



The Effect of the Shape of the Precured CIIR on the Physical Properties of the BR/CIIR Composites

Kyeongdeok Pyo and Chacheol Park[†]

Division of Energy & Bio Engineering, Dongseo University, Pusan 608-739, Korea

(Received August 24, 2015, Revised August 31, 2015, Accepted September 2, 2015)

Abstract: Rubber composites were prepared by precured CIIR pulverized at knead shear force in order to research the effects of the BR/PCP composites. The particle size of domain in BR/CIIR composites was decreased and homogeneously dispersed by the precured CIIR pulverized. However, it was difficult to use the product when the content is 40 phr and precured of 40%. BR/PCP composites have improved mechanical properties as compared that of the addition of simply cut chip composite.

Keywords: composite, precuring, pulverized, anti-abrasion, coefficient of friction

Introduction

일상생활 중에 많은 부분들이 적당한 마찰력을 필요로 하고 있으며, 경우에 따라서는 충분한 마찰을 유지하는 것이 매우 중요하다. 예를 들면 우리가 지면을 걸을 경우, 자동차가 출발할 경우 혹은 커브 길을 달리는 경우, 또 손으로 어떤 물체를 잡는 일 등에서, 만일 마찰이 너무 작다면 지면을 밟고 걸을 수도, 물체를 잡을 수도 없을 것이다. 충분한 마찰의 유지는 나사 그리고 볼트 등과 같은 체결기구에서도 필수적인 것이기도 하다.¹ 타이어와 신발 등의 고무제품들은 대부분이 마찰 현상이 수반되며 내마모성이 요구되는 동적 조건에 노출되어 있으며, 배합고무의 내마모 및 마찰 특성은 이들 제품의 사용수명 및 성능과 직접 연관되어 있어 매우 중요한 요소로 인식되고 있다.² 직접적이거나 간접적으로 표면접촉을 하고 있는 두 고체의 접촉점 사이에 상대운동이 일어날 경우 그 운동에 대한 저항이 항상 생기는데 이러한 현상을 마찰이라고 하며, 이때의 저항력을 마찰력이라 한다. 마모는 물체의 표면에서 기계적인 운동에 의해 물체가 점차적으로 부스러져 떨어져 나가는 현상을 말하며, 여기서 기계적인 운동으로는 기체, 액체, 고체 등의 접촉에 의한 것들이 있다.³ 그러나 마모만이 독자적으로 작용하는 경우는 흔하지 않으며 대부분 마찰과 윤활이 마모와 같이 작용하여 나타나므로 매우 복잡한 양상을 보이게 된다. 마찰 상태를 크게 나누면 고체 마찰, 유체마찰 및 경계마찰로 나눌 수 있다. 고무재료의 마모 및 마찰 현상에는 대단히 복잡한 메커니즘이 작동하고 있다.⁴

우선 고무재료가 단단한 고체 표면 위를 이동할 때, 계면 사이에서 일어나는 마찰력은 다음의 두 메커니즘에 기인한다. 첫째, 접촉계면에 형성된 접착이다. 따라서 걸보기 접촉면적이 아닌 실제 접촉면적이 중요하다. 고무탄성체의 경우 수직 하중, 미끄러짐 속도, 그리고 온도의 영향을 크게 받는다. 둘째, 고무탄성체의 이동과정에서 수반되는 소성변형의 결과이다. 변형과정에서 발생하는 히스테리시스적 에너지 소산이 마찰력 발생에 기여한다.⁵

고무 재료는 플라스틱 재료와 달리 높은 점탄성을 갖고 있으며, 이러한 점탄성 특성은 연속적으로 반복변형을 계속하는 제품에서 안전하게 오랜 수명을 유지할 수 있다.⁶ 내마모성이 우수한 BR과 내슬립성이 우수한 CIIR을 블렌딩한 경우 블렌드물의 마찰계수는 대체로 산술평균에 해당하는 물리적 특성을 나타내지만, 내마모성은 마이너스편차로 급격히 감소하는 경향을 나타내었다.^{7,8} BR/CIIR블렌드물에서 블렌드물의 내마모성이 급격히 감소하는 문제점을 보완하기 위하여 CIIR을 예비가교한 후 BR과 혼련하고 2차 가교하여 복합체를 성형한 경우 복합체의 마찰계수는 일정 수준을 유지하면서도 내마모성이 향상되는 것으로 알려져 있으나, 예비가교된 분산상과 연속상과의 계면 인력의 부족으로 인장강도가 저하하는 문제점이 대두되었다.⁹ 예비가교된 분산상을 사용한 복합체에서 인장강도가 저하되는 문제를 해결하기 위하여 예비가교물을 분쇄하여 니더 가공하여 복합체를 제조하는 방법이 제안되었으나 분산상태가 불량하고 인장강도의 저하가 심한 것으로 나타났다.¹⁰

