폐타이어 재활용

김진국 교수
경상대학교 고분자공학과

들어가는 말

최근 산업발전으로 인한 생활수준의 향상으로 환경문제는 지구상에서 점차 증가하고 있다. 이러한 산업의 지속적인 발전으로 말미암아 수질오염 및 대기오염등 공해문제가 발생되었으며 최근 폐기물문제가 발생되었다. 산업 폐기물의 증가추세와 환경규제로 인하여 폐기물 처리에 대한 기술은 모든 산업 분야의 국가경쟁력과 직결되는 문제로 되어 있다. 자동차는 현대생활에서는 없어서는 안 될 필수품목으로서 자동차 산업의 급진적인 발전으로 인하여 자동차로 인한 환경문제가 크게 대두되었다. 특히 자동차폐기물중 폐타이어는 부피가 클 뿐만 아니라 구성 재료의 성분이 물리화학적으로 안정되어 자연분해 기간이 몇 백 년이 소요되어 매립처리에 어려움이 있고 소각처리는 공해 발생 등 이차적인 환경오염 유발 가능성이 크기 때문에 무단투기, 불법소각 등의 사회적인 문제까지 대두되고 있다. 따라서 재활용하는 방법이 환경적인 문제해결에 있어서 가장 최상의 방법이라 할 수 있을 것이다.

최근 각국은 환경문제에 많은 관심을 두고 있으며 21세기에는 환경기술이 가장 중요한 기술의 하나라고 예측되며 이로 말미암아 관련된 제조회사와 특히 수출을 위한 품목에서도 필수적으로 환경문제를 해결하여야 생산 활동이 가능하게 될 전망이다. 세계 각국에서는 자동차의 100% 재활용화 (total recycling system)를 목표를 하고 노력하고 있으며 2007년부터 유럽을 위시한 선진국 그룹에서의 무역 제제를 가할 예정이다.

현재 재활용에 있어서 가장 걸림돌이 되는 것은 산업화 하기 위한 경제성이다. 따라서 경제적인 제품들로 재생산하려는 많은 노력을 시도하였으나 산업적 측면에서 경제적인 만족에 미치지 못하는 추세이다. 이를 해결하기 위하여 기술개발이 필요한데 그중 핵심 기술로는 고무의 미세분말화, 표면처리기술(surface treatment), 혼련기술 등을 꼽을 수 있다. 표면처리기술로는 마이크로웨이브방법(microwaves), 미생물반응방법(bioreactor), 밀링방법(milling), 기타 해가교 방법(devulcanization-technique)등을 이용하여 분말의 성형을 쉽게하여 제품화를 위해 개발되어 발표되고 있다.

폐타이어 재활용을 보다 용이하고 다용도로 적용하기 위해서는 폐타이어의 분말가공이용 방법이 있다. 일반적으로 폐타이어의 분말화에는 상온분쇄와 냉각분쇄를 사용한 방법으로 구분되는데 냉각분쇄는 액체질소를 사용하여 폐타이어를 유리전이 온도(Tg) 이하로 하여 분쇄하는 방법이다. 이러한 방법은 1960년대 유럽에서 시작하여 지금까지 시행되고 있으며 냉각분쇄(cryogenic grinding)는 상온분쇄에 비해 미세분말을 제조할 수 있으나 폐타이어의 분쇄시 액체질소의 다량의 소비로 인해 가격적인 측면에서 상당히 어려움에 직면하고 있다. 따라서 분말로 제품화하는데 큰 장애요소

로 작용하고 있으므로 최근 들어 LNG를 사용하는 분쇄기술이 상용화되었고 국내에서도 (주)크리오텍이 2004년 가동을 앞두고 있다.

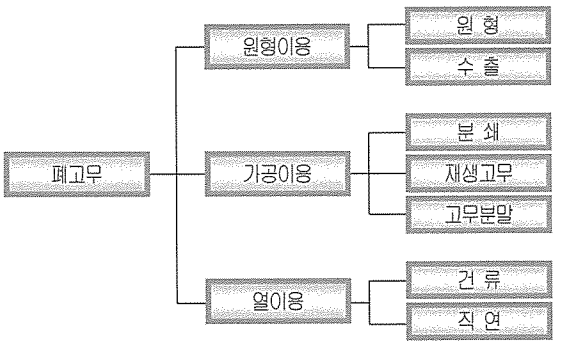
폐타이어의 발생 및 처리현황

폐타이어의 재활용기술은 자동차산업과 밀접한 관계가 있다. 폐타이어는 자동차의 급격한 증가추세로 인하여 발생량이 크게 증가하고 있다. 〈표 1〉에 우리나라의 최근 폐타이어 발생량과 처리량을 나타내었다.

