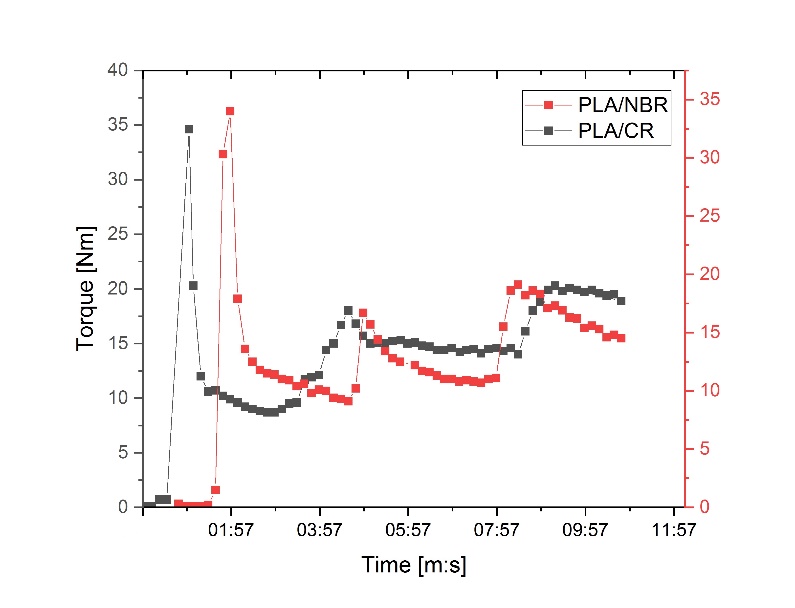
**تهیه و مقایسه خواص مکانیکی و مقاومت ضربه ترموپلاستیک الاستومر پخت دینامیکی شده بر پایه PLA/NBR و PLA/CR**

در چند دهه اخیر، به دلیل آلودگی­های زیست محیطی و کاهش ذخایر نفتی، مطالعات گسترده­ای بر روی پلیمر­های زیست­تخریب­پذیر صورت گرفته­است. پلی لاکتیک­اسید (PLA)، به دلیل زیست سازگاری و خواص مکانیکی بالا، بسیار مورد توجه قرار گرفته­است. با این وجود، کرنش پذیری و چقرمگی پایین PLA منجر به محدودیت در استفاده از این پلیمر شده­است. از روش­های متفاوتی برای اصلاح چقرمگی PLA استفاده شده که اختلاط با یک (لاستیک)، به کمک اختلاط مذاب بیشترین کاربرد را دارد. از طرفی ایجاد اتصالات عرضی در لاستیک حین اختلاط مذاب، موجب بهبود خواص مکانیکی آلیاژ می شود. در این کار ما به بررسی و مقایسه خواص مکانیکی و چقرمگی سامانه­های پخت دینامیکی شده بر پایه PLA/NBR و PLA/CR می­پردازیم. به منظور بررسی خواص مکانیکی آلیاژ­ها، از آزمون کشش و ضربه استفاده شد. ازدیاد طول تا شکست در نمونه حاوی NBR در حدود 200 برابر و برای CR در حدود 80 برابر PLA خالص شد که نسبت به نمونه­های پخت نشده برای NBR در حدود 11 برابر و برای CR حدود 6 برابر بهبود یافته است. استحکام کششی در نمونه حاوی NBR در حدود 50 درصد و برای CR حدود 10 درصد نسبت به PLA ­خالص کاهش یافته­است. چقرمگی نمونه حاوی NBR، 48 برابر و نمونه حاوی CR، 20 برابر PLA خالص است. به عنوان نتیجه این بررسی، برای بهبود خواص کششی و چقرمگی PLA، استفاده از NBR نسبت به CR، ارجحیت داشته و برای جلوگیری از کاهش استحکام PLA، استفاده از CR پیشنهاد می­شود.