따라서 본 연구에서는 우수한 내마모성 및 마찰특성을 지니는 CIIR/BR 복합체의 인장강도저하 문제를 해결하기 위하

[†]Corresponding author E-mail: ccpark@gdsu.dongseo.ac.kr

여, 예비가교된 CIIR을 니더에서 충분히 분쇄한 뒤, CIIR 예비가교 분쇄물(PCP)을 BR에 첨가하여 BR/PCP 복합체를 제조하고 예비가교도 및 함량이 인장강도, 마찰 및 내마모 등의 기계적 특성에 미치는 영향을 고찰하였다.

Experimental

1. 실험재료

본 실험에 분산상으로 사용된 CIIR은 Exxon Mobil사의 CIIR-1066을 사용하였으며, 연속상으로 사용된 BR고무는 금호 석유 화학의 KOSYN 01(KBR)을 사용하였다. 가교제 및 가교촉진제는 한일화학공업(주)에서 생산하는 공업용 약품인 sulfur (S), ZnO, didenothiazole disulfide (MBTS) 및 tetramethylthiuram monosulfide (TMTM)를 정제없이 그대로 사용하였다. Stearic acid (SA)는 (주)엘지생활건강의 ELOFAD TH100을 정제없이 그대로 사용하였다. 실란 커플링제는 예보닉 테구사의 Si-69를, 프로세스 오일은 미창석유공업의 W-1500을 사용하였으며, 윤활제는 KPX Green Chemical의 KONION PEG-4000을 사용하였다. 산화방지제는 Sumitomo Chemical의 butylated hydroxytoluene (BHT)를, 충전제로는 Raudia사의 Zeosil 175G를 사용하였다.

2. 시편제조

2.1 혼련물 제조

매트릭스로 사용된 혼련물을 고무제조공정에서 발생하는 스크치를 방지하기 위해서 2단계 혼련으로 혼련물을 제조하였다. 1차혼련에서는 가교제 및 가교촉진제를 제외한 원료 고무 및 첨가제를 Table 1에 나타난 배합비에 따라서 순차적으로 투입하였다. 1차 혼련 공정은 BR 이나 CIIR 고무 각각을 250 ml 용량의 밀폐형 혼련기에 넣고, 30 rpm의 속도에서

Table 1. Recipes for Domain and Matrix Rubber Compound

Materials	Domain (phr)	Matrix (phr)
CIIR	100	-
BR	-	100
Stearic acid	1	1
Zeosil175	30	30
Si-69	2	2
White oil	3	3
BHT	1	1
PEG 4000	1	1
ZnO	5	5
Sulfur	1.5	1.5
TS	0.5	0.2
DM	1	1

60°C 및 80°C로 유지하면서 5 분간 전단력에 의한 소련을 한 뒤, 충전제, 프로세스 오일 및 실란 커플링제를 투입하고, PEG 4000 1부 및 산화방지제인 BHT 1부를 6분 후에 투입하여 1차 혼련을 하였다. 1차 혼련물을 40°C의 직경 15 cm의 개방롤에서 가교제 및 가교촉진제인 황, MBTS, TMTM 및 ZnO를 투입하여 10회 회전하여 균일하게 혼련하여 2차 혼련물을 제조 한 후 24시간 방치하여 숙성시켰다.

2.2. 도메인 제조

도메인으로 사용된 CIIR 예비가교물(PCIIR)은 Table 1과 같이 배합 혼련된 CIIR을 24시간 숙성시킨 후, 3 mm의 크기(직경 3 mm)로 절단하여 150°C에서 10분, 13분 및 17분 동안 가교하여 가교도 20%, 30% 및 40%인 PCIIR20, PCIIR30 및 PCIIR40으로 제조하였다. CIIR의 예비가교 및 복합체의 후 가교 시간을 Table 2에 나타내었다. T_{90} 은 큐라스토메터로 측정된 최대 토크값의 90%에 해당하는 가교시간으로 Table 1과 같이 배합된 CIIR의 경우 44분으로 나타났다. 예비가교 시간은 10분, 13분 및 17분이었으며, 20%, 30% 및 40%로 열풍 예비가교의 경우 큐라스토메터로 측정된 예비가교도는 각각 19%, 29% 및 39%였다. 예비가교된 PCIIR20, PCIIR30 및 PCIIR40을 각각 밀폐형 혼련기인 니더에 넣고 60°C에서 10분 동안 30 rpm으로 전단가공하여 보다 적은 입자로 균일하게 가공된 예비가교 분쇄물(PC20P, PC30P 및 PC40P)을 제조하였다. PC40C는 40% 예비가교된 PCIIR40을 분쇄하지 않은 칩상태(직경 3 mm, 높이 3 mm)의 예비가교물을 의미한다.