자동차 보유수의 증가에 따라 우리나라는 2002년 말 기준으로 약 2,400만개의 폐타이어가 발생되고 있으며, 심각한 환경적 문제로 대두되고 인간의 삶을 위협하는 사회적 · 환경적 문제로 발전되고 있다. 폐타이어 처리 중 재활용기술이 가장 좋다는 것은 재론할 필요가 없다. 〈그림 1〉에서는 폐타이어 재활용 기술을 나타내었다.

폐타이어의 재활용은 열경화성재료이기 때문에 크게 열이용, 원형이용, 분말가공이용으로 분류할 수 있다. 열이용은 폐고무(특히 폐타이어의 경우)의 발열량이 8,000 cal/kg이라는 점을 이용하여 시멘트 소성로나 건류소각에 열원으로 이용된다. 원형이용으로는 재생고무 제조, 어초, 사방공사 등에 이용되며, 분말가공이용은 분쇄한 고무분말을 이용하여 고무제품을 제조하거나 충진제로서 고무 아스팔트 등에 많이 이용 된다.(표1)

그림 1. 폐타이어 재활용 방법



폐타이어의 처리방법

가. 원형이용

1) 일반 매립

매립에 의한 처리방법은 매립지 부족, 환경오염 및 지역주민들의 기피 등으로 매립지 확보의 한계가 있을 뿐만 아니라 땅속에 있던 폐타이어가 땅위로 부상하여 해충들의 번식처가 되고 토양을 균열 시키고 땅을 메마르게 하여 매립지는 황폐화될 수 있다.

따라서 초기에는 상당히 많은 양의 폐타이어가 매립에 의하여 처리되었으나 점차 감소되어가는 추세이다.

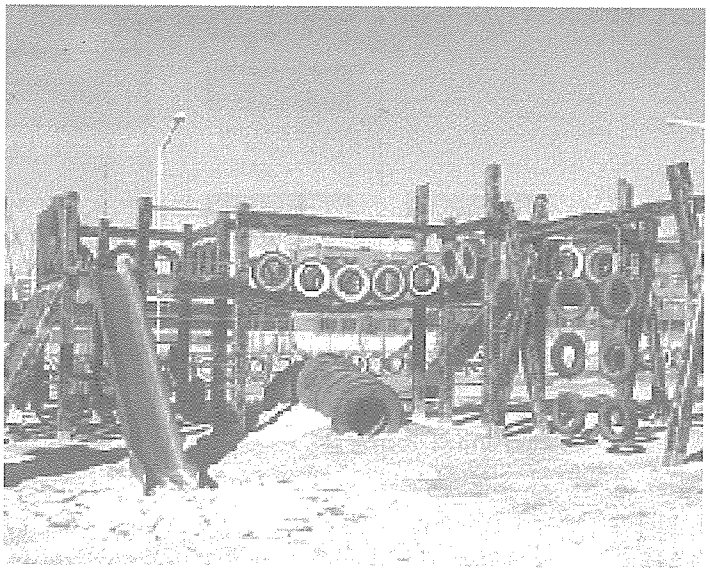
2) 군부대 진지 구축용

우리나라에서 폐타이어는 군부대 진지 구축용으로 많은 양이 사용되고 있다. 전국 군부대에서 진지구축에 사용한 폐타이어는 1,200만개에 달해 심각한 환경오염

표 1. Recycling of waste tire treatment

(단위: × 1,000개)

구 분			1997	1998	1999	2000	2001	2002
발 생 량			17,584	20,729	22,722	19,596	16,916	24,023
재 활	가공이용	재생타이어	1,076	1,180	980	1,100	-	-
		고무분말	1,615	2,166	1,516	1,663	1,799	1,478
		밧 줄	312	365	226	348	351	85
		소 계	3,003	3,711	2,722	3,111	2,150	1,563
	열이용	시멘트 킬른	1,009	3,860	5,539	7,827	8,805	14,146
		건류소각	329	194	861	807	815	749
		소 계	1,338	4,054	6,400	8,634	9,620	14,895
	원형이용	수 출	1,084	754	656	716	1,072	347
		토목공사	4,238	4,283	-	-	47	-
		매립장공사용	859	824	1,694	1,526	2,545	362
		소 계	6,181	5,861	1,694	1,526	2,545	709
	합 계		10,522	13,626	10,816	13,271	14,315	17,167
	재 활 용 율		59.8%	65.7%	47.6%	67.7%	84.6%	71.5%



