

## 코발트 염의 첨가가 고무와 황동이 피복된 강선간의 접착에 미치는 영향

서 곤\* · 김민호 · 전경수 · 오세철 · 노인기

\*전남대학교 공과대학 공업화학과  
금호기술연구소  
(1989년 8월 9일 접수, 1989년 11월 6일 채택)

## The Effect of Cobalt Salt on the Adhesion between Brass-Plated Steel Cord and Rubber Compound

Gon Seo\*, Min-Ho Kim, Gyung-Soo Jeon, Sae-Chul Oh and In-Kee Noh

\*Department of Chemical Technology, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea  
Kumho Technical R&D Center, Kumho & Co., Inc., #555 Sochon-dong, Kwangsan-ku, Kwangju 506-040, Korea

(Received 9 August 1989; accepted 6 November 1989)

### 요 약

코발트 염의 첨가량을 달리하여 배합된 고무의 물성과 이 고무와 황동이 피복된 강선간의 접착특성을 조사하였다. 코발트 염의 첨가가 배합고무의 물성에 미치는 영향은 크지 않았으나, 접착특성은 코발트 염의 첨가량과 열화처리에 따라 크게 달라졌다. 코발트 염의 함량이 적은 고무에서는 pullout force와 고무의 부착 정도로 나타내어지는 접착특성이 향상되었으나, 함량이 1.5 phr 이상인 고무에서는 열화 후 접착특성이 크게 나빠졌다. 코발트 염의 과량 첨가에 따른 접착특성의 저하를 접착층의 성장과 관련지어 설명하였다.

**Abstract**— The effect of cobalt salt in rubber compound on the physical properties of the rubber compound and the adhesion properties between the rubber compound and brass-coated steel cord was studied. Although the change in the physical properties of the rubber compound with the addition of cobalt salt was small, the adhesion properties were changed significantly with the loading level of cobalt salt and aging treatments. Pullout force and rubber coverage of the steel cord were enhanced in the rubber compound with low loading of cobalt salt. When the loading level of cobalt salt was higher than 1.5 phr, the adhesion was severely deteriorated after aging treatments. The easy failure in the adhesion of the sample with high loading of cobalt salt was explained in terms of the growth of the interfacial layer.

### 1. 서 론

물리적 강도를 증진시키기 위하여 강선(steel cord)을 고무에 넣어 타이어를 제조하는 방법은 1950년대부터 사용되고 있다[1]. 철은 고무와 직접 접촉되지 않기 때문에 철 표면에 황동을 피복시킨 강선을 사용한다.

가황반응 중 고무내의 유허과 황동층이 반응하여 접착층을 형성하므로 접착이 이루어진다[2]. 고무와 강선이 잘 접착되어야 보강재로서 강선의 기능이 발휘된다. 큰 하중을 지지해야 하고, 트레드 고무가 마모된 후 이를 재생하여 사용하여야 하는 트럭-버스 타이어에서는, 주행 중 발생하는 열이나 타이어가 받는 불규칙한 동적

응력으로 인해 접착상태가 나빠지는 정도, 즉 사용으로 인해 접착이 손상되는 정도가 타이어의 수명이나 안전성을 결정하는데 중요한 인자가 된다[3].

황동이 피복된 강선과 고무는 황동층의 구리와 고무 내의 유황이 반응하여 생성되는 황화구리( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), 구리 및 아연의 산화물과 수산화물들로 되어 있는 접착층에 의해 접착이 이루어지는 것으로 설명되고 있다[4]. 따라서 접착상태는 가황조건이나 강선에 피복된 황동의 조성과 상태 뿐 아니라, 고무의 배합성분과 조성에 따라 서로 달라진다. 이와 같이 접착에 관여하는 인자가 많고 또 접착층을 분리하여 연구하는 것이 용이하지 않으며, 복잡한 구조의 코드를 사용하므로 코드와 고무의 접착이 불균일하여, 일관성있는 실험결과를 얻기가 매우 어렵다.