* 1. **بررسی فرایند پخت دینامیکی**

به منظور تهیه آمیزه­های ترموپلاستیک الاستومر و بررسی چگونگی وقوع پخت دینامیکی، از مخلوط کننده داخلی استفاده شد. همه نمونه­ها در دمای 170 °C و دور 70 rpm به مدت ده دقیقه تهیه شدند. در شکل 1 منحنی گشتاور اختلاط دو سامانه نسبت به زمان نشان داده شده­است. پیک اولیه مربوط به ذوب فاز ترموپلاستیک PLA می باشد؛ بعد از گذشت 2 الی 3 دقیقه گشتاور اختلاط کاهش یافته و ثابت می­شود و سپس فاز لاستیک به مخلوط کن افزوده شد. 3 الی 4 دقیقه، اختلاط فاز PLA با فاز لاستیک­ ادامه یافته و سپس سامانه پخت پراکسیدی به مخلوط اضافه شد و افزایش گشتاور مشاهده شده که شاهدی بر وقوع پخت فاز لاستیکی، برهمکنش بین اجزا در فصل مشترک دو فاز و بهبود فصل مشترک می­باشد. پخت تا 2 الی 3 دقیقه ادامه یافت؛ سپس نمونه را از دستگاه خارج کرده و در نهایت در دمای محیط خنک شد. نمونه­ها حاوی 80 درصد PLA و 20 درصد NBR و دیگری 20 درصد CR بوده ک به ترتیب به صورت DP8N2 و DP8C2 نمایش داده شده­اند.



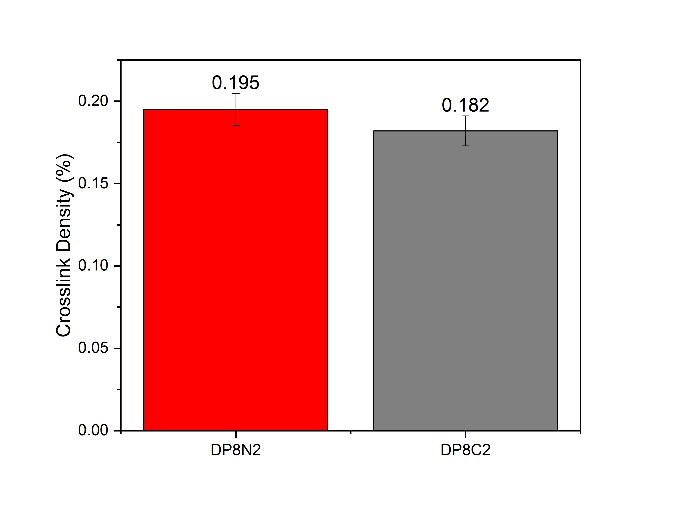
**شکل 1- منحنی گشتاور اختلاط علیه زمان برای دو سامانه**

* 1. **بررسی اتصالات عرضی**

به منظور بررسی میزان اتصالات ایجاد شده در فاز لاستیکی، از آزمون تورم استفاده شد. طی این آزمون، نمونه­ها به مدت 120 ساعت در دمای محیط در حلال تولوئن قرار گرفتند. می­دانیم ایجاد اتصالات عرضی در فاز لاستیکی از انحلال این فاز در تولوئن جلوگیری می­کند. پس از 120 ساعت شاهد تورم در نمونه­­ها بوده و پس از توزین نمونه­ها و استفاده از رابطه 1 به محاسبه این میزان اتصالات عرضی پرداختیم.

رابطه 1-

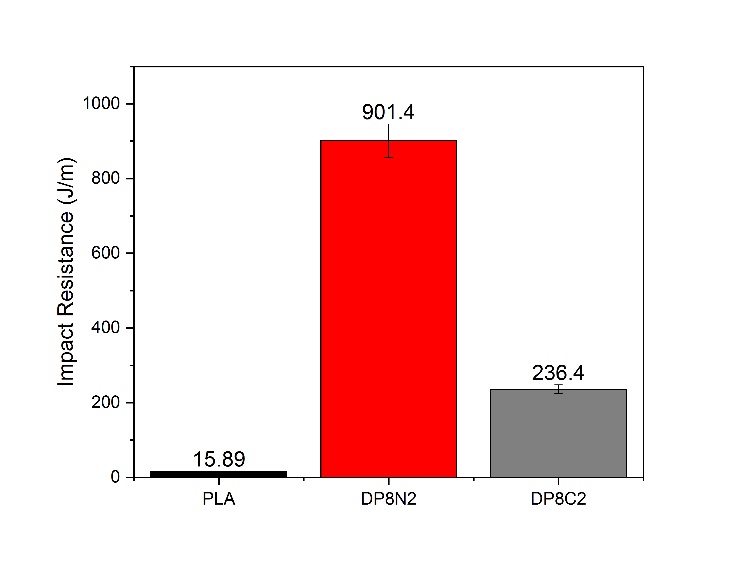
که در این رابطه m1 و m2 وزن نمونه­ها قبل و بعد از تورم، چگالی فاز لاستیکی، درصد وزنی فاز لاستیک و چگالی تولوئن (0.865 g/cm3) می­باشد. میزان اتصالات عرضی به دست آمده در شکل 1-2 مشاهده می­شود.