2.3. 복합체 제조

매트릭스로 사용되는 BR 혼련물에 예비가교된 CIIR 분쇄물 10 phr, 20 phr, 30 phr 및 40 phr을 실험용 니더에 투입한 후 60°C에서 5분간 혼련하고, 155°C에서 소정 시간 가열·압축하여 고무 복합체(BR/PCP)를 제조하였다. BR/PCP 복합체 제조를 위한 배합 비율 및 혼련 조건을 Table 3에 나타내었다. 복합체의 가교 시간은 Table 2에 나타난 바와 같이 T_{90} 에서 예비가교시간을 제외한 값으로 34분, 31분 및 27분이었다.

Table 2. Precured and Second Curing Times of CIIR

Code	Curing Time (min.)			Pulverization (min.)	
	Precured	Second curing ^{a)}			
CIIR	-	-	T_{90}	44	-
PC20P	T_{20}	10	$T_{90}-T_{20}$	34	10
PC30P	T_{30}	13	$T_{90}-T_{30}$	31	10
PC40P	T_{40}	17	$T_{90}-T_{40}$	27	10
PC40C	T_{40}	17	$T_{90}-T_{40}$	27	-

^{a)}Second curing is performed during mixing with BR in composites.

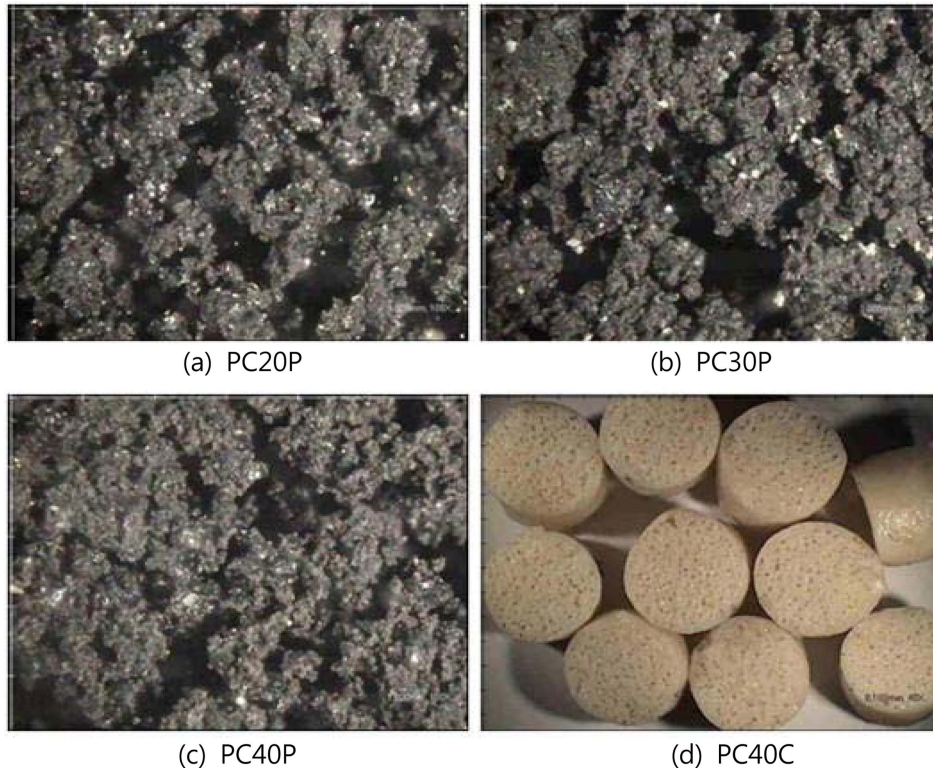


Figure 1. Photographs (1 mm, $\times 100$ and 1 mm, $\times 40$) of Ground PCIIR; (a) PC20P ($\times 100$), (b) PC30P ($\times 100$), (c) PC40P ($\times 100$), (d) PC40C ($\times 40$).

