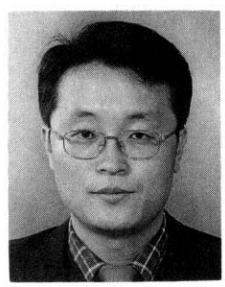
고무 파우더(NBR Powder) 소개

이 범 철

1. 개 요

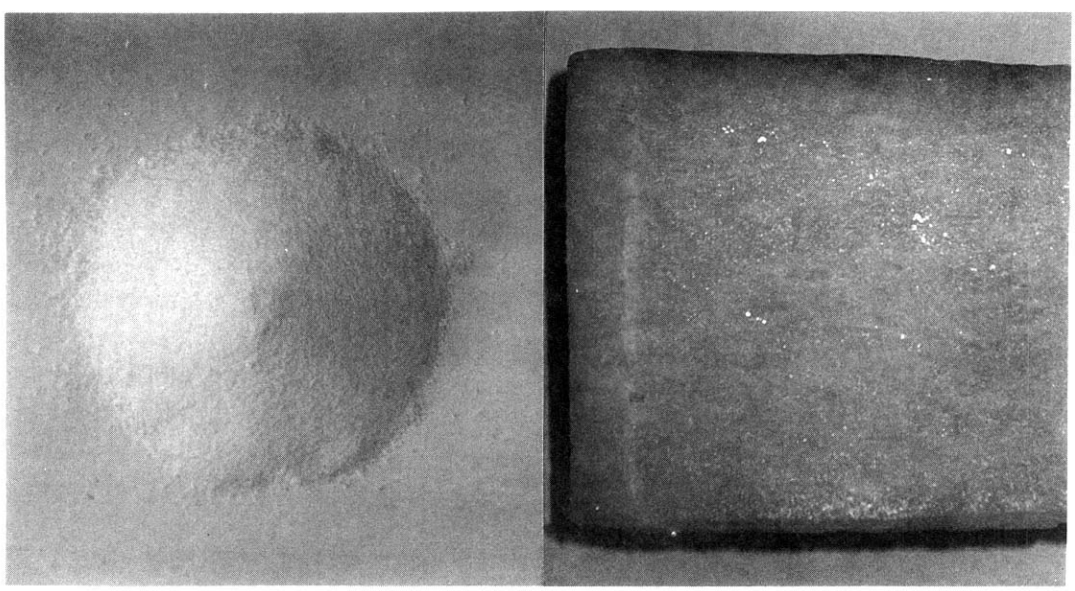
고분자의 가공성, 물성, 유용성 등을 향상시키거나 경제적인 이점을 목적으로 이종의 고분자를 블렌드하는 것은 오늘날 고분자 산업에서 매우 중요한 분야 중의 하나이다.[1~3]

NBR(acrylonitrile butadiene rubber)은 일반적으로 광물유에 대하여 내유성이 우수한 고무로 알려져 있는데 니트릴 함량(acrylonitrile content)이 증가함에 따라 극성 고분자와의 상용성이 증가하는 까닭에 일부에서는 PVC(pol- yvinyl chloride)와 블렌드하여 충격보강제, 가소제 대용, 열가소성 탄성체로서 적용하기도 한다.[4~8] 사실 NBR/PVC 블렌드는 약 40여년 전부터 실용화되었던 기술로 현재는 이들 블렌드물을 이



이범철

1997 전북대학교 화학공학과 박사
1990~ 평화산업(주) 개발연구소
1996
1997~ 현대석유화학(주) 연구소
2000
~현재 (주)화승 R&A 기술연구소



고무(NBR) 파우더 Bale 고무

그림 1. Bale 고무와 고무 파우더의 외관

표 1. 가교형 NBR 파우더의 원료고무 중합 처방 예

Ingredients	Weight %	phm [a]
Butadiene	45 ~ 79	-
Acrylonitrile	20 ~ 50	-
Crosslinking Agent[b]	0.5 ~ 5.0	-
Modifier[c]	-	0.1 ~ 1.0
Emulsifier[d]	-	1 ~ 6
Free Radical Generator[e]	-	0.01 ~ 1.00
Short-Stop[f]	-	
Antioxidants	-	1 ~ 3
Polymerization Temperature(℃)	5 ~ 50	
Conversion(%)	약 85	
Gel Content(%) [g]	90 이하	
Swell Index(%) [g]	10 이하	
Mill Shrinkage(%) [h]	10 이하	
Mooney Viscosity, ML(1+4)/100℃	50 ~ 120	

a) phm : part weight per 100 parts by weight of monomer
b) Crosslinking Agent : Divinylbenzene, Difunctional Acrylates 등
c) Modifier : t-dodecylmercaptan과 같은 mercaptan류
d) Emulsifier : Anionic Emulsifier System 등
e) Free Radical Generator : Peroxygen Compound 등
f) Short-Stop : Hydroquinone 계
g) ASTM D3618
h) ASTM D1917

용하여 다양한 종류의 제품을 만드는데 이용하고 있다.

