

인쇄용 고무roller의 제조와 물성 : (I) 부타디엔고무와 니트릴고무 혼련물의 내유성 및 기계적 성질

박 찬 영

부경대학교 화학공학부

(2000년 7월 22일 접수, 2000년 8월 19일 최종수정본 접수)

Preparation and Properties of Printing Rubber Roller : (I) Oil Resistance and Mechanical Properties of Butadiene Rubber/Nitrile Rubber Compounds

Chan-Young Park

Division of Chemical Engineering, Pukyong National University, Pusan
608-739, Korea

(Received 22 July 2000, in final form 19 August 2000)

Abstract

In this experiment butadiene rubber(BR)/acrylonitrile butadiene rubber(NBR) blends was prepared and then the applicability of BR/NBR blends as printing rubber roller was examined. With the aid of open 2-roll mill, BR, NBR and another chemical additives were compounded. Then rubber vulcanizates were manufactured by hot press and maximum torque, Mooney viscosity, mechanical properties and oil resistance of the test specimens were measured. With prolonged oil aged treating time, BR/NBR blends became soft and so the hardness of blends decreased. It could be explained by the swelling of rubber matrix with oil penetration into rubber molecules. The undesirable low value of oil resistance of BR was significantly improved by blending BR with NBR.

1. 서 론

중요한 고분자 소재로는 고무, 플라스틱, 섬유 등이 거론될 수 있으며 이들 중에서 고무는 자동차 용 부품, 승용차 및 자전거 타이어, fender, 각종 설비의 벨트, 호스, 신발, 인쇄용 고무 roller 등에 이르기까지 광범위하게 이용되고 있다. 합성고무에 대한 연구가 본격적으로 시작되어 고무의 화학적 조성이 밝혀진 이후, 다양한 종류의 합성고무가 개발되었으며 오늘날에는 대량생산되어 시판되기에 이르렀다.^{1,2)}

이어서 고무공업이 급격하게 발전함에 따라 고분자 재료에 있어서 고성능화 및 고기능화 등의 특성 요구가 증가하고 있으나 새로운 재료의 개발에는 많은 시간과 비용이 소요되므로 소재개발의 한 방법으로서 두 종류 이상의 고분자를 물리적으로 혼련하여 다양한 물성을 갖는 고분자 블렌드법이 관심을 끌고있다.^{3,4)} 그 이외에도 고무를 블렌드하거나 혼련하는 이유는 첫째는 기본고무의 물성향상, 둘째는 가공성의 향상, 셋째는 배합물의 가격을 낮추는 것이다. 고무는 거의 다 나름대로 하나 또는 그 이상의 결점을 가지고 있으며, 블렌드는 여러 면에서 최적의 상태를 얻기위한 방법 중의 하나이다. 물성이 우수한 배합물은 가공과정에서 어려움이 없도록 할 필요가 있고 거동에 있어서 균일해야 한다.⁵⁾ 뚜렷한 가격 차이는 고무 블렌드를 수행하는 가장 분명한 경제적인 이유의 하나가 된다. 즉 고무 블렌드는 혼련물의 물리적 성질, 가공성 및 비용에 있어서 최상의 타협을 얻기 위하여 고무 산업계에서 널리 이용되고 있다. 고무 블렌드에서는 가황방식, 보강제 및 연화제 등의 배합약품이 상호간의 작용에 큰 영향을 미친다. 그리고 고무블렌드는 열가소성 수지 블렌드와 비교하여 훨씬 복잡한 양상을 나타낸다.⁶⁾

일반적으로 BR(butadiene rubber) 고무는 주쇄에 전혀 가지를 갖지 않으며 합성고무 중에서 가장 낮은 유리전이온도를 나타낸다. 또한 내마모성이 우수하고 저온에서의 유연성이 뛰어나며, 작은 변형에서의 반반력에 대한 저항성이 우수하다. 하지만 천연고무에 비하여 인장강도 및 인열강도, 내유성 등이 낮은 단점이 있다.

그리고 NBR(acrylonitrile butadiene rubber) 고무는 부타디엔과 아크릴로니트릴의 랜덤공중합에 의하여 제조된다. NBR 고무가황체는 윤활유, 그리이스, 연료유 등에 대한 내유성이 매우 좋으며 내노화성, 내마모성 및 내기체투과성 등이 우수하여 자동차, 기계공업의 발달과 함께 꾸준히 수요가 증가하고 있다. 특히 내유성의 관점에 있어서 NBR 고무내의 니트릴기는 극성이 강하여 석유류에 대한 내유성을 부여한다. 또한 니트릴기는 고무탄성을 나타내게 하며, 유리전이온도를 상승시키는 작용을 한다.

한편 각종 고무롤러(roller)의 종류로는 펄프 및 종이 가공용 roller, steel 가공용 roller, 직물산업용 roller, 기계용 roller, 산업용 roller 및 인쇄용 고무 roller 등이 있다. 고무 roller의 제조방법으로는 casting법, molding법, strip building법 및 calender building법 등이 있다.⁷⁾ 특히 graphic art 용 고무roller에 있어서는 인쇄잉크에 대한 저항성, damping 용액에 대한 내용제성 등의 특성이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 BR 고무와 NBR 고무를 블렌딩을 통한 블렌드물의 가황체를 제조한 후 내유성을 비롯한 여러 가지 기계적 성질을 검토하여 인쇄용 고무 roller로서의 적용가능성 및 우수한 내유성을 갖는 인쇄용 고무 소재를 개발하고자 한다.