Table 3. Rubber Composition in BR/CIIR Composite and Processing Time for Precured CIIR

Code	Ratio of Rubber Compounds (phr)					Secend curing (min.)	
	BR	CIIR	PC20P	PC30P	PC40P		PC40C
BR100	100					0	
BR/CIIR10*	90	10				0	
BR/CIIR20*	80	20				0	
BR/CIIR30*	70	30				0	
BR/CIIR40*	60	40				0	
BR/PC20P10	100		10			34	
BR/PC20P20	100		20			34	
BR/PC20P30	100		30			34	
BR/PC20P40	100		40			34	
BR/PC30P10	100			10		31	
BR/PC30P20	100			20		31	
BR/PC30P30	100			30		31	
BR/PC30P40	100			40		31	
BR/PC40P10	100				10	27	
BR/PC40P20	100				20	27	
BR/PC40P30	100				30	27	
BR/PC40P40	100				40	27	
BR/PC40C10	100					10	27
BR/PC40C20	100					20	27
BR/PC40C30	100					30	27
BR/PC40C40	100					40	27

*Simple Blend

2.4. 블렌드물 제조

매트릭스로 사용되는 BR 혼련물에 CIIR 혼련물을 10 phr, 20 phr, 30 phr 및 40 phr 실험용 니더에 투입한 후 60°C에서 5 분간 혼련하고, 155°C에서 소정 시간 가열 · 압축하여 고무 복합체인 BR/CIIR을 제조하였다.

3. 특성 측정

인장강도 및 신장률은 Instron사의 만능 시험기 Model 4466을 사용하였으며, 시편을 3 mm ± 0.2가 되도록 제조한 후 아령형 3호로 시험편을 제작하고 만능 시험기를 이용하여 500 mm/min의 속도로 시험하였고, 5회 측정하여 표준편차가 큰 2개의 시험 값을 제외한 나머지를 평균으로 구하였다. 인장강도의 경우 (1)식과 같이 계산하였다.

$$T_B = \frac{F_B}{A} \quad (1)$$

- : 인장 강도(kg/cm²)
- : 최대 하중(N)
- : 시험편의 단면적(mm²)

신장률의 경우 (2)식과 같이 인장에 의해 늘어난 길이를 처음 길이로 나눈값으로 하였다.

$$E_B = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \quad (2)$$

- E_B : 신장률(%)
- L_0 : 눈금 거리(mm)
- L_1 : 절단될 때의 눈금 사이의 길이(mm)

마모 시험은 NBS식에 의하여 두께 6.3 mm, 한 변의 길이가 25.4 mm인 정사각형 시편을 걸개에 걸어 연마지가 부착된 드럼위에 위치시키고 45 ± 5 rpm의 속도로 회전시켜 마모가 2.54 mm 될 때의 회전수를 측정하였다. 측정된 시험편의 회전수와 마모용 기준물 회전수의 비를 (3)식으로 계산하여 내마모율을 구하였다.

$$\text{내마모율}(\%) = \frac{R_1}{R_2} \times 100 \quad (3)$$

- R_1 : 시험하고자 하는 시험편이 2.54 mm 마모되는데 필요한 회전수
- R_2 : 기준물 시험편이 2.54 mm 마모되는데 필요한 평균 회전수

마찰계수 특성은 표준상태에서 시편을 55 mm × 100 mm의 크기로 절단하여 수평상태의 측정기면에 시편을 올린 다음, 시편이 미끄러지기 직전의 tanθ 값을 취하였다. 5회 측정한다

음, 최대와 최소 값을 뺀 나머지를 평균값을 산출하여 최종 값으로 택하였다.

Results and Discussion

내마모성과 마찰 특성이 우수한 소재를 개발하기 위하여 내마모성 및 인장강도가 우수한 BR에 마찰특성은 우수하나 인장강도가 낮은 CIIR을 단순히 블렌딩하면 마찰특성과 인장강도는 선형으로 감소하지만 내마모 특성이 현저히 저하되는 것으로 알려져 있다.⁷ 이러한 문제를 해결하기 위하여 CIIR을 예비가교하여 BR에 혼합하여 복합체(BR/PCIIR)를 제조한 복합체는 블렌드물에 비하여 내마모성은 현저히 향상되지만 강도가 저하되는 것으로 나타났으며, 이는 BR/PCIIR 복합체에서는 분산상인 PCIIR 입자의 예비가교반응에 의해 계면 상분리에 의한 것으로 보고되고 있다.⁸ BR/PCIIR 복합체의 내마모 특성은 유지하면서도 인장강도를 향상시키기 위하여, 예비가교된 PCIIR을 니더로 분쇄하여 복합체로 만든 경우 분산상이 균일하게 분산되어 예비가교물 칩을 사용한 복합체에서의 인장강도 저하 현상이 개선될 것으로 기대된다.