PVC 가공은 일반 고무 가공과는 달리 사출기, 압출기, 칼렌더기를 이용하여 직접적으로 제품을 가공하는 경우가 많아 덩어리진 고무(이하 bale 고무)를 이용한다는 것이 사실상 불가능하며(일부 PVC 가공업체 및 제품에서는 Banbury 혼합기와 같은 내부혼합기를 이용하여 혼합한 후 다음 공정에 투입되는 경우도 있다) 이 때문에 PVC 가공기기에서 고무를 사용하는 경우는 적용 가능한 분말 형태의 고무 제품이 요구된다. PVC의 성능을 개질하기 위하여 개발된 제품이 NBR 파우더로서 적절하게 사용하면, 1) 제품의 유용성 증대, 2) 환경 노화에 대한 저항성 부여, 3) 가공과 외관 문제 최소화, 4) 다양한 종류의 제품 및 시장 확대, 5) 열경화성 고무나 열가소성 탄성체에 비하여 저렴한 가격으로 제품화할 수 있다는 장점이 있다. 그림 1은 bale 고무와 고무 파우더의 외관을 보여주는 사진이다.

NBR 파우더를 만드는 방법은 크게 두 가지로 분류할 수 있는데 에멀젼(emulsion) 상태에서 라텍스(latex)를 직접 건조하여 만드는 방법과 응고된 bale 고무를 물리적으로 분쇄하여 만드는 방법이 있다. Goodyear(미국), Zeon과 JSR(일본), Enichem(이태리), Hyundai(한국)는 NBR 파우더를 생산하는 주요 제조업체로서 Goodyear와 Hyundai는 물리적으로 bale 고무를 분쇄하여 파우더를 만들고 Zeon은 라텍스를 직접 건조하여 파우더를 만드는 것으로 알려져 있다.

여기에서는 물리적 파쇄 방법에 의하여 만들어진 NBR 파우더의 일반적인 제조 방법과 물리적 성질 및 주요한 적용 용도에 대하여 살펴보았다.

2. NBR 파우더 제품 제조 방법

표 1에는 NBR 파우더의 원료가 되는 bale

고무(가교형 원료고무)의 일반적인 중합 처방예와 그에 따른 특성값들을 나타내었다.[9~12]

상업적으로 부타디엔 51~71%, 니트릴 함량 28~38%, 중합형 가교제 1.5~3.5%를 이용하여 원료고무의 대부분이 제조되며 가교제가 많아지면 중합온도를 낮추어야 하고 반대로 가교제가 감소하면 중합온도를 높여야 한다.

이들 원료고무는 일반 NBR과 마찬가지로 Redox 개시제를 사용하여 중합한다. 중합온도가 낮으면 사슬 조절제인 modifier의 투입량을 줄일 필요가 있는데 modifier의 투입량은 무늬점도에 따라 조절된다고 보면 된다.

유화제는 음이온(anionic)계가 가장 많이 적용되고 있으나 경우에 따라 양이온(cationic)이나 비이온(nonionic)계 유화제도 적용할 수 있다. 유화제의 투입량도 중합기술에 따라 달리 적용하는데 1 phm 이하면 라텍스의 안정성에 문제가 있을 수 있고 6 phm 이상이면 단리(isolation)되는 문제가 있으므로 가능하면 2~4 phm 범위에서 조정해야 한다.

자유 라디칼 개시제(free radical initiator)에는 peroxygen 컴파운드(potassium persulfate, benzoyl peroxide 등) 이외에도 2-t-butylazo-2-cyanopropane과 같은 azo 컴파운드, 2,2-bis-(t-butyl-peroxyl)butane과 같은 alkyl perketals 등이 이용되기도 한다.

중합온도는 2~70℃ 범위가 가능하나 저온중합인 경우 대개 5~25℃ 범위에서 중합이 진행된다(대부분의 NBR maker에서는 10℃내외로 운전한다).

중합 전환율(conversion)은 85%까지 가능한데 특수한 경우는 95%까지도 허용된다. 원하는 중합 전환율이 도달되면 반응정지제(short-stop)를 투입한 다음 응고와 건조를 실시한다. 응고와 건조 공정은 다른 유화중합 기술과 동등함으로 여기서는 생략한다.

표에서 언급한 중합처방 및 중합물의 성능은 중합형 가교제가 첨가된 NBR bale에 준한다는 것을 다시 한번 강조한다.

앞서 만든 bale의 원료고무를 이용하여 물리적 파쇄 방법으로 파우더를 만드는 방법은 bale 고무를 미분으로 분쇄한 다음 고무 입자가 서로 엉겨붙는 것을 방지하기 위하여 미분의 고무 입자 표면을 분할제(partitioning agent)로 코팅(coating)하는 것인데 이들의 제조 공정을 그림 2에 도시하였다.