황동이 피복된 강선과 고무와의 접착력을 향상시키고, 사용으로 인한 접착손상을 억제하기 위하여 접착증진제로서 코발트 염을 고무에 넣어준다. 소량의 코발트 염(코발트 금속으로 0.2 phr 정도)을 고무에 첨가해주면 물, 산소 및 오존 등에 의한 접착열화가 억제되는 것으로 알려져 있다[2]. 코발트 염의 접착증진 효과는 유황과 구리가 반응하여 만드는 황화구리 접착층에 황화코발트가 섞여들어가, 황화구리층의 격자결함을 감소시키는 것으로 설명되고 있다[4]. 또는 첨가된 코발트 염이 강선표면에 형성된 산화아연층의 전기전도도를 낮추어, 접착층에 있는 아연의 용해 및 확산에 의한 접착층의 파괴속도를 늦추어 준다는 주장도 제시되고 있다[5]. 그러나 코발트 염의 첨가량이 많아지면 고무의 물성이 저하될 뿐 아니라 접착에도 도움이 되지 않는다[6]. 코발트 염의 첨가로 고무의 가공밀도가 커져 접착층과 고무의 물성차이가 심해지므로 접착상태가 저하된다는 설명도 있고[2], 접착층의 주요성분인 황화구리층의 결정성(crystallinity)을 증가시킨다는 설명도 있으나[7], 코발트 염의 첨가로 인한 접착증진 효과와 열화 조건에서의 거동 등에 대해서는 아직도 논의가 진행 중이다.

본 연구는 접착증진제로서 타이어 제조에 쓰이고 있는 코발트 보로아실레이트(cobalt boroacylate)의 고무내 함량을 달리하여, 고무와 황동이 피복된 강선과의 접착에 미치는 코발트 염의 영향을 조사한 것이다. 또 코발트 염의 첨가에 따른 고무의 물성변화와 열 및 열수에 의한 열화처리 후의 접착상태를 조사하여, 코발트 염의 첨가효과를 검토하였다. 특히 코발트 염을 많이 첨가했을 때 접착이 저하되는 현상에 대해서 관심을 가지고 고찰하였다.

## 2. 실험

**황동이 피복된 강선** : Trefil Arbed Korea 에서 구입한 트럭-버스 래디얼 타이어용  $3 \times 0.20 \text{ mm} + 6 \times 0.38 \text{ mm}$  구조의 황동이 피복된 강선을 사용하였다. 피복 성분의 조성은 구리 65.3%, 아연 34.7%이었으며, 피복량은 강선 1 kg 당 3.68g 이었다.

**고무** : 천연고무(100), 산화아연(6.0), 스테아린산(0.5), 카본블랙(80), 가공유(6.0), 유황(6.0), 티아졸계 가황촉진제(0.6)에 코발트 보로아실레이트(코발트 금속 : 23 wt%)를 첨가하였다. 코발트 염의 첨가량을 달리한 6종류의 고무를 준비하였다.

Loading level	0	0.35	0.7	1.0	1.5	3.0
of cobalt salt, phr						
Rubber #	R-0	R-0.35	R-0.7	R-1.0	R-1.5	R-3.0

고무는 반바리 혼합기(Banbury mixer, Hitachi Co., type O)를 사용하여 ASTM D3148-80 과 금호타이어의 사양에 따라 배합하였다. 88°C에서 먼저 천연고무, 산화아연, 스테아린산 및 노화방지제 등을 넣어 6분간 혼합한 후 꺼내어 실온까지 냉각하였다. 이어 90°C로 예열된 혼합밀(Open Mill, 10×20 Lab Mill, Getty Machine & Mold Inc.)에서 유황, 가황촉진제 및 코발트 염을 넣고 6분간 혼합하여 배합고무를 준비하였다.

**접착가황 및 열화처리** :  $12.7 \times 12.2 \times 76.2 \text{ mm}$ 의 타이어 코드 접착력 시험(Tire Cord Adhesion Test : TCAT으로 약함)용 물드를 이용하여 강선과 고무를 접착가황시켰다. 가황조건은 145°C에서 Monsanto Oscillating Disc Rheometer(Model 100)을 이용하여 얻은 가황곡선(rheocurve)을 검토하여 결정하였다. 가황곡선은 코발트 염의 함량에 관계없이 최고 토오크에서 plateau를 보여주어 가황조건을 타이어 제조 조건과 유사하게 정하였다. TCAT 물드는 가황기(Hanil Cure Press) 내에서 145°C로 예열한 다음 고무 사이에 강선을 24.5mm 씩 넣고 13-14 MPa의 압력에서 145°C로 35분간 가황시켰다. 가황 후 물드에 TCAT 시편을 꺼내어 실온으로 냉각하였다. 고무의 물성을 조사하기 위해 강선이 들어있지 않은 시편도 위와 동일하게 준비하였다. 접착열화를 조사하기 위해 열(thermal) 및 열수(hot water)노화시험을 행하였다. 열노화는 90°C의 Wood's metal chamber에, 그리고

열수노화는 90°C의 수조(Brinkmann Co.)에 넣어 실시하였다.