2. 실험

2-1. 실험재료

BR은 금호(주) 제품의 KBR 01 grade를 사용하였으며, NBR은 acrylonitrile의 함량이 41%인 JSR(Japanese Synthetic Rubber) 제품의 N220S를 사용하였다. 가교제는 유황을 사용하였고, 활성제는 산화아연을 사용하였다. 가교촉진제는 2-mercapto benzothiazole (M)과 tetramethythiuram disulfide(TT)을 함께 사용하였다. 윤활제로서는 스테아린산이 사용되었으며, 노화방지제는 2,6-di-t-butyl-p-cresol(BHT)를 사용하였고, 충전제로서는 high abrasion furnace(HAF), semi reinforcing furnace(SRF)가 함께 사용되어졌다. 가소제로는 dioctyl phthalate(DOP)를 사용하였다.

2-2. 실험방법

본 실험에 사용된 BR/NBR 블렌드 혼련물의 제조는 1차 혼련(mixing)과 2차 혼련으로 나누어 배합하였다. 먼저 1차 혼련에서는 용량 1.6 L의 Banbury mixer를 이용하여 30 rpm 속도에서 초기 온도 50°C, 최종온도 80°C를 유지하였으며, 고무 소련(mastication)은 1분 동안 행한 후 충전제와 약품을 함께 투입하여 4분간 더 혼련하였다. 1차 혼련물(compound)은 상온에서 24시간 방치하였다. 이어서 2차 혼련은 6" × 12" 인 open roll에서 1차 혼련물과 가황 약품을 넣어 40°C에서 5분간 균일하게 혼련하여 최종 혼련물을 제조하였다. BR/NBR 혼련물의 조성비는 Table 1에 나타내었다. T-1, T-2, T-3, T-4 및 T-5는 각각 BR/NBR의 무게비를 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 및 0/100 wt%로 하여 혼련시킨 BR/NBR 블렌드계이다. 최종배합 시편은 Rheometer(Monsanto ODR 2000)를 이용하여 ASTM D 2084⁸⁾에 의거하여 160°C에서 가류도를 조사하였으며, Mooney 점도계(Monsanto R100)를 이용하여 125°C에서 점도를 측정함으로써 공정 안정성을 조사하였다. 여러 가지 물성 측정을 위한 각 시편은 160°C에서 최적 가황시간을 선정하여 이를 기준으로 press에서 제조하였다.

Table 1. Formulation of BR/NBR Blends

	T -1	T-2	T - 3	T -4	T -5
KBR 01	100	75	50	25	0
N220S	0	25	50	75	100
ZnO	5	5	5	5	5
St/Acid	1	1	1	1	1
HAF	30	30	30	30	30
SRF	20	20	20	20	20
DOP	10	10	10	10	10
S	1	1	2	2	2
M	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
TT	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
BHT	1	1	1	1	1
TOTAL	171	171	171	171	171

* Remarks Ingredients

KBR 01 : butadiene rubber (Kumho Petrochem. Co., Korea)

N220S : acrylonitril butadiene rubber (JSR, Japan)

HAF : high abrasion furnace (carbon black)

SRF : semi reinforcing furnace (carbon black)

DOP : dioctylphthalate

ZnO : zinc oxide

St/Acid : stearic acid

S : sulfur

M : 2-mercapto benzothiazole

TT : tetramethylthiuram disulfide (accelerator)

BHT : 2,6-di-t-butyl-p-cresol (antioxidant)

경도 시험은 스프링식 경도계(Shore-A)로 측정하였으며 인장시험은 만능인장시험기(Instron 6012)를 사용하여 실험하였다. 측정용 시료의 제작은 press에서 성형하여 만든 sheet상의 고무판을 아령형 3호로 절단하여 제조하였다. 다음의 시험조건, 즉 표선 거리는 20mm로 하고 인장속도(crosshead speed)는 500 mm/min로 하여 100 kgf의 load cell을 사용하여 실험에 임하였다. 인장강도의 계산식은 아래와 같다.

$$T_b = F_b/A \quad (1)$$

여기서 T_b 는 인장강도(kgf/cm²), F_b 는 시편이 절단되었을 때의 최대 하중(kgf)이며, A 는 시험편의 단면적(cm²)을 나타낸다. 신장율은 시편이 절단될 때의 표선이 늘어난 길이를 조사하여 아래 식으로 계산하였다.

$$E_b = (L_1 - L_0)/L_0 \times 100 \quad (2)$$

여기서 E_b 는 신장율(%), L_0 는 초기길이 그리고 L_1 은 늘어난 길이를 나타낸다.

내유성 시험에서의 부피 변화 시험편은 ASTM D-412 규격⁹⁾에 의거하여 나비 20mm, 길이 50 mm, 두께 2.00 ± 0.15 mm 하였다. 인장강도 및 신장율 변화 시험편은 3호형 시험편을 사용하였으며 경도변화 시험편은 시험편을 겹쳐서 두께 12mm 이상으로 하여 시험하였다. 시험 용기는 유리 시험관을 사용하며 액체에 완전히 침적시켰다. 소정시간 시험 후 시험편을 같은 종류와 새로운 액체 중에 30~60분 동안 담구어 냉각시켰다. 시험용 액체가 휘발성일 때는 칭량 이외의 조작은 30초 이내에 수행하였다.¹⁰⁾ 부피 변화율의 계산식은 아래와 같다.

$$\Delta V = \frac{(\omega_3 - \omega_4) - (\omega_1 - \omega_2)}{(\omega_1 - \omega_2)} \quad (4)$$