중합되어 응고된 원료고무는 1차 grinder로 이송되어 grinder 내부의 스크류(screw)에 의하여 일차적으로 분쇄된다. 이 때 분쇄된 크기는 대개 어른의 손톱 만한 크기이다. 만일 원료고무가 crum 상태로 공급된다면 1차 grinder에서 굳이 파쇄할 필요 없이 2차 grinder로 바

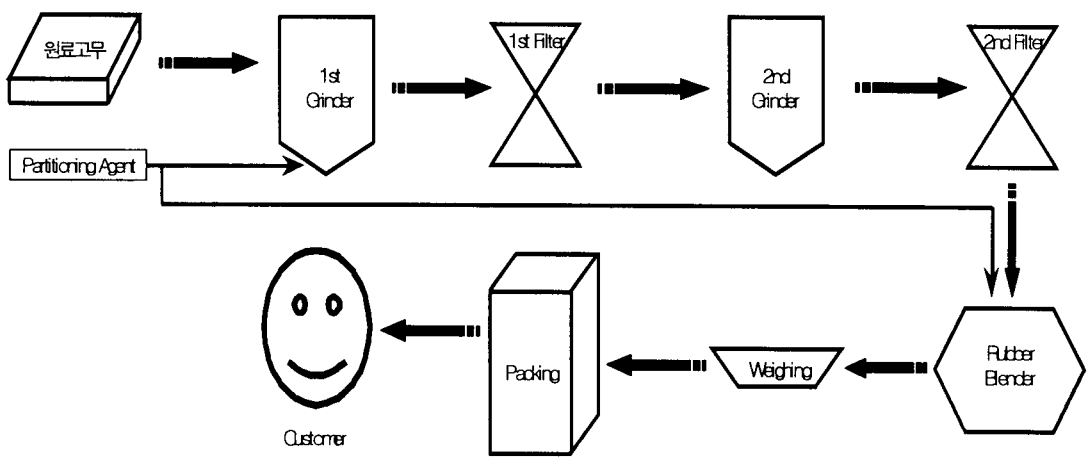


그림 2. 물리적 파쇄 방법에 의한 고무 파우더 제조 공정도.

로 이송된다. 1차 grinder에서 분쇄된 고무 파편(작은 덩어리)간에 서로 엉겨 붙는 것을 방지하기 위하여 분할제의 일부를 투입하게 된다. 분할제는 파우더 제품의 종류와 적용 용도에 따라 달라지는데 일반적으로 PVC, 탄산칼슘($CaCO_3$), 실리카(SiO_2), Talc 등을 사용한다.

1차 grinder에서 파쇄된 고무는 파이프를 통하여 여과기(filter)로 이송된다. 여과기에서는 적당하게 파쇄된 고무 파편을 선택적으로 2차 grinder로 보내는 역할을 하는 것으로 여과기를 통과하지 못한 고무 파편은 1차 grinder로 다시 이송되어 파쇄된다.

2차 grinder에서는 1차 grinder에서 이송된 고무 파편을 원하는 크기의 매우 고운 입자 크기로 파쇄한다. 이 때 중요한 인자는 분할제의 투입량인데 파쇄된 고무 입자 분말을 골고루 코팅하기에 충분할 정도의 양이라면 큰 문제는 없다.

2차 grinder에서 곱게 파쇄된 고무 파우더는 2차 여과기를 통과한 파우더에 한해서 rubber blender로 이송된다. 여기서 파우더의 저장 수명을 늘리고 유동성을 좋게 하기 위하여 마지막으로 분할제가 추가 투입된다. 일반적으로 분할제의 적정량은 투입하는 분할제의 종류 및 고무 파우더의 입자 크기에 따라 달라지나 대개는 전체 고무 파우더의 7~10% 정도를 혼합하게 된다. 2차 여과기를 통과하지 못한 파우더 분말은 2차 grinder로 이송되어 다시 파쇄 공정을 거친다.

Rubber blender에서 분할제와 충분한 시간 동안 혼합된 다음 고무 파우더는 자동 저울로 이송되어 소비자가 원하는 중량으로 평량되고 포장된 다음 밀봉되어 출하된다.

3. PVC 개질제

플라스틱 컴파운드에서 내충격성(impact resistance)을 개선하기 위하여 첨가하는 충격보강제는 고분자계부터 무기계 컴파운드까지 다양하다. PVC를 사용하여 bottle, siding, pipe fitting, rigid film, rigid sheet, house tool 등을 만드는 경우 충격보강제의 첨가가 필수적이며 보통 2~20 phr 넣는다. 충격보강제로 사용되는 것들에는 유기계의 NBR 파우더, CPE(chlorinated polyethylene), EVA(ethyl-vinylacetate copolymer), MBS(methacrylate-butadiene- styrene copolymer), ACR(all-acrylic), MACR (butadiene modified acrylic), MABS(methacrylate-acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer)와 무기계의 CUPCC (coated ultrafine precipitated calcium carbonate), ATH(alumina trihydrate) 등이 있다.[13]

PVC의 유연성을 증가시키는 또 다른 방법은 가소제를 처방하는 것인데 PVC의 유연성이 컴파운딩시 처방된 가소제에 의존한다 해도 결코 틀린 말은 아니다. 그러나 가소제를 사용한 대다수의 PVC 제품은 가소제의 특성상 사용 수명이 한정적이고 사용 조건도 제한되어 있다. 또한 가공과 물리적 성질도 범용의 PVC 컴파운드에 비하여 제한 받는다. 이러한 결함을 보완하거나 제거하기 위하여 첨가되는 것이 충격보강제로도 사용되는 탄성체용 개질제이며 특히 유연성 및 내유성이 중요시되는 제품의 경우 가장 많이 사용하는 개질제 중의 하나가 NBR이다.