**접착평가:** 접착가황 후 및 열화처리 후, 시편의 poll-out force는 각각 인장시험기(Instron Co., Model 6021)를 사용하여 실온에서 100 mm/min의 속도로 뽑으면서 측정하였다. 뽑아낸 강선 표면에 고무가 부착되어 있는 정도를 육안으로 평가하여 고무의 부착 정도(rubber coverage)를 결정하였다. 강선 표면이 고무로 완전히 덮혀있을 때를 100%로, 고무가 전혀 부착되어 있지 않을 때를 0%로 하여 상대적인 부착 정도를 나타내었다. 강선과 고무의 접착상태를 전자현미경(Jeol Co., Model 840A)으로 관찰하고, WDX(Wavelength Dispersive X-Ray Analysis) 장치를 이용하여 구리, 유황, 아연 등의 상대적인 표면조성을 측정하였다. 모든 실험결과는 다섯 개의 시편으로부터 얻은 결과의 평균값으로 나타내었다.

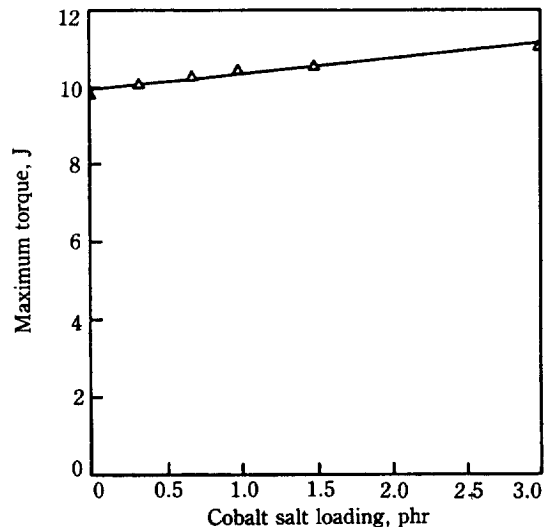
### 3. 결 과

**물성:** 코발트 염의 함량을 달리하여 제조한 고무의 가황곡선(rheocurve)에서 얻어진 주요 특성치를 Table 1에 나타내었다. 코발트 염의 함량과 최저 토크 값 사이에는 뚜렷한 상관관계가 없었으나, 최대 토크값은 코발트 염의 함량이 많아지면 점차 높아졌다(Fig. 1). T40과 T90 시간은 코발트 염 함량이 많아지면 조금씩 짧아져, 코발트 염이 가황속도를 약간 증가시키는 것으로 생각된다. 그러나 코발트 염의 함량이 0.35 phr 일 때는 T40과 T90 시간이 오히려 약간 길어지는데, 이는 코발트 염이 유황과 반응할 가능성이 있기 때문으로 여겨진다.

Table 2에는 접착가황 직후의 고무물성을 정리하였다. Table 3에는 열노화 후, Table 4에는 열수노화 후의 물성을 정리하였다. 경도(hardness)는 코발트 염

**Table 1. Curing characteristics of rubber compounds with different loading levels of cobalt salt measured using Monsanto rheometer**

Rubber	Minimum torque, J	Maximum torque, J	T 40	T 90
R-0	1.99	9.91	16'00"	22'10"
R-0.35	2.07	10.1	16'45"	23'15"
R-0.7	1.96	10.4	15'45"	22'30"
R-1.0	1.93	10.5	15'15"	22'00"
R-1.5	2.39	10.6	14'30"	20'45"
R-3.0	1.74	11.2	14'00"	19'30"



**Fig. 1. Effect of the loading level of cobalt salt on maximum torque of rheometer curve.**

의 함량이 많아짐에 따라 약간 증가한다. 열화처리 후에도 경도는 전체적으로 약간 높아지나, 함량변화에 따른 변화양상은 접착가황 직후와 비슷하다. 코발트 염의

**Table 2. Physical properties of rubber compounds with different loading levels of cobalt salt**

Rubber	Hardness, Shore-A	100% Modulus, MPa	200% Modulus, MPa	300% Modulus, MPa	Tensile strength, MPa	Elongation at break, %
R-0	72	5.02	12.0	19.1	24.1	386
R-0.35	74	4.90	12.0	19.8	24.1	366
R-0.7	75	5.69	13.1	20.5	25.2	379
R-1.0	76	5.48	12.7	20.2	24.8	375
R-1.5	77	5.78	13.0	20.3	25.1	382
R-3.0	78	6.13	13.1	19.6	23.2	364