여기서 ΔV 는 부피 변화율(%), ω_1 은 시료를 액체에 담그기 전 공기 중에서의 무게(g), ω_2 는 담그기 전의 수중에서의 무게(g), ω_3 은 담근 후의 공기 중의 무게(g), ω_4 는 담근 후의 수중의 무게(g)를 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

BR/NBR 블렌드계에 있어서 NBR 고무량의 변화에 따른 최대 torque 및 무우니 점도 등의 경화 특성을 Table 2에 제시하였다. Fig. 1에는 BR/NBR 블렌드계에 있어서 블렌드 조성비에 따른 최대 torque값의 변화를 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 NBR 고무의 함량이 증가함에 따라 최대 torque이 커지는 경향을 보이다가 NBR 고무 단독의 경우에 최대 torque 값을 갖는 데 이것은 이 조성에서 가장 광범위한 가교가 일어났음을 의미하는 것으로 판단된다.¹¹⁾

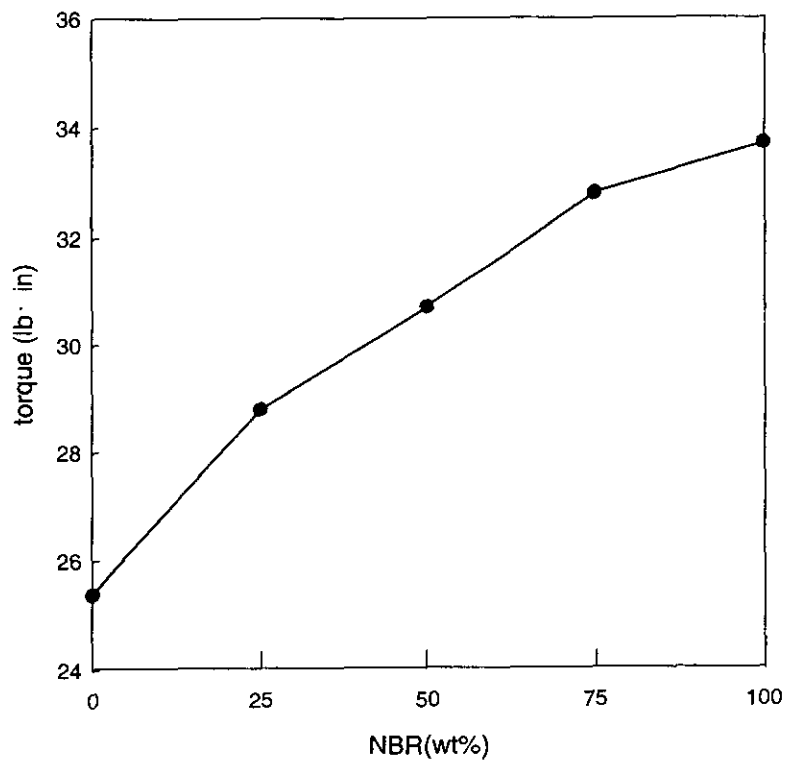


Fig. 1. Maximum torque value of BR/NBR blends.

Table 2. Cure Characteristics of BR/NBR Blends

item/code	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Tmax ^{a)}	25.4	28.8	30.7	32.8	33.7
Mooney Viscosity ^{b)}	33.4	28.2	26.3	24.7	20.5

a): maximum torque value (lb · in)

b): ML1+4(100°C)(dn · m)

(large rotor preheating time : 1min, operating time
 4min, temperature:100°C)

BR/NBR 블렌드계에 있어서 NBR 고무량의 증가에 따른 무우니 점도의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 그림에서 보이는 것 처럼 BR 고무 단독의 경우는 가장 큰 무우니 점도를 나타내다가 NBR 고무를의 함량이 증가함에 따라 무우니 점도가 감소하고 있다. 이는 BR 고무 단독의 경우보다 NBR 고무를의 함량이 증가할수록 가공작업의 용이함을 의미한다.

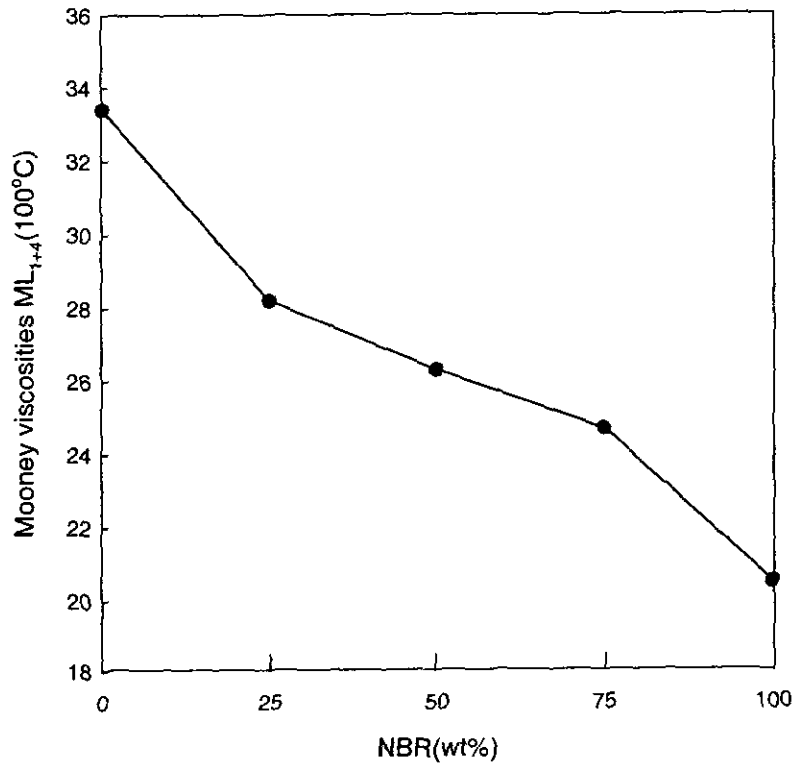


Fig. 2. Mooney viscosities of BR/NBR blends.