PVC에 NBR을 첨가함으로써 고무와 유사한 감촉을 부여할 수 있으며 다음과 같은 물리적 성질을 개선시킬 수 있다.[14]

- 내유성, 내연료유성, 내용매성
- 인열강도
- 내마모성
- 유연성
- 이행성(migration)
- 압축영구줄음율
- 휘발 손실량

가공성적인 측면에서는 핫-멜트(hot-melt) 안정성, 복잡한 형상의 고속 압출, 고속의 칼렌더 가공을 가능하게 하고 열성형성(thermoformability)과 균질한 세포질 구조(cellular structure)를 갖도록 개질시킬 수 있다.

표 2. 생산 업체별 다양한 종류의 NBR 파우더[15~19]

업체명	상표명	제품명	특 성			
			니트릴 함량, %	무늬점도, ML(1+4)/100℃	분할제 (함량, %)	평균 입자 크기(mm)
Hyundai	SEETEC	P8300	32.0	57	PVC(8.5)	0.5
		P6150	33.4	55	$CaCO_3$(8.5)	1.0
Goodyear	Chemigum	P608-D	33.4	72	$CaCO_3$(8.5)	0.5
		P615-D	33.4	54	CaCO(8.5)	1.0
		P612-A	33.4	25	PVC(8.5)	1.0
		P90	32.0	30	Silica(9.0)	0.5
		P83	32.0	54	PVC(8.5)	0.5
		P8B-A	32.4	79	PVC(8.5)	0.5
Zeon	Hycar	1411	41.0	-	Talc(5.0)	0.1
		1411C	38.0	-	$CaCO_3$(10.0)	0.1
		1492 P80	32	77	Talc(6.0)	1.0
		1492 PHD32	32	77	Talc(12.0)	1.0
Enichem	Europrene	N33 R70/P	33	-	PVC(-)	0.6
		N33.45/P	33	45	PVC(-)	1.0
		N33.80/P	33	80	Silica(-)	1.0
JSR	JSR	PN20HA	41	80	-	-
		PN30A	35	56	-	-

PVC와 NBR의 혼합기술은 초기에 내부혼합기를 이용하여 탄성체의 일부(NBR이 상대적으로 많은 컴파운드, 약 70%)로 자리 잡았으나 미분(fine particle)의 NBR 파우더가 생산되면서 범용의 dry-blend 혼합기를 가진 소형의 PVC 컴파운드 생산자들에게도 NBR/PVC 블렌드물(PVC가 상대적으로 많아 블렌드물이라기 보다는 NBR 파우더 첨가제 개념이 강하였음)에 대한 관심이 증대되어 오늘에 이르게 된 것이다. 현재 PVC를 제조하는 일부 공장에서는 NBR 파우더와 PVC를 dry blend한 다음 직접적으로 사출, 압출, 칼렌더 작업에 적용하는 경우도 종종 볼 수 있다. 아울러 일부 PVC 제품 생산 공장에서는 자신들의 공정에 적합하도록 고안된 bale상 NBR을 분말화 할 수 있도록 고무 파우더 제조 업체에 요구하기도 한다.

표 2에는 Hyundai, Goodyear, Zeon, Enichem, JSR에서 생산되는 NBR 파우더를 간략히 소개하였다. 국내의 NBR 파우더 생산업체인 Hyundai는 Goodyear 기술을 이용하여 국내에서 유일하게 NBR 파우더를 생산하는 업체로 현재는 2종류의 제품만을 생산 중이나 수요자의 요구에 적합한 제품을 생산할 수 있는 시스템은 갖춰진 것으로 알려져 있다.

PVC에 NBR 파우더를 혼합하는 경우 최종 제품의 특성을 만족시키기 위하여 가소제와 혼용하는 경우가 대부분이다. NBR 파우더는 액체 형태의 가소제에 대하여 강한 친화성(affinity)를 보이는 특성이 있어 dry blend시 덩어리(agglomeration)지기 쉬움으로 PVC에 액체 가소제가 완전히 흡수된 다음 혼합 후반부에 넣어 주는 것이 좋다. 혼합 온도는 60℃ 정도가 적당한데 가소화된 PVC dry blend와 NBR 파우더가 높은 온도에서 오랫동안 접촉하고 있으

