



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب
دانشکده تحصیلات تکمیلی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد "M.SC"
مهندسی نساجی - شیمی نساجی و علوم الیاف

عنوان :

تهیه و بررسی ساختار و خواص الیاف پلی اتیلن ترفتالات تقویت شده با نانو

استاد راهنما :

دکتر حسین نازک دست

استاد مشاور:

دکتر ابوسعید رشیدی

نگارش :

احمد بیگدلی

شهریور 1385

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
iv.....	قدردانی
xii.....	چکیده
xiii.....	مقدمه
1.....	فصل اول : کلیات
1.....	1-1. ساختمان و خواص پلی اتیلن ترفتالات
9.....	2-1. انواع ذرات تقویت کننده نانو
9.....	1-2-1. کربن نانو تیوب ها
12.....	1-3-2. کربن نانو فایبرها
13.....	1-3-3. نانو کلی
18.....	3-1. نانو کامپوزیت های پلیمری
18.....	1-3-1. مقدمه
19.....	1-3-1. نانو کامپوزیت های پلیمری تقویت شده با کربن نانو تیوب
20.....	2-3-1. نانو کامپوزیت های پلیمری تقویت شده با کربن نانو فایبر
22.....	3-3-1. نانو کامپوزیت های پلیمری تقویت شده با نانو کلی
23.....	1-3-3-1. در حین پلیمریزاسیون
24.....	2-3-3-1. مخلوط کردن در مذاب
25.....	3-3-3-1. روش محلول
28.....	4-1. ویژگی های عمومی نانو کامپوزیت های پلیمر-کلی
28.....	1-4-1. خواص نانو کامپوزیت های پلیمر-کلی
30.....	2-4-1. نحوه پراکندگی ذرات کلی در نانو کامپوزیت های پلیمر-کلی
31.....	3-4-1. پارامترهای موثر در پراکندگی صفحات کلی
31.....	1-3-4-1. تاثیر وزن مولکولی پلیمر پایه
31.....	2-3-4-1. تاثیر عوامل ترمودینامیکی
33.....	3-3-4-1. تاثیر چگونگی واکنش پلیمر-کلی

صفحه	عنوان
36.....	5-1. نانو کامپوزیت های پلیمری بر پایه PET-CLAY
39.....	6-1. الیاف نانو کامپوزیت
44.....	7-1. الیاف نانو کامپوزیت بر پایه PET-CLAY
44.....	1-7-1. بررسی نتایج بوسیله پراش اشعه ایکس (XRD)
46.....	2-7-1. مرفولوژی
50.....	3-7-1. رفتار های حرارتی
52.....	4-7-1. خواص مکانیکی
55.....	فصل دوم : تجربیات
56.....	1-2. مواد استفاده شده
57.....	2-2. تهیه نانو کامپوزیت های PET/Clay
59.....	3-2. تهیه الیاف و منو فیلامنت بوسیله ریسندگی مذاب
61.....	4-2. دستگاه ها و روش های تعیین خصوصیات
61.....	1-4-2. آنالیز حرارتی
62.....	2-4-2. مطالعات مورفولوژیکی
63.....	3-4-2. مطالعات ساختاری
63.....	4-4-2. مطالعه خواص مکانیکی الیاف تولید شده به روش ریسندگی مذاب
64.....	فصل سوم : بحث و بررسی نتایج
65.....	1-3. مطالعه رفتار حرارتی نانو کامپوزیت های PET/Clay
73.....	2-3. مطالعه ساختار نانو کامپوزیت های PET/Clay
82.....	3-3. نتایج مطالعات مورفولوژیکی
85.....	4-3. مطالعه خواص مکانیکی الیاف و منو فیلامنت های نانو کامپوزیت ها
92.....	فصل چهارم : نتیجه گیری
94.....	مراجع
97.....	ضمائم