**Table 3. Physical properties of thermally aged rubber compounds with different loading levels of cobalt salt**

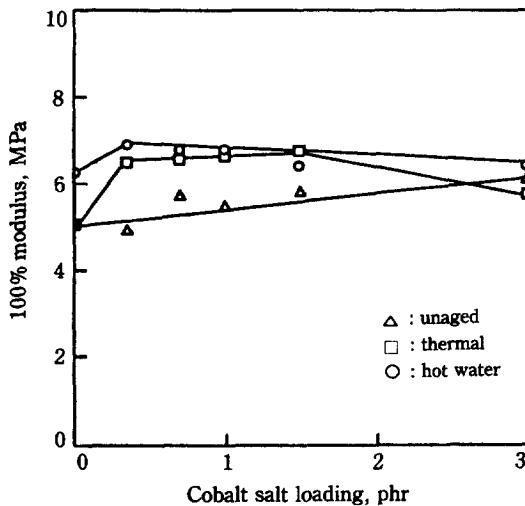
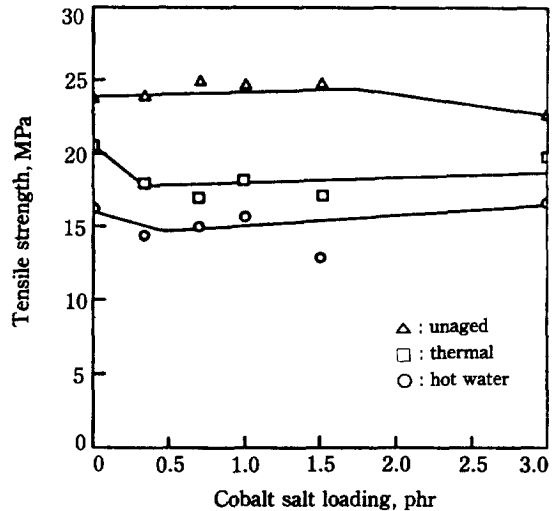
Rubber	Hardness, Shore-A	100% Modulus, MPa	200% Modulus, MPa	300% Modulus, MPa	Tensile strength, MPa	Elongation at break, %
R-0	73	5.05	12.0	18.7	20.8	340
R-0.35	78	6.52	14.9	—	18.1	241
R-0.7	79	6.62	14.9	—	17.3	229
R-1.0	80	6.64	14.7	—	18.5	251
R-1.5	80	6.77	14.5	—	17.4	238
R-3.0	80	5.80	12.8	19.5	20.6	321

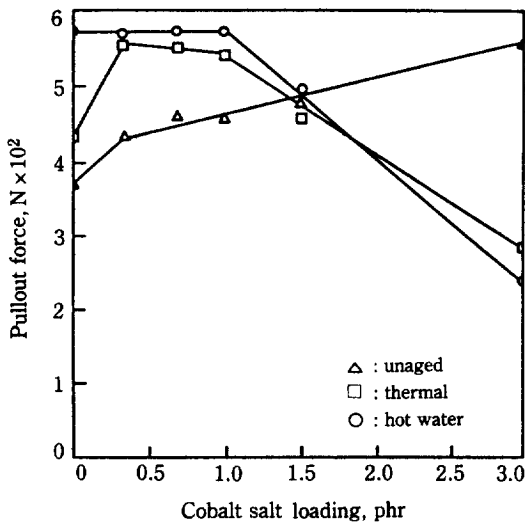
Aging time: 7 days.

**Table 4. Physical properties of rubber compounds aged in hot water with different loading levels of cobalt salt**

Rubber	Hardness, Shore-A	100% Modulus, MPa	200% Modulus, MPa	300% Modulus, MPa	Tensile strength, MPa	Elongation at break, %
R-0	77	6.27	14.1	—	16.4	229
R-0.35	78	6.92	—	—	14.6	189
R-0.7	79	6.78	—	—	15.3	204
R-1.0	79	6.80	—	—	15.9	212
R-1.5	79	6.44	—	—	13.2	187
R-3.0	80	6.46	—	—	17.4	249

Aging time: 7 days.