표 3. 고속 혼합기에서 PVC-NBR 파우더에 대한 전형적인 dry blend 절차

① PVC, 안정제, 가공조제를 혼합기에 넣는다.
② 혼합을 시작한다.
③ 혼합물의 온도가 79℃에 도달할 때까지 계속 혼합한다.
④ 79℃에 도달하면 혼합속도를 늦추고 액체 가소제를 넣는다.
⑤ 속도를 높여 가소제가 PVC에 완전히 흡수된 "dry point"까지 혼합한다.
⑥ Fill가 있다면 가소제가 완전히 흡수된 상태에서 넣어 준다.
⑦ 100℃ 정도에서 dump 시킨다.
⑧ 40℃까지 냉각시킨 다음 NBR 파우더를 넣는다.
⑨ 60℃ 이하가 되도록 유지하면서 혼합한다.
⑩ 혼합이 끝나면 dump 시킨다.

면 이 경우도 덩어리질 수도 있으므로 조심해야 한다.

표 3은 고속 혼합기에서 PVC에 NBR 파우더를 dry blend 하는 경우 혼합 절차를 나타낸 것이다.

저속 혼합기도 표 3과 동일한 방법으로 실시하는데 이 경우 dry point는 늦게 나타남으로 혼합시간을 충분하게 주어야 한다.

이러한 혼합 절차에서는 기기나 가공의 한계 때문에 영향을 받을 수 있는데 NBR 파우더가 ⑧과 같이 냉각되기 전에 NBR 파우더가 혼합된다면 NBR 파우더의 혼합속도는 빠르게 나타날 수 있으나(약 30~60초 정도) dump 후 냉각시키면 덩어리지는 현상이 나타나게 되기도 한다.

NBR 파우더가 혼합된 PVC 컴파운드는 NBR/PVC 블렌드물과 유사한 형태의 개선 사항을 가지고 있는데 제품의 유용성을 향상시키고 환경 열화에 대한 저항성을 부여할 뿐만 아니라 가공시 나타나는 문제점들을 제거하고 시장을 확대할 수 있으며 열경화성 고무나 열가소성 탄성체와 경쟁시 가격적으로 이점을 부여한다. 이것뿐만 아니라 가소제만을 사용할 때 나타나기 쉬운 오염성, 가소제의 표면 분출성, 이행성, 취화성 등과 같은 가소제 성능에서 기인한 문제들을 해결할 수 있다. 또한 고무와 같은 느낌(감촉이 우수함)의 PVC 제품을 만들 수 있으며 NBR/PVC 블렌드물과 같이 내마모성, 압축영구줄음율, 인장강도, 인열강도, 유연성, 내유성, 내연료유성, 내용매성 등에서도 개선된 성질을 얻을 수 있다.

표 4는 PVC에 Hyundai의 NBR 파우더 P8300과 P6150, Goodyear의 P8B-A 파우더를 첨가하였을 때 나타나는 성능을 각 파우더의 특성과 함께 나타낸 것이다.

용융점도(melt viscosity)는 가소제 대신 NBR 파우더가 들어 가거나 파우더 함량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보이고 있다. DOP(dioctyl phthalate) 대신에 NBR 파우더가 소량(30 phr) 교체되어 혼합된 컴파운드는 DOP만을 사용한 컴파운드에 비하여 용융점도가 2~3.6배 정도 증가하였고 NBR 파우더로 다량(60 phr) 교체되어 혼합된 컴파운드는 2.7~6.7배 정도 증가하는 경향을 나타내었다.

Die swell은 NBR 파우더를 혼합함에 따라 증가하기도 하고 감소하기도 하는데 사슬이 부분 가교된 형태의 P8300(저온중합형)과 P8B-A(고온중합형)의 die swell은 감소하였고 선형의 사슬 구조를 가진 P6150의 die swell은 증가하였다. 가공성적인 측면에서 용융점도와 die swell이 크다는 것은 사출 성형 용도에 적합하다는 것을 의미한다. 또한 용융점도는 크나 die swell이 감소한다는 것은 치수 안정성이 수반됨으로 압출이나 칼렌더 가공에 적합하다는 것을 의미한다.

균열 성장(cut growth)은 ross flex 평가 결과를 이용하여 예측할 수 있는데 상온에서 시료에 100만회의 반복 변형을 주었을 때 나타난 결과가 표에 나타나 있다. Ross flex의 수치가 크다는 것은 동일한 횟수의 반복 변형에서 균열 성장이 크다는 것을 의미하고 반대로 ross flex의 수치가 작다는 것은 균열 성장이 작다는 것을 의미한다. 사슬이 가교된 형태의 P8300과 P8B-A가 혼합된 PVC 컴파운드의 ross flex rating은 NBR 파우더의 함량에 따라 2.5에서 1 범위로 DOP 만을 사용한 PVC 컴파운드의 10

표 4. 대표적인 NBR 파우더의 성능 비교 [a]