فهرست جدولها

عنوان	صفحه
جدول 1-1: خصوصیات و خواص الیاف.....	5
جدول 2-1: کریستالینیته پلی استر.....	6
جدول 3-1: خواص فیزیکی پلی استر.....	7
جدول 4-1: کلی های مورد استفاده برای ماتریس های پلیمری.....	15
جدول 5-1: پروسه های بکار رفته برای کامپوزیت PET/CNF (۵ درصد وزنی).....	21
جدول 6-1: تکنیک های تولید نانوکامپوزیت های پلیمر-کلی.....	26
جدول 7-1: شیوه های مناسب جهت ماتریس های پلیمری مختلف.....	27
جدول 8-1: خواص مکانیکی الیاف هیبریدی PET.....	52
جدول 1-2: خواص نانوکلی مورد استفاده.....	56
جدول 2-2: اندازه نانوذرات کلی در حالت خشک.....	56
جدول 3-2 : دانسیته Cloisite® 15A.....	57
جدول 4-2 : نانوکامپوزیت های تهیه شده.....	57
جدول 1-3 : مقادیر بدست آمده از نتایج DSC.....	72
جدول 2-3 : مقادیر بدست آمده از نتایج XRD.....	81

فهرست شکلها

عنوان	صفحه
شکل 1-1: ساختار مولکولی پلی استر.....	2
شکل 2-1: تولید پلی استر.....	2
شکل 3-1: ساختار کریستالی پلی استر.....	6
شکل 4-1: منحنی تنش کرنش الیاف پلی استر.....	7
شکل 5-1: منحنی های <i>TDA</i> نخ ها پلی استر ریسیده شده در سرعت های مختلف.....	8
شکل 6-1: ساختار های ساخته شده از کربن خالص.....	9
شکل 7-1: مواد کامپوزیتی بر حسب طول تقویت کننده.....	12
شکل 8-1: مونتموریلونیت طبیعی (بالا) , اصلاح شده (پایین).....	14
شکل 9-1: ساختار کلی های معدنی مونتموریلونیت.....	15
شکل 10-1: طرح (a) نانوفایبر (b) نانوکلی.....	16
شکل 11-1: توانایی (a) لایه های کلی (b) نانو الیاف جهت تقویت کامپوزیت های دوماحوری و تک محوری.....	17
شکل 12-1: مواد کامپوزیتی پلیمری تقویت شده با SWNT.....	19
شکل 13-1: فلوجارت مخلوط کردن نانوکلی در حین پلیمریزاسیون.....	23
شکل 14-1: طرح شماتیک مخلوط کردن نانوکلی در حین پلیمریزاسیون.....	23
شکل 15-1: فلوجارت مخلوط کردن نانوکلی در مذاب.....	24
شکل 16-1: فلوجارت مخلوط کردن نانوکلی محلول.....	24
شکل 17-1: فلوجارت مخلوط کردن نانوکلی محلول.....	25
شکل 18-1: طرح شماتیک مخلوط کردن نانوکلی محلول.....	25
شکل 19-1: شیوه تولید نانوکامپوزیت به شیوه مخلوط کردن با مذاب.....	26
شکل 21-1: مکانیزم بین لایه قرار گیری و صفحه صفحه شدن صفحات کلی بوسیله پلیمر.....	32
شکل 22-1: فاصله صفحات کلی بواسطه قرارگیری زنجیرهای مولکولی.....	32
شکل 23-1: تعویض کاتیون ها با یونهای کاتیونی آلکیل آمونیوم.....	33
شکل 24-1: پروسه قرارگیری زنجیره های پلیمری در بین صفحات کلی در نانوکامپوزیت ها.....	33
شکل 25-1: چگونگی اصلاح ارگانیکی MMT.....	34