**Fig. 2. Effect of the loading level of cobalt salt on 100% modulus of cured rubber compound.**  
Aging time: 7 days.**Fig. 3. Tensile strength at break before and after aging (7 days) for rubbers with different loading level of cobalt salt.**

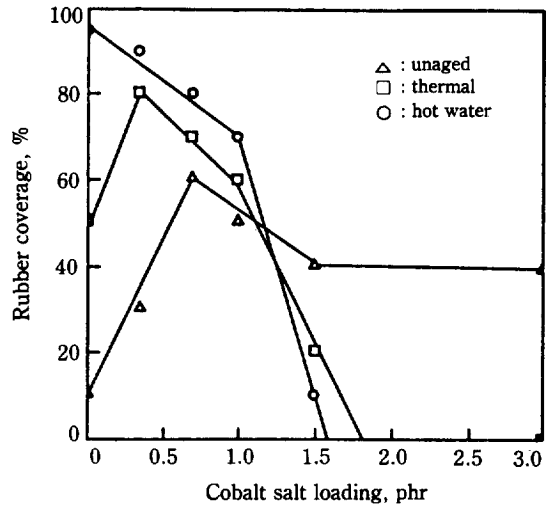


**Fig. 4. Effect of the loading level of cobalt salt on pullout force of BC cord embedded in rubber compound.**  
Aging time: 5 days.

함량이 다른 고무의 100% 모듈러스를 Fig. 2에 나타내었다. 접착 직후의 100% 모듈러스는 코발트 염의 함량에 따라 선형적으로 증가된다. 열화처리 후의 100% 모듈러스는 접착 직후에 비해 전반적으로 약간 높다. 열화 후 코발트 염이 0.35 phr 첨가된 고무는 코발트 염이 첨가되지 않는 고무에 비해 100% 모듈러스가 약간 높다. 그러나 코발트 염의 함량이 이보다 더 많아지면 의미있는 차이는 없었다.

코발트 염이 인장강도에 미치는 영향을 Fig. 3에 나타내었다. 접착 직후에는 코발트 염의 함량이 달라져도 고무의 인장강도는 거의 일정하였다. 열화처리 후에도 같은 경향을 보이고 있으나, 인장강도는 접착 직후에 비해 30% 정도 낮아졌고, 열노화 후보다는 열수노화 후에 더 많이 낮아졌다.

**접착현상 :** Fig. 4는 접착가황 직후와 5일간의 열화처리 후 측정한 pullout force를 코발트 염의 함량에 따라 그린 것이다. 접착 직후의 pullout force는 코발트 염의 함량이 많아질수록 완만하게 증가하였다. 열노화 후의 pullout force는 코발트 염의 첨가량이 0.5 phr 일 때까지는 증가되지만, 함량이 더 많으면 도리어 감소된다. 열수노화 후에는 코발트 염의 함량이 1.0 phr 일 때까지는 pullout force가 높게 유지되나 더 많아지면 급격히 감소된다. 접착 직후의 pullout force는 코발트 염의 첨가량이 많아지면 증가된다. 그러나 열화처리 후에는 코발트 염의 함량이 1.0 phr 이하인 고무



**Fig. 5. Effect of the loading level of cobalt salt on rubber coverage of BC cord embedded in rubber compound.**  
Aging time: 5 days.

에서는 pullout force가 접착 직후에 비해 증가되지만, 코발트 염의 함량이 1.0 phr 보다 많아지면 pullout force가 현저히 저하되었다.

접착가황 직후와 5일간의 열화처리 후 뽑아낸 코드에 붙어있는 고무의 부착 정도를 Fig. 5에 보였다. 접착 직후의 고무의 부착 정도는 코발트 염의 첨가량이 0.7 phr 일 때까지는 증가되지만, 첨가량이 이보다 많아지면 완만하게 감소한다. 이에 비해 열노화 후에는 코발트 염의 첨가량이 0.35 phr 보다 많아지면 크게 감소된다. 열수노화 후에는 첨가량이 1.0 phr 까지는 완만하게 감소되나 첨가량이 이보다 더 많아지면 고무의 부착 정도는 급격히 감소한다. 코발트 염 첨가량이 3.0 phr 인 고무와 강선을 접착가황시켜 열노화 또는 열수노화한 후 뽑아내면 강선에 고무가 전혀 붙어있지 않았다. Pullout force (Fig. 4)의 결과에서와 같이 코발트 염이 3.0 phr 첨가된 고무는 코발트 염이 들어있지 않은 고무에서보다 접착가황 직후에는 고무의 부착 정도가 높았다. 그러나 열화처리 후에는 코발트 염의 첨가량이 1.0 phr 보다 높으면 고무의 부착 정도가 아주 낮았다.