을 발생시킬 우려가 있다. 따라서 최근 들어 군부대로부터 오히려 진지 구축된 폐타이어를 반출하고자 하고 있다. 대부분 도심 외곽의 녹지에 구축, 환경파괴 요인뿐만 아니라 유사시 적포탄이나 소이탄, 화염공격을 받을 경우 발화 위험 또한 높다. 따라서 이러한 방법은 일시적인 단순재이용이지 근본적인 폐타이어 처리방법이 될 수 없어 2000년 이후에는 국내에서는 사용되지 않고 있다.

3) 폐타이어를 이용한 흙막이 구조물

타이어옹벽은 미관상의 문제가 있긴 하나 폐타이어를 이용함으로써 공사비를 절감시킬 수 있고, 기초 지반이 연약할 경우에도 설치가 가능하며 또한 시공이 간편하여 공기를 크게 단축시킬 수 있는 이점이 있다. 이외에도 고강도 강재 및 다양한 공업 섬유를 포함한 폐타이어는 재질의 내구성이 우수하여 관련 구조물의 수명이 거의 반영구적인 것으로 이상 평가되고 있다. 영국 Bradford 부근의 흙막이 구조물 시공에서 일반 옹벽에 비해 75% 정도의 절감 효과를 보았다.

4) 폐타이어를 이용한 인공어초

폐타이어를 이용한 인공어초 사업은 어초의 모양을 다양하게 만들 수 있고 생산단가도 현저히 낮출 수 있겠다는 개념이다. 폐타이어를 이용하면 고정식 콘크리트 어초와는 달리 투하목적과 지역특성에 맞게 자유자재로 형태를 변형할 수 있다는 장점이 있다. 이를 이용하면 폐기물처리와 효율적인 어족자원 증식을 기대할 수 있을 것이다. 그러나 바다의 2차 공해를 일으킬 수 있고 수요의 한계가 있어 근본적인 폐타이어 처리방법이 되지 못한다.

5) 폐타이어를 이용한 하천수질 정화기술

소득의 향상 등 문화적 수준이 높아짐에 따라 휴식공간으로서의 쾌적한 하천환경(하천수량, 수질, 공간)에 대한 욕구가 증가되고 있다. 이에 착안되어 기존의 이수 및 치수 기능에 환경적 기능을 접목시키고, 특히 자연보전의 기능, 친수 기능 그리고 공간 기능으로 구성된 하천의 환경적 기능 중에서 가장 기본이 될 수 있는 오염된 하천의 수질을 개선하기 위한 방법으로 폐타이어를 이용한 하천수질 정화기술이 제안되었다. 일정 크기의 표면적과 공극률을 갖는 자갈과 소정의 형상으로 가공된 인공의 접촉제를 이용한 하천수질 정화장치와 이때 사용되는 접촉재로서 폐콘크리트 및 폐타이어의 활용이 가능하다. 수중의 오염물질이 여재(자갈, 쇄석 등) 사이의 공간을 흐르면서 여재와 접촉하여 침전 시키고 오염물질이 전기적 성질이나 여재의 표면에 서식하는 미생물군의 점성에 의해 흡착되면 여재 표면에 서식하는 미생물 군이 오염물질을 먹이로 섭취하여 물과 탄산가스로 산화, 분해시킨다. 이러한 방법은 유수 중 유기물(BOD, COD등)의 저감과 유수의 외관적 성상개선(색도, 탁도), 유수의 감각적 성상개선(악취의 저감), 하상의 개선(부착물, 침전물의 저감 및 제거), 환경요소로서의 종합적 기능 보전, 자연 상태의 하천에서 일어나는 침전, 흡착, 산화분해 등의 자정작용을 인위적으로 극대화시켜 오염된 하천수를 정화시킬 수 있다.