BR에 CIIR을 부가하여 제조한 BR/CIIR 블렌드물, CIIR 예비가교 분쇄물을 첨가한 BR/PC40P, CIIR 예비가교 칩을 부

Table 4. Mechanical Properties of BR/PCP Composites

	Tensile strength (kgf/cm ²)	Elongation (%)	Anti-abrasion (%)	Friction coefficient (μ)
BR	93.6	449.9	570	1.04
BR/CIIR10*	85.85	367.2	220	1.28
BR/CIIR20*	80.34	368.24	180	1.38
BR/CIIR30*	75.35	375.69	119	1.58
BR/CIIR40*	66.89	385.18	89	2.1
BR/PC20P10	95.07	450.53	488	1.6
BR/PC20P20	88.1	465	280	1.77
BR/PC20P30	84.4	474.9	241	1.96
BR/PC20P40	78.21	508.6	197	2.14
BR/PC30P10	85.15	496.1	522	1.63
BR/PC30P20	80.24	496.9	352	1.8
BR/PC30P30	77.96	465.5	299	2.01
BR/PC30P40	75.19	463.1	233	2.14
BR/PC40P10	82.8	462.5	551	1.7
BR/PC40P20	74.44	460.1	434	1.8
BR/PC40P30	70.65	461.5	335	2.14
BR/PC40P40	65.87	466.1	280	2.25
BR/PC40C10	78.66	403.3	530	1.7
BR/PC40C20	69.29	410.9	407	2.05
BR/PC40C30	61.55	434.9	315	2.25
BR/PC40C40	51.57	449.7	221	2.48

*Simple Blend

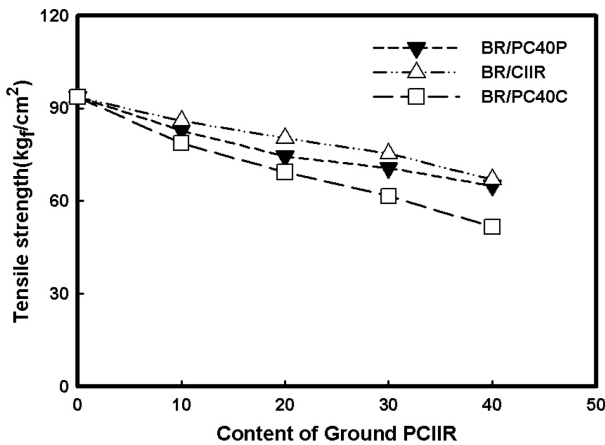


Figure 2. Variation of tensile strength of BR/PCP composites with content of Ground PCIIR.

가한 BR/PC40C 복합체의 인장강도 특성을 Table 4 및 Figure 2에 나타내었다. 전반적으로 CIIR의 함량이 높을수록 블렌드물 및 복합체의 인장강도가 저하하는 경향을 나타내었다. 분산상인 CIIR의 함량이 증가함에 따라 복합체의 인장강도가 저하되는 현상은 분산상인 CIIR과 연속상인 BR의 상분리 현상에 기인하는 것으로 알려져 있다.⁷ 분산상으로 예비가교된 CIIR을 사용하여 제조한 복합체의 경우 단순 블렌드물에 비하여 인장강도의 저하가 많은 것으로 나타났다. 또한 CIIR의 함량이 10%에서 40%로 높아짐에 따라 복합체의 인장강도는 더욱 많이 저하하는 경향을 나타내었다. 이러한 현상은 분산상인 CIIR의 함량이 증가함에 따라서 혼련과정에서 분산상의 응집력이 높아져 연속상인 BR과의 균일한 혼합을 방해하여 BR과 CIIR 사이의 상호인력이 낮아졌기 때문으로 이해되며, 선행연구에서도 유사한 경향을 나타내었다.⁸ 분산상으로 예비가교된 칩(PC40C)을 사용한 경우보다 니더 가공된 분쇄물(PC40P)을 사용하여 제조한 복합체(BR/PC40P)의 경우 인장강도가 높은 것으로 나타났다. 예비가교된 CIIR을 니더에서 가공한 분쇄물을 사용한 복합체의 경우 칩 상태로 사용한 경우에 비하여 인장강도가 향상되는 현상은, 니더가공에 의하여 분산상의 크기가 미세해짐으로 매트릭스와의 상분리현상이 개선되는 것에 기인하는 것으로 이해된다. 따라서 분산상으로 사용된 예비가교된 CIIR을 니더에서 가공하여 보다 미세하게 분쇄된 상태로 첨가하여 복합체로 제조하는 경우 예비가교된 칩을 첨가하여 제조된 복합체의 인장강도 저하문제를 어느 정도 보완해줄 수 있는 것으로 기대된다.