열화시간의 영향을 비교하기 위하여 열노화 처리시간을 달리하여 pullout force와 고무의 부착 정도를 측정한 결과를 Fig. 6과 7에 보였다. 코발트 염이 들어있지 않은 고무에서의 pullout force는 열노화 처리시간이 길어지면 완만하게 증가되었다. 코발트 염이 0.7 phr 첨가된 고무에서는 열노화처리로 약간 증가되었다가 처리시간이 10일이 지나면 감소되었다. 이에 비해

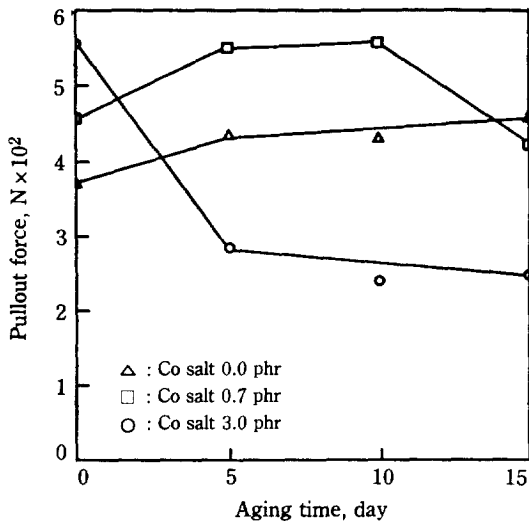


Fig. 6. Effect of the time of thermal aging on pullout force of BC cord embedded in rubber compound with different loading level of cobalt salt.

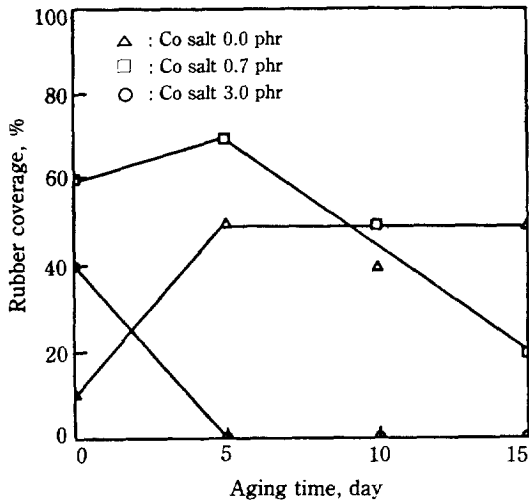


Fig. 7. Effect of the time of thermal aging on rubber coverage of BC cord embedded in rubber compound with different loading level of cobalt salt.

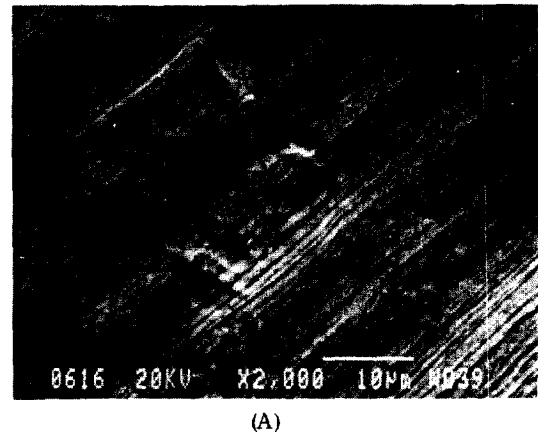
코발트 염의 첨가량이 3.0 phr 인 고무에서는, 접착가황 직후의 pullout force 는 높지만, 5일간 열노화시키면 현저히 낮아지며, 열노화기간이 더 길게 하여도 그 이상의 변화는 없었다. 코발트 염이 들어있지 않은 고무와 접착시키면 열화처리로 강선 표면의 고무 부착 정도가 증가되었다. 그러나 코발트 염이 0.7 phr 들어있는 고무에서는 5일간 열화처리하면 고무의 부착 정도가 약

Table 5. Relative composition of copper, zinc and sulfur on the surface of R-3.0 rubber<sup>a</sup> adhered on steel cord

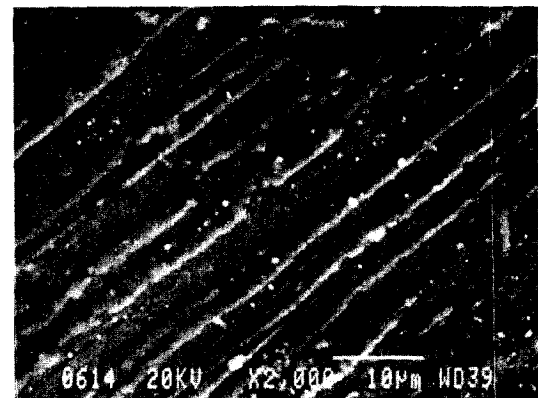
Aging treatments	Relative composition, elemental %		
	Cu	Zn	S
Unaged	3.7	38.8	57.5
Thermal <sup>b</sup>	10.2	44.6	45.2
Hot water <sup>b</sup>	14.4	42.1	43.5

<sup>a</sup> Loading level of cobalt salt: 3.0 phr.