6) 폐타이어를 이용한 충격흡수대 설치

폐타이어로 교통 안정장치로서 콘크리트 구조물을

대신하여 사용하는 방법으로 충격을 완화시켜 교통사고의 사고 위험도 크게 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다.

나. 열이용

1) 시멘트킬른

폐타이어의 발열량은 약 8,000 cal/kg으로 시멘트 소성로나 건류 소각로, 열분해 이용에 이러한 높은 발열량을 활용할 수 있다. 폐타이어를 이용한 시멘트 소성로 보조연료로의 활용은 〈표 1〉에서 나타나듯이 우리나라에서 대부분 폐타이어를 처리함으로서 매우 주목할 만한 성과를 거두고 있다. 그러나 시설의 노후함에 따라 SOx의 발생 우려가 있다.

2) 건류 소각

폐타이어 소각에 건류가스화 연소를 적용하는 방법은 먼저 폐타이어 칩을 공기가 제어되는 건류가스화실에 투입하고 점화시켜 건류가스를 발생시킨다. 이 가스를 연소실에서 적당한 온도를 유지하면서 공기와 혼합하면 급격한 불꽃연소 반응이 진행된다. 이러한 건류가스가 연소되는 과정은 일반 연소용 가스가 연소될 때와 비슷하며 다량의 열이 발생한다. 건류 소각은 주로 직접 소각시 공해물질 배출이 많은 문제점을 보완하는 기술로서 폐플라스틱, 폐합성수지류, 폐고무(폐타이어) 등을 주요 처리대상으로 하고 있다. 이 소각방식은 낮은 온도와 저산소 분위기에서 불완전 연소시켜 가연성 가스를 발생시키고 발생된 가스를 2차 연소실에서 재연소시키며, 발생되는 열을 회수하는 방식이다.

3) 열분해 이용

열분해는 고분자물질을 무산소 혹은 저산소 분위기에서 가열에 의해 저분자화하여 고체 생성물인 char, 액체 생성물인 tar 그리고 기체 생성물인 가연성 가스나 오일 등의 연료를 얻는 기술로서 폐플라스틱, 폐고무류, 합성수지류 등의 고체폐기물과 반고상이나 액상 폐유를 그 대상으로 하고 있다. 폐타이어를 파쇄기로 투입 시킨 다음 파쇄된 타이어는 금속이나 섬유류를 제거할 목적으로 분쇄된다. 원료물질에 함유되어 있는 약 8%의 금속류는 분리 한 후 재활용업자에게 판매되고 원료물질인 고무는 석유와 가스로 변환시키는 열분해/가스화 공정이 있는 반응기로 투입된다. 〈표 2〉에서 보듯이 열분해 공정의 장점은 SOX, NOX, HCl, 중금속 등을 포함하는 배기 가스량이 적고 보조 연료가 필요 없다는 것이다. 무엇보다도 필요에 따라서 최종 생성물의 조성과 수율을 조절할 수가 있다. 열분해 온도만 적절히 조종을 해준다면 원하는 생성물만의 생산이 가능하다. 즉 공정이 까다롭다는 단점이 있지만 자원의 재회수율이 높고 다양한 장점이 있다.

또 다른 열분해를 이용한 폐타이어처리 플랜트 방법은 음식물 쓰레기 연속 탄화처리시스템으로서 폐타이어에서 뽑아낸 기름으로 음식물 쓰레기를 처리할 수 있는 환경 플랜트 장비이다. 이 시스템은 크게 폐기물에서 기름을 만들어내는 플랜트와 음식물 쓰레기 탄화처리장치 두 부분으로 이루어져 있다. 우선 못쓰는 타이어나 고무, 플라스틱 등을 열분해로 안에 넣고 무산소 상태에서 섭씨 400℃ 정도의 열을 가하면 폐기물이 탄화수소로 변한다. 이 기체가 냉각파이프를 거치면서 열량이 10,000kcal에 달하는 기름으로 바뀐다. 하지만 유황성분이 많아 일반 시중에 유통하기가 어렵다는 단점이 있었다.(표 3 참조)

그러나 폐타이어에서 추출한 기름을 음식물 처리기의 에너지원으로 사용할 수 있는 플랜트 패키지 개발에 성공해 이 문제를 해결했다. 플랜트를 거쳐 나온 음식물 쓰레기는 숯가루로 변하게 되며 이 탄화물을 토양개량제나 식물의 성장촉진제, 또는 물이나 공기의 여과제로 사용할 수 있다는 것이다.