- شکل 1-26: سیستم‌های مختلف نانو کامپوزیت های ایجاد شده بر حسب چگونگی پخش صفحات کلی در ماتریس پلیمری . (a) سیستم ناسازگار 1 (توده ای از صفحات کلی) ، (b) سیستم جا دادنی 2 (نانو کلی بین صفحات) ، (c) سیستم ورقه ورقه 3 (صفحات کلی به صورت مجزا).....35
- شکل 1-27: طرح 1 و 2 دی متیل N-3 هگزادسیل ایمیدازولین تترا فلورو بوریت برای اصلاح ارگانیکی Na-MMT.....37
- شکل 1-28: تصویرهای TEM از نمونه CD۱۲ که بیانگر سطح بالای پخش و Exfoliation.....38
- شکل 1-29: تصویر TEM نمونه CD۱۳ بیانگر سطح پخش شدگی و لایه لایه شدن مشابه CD12....38
- شکل 1-30: طرح شماتیک از الیاف کامپوزتی که بوسیله نانو ذرات ، نانو تیوب و صفحات نانو متری تقویت شده اند.....39
- شکل 1-31: پیکربندی زنجیره های پلیمری تقویت شده بوسیله نانو ذرات در شبکه سه بعدی.....40
- شکل 1-32: تصویر SEM از الیاف پلیمری تقویت شده با دوده.....40
- شکل 1-33: تصویر میکروسکوپی از نانو ذرات اکسید روی ، اکسید مس و آلومینیوم.....41
- شکل 1-34: میکروگراف الکترونی پویشی از سطح گسسته شده الیاف ژل ریزی شده PVA/SWNT.....42
- شکل 1-35: قرار گیری کربن نانو تیوب در ساختار.....43
- کل 1-36: طرح XRD برای کلی ، ارگانو کلی و الیاف هیبریدی PET با محتوا متفاوت ارگانو کلی.....44
- شکل 1-37: طرح XRD برای 3 درصد وزنی C12PPh-MMT در الیاف هیبریدی PET با نسبت های مختلف کشش.....45
- شکل 1-38: میکروگراف SEM.....47 , 48
- شکل 1-39: میکروگراف TEM از 1 درصد وزنی.....49
- شکل 1-40: میکروگراف TEM از 3 درصد وزنی.....50
- شکل 1-41: ترموگرام های TGA کلی.....51
- شکل 1-42: تاثیر نسبت کشش روی استحکام کششی نهایی برای مقدار های مختلف ارگانو کلی.....53
- شکل 1-43: تاثیر نسبت کشش روی مدول کششی نهایی برای مقدار های مختلف ارگانو کلی.....54
- شکل 1-2 : ساختار شیمیایی سازگار کننده مورد استفاده در Cloisite 15A.....56
- شکل 2-2 : مخلوط کن داخلی Internal Mixer.....58
- شکل 2-3 : (a) اکسترودر تک پیچه آزمایشگاهی ۲۵ L/D= (b) سیستم پیچش.....60
- شکل 2-4 : دستگاه آنالیز حرارتی DSC.....61
- شکل 2-5 : (a) دستگاه پوشش دهنده طلا در خلاء (b) دستگاه میکروسکوپ الکترونی پویشی SEM.....62

صفحه	عنوان
63.....	شکل 2-6 : دستگاه استحکام سنج الیاف
66.....	شکل 3-1 : گراف DSC پلیمر پایه PET
67.....	شکل 3-2 : گراف DSC نانوکامپوزیت PET/2%CLAY
68.....	شکل 3-3 : گراف DSC نانوکامپوزیت PET/4%CLAY
69.....	شکل 3-4 : گراف DSC نانوکامپوزیت PET/2%CLAY/4%Epoxy
70.....	شکل 3-5 : گراف DSC نانوکامپوزیت PET/4%CLAY/4%Epoxy
71.....	شکل 3-6 : گراف DSC نانوکامپوزیت PET/4%CLAY/4%MPP
74.....	شکل 3-7 : نمودار XRD مربوط به Cloisite 15A
75.....	شکل 3-8 : نمودار XRD پلیمر پایه PET
76.....	شکل 3-9 : نمودار XRD نانوکامپوزیت PET/ ۲%Clay
77.....	شکل 3-10 : نمودار XRD نانوکامپوزیت PET/ ۴%Clay
78.....	شکل 3-11 : نمودار XRD نانوکامپوزیت PET/ ۲%clay / ۴%Epoxy
79.....	شکل 3-12 : نمودار XRD نانوکامپوزیت PET/ ۴%clay / ۴%Epoxy
80.....	شکل 3-13 : نمودار XRD نانوکامپوزیت PET/ ۴%clay / ۴%MPP
81.....	شکل 3-14 : میکروگراف (SEM) مربوط به به شکست نمونه PET/ ۲%Clay
82.....	بزرگنمایی 10000
83.....	شکل 3-15 : میکروگراف (SEM) مربوط به به شکست نمونه PET/ ۲%Clay/ ۴%MPP
84.....	بزرگنمایی 10000
85.....	شکل 3-16 : میکروگراف (SEM) مربوط به به شکست نمونه PET/ ۴%Clay
86.....	بزرگنمایی 30000
87.....	شکل 3-17 : میکروگراف (SEM) مربوط به به شکست نمونه PET/ ۴%Clay
88.....	بزرگنمایی 10000
89.....	شکل 3-18 : میکروگراف (SEM) مربوط به به شکست نمونه PET/ ۴%Clay
90.....	بزرگنمایی 3000
91.....	شکل 3-19 : میکروگراف (SEM) مربوط به به شکست نمونه PET/ ۴%Clay/ ۴%Epoxy
92.....	بزرگنمایی 30000
93.....	شکل 3-20 : میکروگراف (SEM) مربوط به به شکست نمونه PET/ ۴%Clay/ ۴%Epoxy
94.....	بزرگنمایی 10000