<sup>b</sup> Aging time: 5 days.



(A)



(B)

Fig. 8. SEM photos of R-3.0 rubber interfaces adhered to BC cords after (A) thermal and (B) hot water aging. Aging time: 5 days.

간 증가하나, 열화기간이 더 길어지면 낮아졌다. 코발트 염 함량이 3.0 phr 으로 많이 들어있는 고무와 강선을 접착가황시켜 제조한 시편은, 5일간 열노화시켜 뽑아 내면 pullout force 도 낮아지고 고무의 부착 정도는 영으로서 강선의 표면에 고무가 전혀 묻어있지 않았다.

**접착면의 상태 :** Table 5에는 코발트 염 함량이 3.0 phr 인 R-3.0 고무와 강선을 접착가황시킨 시편에서 접착 직후와 열화처리 후 뽑아낸 강선 표면의 상대조성을 WDX 방법으로 측정하여 정리하였다. 접착 직후에 비해 열노화 후 또는 열수노화 후 구리 함량이 현저히 증가하였다. 아연의 함량도 약간 증가되었으나, 상대적으로 유황의 함량은 감소되었다. 강선과 접착되었던 R-3.0 고무는 열노화 후와 열수노화 후 강선을 뽑아내면 뽑아낸 강선의 표면에 고무가 묻어있지 않았다. Fig. 8은 열화처리 후 강선과 접착되어 있던 R-3.0 고무계면의 전자현미경 사진이다. 열노화 후에는 가는 줄모양의 흠이 관찰되나, 열수노화 후에는 이 흠의 폭도 두께도 크게 두터워졌다.

#### 4. 고 찰

코발트 염을 첨가하여 가황시키면 배합고무의 최대토크, 경도, 100% 모듈러스 등이 커지는 점을 미루어, 코발트 염이 가황의 속도를 촉진시키거나 또는 가황반응이 많이 진행하도록 하는 기능이 있다고 생각된다. 그러나 이러한 증가 정도는 가황 촉진제의 첨가에 따른 증가폭에 비하면 크지 않아, 첨가된 코발트 염이 고무 물성에 미치는 영향은 크지 않았다. 열노화나 열수노화 후 고무의 경도와 100% 및 200% 모듈러스는 약간 증가되고 인장강도는 감소되었으나, 코발트 염의 함량에 따른 영향은 가황 직후에서와 같이 뚜렷하지 않았다. 따라서 코발트 염이 첨가되면 고무의 물성이 나빠지는 것으로 보고되어 있으나[8], 본 실험에서 사용한 카본블랙이 들어있는 고무에서는 이러한 물질저하가 관찰되지 않았다. 코발트 염의 첨가 효과는 카본블랙 등 다른 첨가물질의 유무에 따라 다르게 나타나는 것으로 생각된다.

이에 비해 고무와 강선간의 접착상태는 코발트 염의 첨가로 크게 달라진다. 접착 직후의 pullout force 나 고무의 부착 정도는 코발트 염이 첨가되면 향상된다. 그러나 열화 후의 pullout force 나 고무의 부착 정도는 코발트 염의 함량이 적은 시편에서는 높게 나타나지만, 코발트 염의 함량이 많은 고무에서는 아주 낮은 값을 보인다. 코발트 염의 함량이 1.5 phr 보다 많은 고무에서 고무의 부착 정도가 현저히 낮아, 코발트 염의 함량이 소량일 때는 코발트 염이 접착증진제로서 기여하지만 함량이 많아지면 도리어 접착을 파괴시키는 기능을 보이는 것으로 생각된다. Fig. 6과 7에 보인 열노화 기간에 따른 pullout force와 고무의 부착 정도에서

도 코발트 염의 함량이 0.7 phr 인 고무에서 열노화처리 후 초기에는 pullout force와 고무의 부착 정도가 증가되었으나, 기간이 더 길어지면 도리어 감소되는 경향을 보이고 있다.

