



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد "M.Sc"

مهندسی پلیمر - صنایع پلیمر

عنوان :

تاثیر نانو لوله های کربنی بر روی مورفولوژی و خواص مکانیکی و خواص رئولوژیکی

فوم میکروسلولی نانو کامپوزیت بر پایه PP/EPDM

استاد راهنما :

اساتید مشاور :

نگارش :

1	چکیده	1
2	فصل اول	1
6	فصل دوم	2
7	1-2 پلی پروپیلن	1-2
7	1-1-2 ساختار پلی پروپیلن:	1-1-2
9	2-2 لاستیک اتیلن - پروپیلن - دی ان مونومر	2-2
9	1-2-2 ساختار لاستیک اتیلن- پروپیلن- دی ان مونومر:	1-2-2
11	3-2 مواد ترموپلاستیک الاستومر	3-2
11	1-3-2 آلیاژ PP/EPDM	1-3-2
12	2-3-2 مروری بر نانو کامپوزیت های تقویت شده با نانو لوله کربن (CNT)	2-3-2
15	4-2 توزیع نانو ذرات در آلیاژهای پلیمری	4-2
18	5-2 فومهای پلیمری	5-2
18	1-5-2 تعاریف اولیه	1-5-2
20	2-5-2 ساز و کار تشکیل فوم	2-5-2
22	3-5-2 کاربرد فومها	3-5-2
24	4-5-2 معایب و مشکلات تولید فوم به روش های متداول	4-5-2
25	5-5-2 فوم های میکرو سلولار	5-5-2
25	6-2 روش های تولید فوم میکروسلولار	6-2
25	1-6-2 روش ناپیوسته	1-6-2
29	2-6-2 روش نیمه پیوسته:	2-6-2
30	3-6-2 روش پیوسته:	3-6-2
32	7-2 سیالات فوق بحرانی (SCF)	7-2
32	1-7-2 سیال فوق بحرانی چیست؟	1-7-2
36	2-7-2 مقایسه ای بین دی اکسید کربن و نیتروژن بعنوان سیالات فوق بحرانی در تولید فوم های میکروسلولار	2-7-2

37	8-2 بررسی پارامترهای فرآیندی موثر بر فوم میکروسلولار
37	1-8-2 فشار اشباع
37	2-8-2 زمان اشباع
38	3-8-2 زمان فوم شدن
38	4-8-2 دمای فوم شدن
39	9-2 فومهای نانو کامپوزیتی
40	3 فصل سوم
41	1-3 مواد مورد استفاده
41	1-1-3 پلی پروپیلن (PP)
42	2-1-3 لاستیک اتیلن پروپیلن دی ان مونومر (EPDM)
43	3-1-3 نانو لوله کربن (MWCNT)
43	4-1-3 گاز نیتروژن ( $N_2$ )
44	2-3 دستگاههای نمونه سازی
44	1-2-3 اختلاط مواد
44	2-2-3 مخلوطکن داخلی
45	3-2-3 دستگاه پرس:
46	4-2-3 رآکتور فشار بالا
46	3-3 آزمونهای انجام شده
46	1-3-3 آزمون چگالی
47	2-3-3 آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
48	3-3-3 آزمون کششی
49	4-3-3 آزمونهای رئولوژی
49	4-3 روش تهیه نمونه ها
49	1-4-3 خشک کردن نانو ذرات
49	2-4-3 اختلاط مواد در مخلوطکن داخلی
50	3-4-3 دستگاه پرس:
50	4-4-3 فرآیند تولید فوم میکوسلولار

51	.....	5-4-3 تعداد نمونه ها	
53	.....	فصل چهارم	4
54	.....	1-4 انتخاب دمای مناسب برای فوم شدن	
57	.....	2-4 مورفولوژی	
60	.....	3-4 اثرات ترکیب درصد مختلف (MWCNT)	
61	.....	1-3-4 دانسیته سلولی	
63	.....	2-3-4 میانگین اندازه سلولی	
68	.....	3-3-4 دانسیته فوم	
74	.....	4-4 بررسی خواص مکانیکی فوم میکروسلولی نانو کامپوزیت PP/EPDM/MWCNT	
74	.....	1-4-4 خواص کششی	
76	.....	2-4-4 اثرات زمان فوم شدن	
80	.....	3-4-4 اثرات دمای فوم شدن	
82	.....	4-4-4 بررسی اثر فشار اشباع	
85	.....	5-4-4 بررسی اثر ترکیب درصد	
90	.....	6-4-4 اثر روش فرایندی	
92	.....	7-4-4 اثرات تغییرات پارامترهای فرایندی بر روی دانسیته نسبی فومها	
92	.....	5-4 خواص رئولوژیکی	
95	.....	فصل پنجم	5
96	.....	1-5 نتیجه گیری	