구 분		PVC	P8300		P6150		P8B-A	
	제 조 사		Hyundai		Hyundai		Goodyear	
파우더 제품 성능	Mooney Viscosity, ML(1+4)/100℃	-	50~64		48~62		72 ~ 86	
	Precrosslinked	-	Yes		No		Yes	
	Polymerization Temperature	-	Cold		Cold		Hot	
	Solubility, MEK, %	-	80		98		20	
	Volatile, %	-	1.2		0.7		0.7	
	Partitioning Agent(8.5 phr), % [b]	-	PVC		$CaCO_3$		PVC	
	Particle Size, mm	-	약 0.5mm(평균 0.2mm)					
	Specific Gravity	-	0.98 ~ 1.00					
물리적 성질	NBR Powder Content, phr	-	30	60	30	60	30	60
	DOP Content, phr	80	72	65	72	65	72	65
	Viscosity, Haake [c]	100	290	490	280	400	360	670
	Die Swell, % [d]	27	18	9	44	56	19	11
	Hardness, Shore A	66	66	65	63	62	65	65
	Ress Flex Rating(7days, 10^6 flexes) [e]	10	2.5	1	10	10	1	1
	Tensile Strength, Kgf/cm^2	91	113	116	85	72	89	105
	NBS Abrasion Index [f]	190	282	380	118	116	64	168
	Compression Set, % [g]	82	71	61	70	76	63	55

a) Formulation : PVC 100, NBR/DOP 변량, Paraflex G-62 5, Mark 308 2 Mark 974-A 2, Stearic Acid 2
b) Partitioning Agent는 PVC 100 phr에 대한 혼합량
c) System 40, 50 rpm, 177℃, Roller Head
d) Monsanto Processibility Tester
e) 상온 조건, 1=영향 없음, 10=절단
f) ASTM D1630
g) 100℃에서 22시간
h) 파우더 원료고무의 니트릴 함량은 약 33% 정도

과 비교하면 엄청나게 향상되었음을 알 수 있다. 반면 P6150은 선형 사슬 구조를 갖고 있음에도 불구하고 ross flex rating이 파우더 함량에 관계없이 10이었는데 이는 P6150의 분할제로 탄산칼슘이 사용되었기 때문에 나타난 현상으로 판단된다. 따라서 PVC 최종 제품이 동적인 상태에서 사용된다면 PVC 단독보다는 PVC가 분할제로 사용된 NBR 파우더를 혼합한 컴파운드가 더 우수한 성능을 발휘할 수 있을 것으로 기대된다.

NBR 함량에 따른 PVC 컴파운드의 인장강도 변화는 NBR 파우더의 종류에 따라 다르게 나타나는데 파우더 함량이 증가할수록 사슬이 가교된 형태의 P8300과 P8B-A의 인장강도는 증가하였고 선형 사슬 형태의 P6150은 감소하였다. 특히 P8300은 30 phr 혼합시 약 30% 정도 인장강도 향상이 관찰되었다. 내마모성은 P8300만이 PVC 단독 컴파운드보다 증가하는 경향을 보였고 P8B-A와 P6150은 떨어졌다. 압축영구줄음율은 NBR 파우더를 혼합함으로써 개선되었으며 특히 P8300과 P8B-A의 개선이 두드러졌다.

4. 주요 용도

NBR 파우더는 앞서 언급하였듯이 용융온도에서 PVC 컴파운드의 열성형성을 향상시키고 치수안정성과 감촉이 양호한 제품을 만들 수 있도록 할뿐만 아니라 사출, 압출, 칼렌더 작업시 가공성 향상의 성능을 가지고 있어 다양한 용도에 적용되고 있다.

4-1. 사출 가공

사출 가공은 고분자 컴파운드를 이송구(port)나 노즐(nozzle)을 통하여 금형으로 사출한 다음 제품의 성형이 종료되면 제품을 탈형시키는 가공 방법이다. 여기서 제품을 성형하는데 있어 가장 중요한 인자 중의 하나가 컴파운드의 금형흐름성으로 컴파운드의 용융점도와 직접적으로 관련이 있다. 따라서 사슬이 아주 큰 고분자(높은 무늬점도 제품) 형태이거나 가교형 사슬 구조 혹은 가지가 많은 구조를 가진 NBR 파우더인 경우는 적당하지 않다. 가장 적합한 형태는 무늬점도가 낮고 저온에서 중합되었으며 비가교형의 선형 사슬 구조를 가진 NBR 파우더로서 앞서 언급되었던 P612-A(Goodyear)와 P6150(Hyundai)이 적당하다.

NBR 파우더를 사용하여 사출 가공을 하는 제품은 다음 표 5와 같으며 특히 자동차 부품의 경우 표 6과 같이 실제 적용된 사례도 있다.