**شکل 2- میزان اتصال عرضی در دو سامانه**

* 1. **بررسی خواص مکانیکی**

**1-3-1- مقاومت ضربه**

برای بررسی میزان چقرمگی نمونه­ها از آزمون مقاومت ضربه (نوع Izod) استفاده شد. برای تهیه نمونه­ها از ASTM256 استفاده شد و پس از تهیه نمونه، در نمونه­ها ناچ ایجاد شد. در شکل 3 مقاومت ضربه مشاهده می­شود. با توجه به شکل، چقرمگی نمونه حاوی NBR، 48 برابر و نمونه حاوی CR 20 برابر PLA خالص شد. با توجه به اینکه چگالی اتصالات عرضی تشکیل شده در فاز لاستیکی سامانه PLA/NBR و PLA/CR نزدیک به هم می­باشد، مشاهده شده­است که مقاومت به ضربه سامانه PLA/NBR به مراتب بالاتر از سامانه PLA/CR شده­است؛ در نتیجه این امر باعث ارجحیت استفاده از فاز NBR نسبت به CR برای بهبود مقاومت ضربه PLA می­باشد. در واقع بالاتر بوده مقاومت ضربه سامانه PLA/NBR نسبت به PLA/CR به دلیل تخریب حرارتی فاز CR در حین پخت دینامیکی می­باشد. از این رو در کار جداگانه­ای، سازوکار تخریب CR در حضور سامانه پخت پراکسیدی وتنش مکانیکی در حال بررسی می­باشد. از طرفی، به دلیل نزدیک بودن پارامتر حلالیت NBR به PLA نسبت به CR، شاهد برهمکنش بهتر PLA با NBR بوده که دلیل دیگری برای بهبود مقاومت ضربه PLA در این سامانه است که در ادامه با بررسی خواص کششی نتایج فوق تایید خواهد شد.

**شکل 3- میزان مقاومت ضربه PLA خالص و سامانه­ها**

**1-3-2- خواص کششی**

برای بررسی خواص کششی، پس از تهیه نمونه­ها، توسط قالب­گیری فشاری، ورقه تهیه شد و طبق استاندارد، دنبل برای خواص کششی تهیه شد و طبق ASTM D638 آزمون کششی انجام شد. نتایج در جدول 1 جمع آوری شده­است. افزایش شدید ازدیاد طول تا شکست نمونه­ها نسبت به PLA خالص، بیانگر چقرمگی بالا این سامانه­ها می­باشد. طبق نتایج به دست آمده ازدیاد طول تا شکست در نمونه حاوی NBR در حدود 200 برابر و برای CR در حدود 80 برابر PLA خالص شده است که نسبت به نمونه­های پخت نشده برای NBR در حدود 11 برابر و برای CR حدود 6 برابر بهبود یافته است. استحکام کششی در نمونه حاوی NBR در حدود 50 درصد و برای CR حدود 10 درصد نسبت به PLA ­خالص کاهش یافته­است. مدول نمونه حاوی NBR برابر و نمونه حاوی CR برابر نسبت به PLA خالص کاهش یافت.

**جدول 1- نتایج حاصل از آزمون کشش**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| نمونه | استحکام کششی(MPa) | مدول کششی(MPa) | ازدیاد طول تا پارگی(٪) |
| PLA خالص | **65.31** | **3000** | **2.3** |
| NBR پخت شده | **2.332** | **0.661** | **498.83** |
| CR پخت شده | **10.8** | **2.280** | **1281.7** |
| DP8N2 | **35.2** | **1800** | **380** |
| DP8C2 | **57.22** | **2980** | **132.5** |

به عنوان نتیجه گیری نهایی از لحاظ شیمیایی برهمکنش بهتری بین PLA و NBR برقرار میشود؛ همچنین به دلیل ریزساختار خاص CR، در حین واکنش در دمای بالا، این لاستیک دچار تخریب حرارتی شده و گاز هیدروکلریک اسید آزاد شده باعث افت خواص سامانه می­شود که در این کار تا درصد بالایی از تخریب CR جلوگیری کردیم. از لحاظ مکانیکی نیز، اختلاف مدول بین PLA و NBR کمتر از CR بوده و در نتیجه ازدیاد طول تا شکست و چقرمگی سامانه PLA/NBR به مراتب بیشتر از سامانه حاوی CR است. از طرفی به دلیل مدول و استحکام بالاتر لاستیک CR، افت مدول و استحکام در این آلیاژ به مراتب کمتر از سامانه حاوی NBR است. به طور کلی برای رسیدن به خواص کششی مطلوب، علاوه بر سازگاری شیمیایی، سازگاری مکانیکی نیز اهمیت دارد.