BR/NBR 블렌드의 가황체로부터 얻은 시편을 노화시키지 않은 것과 oil 중에서 노화시험을 통하여 획득한 물성치를 Table 3 및 4에 나타내었다. 한편 경도란 고무가황체의 움푹 들어감 (indentation)에 대한 저항의 정도로서 정의할 수 있으며, Shore A 및 Shore D의 두 종류로 크게 나누어지나 여기서는 Shore A를 사용하였다.

Table 3. Results of Unaged BR/NBR Blends

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Hardness (Shore A)	63	67	69	70	71
Tensile Strength (kgf/cm ²)	80	92	96	121	154
Elongation at break (%)	431	333	301	283	262
Tear Strength (kgf/cm)	42.3	25.4	28.1	35.4	63.6

Table 4. Results of Oil Aged BR/NBR Blends Determined at 100°C

		Run					
	Time	Item	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
48 hrs		Hardness (Shore A)	47	49	50	51	51
		Tensile Strength (kgf/cm ²)	65	75	78	98	125
		Elongation at break (%)	334	258	234	229	220
		Tear Strength (kgf/cm)	28.1	15.7	17.6	26.9	44.7
72 hrs		Hardness (Shore A)	36	38	41	43	43
		Tensile Strength (kgf/cm ²)	49	56	59	74	94
		Elongation at break (%)	277	213	194	190	183
		Tear Strength (kgf/cm)	21.1	11.8	13.2	20.1	33.5
96 hrs		Hardness (Shore A)	27	28	32	35	35
		Tensile Strength (kgf/cm ²)	12	40	42	53	67
		Elongation at break (%)	205	160	143	140	134
		Tear Strength (kgf/cm)	10.7	6.0	6.7	10.2	16.9

Fig. 3에는 BR/NBR 블렌드의 노화시키지 않은 시편과 100°C의 oil 중에서 노화시간을 달리하여 노화시킨 시편의 NBR 고무량에 따른 경도를 나타내었다. 먼저 노화하지 않은 시편의 경도는 NBR 함량이 증가함에 따라 전반적으로 증가하는 경향을 보였다. 이어서 100°C의 oil 중에서 노화시간을 달리하여 노화시킨 시편의 경도 또한 그림에서 보여진 것처럼 oil 중에서의 노화시간에 관계없이

BR 고무 단독의 경우에 비하여 NBR 고무의 함량이 증가함에 따라 전반적으로 경도가 증가하는 경향을 보였다. 이는 NBR 고무량이 증가할수록 내유성의 개선에 기인하는 것으로 판단된다. 예견된 것처럼 oil 노화시간이 길어질수록 시편의 경도는 감소함을 알 수 있다. 즉 oil 중에서의 가열 노화시험 동안 열은 산화를 가속화시킴으로써 주요한 열화(degradation) 요인이 되어 시편의 경도가 감소하는 것으로 판단된다.

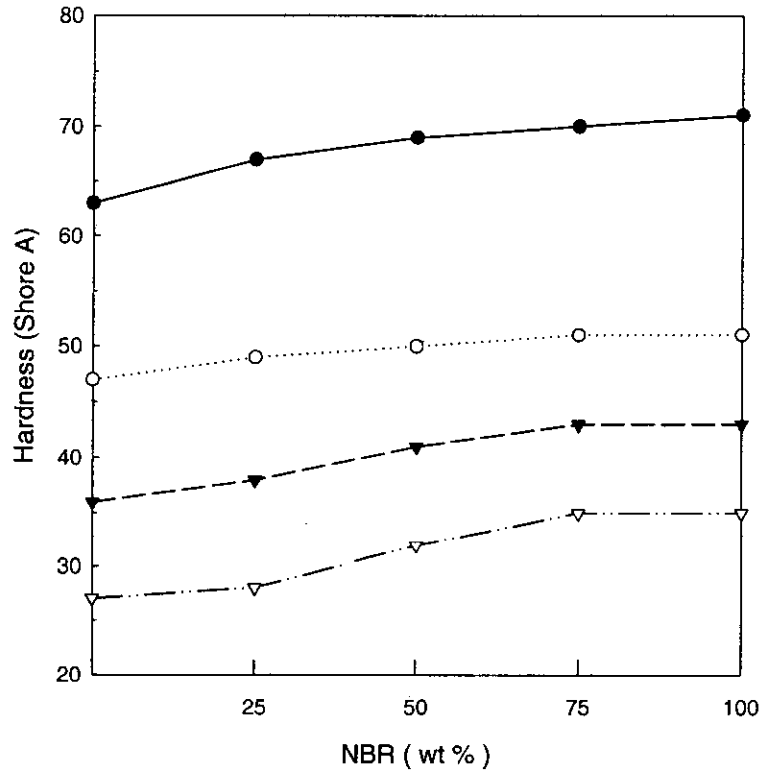


Fig. 3. Hardness of unaged and oil aged BR/NBR blends for different measuring time at 100°C;
 (—●—) unaged, (·····) 48 hrs, (---▼---) 72 hrs, (-▽-) 96 hrs

Fig. 4는 BR/NBR 블렌드계에 있어서 NBR 고무의 조성비율에 따른 인장강도의 변화를 나타내었으며 시편을 5회 측정하 평균값을 측정값으로 하였다. NBR 고무의 첨가량이 증가함에 따라 인장강도는 점진적으로 커져가는 것을 알 수 있는데 이것은 극성고무 분자의 측쇄기에 의한 유연성의 저하 및 가교밀도의 증가와 관련이 있을 것으로 판단된다. 그리고 oil 중에서의 노화시간이 길어질수록 인장강도 값이 감소하는 것은 고무분자내로 oil의 침투에 따른 시편의 열화에 기인하는 것으로 보여진다.