Figure 3에 BR/CIIR 블렌드물, BR/PC40P 및 BR/PC40C 복합체의 신장율을 나타내었다. 전체적으로 분산상의 함량이 증가되어도 신장율은 크게 차이가 나지 않는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 매트릭스인 BR의 신장율은 낮으나 분산상인 CIIR의 신장율이 더 높은 것이 기인하는 것으로 이해될 수 있다.

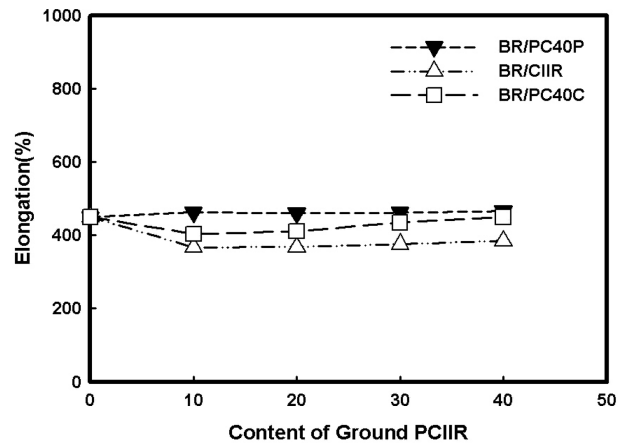


Figure 3. Variation of elongation of BR/PCP composites with content of Ground PCIIR.

내마모성이 우수한 BR에 마찰특성이 우수한 CIIR을 단순 블렌딩하는 경우에는 블렌드물의 마찰특성은 다소 개선되지만 내마모특성이 현저히 저하되는 것으로 알려져 있다.⁷ 이러한 문제점을 개선하기 위하여 분산상인 CIIR을 예비가교하여 복합체로 제조한 경우 복합체의 내마모특성은 블렌드물에 비하여 현저히 향상되는 것으로 알려져 있다.⁸

내마모성이 우수한 BR 매트릭스에 마찰특성이 우수한 CIIR을 다양한 형태로 첨가하여 제조한 BR/CIIR 블렌드물 및 복합체의 내마모 특성을 Figure 4에 나타내었다. 전체적으로 실험범위 내에서 분산상인 CIIR의 함량이 증가함에 따라 블렌드물 및 복합체의 내마모성이 감소하는 것으로 나타났다. CIIR의 첨가에 따른 내마모 특성이 감소는 블렌드물이 가장 현저한 것으로 나타났다. 이것은 예비가교가 이루어질수록 도메인 복합체에서 매트릭스의 결정형성을 방해할 적게 한다는 선행연구결과와 일치하는 결과로 볼 수 있다.⁸ 분산상인 CIIR을 단순히 예비가교한 칩을 첨가한 복합체의 경우에는 블렌드물 보다는 우수하였으나, 분산상을 예비가교한 후 니더

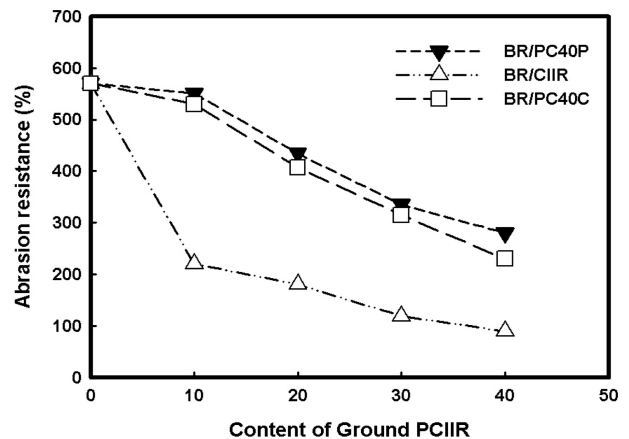


Figure 4. Variation of abrasion resistance of BR/PCP composites with content of Ground PCIIR.