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
13	شکل 2-1 استحکام ضربه الیاز PP/EVA با مقادیر مختلف MWCNT
13	شکل 2-2 شماتیک حالت های توزیع MWCNT را در آلیاز PP/EVA نشان می دهد.
15	شکل 2-3 مدول ذخیره نانو کامپوزیت PA6/ MWCNT در مقادیر مختلف MWCNT
17	شکل 2-4 ریزنگار TEM نانو ذرات TiO <sub>2</sub> در آلیاز PP/PET الف: بدون سازگار کننده، ب: در حضور سازگار کننده.
17	شکل 2-5 برهمکنش های موجود بین گروه هیدروکسیل نانو ذرات با گروه کربونیل و گروه عاملی سازگار کننده
19	شکل 2-6 تصویر طرح واره الف) فوم سلول باز، ب) فوم سلول بسته.
27	شکل 2-7 طرح واره ای از فرآیند ناپیوسته و دو مرحله ای تولید فوم میکروسولولار
28	شکل 2-8 پروفایل غلظت گاز در نمونه اشباع
30	شکل 2-9 طرح واره فرآیند نیمه پیوسته تولید فوم میکروسولولار
31	شکل 2-10 طرح واره فرآیند رانشگری تولید فوم میکروسولولار
32	شکل 2-11 طرح واره فرآیند قالب گری تزریقی تولید فوم میکروسولولار
33	شکل 2-12 نمودار فازی دی اکسید کربن
39	شکل 2-13 تاثیر دمای فوم شدن را بر چگالی نسبی پلی ونیل کلراید
45	شکل 3-1 مخلوط کن داخلی برابندر
46	شکل 3-2 راکتور فشار بالا برای تولید فوم میکروسولولار
47	شکل 3-3 دستگاه چگالیسنج PRECISA مدل XB220A
48	شکل 3-4 میکروسکوپ الکترونی روبشی Tescan مدل VEGA-II
56	شکل 4-1 ریزنگار SEM از سطح مقطع شکست
57	شکل 4-2 ریزنگار SEM از سطح شکست چند نمونه فوم میکروسولولار
59	شکل 4-3 ریزنگار SEM از سطح شکست نمونه های فوم نشده
60	شکل 4-4 ریزنگار SEM از سطح شکست نمونه های فوم شده
62	شکل 4-5 نمودار دانسیته سلولی در مقابل تغییرات پارامترهای فرایندی فوم کردن
63	شکل 4-6 تغییرات دانسیته سلولی در زمان، دما و فشار های مختلف (نمونه d)
64	شکل 4-7 نمودار میانگین اندازه سلولی در مقابل تغییرات پارامترهای فرایندی فوم
65	شکل 4-8 تغییرات میانگین اندازه سلولی در زمان، دما و فشار های مختلف (نمونه d)
66	شکل 4-9 تغییرات میانگین اندازه سلولی در مقابل زمان فوم شدن در دو سطح دما. الف) فشار 100 بار. ب) فشار 80 بار

- شکل 10-4 ریز نگار SEM نمونه 1d که کمترین مقدار میانگین اندازه سلولی و بیشترین دانسیته سلولی را دارد..... 67
- شکل 11-4 ریزنگار SEM از سطح شکست نمونه های فوم شده ۳a و ۱a..... 67
- شکل 12-4 ریز نگار SEM از نمونه 5a. پدیده به هم چسبیدگی سلولها ..... 68
- شکل 13-4 ریز نگار SEM از نمونه 5(a,b,c,d) ..... 69
- شکل 14-4 نمودار دانسیته فوم ها که با تغییرات پارامترها..... 70
- شکل 15-4 دانسیته نمونه d در مقابل پارامترهای فوم شدن..... 70
- شکل 16-4 تغییرات دانسیته در مقابل زمان فوم شدن در دو سطح دما. الف) فشار 100 بار. ب) فشار 80 بار ..... 71
- شکل 17-4 نمودار تغییرات مدول نانو کامپوزیت PP/EPDM بر حسب ترکیب درصد نانو لوله کربن ..... 74
- شکل 18-4 نمودار تغییرات الف- استحکام ب- ازدیاد طول تا نقطه پارگی نانو کامپوزیت ..... 75
- شکل 19-4 تغییرات میانگین اندازه سلولی در مقابل زمان فوم شدن در دو سطح دما. الف) فشار 100 بار. ب) فشار 80 بار ..... 76
- شکل 20-4 تغییرات دانسیته سلولی با تغییرات زمان فوم شدن و دما در فشارهای الف) فشار 100 بار. ب) فشار 80 بار ..... 77
- شکل 21-4 تغییرات دانسیته فوم با تغییرات زمان فوم شدن و دما در فشارهای الف) فشار 100 بار. ب) فشار 80 بار ..... 78
- شکل 22-4 نمودار تنش کرنش مهندسی برای زمانهای 5s و 10s ..... 79
- شکل 23-4 منحنی تنش-کرنش برای فوم میکروسلولی در دماهای  $150^{\circ}\text{C}$ (1d) و  $160^{\circ}\text{C}$ (5d) ..... 80
- شکل 24-4 الف) تغییرات دانسیته سلولی در زمان, دما و فشار های مختلف ..... 83
- شکل 25-4 منحنی تنش-کرنش برای فوم میکروسلولی در فشارهای 100 Bar (1d) و  $8 \times 10^8$  Bar (2d) ..... 84
- شکل 26-4 اثر تغییرات ترکیب درصد نانو بر الف) تغییرات دانسیته سلولی ..... 87
- شکل 27-4 منحنی تنش-کرنش در ترکیب درصدهای مختلف نانو لوله کربن برای نمونه های فوم نشده ..... 88
- شکل 28-4 اثر تغییرات ترکیب درصد نانو بر الف) مدول ب) مقاومت کششی ج) ازدیاد طول تا نقطه پارگی د) دانسیته (نمونه فوم نشده) ..... 90
- شکل 29-4 تغییرات گشتاور با زمان در روی نمونه های a و d ..... 91
- شکل 30-4 نمودار تغییرات الف) مدول ذخیره و ب) مدول اتلاف بر حسب فرکانس نانو کامپوزیت در درصدهای مختلف نانو لوله کربن ..... 93
- شکل 31-4 نمودار تغییرات ویسکوزیته بر حسب فرکانس نانو کامپوزیت در درصدهای مختلف نانو لوله کربن ..... 94

## فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
10	جدول 1-2 خواص عمومی لاستیک EPDM
14	جدول 2-2 خواص مکانیکی PP و PP/SWNT
42	جدول 1-3 مشخصات پلی پروپیلن استفاده شده در این تحقیق
42	جدول 2-3 مشخصات لاستیک اتیلن پروپیلن دی ان مونومر استفاده شده در این تحقیق
43	جدول 3-3 مشخصات نانو لوله کربن استفاده شده در این تحقیق
44	جدول 4-3 مشخصات گاز نیتروژن استفاده شده در این پروژه
50	جدول 5-3 مشخصات نمونه های فوم نشده
51	جدول 6-3 مشخصات و ترکیب درصد نمونه ها
72	جدول 1-4 چگالی نمونه های فوم نشده
72	جدول 2-4 چگالی سلولی، میانگین اندازه سلول ها و چگالی فوم میکروسلولار نهایی و درصد کاهش چگالی نمونه ها
79	جدول 3-4 خواص مکانیکی نمونه 1d و 3d
81	جدول 4-4 خواص مکانیکی نمونه 1d و 5d
85	جدول 5-4 خواص مکانیکی نمونه 1d و 2d
87	جدول 6-4 اثر تغییرات ترکیب درصد نانو بر نمونه 1 (150°C و 100 Bar و 5s)
88	جدول 7-4 اثر تغییرات ترکیب درصد نانو بر نمونه های فوم نشده

## چکیده:

تهیه فومهای پلیمری به روش میکرو سلولار یکی از روشهای موجود برای تهیه فومهای با دانسیته پایین، توزیع بسیار یکنواخت اندازه ذرات و اندازه سلولهای بسیار کوچک است. با این وجود تلاش هایی برای بهبود فرایند فوم شدن در این روش همچنان ادامه دارد. در سالهای اخیر استفاده از نانو فیلرها در صنعت پلیمر برای رسیدن به بعضی از خواص مطلوب رایج شده است که در این میان نانو لوله های کربنی به دلیل دارا بودن خواص فیزیکی مکانیکی بالا، رسانایی و نسبت طول به قطر مناسب بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

در این پروژه سعی بر آن است که اثر نانو لوله کربن بر فوم تهیه شده به روش میکروسلولی بر پایه PP/EPDM بررسی شود. اثر نانو لوله های کربنی بر میزان فوم شدن، دانسیته فوم، مورفولوژی، خواص فیزیکی مکانیکی و رئولوژیکی فوم مورد مطالعه قرار می گیرد.

فوم های پلیمری به دلیل دارا بودن خواص فیزیکی مکانیکی بالا، عایق بودن و سبک بودن امروزه در بسیاری از کاربردها توسعه یافته اند. نانوکامپوزیت ها امروزه به عنوان نسل جدیدی از مواد با دارا بودن خواص منحصر بفرد در صنعت استفاده می شوند و اخیراً استفاده از نانو فیلرها در فوم های پلیمری مطرح شده است و پیش بینی می شود که با استفاده از این مواد می توان به فومی با چگالی پایین و توزیع اندازه سلول های یکنواخت تر رسید. در این پروژه سعی بر آن است که از نانو لوله های کربنی در تولید فومهای میکرو سلولی بر پایه ترمو پلاستیک الاستومر PP/EPDM که کاربرد زیادی در صنایع خودرو و لوازم خانگی دارد استفاده گردد و اثر پارامتر های فرایندی و ترکیب درصد نانو لوله کربن بر مورفولوژی، خواص فیزیکی مکانیکی و رئولوژیکی فوم میکروسلولی بررسی شود.