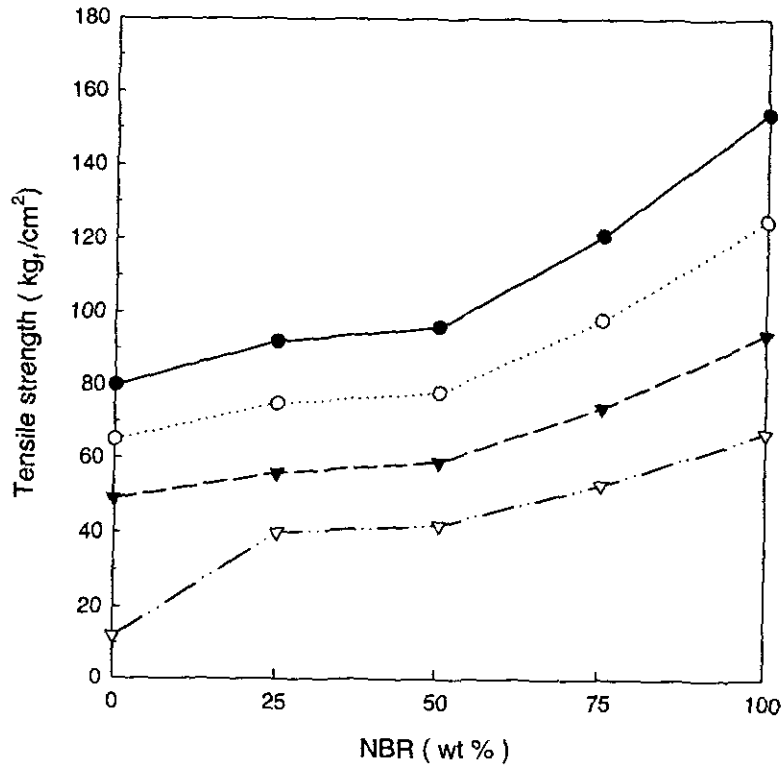


Fig. 4. Tensile strength of unaged and oil aged BR/NBR blends for different measuring time at 100°C;

(—●—) unaged, (····) 48 hrs, (—▲—) 72 hrs, (—▽·) 96 hrs

BR/NBR 블렌드의 노화시키지 않은 시편과 100°C의 oil 중에서 노화시간을 달리하여 노화시킨 시편의 NBR 고무량에 따른 인열강도의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 먼저 노화하지 않은 시편의 인열강도의 변화를 살펴보면 NBR 고무를의 첨가량이 25 wt%까지는 인열강도가 감소하다가 BR/NBR(=75/25)에서 가장 낮은 인장강도 값을 나타내었고 그 이후는 서서히 증가하는 경향을 보이는 데, 이는 Morton 등¹²⁾의 실험결과와 잘 일치한다. 무게비가 75/25인 경우에 인열강도가 최소 값을 나타내는 것은 가교밀도의 감소와 관련있는 것으로 생각된다. 이어서 100°C의 oil 중에서 노화

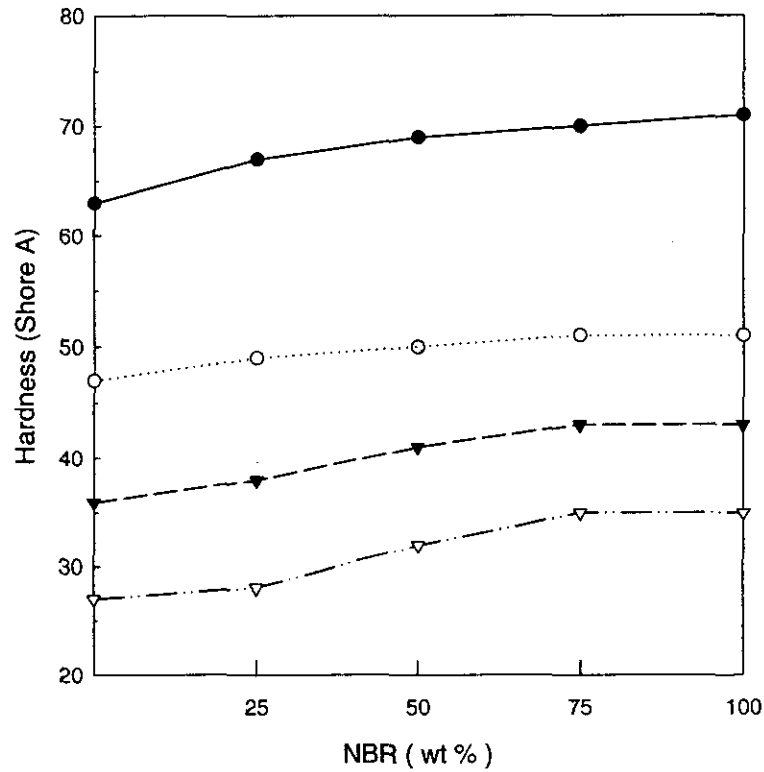


Fig. 3. Hardness of unaged and oil aged BR/NBR blends for different measuring time at 100°C;