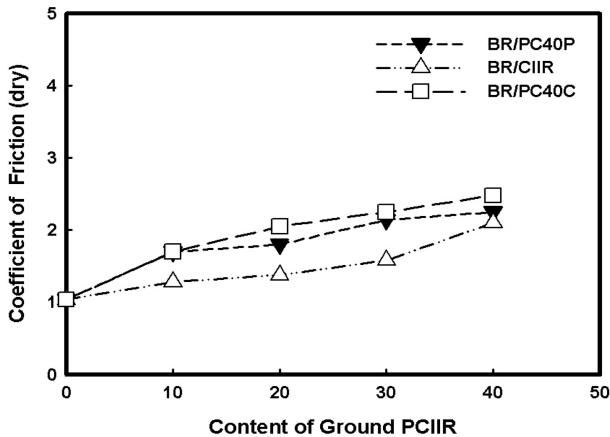


Figure 5. Variation of coefficient of friction (dry) of BR/PCP composites with content of Ground PCIIR.

로 전단가공한 경우보다는 미소하게 낮은 것으로 나타났다.

BR 매트릭스에 다양한 형태의 CIIR을 첨가하여 제조한 BR/CIIR 블렌드물 및 복합체의 마찰계수를 Figure 5에 나타내었다. 전반적으로 블렌드물 및 복합체에서 CIIR의 함량이 증가됨에 따라 마찰계수가 증가하는 경향을 나타내었으며, 단순블렌드물 보다는 예비가교물을 첨가한 복합체의 경우가 마찰계수가 높은 것으로 나타났다. 예비가교물을 분산상으로 사용한 복합체의 경우가 블렌드물 보다 마찰계수가 높은 이러

한 현상은 분산상의 분산형태에 기인하는 것으로 알려져 있다.⁸ 즉 블렌드물의 경우 분산상이 미세크기로 분산되어 있으나 예비가교물 침으로 제조된 복합체에서는 분산상이 거시차원으로 분산되어 상대적으로 분산상인 CIIR의 마찰특성 발현이 용이했던 것으로 이해된다. 분산상인 예비가교물이 침상태인 경우 보다 니더에서 추가 가공된 입자상태로 제조된 복합체의 마찰계수가 미소하게 낮은 것으로 나타났다. 이러한 현상 역시 분산상의 크기가 적어질수록 마찰계수가 낮아지는 것에 기인하는 것으로 이해된다.

분산상으로 사용된 CIIR을 20%, 30% 및 40% 예비가교한 후 분쇄하여 BR과 혼련하여 제조한 BR/PCP 복합체의 현미경사진을 Figure 6에 나타내었다. Figure 6(b)에 나타난 바와 같이 20% 예비가교된 CIIR을 니더에서 분쇄한 후 40 phr 첨가한 BR/PC20P40의 경우에는 첨가한 분산상이 뭉치지 않고 잘 분산되어 균일한 복합체를 나타내었으나, 예비가교도 40%인 PCP를 40 phr 첨가된 복합체의 경우 Figure 6(d) 분산상이 분산상태가 많이 불균일한 것으로 나타났다.

Conclusion

내마모 및 마찰특성이 우수한 재료를 개발하기 위하여, 20%, 30% 및 40% 예비가교된 CIIR을 니더에서 2차 가공한 후 BR에 혼합하여 제조한 BR/PCP 복합체를 연구한 결과 다