عنوان	صفحه
شکل 3-21 : میکروگراف (SEM) مربوط به به شکست نمونه PET/ %4Clay/ %4Epoxy	85
شکل 3-22 : مقایسه متوسط مدول اولیه الیاف پایه PET با الیاف نانوکامپوزیتی	86
شکل 3-23 : مقایسه متوسط استحکام الیاف پایه PET با الیاف نانوکامپوزیتی	86
شکل 3-24 : مقایسه متوسط ازدیاد طول تا پارگی الیاف پایه PET با الیاف نانوکامپوزیتی	87
شکل 3-25 : مقایسه متوسط استحکام منوفیلامنت های نانو کامپوزیتی حاصل در سرعت	88
شکل 3-26 : مقایسه متوسط استحکام منوفیلامنت های نانو کامپوزیتی حاصل در سرعت	88
شکل 3-27 : مقایسه متوسط استحکام منوفیلامنت های نانو کامپوزیتی حاصل در سرعت	89
شکل 3-28 : مقایسه متوسط مدول اولیه منوفیلامنت های نانو کامپوزیتی حاصل در سرعت	89
شکل 3-29 : مقایسه متوسط مدول اولیه منوفیلامنت های نانو کامپوزیتی حاصل در سرعت	90
شکل 3-30 : مقایسه متوسط درصد ازدیاد طول منوفیلامنت های نانو کامپوزیتی حاصل در	90
شکل 3-31 : مقایسه متوسط درصد ازدیاد طول منوفیلامنت های نانو کامپوزیتی حاصل در	91

چکیده

کار تحقیقاتی حاضر به بررسی ساختار و خواص الیاف تقویت شده با ذرات نانو کلی می پردازد . در این راستا تحقیقات انجام شده بر روی عوامل موثر بر تشکیل ساختار و خواص نمونه های نانو کامپوزیتی PET/Clay که به روش اختلاط در مذاب توسط مخلوط کننده داخلی تهیه شده اند متمرکز گردیده است .

پس از بررسی خواص نانو کامپوزیت ها ، نانو کامپوزیت های تهیه شده توسط یک دستگاه ذوب ریسی آزمایشگاهی به لیف تبدیل گشته و سپس خواص مورفولوژیکی و مکانیکی الیاف نانو کامپوزیتی مورد بررسی قرار گرفتند . با مقایسه این خواص با خواص الیاف حاصل از پلیمر پایه PET به بررسی تغییرات حاصله پرداخته شد .

پروژه حاضر مشتمل بر چهار فصل می باشد . فصل اول کلیاتی در معرفی نانو کامپوزیت های پلیمری، اجزای تشکیل دهنده آنها ، چگونگی تولید و بررسی خواص بدست آمده می باشد .

فصل دوم به مواد ، دستگاه ها و روش های تجربی به کار گرفته شده در این تحقیق اختصاص دارد . در فصل سوم نتایج کارهای تجربی به طور مفصل مورد بحث و بررسی قرار گرفته اند و بالاخره در فصل چهارم بحث و نتیجه گیری انجام می شود .

امید است که فعالیت تحقیقاتی حاضر بتواند به عنوان زیر بنایی مناسب جهت انجام پژوهش های بعدی در رابطه با الیاف نانو کامپوزیتی PET / Clay تهیه شده با روش اختلاط در مذاب باشد .