(—●—) unaged, (·○·) 48 hrs, (—▼—) 72 hrs, (—▽—) 96 hrs

Fig. 4는 BR/NBR 블렌드계에 있어서 NBR 고무의 조성비율에 따른 인장강도의 변화를 나타내었으며 시편을 5회 측정된 평균값을 측정값으로 하였다. NBR 고무의 첨가량이 증가함에 따라 인장강도는 점진적으로 커져가는 것을 알 수 있는데 이것은 극성고무 분자의 측쇄기에 의한 유연성의 저하 및 가교밀도의 증가와 관련이 있을 것으로 판단된다. 그리고 oil 중에서의 노화시간이 길어질수록 인장강도 값이 감소하는 것은 고무분자내로 oil의 침투에 따른 시편의 열화에 기인하는 것으로 보여진다.

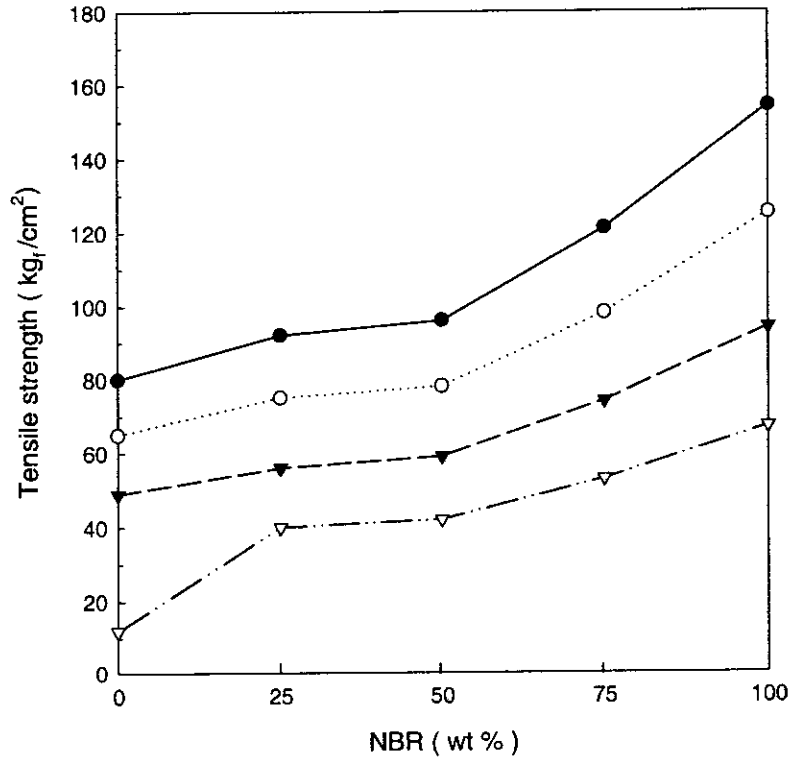


Fig. 4. Tensile strength of unaged and oil aged BR/NBR blends for different measuring time at 100°C;

(—●—) unaged, (·○·) 48 hrs, (—▲—) 72 hrs, (—▽·) 96 hrs

BR/NBR 블렌드의 노화시키지 않은 시편과 100°C의 oil 중에서 노화시간을 달리하여 노화시킨 시편의 NBR 고무량에 따른 인장강도의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 먼저 노화시키지 않은 시편의 인장강도의 변화를 살펴보면 NBR 고무를 첨가량이 25 wt%까지는 인장강도가 감소하다가 BR/NBR(=75/25)에서 가장 낮은 인장강도 값을 나타내었고 그 이후는 서서히 증가하는 경향을 보이는 데, 이는 Morton 등¹²⁾의 실험결과와 잘 일치한다. 무게비가 75/25인 경우에 인장강도가 최소 값을 나타내는 것은 가교밀도의 감소와 관련있는 것으로 생각된다. 이어서 100°C의 oil 중에서 노화

인쇄용 고무roller의 제조와 물성 :

(i) 부타디엔고무와 니트릴고무 혼련물의 내유성 및 기계적 성질

시간을 달리하여 노화시킨 시편의 인열강도는 노화시간이 48, 72, 96시간으로 늘어남에 따라 저하하는 경향을 보였다. 노화시간에 상관없이 NBR 고무의 첨가량이 증가함에 따라 인열강도값이 증가하는 것으로부터 내유성의 개선을 확인할 수 있었다.