4-2. 압출과 칼렌더 가공

PVC 컴파운드의 압출과 칼렌더 가공은 목적상 용융온도에서의 치수 안정성과 표면의 매끄

표 5. NBR 파우더를 이용한 사출 가공 제품

Footwear Soling	Sporting Goods
Footwear Uppers	Toys
Grommets	Knobs and Wheels
Plugs	Luggage
Appliance Gaskets	Diaphragms
Automotive Gaskets	Medical Products
Fixed-Glass Gaskets	Package Partitions
Protective Covers	Blown Grips and Cushions

표 6. NBR 파우더를 이용한 사출 가공 제품(자동차 부품)

구 분	차 종	특 성
Arm-Rest Cover	GM-Opel Omega GM-Opel Kadett	Smoth or Grain Surface Excellent Melt Stability Add the Cushioning Effect
Gear Shift Bellow	Daimler-Benz Truck Nissan Bluebird	Color Stability Leather Effect Low Temperature Flexibility
Horn-Pad Covers	VW Passat GM-Opel Omega	Rubbery Effect Excellent Heat Stability Dimensional Stability Add the Cushioning Effect
Encapsulated Window	Volvo 480 VW Passat VW Passat Wagon GM-Opel Vectra GM-Opel Omega	Excellent Melt Flow Easy Bonding to Glass Good Overall Physical Property Lower Cost Better Compression Set No Plasticiser Migration
Loose Window Gaskets	Mercedes 190 Ford Escort	Excellent Seal to Air/Water Low Temperature Flexibility Much Lower Cost Good UV/Flex Resistance
Vibration Damper/ Cable Sleeve	GM-Opel Omega Penault 25	Excellent Oil/Fuel Resistance Cost Advantage

러움이 특히 중시되는데 P8300(Hyundai), P8B-A(Goodyear), PXL34.17(Miles), 1422(Zeon)는 가교형 사슬 구조를 가지고 있어 PVC 컴파운드의 압출과 칼렌더 가공에 가장 적합한 NBR 파우더이다. 개선된 핫-멜트 안정성 때문에 얇은 호스나 튜브 및 복잡한 형상을 가진 제품의 생산도 가능하게 해 준다. 이들 NBR 파우더는 가소화된 PVC 컴파운드에 비하여 die swell을 현저히 줄임으로써 치수에 대한 품질 관리를 보다 용이하게 해 주었다. 따라서 NBR 파우더를 PVC 컴파운드에 사용함으로써 압출 혹은 칼렌더 속도를 높일 수 있으므로 생산성 향상도 추가로 기대된다.

압출물의 대표 제품인 전선에서는 가소제가 PVC jacket 쪽으로 이행함으로써 발생하는 부정적인 전기 효과(예를 들면 절연저항 손실, 절연강도 손실, 전력 손실 등)와 jacket의 유연성 감소 및 취화성이 커지는 것도 NBR 파우더를 사용함으로써 개선시킬 수 있다. 이와 같이 가소제가 손실됨으로써 제품에 중대 결함이 나타나는 경우 NBR 파우더를 사용하면 개선 효과가 더욱 돋보일 것이다.

PVC 컴파운드를 칼렌더 가공하는 경우 NBR 파우더를 PVC 컴파운드에 혼합함으로써 PVC 단독 컴파운드 가공시 나타나기 쉬운 가장자리의 거치른 현상도 줄이거나 없앨 수 있으며 표면의 매끄러움도 생산성이 향상됨과 더불어 향상시킬 수 있다. 이러한 효과 외에 PVC 컴파운드의 물리적성질, 내유성 및 내열성, 유연성, 조각 무늬의 유지성 등도 추가로 개선된다.

NBR 파우더를 PVC 컴파운드에 혼합하여 압출 및 칼렌더 가공하는 제품의 일례를 표 7과 8에 나타내었다. 또한 자동차에 적용되고 있는 부품의 예를 표 9에 나타내었다.

5. 맺 음 말

가소제를 대신하여 NBR 파우더를 사용하든지, 충격보강제로 NBR 파우더를 사용하든지, 여기서는 소개되지 않았지만 열가소성 탄성체 제조에 NBR 파우더를 사용하든지 간에 수지를 개질할 목적으로 NBR 파우더를 사용하는 일은 이제는 고급 기술도 아니고 특수한 기술도 아닌 일반화된 기술로 자리잡아 가고 있다. 특히 PVC에 NBR 파우더를 혼합하는 일들이 최근들어 약간은 감소하는 추세이나 내유성과 내연료

표 7. NBR 파우더를 이용한 압출 가공 제품

Profiles	Cable Jackets
Garden Hose	Sheaths
Wall Cove	Footwear and Furniture Welting
Window and Door Seals	Weather Stripping
Appliance Seals	Coaxial Cable
Auto Door and Window Seals	Medical Tubing
Co-extruded Profiles	Blown Seals
Gas Tubing	Blown Tubing
Co-extruded Spiral hose	

표 8. NBR 파우더를 이용한 칼렌더 가공 제품

Reservoir Liners	Tarpaulins
Reiforced Fabric	Embossed Panels
Printing Blankets	Flooring
Rainwear	Crash Pads
Roofing	Film
Insulating Sheets	Sheet

표 9. NBR 파우더를 이용한 압출 가공 제품 (자동차 부품)