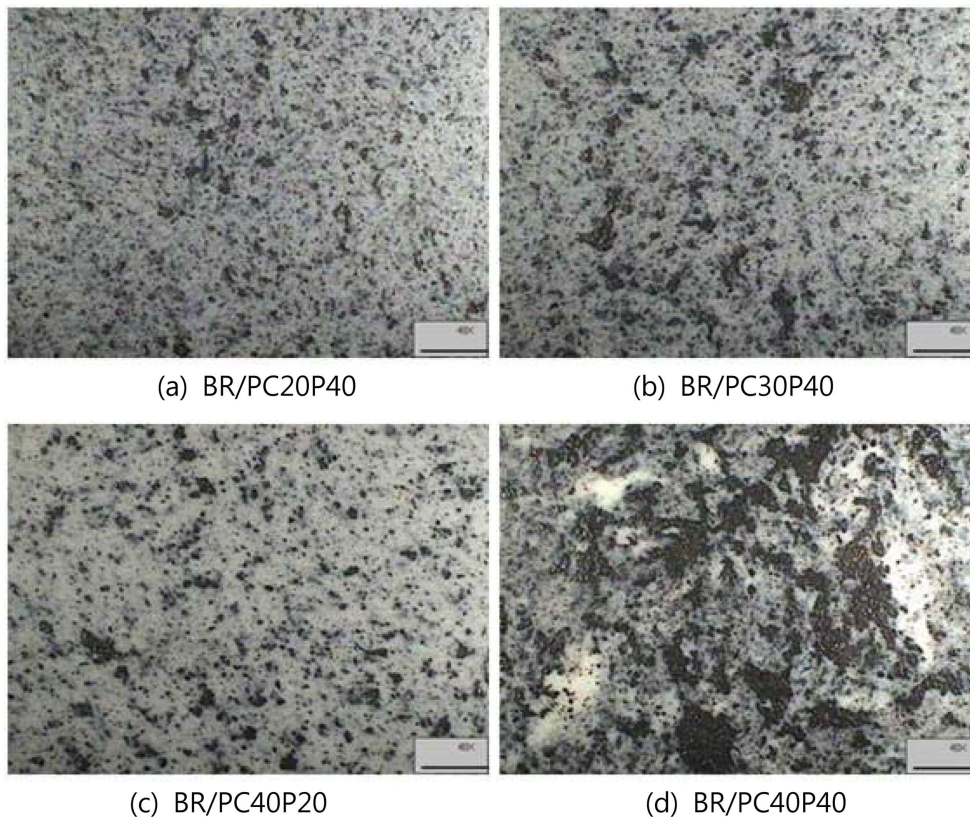


Figure 6. Photographs ($\times 40$) of rubber composites.

음과 같은 결론을 얻었다.

BR/CIIR 복합체와 같이 단순 블렌드한 경우는 내마모 특성이 산술평균 이하로 현저히 저하한 반면에 CIIR을 예비가교물을 첨가한 복합체의 경우 감소현상이 개선되었다. 또한 CIIR 예비가교 분쇄물을 첨가한 BR/PCP 복합체의 경우는 예비가교 칩을 첨가한 경우보다 미소하게 높은 값을 나타내었다. CIIR 예비가교 분쇄물을 첨가한 복합체에서는 칩상태의 분산상 보다 도메인의 입자가 작아지고 균일하게 분산되었다. 하지만 PCP 함량이 40 phr, 예비가교도가 40%인 분산상을 사용한 복합체의 경우 분산상이 서로 뭉쳐 제품으로 사용하기 곤란한 상태로 나타났다. CIIR 예비가교물을 분쇄하여 BR 복합체에 첨가함에 따라 CIIR을 예비가교한 상태로 단순히 절단한 칩을 첨가한 복합체에 비하여 기계적 특성이 향상되었다. 분산상으로 사용하는 CIIR을 예비가교한 상태로 단순히 절단한 칩으로 사용하지 않고 니더에서 한번더 전단가공한 후 복합체 제조 과정에 첨가하는 경우, 내마모특성 향상을 위하여 예비가교물을 첨가한 복합체의 인장강도의 저하되는 선행연구의 문제점을 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgments

본 연구는 동서대학교 연구비 지원에 의하여 이루어졌습니다.

References

1. J. K. Lee and S. W. Koh, "Wear characteristics on particle volume fraction of nano silica composite materials", *Fish. Tech.*, **49**, (2013).
2. J. H. Youn and S. Y. Kang, "Wear behavior of C/B filled NR compounds using a Blade-type Abrader", *Elast. Compos.*, **49**, 73 (2014).
3. A. Schallamach, "Friction and abrasion of rubber", *Wear*, **1**, 384 (1958).
4. K. A. Grosch, "The relation between the friction and vis-coelastic properties of rubber", *Proc. Roy. Soc.*, **A274**, 21 (1963).
5. D. H. Kim and S. Y. Kang, "Determination of abrasion Rate of SBR Rubber Compounds using a Knife-blade Abrader", *Elast. Compos.*, **49**, 149 (2014).
6. C. S. Ryu, C. K. Hong, C. W. Moon, and S. Y. Kang, "Effects of Particle Size and Structure of Fillers on the Friction and Wear Behavior of Filled Elastomer", *Elast. Compos.*, **41**, 194 (2006).
7. C. C. Park and K. D. Pyo, "Effect of chlorobutyl rubber on the mechanical properties of chlorobuty rubber blends", *Elast. Compos.*, **45**, 280 (2010).
8. C. C. Park and K. D. Pyo, "A Study on the friction and anti-abrasion properties of rubber blends for shoes outsole", *Elast. Compos.*, **46**, 324 (2011).
9. K. D. Pyo, J. S. Choi, J. N. Lee, and C. C. Park, "Improvement of frictional property of BR/CIIR composite rubber for shoe outsole", *Polymer(Korea)*, **37**, 255 (2013).
10. K. D. Pyo and C. C. Park, "The effect of the Knead Processing of the Precured CIIR on the Physical Properties of the BR/PCIIR Composites", *Elast. Compos.*, **49**, 127 (2014).