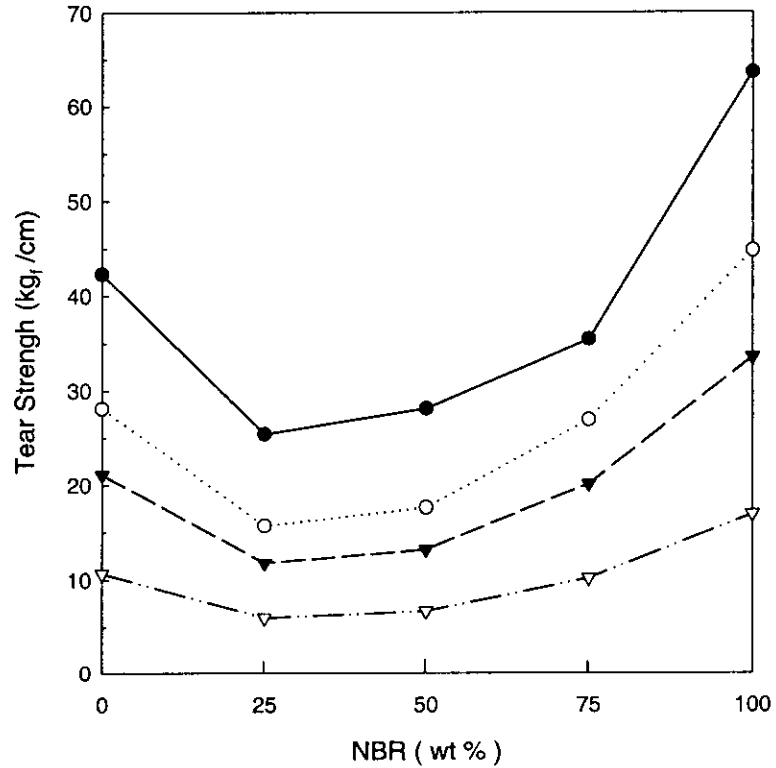


Fig. 5. Tear Strength of unaged and oil aged BR/NBR blends for different measuring time at 100°C;

(—●—) unaged, (···○) 48 hrs, (---▼) 72 hrs, (-·-·) 96 hrs

BR/NBR 블렌드의 노화시키지 않은 시편과 100°C의 oil 중에서 노화시간을 달리하여 노화시킨 시편의 NBR 고무량에 따른 파단신률의 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 먼저 노화시키지 않은 시편의 파단신율은 NBR 함량이 증가함에 따라 감소하다가 이후 NBR-rich 영역에서는 서서히 감소하는데 이와 같은 경향은 부분적으로는 NBR의 극성성분의 증가에 따른 경도증가 및 유연성의 저하와 관련 있는 것으로 생각된다. 이어서 100°C의 oil 중에서 노화시간을 달리

하여 노화시킨 시편의 파단신률도 또한 NBR 고무량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 노화시간이 48, 72, 96 시간으로 길어짐에 따라 파단신률은 감소하였다.

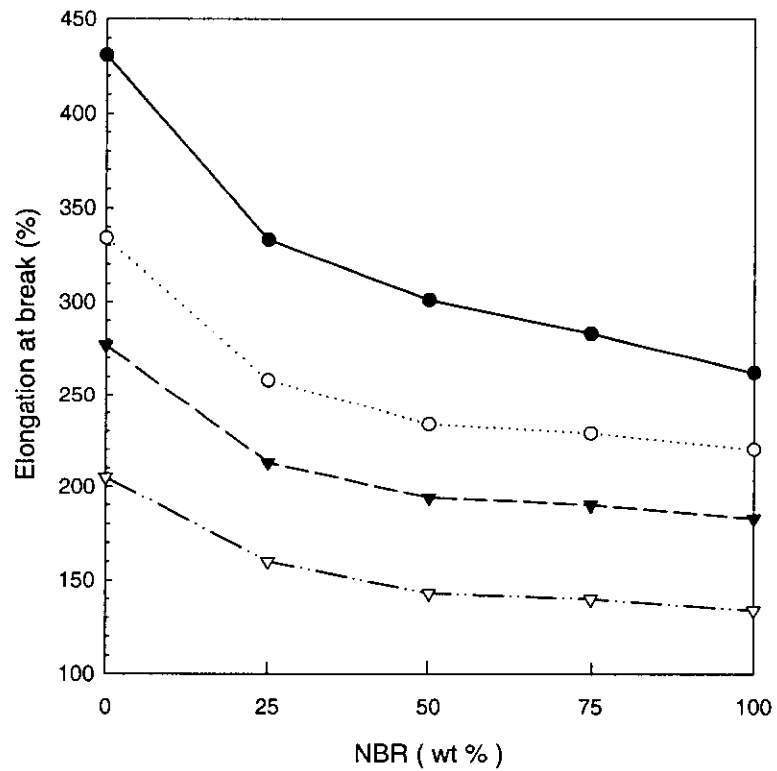


Fig. 6. Elongation at break of unaged and oil aged BR/NBR blends for different measuring time at 100°C;

(—●—) unaged, (·····○·····) 48 hrs, (---▲---) 72 hrs, (-·-·-▽-·-·-) 96 hrs

내유성 시험은 오일에 대한 저항의 척도로서 부피변화는 시료의 팽창을 나타내는 지표가 된다. ASTM No. 1 oil을 사용하여 100°C에서 노화시간을 달리하여 노화시킨 시편의 부피변화에 관한 자료를 Table 5에 나타내었다. BR/NBR 블렌드의 oil 노화시험 시편을 오일에 함침시키고 일정시간 후의 부피변화를 Fig. 7에 나타내었다. 그림에서 보여지는 것처럼 NBR의 첨가량이 증가할수록 부피 변화는 감소하였다. 즉 BR-rich 영역에서는 부피 변화가 아주 심하게 일어났음을 의미하는 것으로 BR 고무의 낮은 내유성, 즉 NBR 고무를 우수한 내유성을 확인할 수 있었다.¹³⁾ 상기와 같은 결과는 비극성 용매인 오일과 극성 고무인 NBR 사이의 친화성의 결여로 인하여 NBR-rich 영역에서는 고무 안으로 오일 분자가 쉽게 침투할 수 없기 때문에 비롯된 것으로 생각된다.

