbonio	4
1.1.2 Proprietà meccaniche dei nanotubi	8
1.1.3 Altre proprietà	10
1.2 Preparazione di nanotubi di carbonio	13
1.2.1 Metodi di purificazione	16
1.3 Tecniche di funzionalizzazione	17
1.4 Preparazione di nanocompositi polimerici a base di nanotubi di carbonio	27
1.4.1 Proprietà dei nanocompositi polimerici a base di nanotubi di carbonio	26
1.4.2 Sensori di deformazione nanocompositi polimerici a base di nanotubi di carbonio	31
1.5 scopo della tesi	38
2. Risultati e discussione	38
2.1 Preparazione di nanocompositi poli(stirene-<i>b</i>-(etilene-<i>co</i>-butilene)-<i>b</i>-stirene) (SEBS)/MWCNT	37
2.1.1 Caratterizzazione delle dispersioni di MWCNT in SEBS mediante spettroscopia Raman	42
2.1.2 Caratterizzazione delle dispersioni di MWCNT in SEBS mediante microscopia a forza atomica (AFM)	43
2.1.3 Caratterizzazione dei nanocompositi SEBS/MWCNT mediante analisi termogravimetriche (TGA)	44
2.1.4 Caratterizzazione dei nanocompositi SEBS/MWCNT mediante calorimetria a scansione differenziale (DSC)	46
2.1.5 Proprietà meccaniche dei nanocompositi SEBS/MWCNT	47
2.1.6 Proprietà elettriche dei nanocompositi SEBS/MWCNT: determinazione della soglia di percolazione e studio del comportamento piezoelettrico	48
2.2 Preparazione di nanocompositi di gomma stirene-butadiene (SBR/MWCNT) e loro caratterizzazione	51
2.2.1 Caratterizzazione dei nanocompositi SBR/MWCNT mediante analisi termogravimetrica (TGA)	55
2.2.2 Caratterizzazione dei nanocompositi SBR/MWCNT mediante microscopia elettronica in trasmissione (TEM)	56
2.2.3 Caratterizzazione dei nanocompositi SBR/MWCNT mediante calorimetria a scansione differenziale (DSC)	58
2.2.4 Proprietà meccaniche dei nanocompositi SBR/MWCNT	60
2.2.5 Proprietà elettriche dei nanocompositi SBR/MWCNT: determinazione	

della soglia di percolazione e studio del comportamento piezoelettrico	61
2.3 Preparazione di nanocompositi poli(stirene-<i>b</i>-(etilene-<i>co</i>-propilene)-<i>b</i>-stirene-<i>b</i>-(etilene-<i>co</i>-propilene))stirene (SEPSEP/MWCNT) e loro caratterizzazione	65
2.3.1 Caratterizzazione dei nanocompositi SEPSEP/MWCNT mediante analisi termogravimetriche (TGA)	65
2.3.2 Caratterizzazione dei nanocompositi SEPSEP/MWCNT mediante microscopia elettronica in trasmissione (TEM)	67
2.3.3 Caratterizzazione dei nanocompositi SEPSEP/MWCNT mediante calorimetria a scansione differenziale (DSC)	68
2.3.4 Proprietà meccaniche dei nanocompositi SEPSEP/MWCNT	69
2.3.5 Proprietà elettriche dei nanocompositi SEPSEP/MWCNT: determinazione della soglia di percolazione e studio del comportamento piezoelettrico	71
2.3.6 Proprietà elettriche dei nanocompositi SEPSEP/MWCNT: determinazione della soglia di percolazione e studio del comportamento piezoelettrico – effetto della purificazione dei MWCNT	73
2.3.7 Proprietà elettriche dei nanocompositi SEPSEP/MWCNT: determinazione della soglia di percolazione e studio del comportamento piezoelettrico – effetto del tipo di MWCNT	76
2.3.8 Caratterizzazione dei nanocompositi SEPEP/MWCNT (Aldrich) mediante microscopia elettronica in trasmissione (TEM)	77
2.4 Funzionalizzazione covalente dei MWCNT: preparazione di NH₂MWCNT	82
2.4.1 Caratterizzazione delle dispersioni di NH ₂ MWCNT in xilene mediante microscopia elettronica in trasmissione (TEM)	84
2.4.2 Funzionalizzazione di SEPSEP con anidride maleica	85
2.4.3 Caratterizzazione del SEPA mediante cromatografia di permeazione su gel (GPC)	89
2.4.4 Caratterizzazione dei SEPA mediante titolazione potenziometrica	90
2.4.5 Caratterizzazione dei SEPA mediante risonanza magnetica nucleare(NMR)	92
3. Conclusioni	95
4. Parte sperimentale	97
4.1 Solventi, reagenti e matrici polimeriche	97
4.1.1 Solventi e prodotti	97
4.1.2 Matrici polimeriche commerciali	98
4.2 Strumenti e metodi	100
4.3 Preparazione dei film nanocompositi a base di MWCNT	102

4.4 Preparazione di Nanotubi di carbonio a parete multipla ammino funzionalizzati (NH ₂ -MWCNT)	104
4.5 Misure di resistenza elettrica	105
4.6 Metodo di misurazione della resistenza elettrica	106
5. Bibliografia	108