구 분	차 종	특 성
Outer Body Trim	Fiat Tipo Audi 80 BMW 500/700	Good UV Resistance Low Temperature Flexibility Lower Cost Completely Recycable
Flocked Profiles	Nissan Bluebird	Long Service Life Good Sealing Properties Good Wear Resistance High Elasticity Excellent Surface Appearance
Weather-Stripping	Ford Sierra	Easily Coextrusion with Metal Excellent Elastic Memory Excellent Heat Stability Rubber like Feeling
Floor Mat	Hyundai Excell	Excellent Oil/Fuel Resistance Cost Advantage

표 10. 국내산 NBR 파우더를 사용하여 제조 가능한 제품

구 분	용 도	제 품 명	추천 제품	가능 제품
가소된 PVC와 함께 사용하는 경우	Autoprofiles& Moldings	Window Gasketing Door Trunk Seals Weather Stripping Car Mats etc.	P8300	P8B-A
	Appliance Profiles & Moldings	Refrigerator Gasket Prommets Seals etc.	P8300	P8B-A
	Building Profiles & Moldings	Glazing Gasket Microcellular Seals Expansion Joint etc.	P8300	P8B-A
	Calendered/Extruded Sheeting & Foil	Shingly Ply Pool Liners Tarpaulins etc.	P8300	P8B-A
	Flooring	Tiles Sound Deadening etc.	P8300	P6150
	Hose & Tubing	Lay Flat Compressed Air Propane/Butane Gas Irrigitation etc.	P8300	P8B-A
	Cable Sheathing	Non-migratory Oil Resistance Cable Arc Welding etc.	P8300	--
	Footwear	Mining(Anti-static) Leisure Boots Golf Shoe Soiling etc.	P8300	P6150
마찰재와 접착제	Friction Materials	Brake Linings Clutch Facings Wet Process etc.	P6150	--
	Adhesives & Sealants	High MEK Solubility	P6150	--

유성에서는 아직도 다른 탄성체 개질제에 비하여 우수한 특성이 있어 일부에서는 증가하기도 한다.

1997년부터 국내에서도 현대석유화학이 Goodyear 기술을 토대로 NBR 파우더를 생산하고 있으며 현재 생산하는 제품은 앞서 소개한 바와 같이 P8300과 P6150 두 종류이고 대부분이 PVC의 개질제로 사용되나 일부는 특수한 성능을 목적으로 사용되기도 한다. 표 10에는 이들 두 가지 파우더와 Goodyear의 P8B-A를 PVC에 혼합하여 만들 수 있는 제품을 간략히 소개하였으므로 참고하기 바라며 독자 여러분께서도 NBR 파우더에 대한 많은 관심과 새로운 각도에서 접근해 보기를 적극적으로 권해 본다.

참 고 문 헌

1. J. A. Manson and L. H. Sperling, Eds, "Polymer Blends and Composites", Plenum Press, New York and London, 1976.
2. 西敏夫, 日本ゴム協會誌, **68(12)**, 834(1995).
3. L. K. Utracki, "Polymer Alloys and Blend s", Carl Hanser Verlag, Munich, 1989.
4. J. A. Kahn, Elastomerics, **118(10)**, 13 (1986).
5. R. D. Landberg, C. M. Alsys and B. M. Walker, "Handbook of Thermoplastic Ela-

stomers", B. M. Walker Ed., Van Norstrand Reinhold, New York, pp. 306~308, 1979.
6. 成澤郁夫, 栗山卓, 日本ゴム協會誌, **68(12)**, 875(1995).
7. Chemigum Powder Compounding Guide, Chemical Division, The Goodyear Tire & Rubber Co., Akron, OH, 1987.
8. L. A. Lobb and M. K. Stockdale, *Plastic Compounding*, July/August, (1988).
9. US Patent 5739203.
10. NBR, Nippon Zeon Paper, Unknown.
11. ASTM D3618-85a, "Standard Test Method for Detection of Lead in Paint and Dried Paint Films", 1999.
12. ASTM D1917-97, "Standard Test Method for Rubber Property-Shrinkage of Raw and Compounded Hot-Polymerized Styrene- Butadiene Rubber(SBR)"
13. J. T. Lutz, Jr. and E. C. Szamborski, "Chap. 22 in Handbook of Polyvinyl Chloride Formulating", E. J. Wickson Ed., John Wiley & Sons, New York, pp. 579~599, 1993.
14. M. K. Stockdale, "Chap. 23 n Handbook of Polyvinyl Chloride Formulating, E. J. Wickson Ed., John Wiley & Sons, New York, pp. 600~615", 1993.
15. Catalogue of Hyundai Petrochemical Co., Ltd.(Internet Web Site : www.seetec.com).
16. Catalogue of Goodyear Tire & Rubber Company(Internet Web Site : www.goodyear.com).
17. Catalogue of Nippon Zeon Co., Ltd.
18. Catalogue of Enichem Elastomeri SPA.
19. Catalogue of Japan Synthetic Rubber Co., Ltd.(Internet Web Site : www.jsr.co.jp).