Table 5. Volume Changes(%) of Oil Aged BR/NBR Blends Determined for Various Test Time at 100°C (ASTM No.1 Oil)

Test Time (hrs)	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
48	46.1	40.2	23.1	4.1	1.5
72	73	65	31.2	5.4	3.1
96	96.2	88	60.5	10.4	4.8

인쇄용 고무roller의 제조와 물성 :
(1) 부타디엔고무와 니트릴고무 혼련물의 내유성 및 기계적 성질

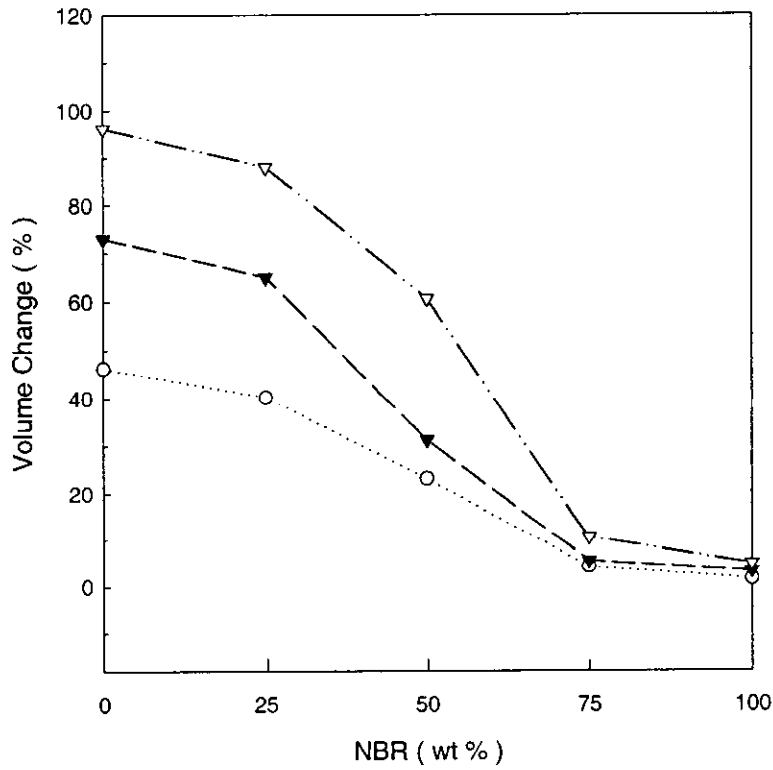


Fig. 7. Volume change of oil aged BR/NBR blends for different measuring time at 100°C;

($\cdots\circ\cdots$) 48hr, ($\text{---}\blacktriangle\text{---}$) 72 hrs, ($\text{-}\nabla\text{-}$) 96 hrs

4. 결 론

open 2-roll을 사용하여 통상적인 polymer blend법에 따라 우선 원료고무인 BR 고무와 NBR 고무를 소련을 행하고나서 나머지 배합약품들을 첨가하여 균일하게 혼련한 후 가열압축 press로써 고무가황체를 제조하였다. 이어서 BR/NBR 블렌드 가황체로부터 얻은 시편의 내유성 및 기계적 성질 등의 물성을 측정하여 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) NBR 고무량이 증가함에 따라 최대 torque 값은 전반적으로 증가하는 경향을 보였다.
- 2) NBR 고무량이 증가함에 따라 Mooney 점도는 감소하는 경향을 보였다.
- 3) NBR 고무량이 증가함에 따라 경도가 전반적으로 증가하는 경향을 보였다.
- 4) NBR 고무량이 증가함에 따라 내유성이 크게 개선되었다.
- 5) BR 고무단독의 경우에는 바람직하지 못한 내유성을 나타내었다. 하지만 NBR 고무와의 블렌딩을 통하여 우수한 내유성을 나타내므로 BR/NBR blend는 인쇄용 고무roller로서 사용가능한 것으로 판단되었다.
- 6) 가격경쟁력과 내유성을 동시에 만족시키는 최적배합은 BR/NBR(=25/75)의 조성 비율이었다.

참 고 문 헌

- 1) R. F. Bauer and E. A. Dudley, Rubber Chem. Technol., 50, 35 (1977).
- 2) S. Akhtar, P. P. De and S. K. De, J. Appl. Polym. Sci., 32, 5123-5146 (1986).
- 3) A. Y. Coran, "Handbook of Elastomer-New Developments and Technology", Dekker, New York, 249pp (1988).
- 4) N. R. Choudhury and A. K. Bhowmick, J. Appl. Polym. Sci., 38, 1091 (1989).
- 5) C. S. Ha, J. of Korea Inst. of Rubber Industry, 32 (4), 268 (1997).
- 6) J. K. Kallitsis and N. K. Kalfoglou, J. Appl. Polym. Sci., 37, 453 (1989).
- 7) T. S. Oh, J. of Korea Inst. of Rubber Industry, 32 (4), 251 (1997).
- 8) ASTM Designation, D 2084 76T, 1972.
- 9) ASTM Designation, D-412-66T, 1967.
- 10) R. P. Brown, "Physical Testing of Rubber", 2nd ed. Elsevier Appl. Sci., London & New York, 283pp (1986).
- 11) R. Layer, Rubber Chem. Technol., 65, 211 (1992).
- 12) M. Morton, "Rubber Technology", 3rd ed. Van Nostrand Reinhold, New York, 284pp (1987).
- 13) J. A. Brydson, "Rubbery Materials and their Compounds", Elsevier Applied Science, London and New York, 147pp (1988).