$Cu_xS$ 가 주요성분인 접착층은 부서지기 쉬운 물질로서 이 접착층이 두터워지면 접착은 손상된다[9]. 코발트 염의 함량이 낮고 또 열화기간이 짧을 때에 코발트 염에 의한 접착증진 효과가 크다는 점에서, 코발트 염이 열화처리 중에 접착층의 성장에 기여한다고 생각할 수 있다. 동시에 열화조건이 장기간 지속되거나 코발트 염의 함량이 매우 높아 접착층이 너무 두텁게 성장하면 접착층이 쉽게 파괴되므로, 코발트 염의 함량이 높은 고무에서는 도리어 접착이 약해지는 것으로 설명될 수 있다. 이러한 설명은 Table 5의 표면조성 결과에 의해서도 뒷받침된다. 코발트 염의 함량이 높은 R-3.0 고무는 강선과 가황접착시켜 7일간 열노화나 열수노화시키면 뽑아낸 강선에 고무가 묻어있지 않았다. 강선과 접착되어 있던 고무의 표면에서 구리가 검출되고 아연의 상대적 함량이 높아진 것은 열화과정에서 접착층이 고무쪽으로 이동되었다고 보아야 설명이 가능하다. 구리판과 고무를 접착가황시키면 접착면에 생성된  $Cu_xS$  층이 고무쪽으로 이동되어 접착이 이루어지지 않는 것처럼, 코발트 염이 접착층의 성장을 촉진시키므로 접착층이 두텁게 성장되어 고무 쪽에 붙어버리는 것으로 생각할 수 있다. 열수노화 후 고무 표면의 전자현미경 사진(Fig. 8)에서 열화처리 후 강선과 떨어져 버리는 코발트 염의 함량이 많은 고무의 표면에 특정한 물질층의 성장이 확인된다. 이러한 결과를 종합하면, 접착층의 성장에 코발트 염이 관여하므로, 코발트 염을 소량 첨가하면 접착층의 성장을 도와 접착이 증진되는 효과를 보이나 첨가량이 많아지면 접착층의 과도한 성장으로 열화처리 후 접착이 쉽게 파괴되는 것으로 설명할 수 있다.

코발트 염의 함량이 많아지면 고무의 물성이 현저히 나빠지므로 소량을 첨가해야 한다는 주장[10]도 있으나, 본 실험에서 사용한 고무에서는 이러한 고무물성의 저하보다는 접착층의 성장에 미치는 영향 때문에 코발트 염의 첨가량이 적어야 한다고 생각한다. 그러나 소량 첨가시 접착이 증진되는 효과가 단순히 가황반응의 촉진에 의한 것인지 아니면 다른 효과에 의한 것인지는 본 실험의 결과만으로 밝히기 어려웠다.

Pullout force에는 뽑는 과정에서 고무의 변형 등의 영향으로 접착 뿐 아니라 고무의 물성에 의한 영향도 포함되어 있다. 이에 비해 고무의 부착 정도는 육안

에 의한 평가이므로 객관적인 기준을 확립하기 어렵다는 단점은 있어도 고무와 강선간의 접착에 대한 코발트 염의 영향을 검토하는데에는 고무의 부착 정도가 더 뚜렷한 경향을 보여주었다.

## 5. 결 론

1. 코발트 염은 배합고무의 가황을 촉진시키거나 또는 가황 정도를 크게 해주는 기능이 있으나, 본 실험에서 사용한 배합고무에서는 그 효과가 적어 접착가황 후나 열화처리 후에 코발트 염의 첨가에 따른 물성저하는 뚜렷하지 않았다.

2. 소량의 코발트 염이 첨가되면 고무와 강선간의 접착이 증진되었으나, 코발트 염의 첨가량이 많아지면 도리어 현저히 저하되었다. 소량이 첨가된 경우에도 열화처리 기간이 길어지면 접착이 저하되었다. 코발트 염은 접착층 형성 및 성장과 관련이 있으며, 코발트 염의 함량이 많아지면 접착층이 쉽게 파손되어 접착이 도리어 나빠진다.

## 감 사

본 연구는 과학기술처에서 시행한 특정연구 개발사업의 연구결과이며, 지원에 심심한 사의를 표합니다.

## REFERENCES

1. Buchan, S.: "Rubber to Metal Bonding", Crosby Lockwood & Son, London (1959).
2. Van Ooij, W.J.: *Rubber Chem. & Tech.*, **52**, 605 (1979).
3. Haemers, G.: *Rubber World*, **26**, (Sep. 1980).
4. Van Ooij, W.J.: *Rubber Chem. & Tech.*, **51**, 52 (1978).
5. Haemers, G. and Mollet, J.: *ibid.*, **51**, 371 (1978).
6. Barker, L.R.: *NR Technology*, **12**, 77 (1981).
7. Labar, C. and Breckpot, R.: *Bull. Soc. Chim. Belges*, **81**, 565 (1972).
8. Van Ooij, W.J., Weening, W.E. and Murrwg, P.F.: *Rubber Chem. & Tech.*, **54**, 227 (1981).
9. Van Ooij, W.J.: *Surface Technology*, **6**, 1 (1977).
10. Solomon, T.S.: *Rubber Chem. & Tech.*, **58**, 561 (1985).