표 2. SOx, NOx의 발생반응

SOx 의 발생	$S + O_2 \rightarrow SO_2$ $SO_2 + 1/2O_2 \rightarrow SO_3$
NOx 의 발생	$N_2 + O \rightarrow NO + N$ $O_2 + N \rightarrow NO + O$ $NO + O \rightarrow NO_2$

표 3. 폐타이어 열분해 반응

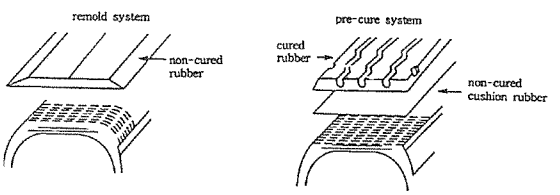
반응물	결과물	설 명
타이어	CmHn + C	열분해 개시과정
$C + 2H_2$	CH_4 + 17.9 kcal	탄소의 수성화 반응 - 메탄가스 발생
$C + 1/2O_2$	CO + 26.6 kcal	탄소의 연소과정
$C + O_2$	CO_2 + 94.0 kcal	탄소의 연소과정
$C + H_2O$	$CO + H_2$- 3.1 kcal	탄소와 물반응 - 흡열반응
$CO + H_2O$	$CO_2 + H_2$+ 3.1 kcal	

다. 가공이용

1) 재생타이어

재생고무(reclaimed rubber)는 가교된 고무를 물리적, 화학적으로 처리하여 다시 접착성과 가소성을 부여, 원료고무나 미가교 고무와 동일 목적으로 이용 가능하도록 한 것을 말한다. 지금까지 알려진 가장 단순하고 명백한 폐고무 재생 방법은 기계적인 grinding 혹은 저온 cracking 등에 의해 가능한 한 미세하게 분말화 한 후 화학 처리하여 고무의 충전제로 사용하는 방법으로 재생타이어에 이용한다. 이러한 재생고무를 새 고무와 혼합하여 타이어의 트래드(타이어와 지면의 접촉면) 부분을 다시 접착시켜서(retread) 타이어를 재생 시킨다. 재생타이어 제조법은 〈그림 2〉에서 보듯이 일반적으로 remold 방식과 precure 방식을 사용한다. remold 방식은 재생 가능한 폐타이어의 수분과 이물질을 제거하고 건조 시킨 후 트래드 부분을 갈아낸 후, 압출한 가황되지 않은 고무시트를 붙여서 가황하는 방법으로 고속성 및 외관이 양호하며, precure 방식은 미리 가황한 트래드를 붙여서 가황하는 방식으로 설비 투자비가 적고 수명이 길다.

그림 2. 재생타이어 제조



2) 고무 아스팔트

폐고무 아스팔트는 폐타이어분말을 아스팔트에 첨가하여 아스팔트의 저온 취성과 고온 점성의 약점 보완과 고무의 점성과 탄성을 활용하는 개념이다. 장점은 반사균열에 저항성이 있는 긴 수명과 내구성이 뛰어난 포장을 제공하며 표면은 뛰어난 미끄럼 저항성을 보이고 밀림 및 소성 변형으로 인한 변형에 저항성을 갖는다. 환경 친화적이며 뛰어난 칼라 대조(차선 도색 및 마모 저항 뛰어남)를 보인다.

또한 아스팔트의 두께를 줄여서 포장하는 것이 가능함으로서 경량화 할 수 있고, 차량 소음을 줄일 수 있으며 많은 양의 폐타이어를 재활용 할 수 있다. 단점으로는 특수한 장비가 필요하며 포장이 얇은 경우 포장이 밀리는 현상이 발생한다. 점도에 의한 작업성을 높이기 위해서 오일이나 등유를 섞어야 하며 다짐 후 접착 방지를 위해서 석회수를 뿌려 주어야 한다. 이러한 단점이 있지만 뛰어난 내구성과 주행성, 저소음 실현 그리고 온도변화가 큰 지역의 포장재로 사용할 수 있기에 활용가치가 높다.

폐타이어 분말을 이용한 고무 아스팔트는 고무가 지닌 점도와 탄성을 최대한 활용하는 다른 고무 아스팔트와 마찬가지로 도로 파손이나 변형, 균열 등에 매우 강하다. 기존 아스팔트에 비해 수명이 길고, 자동차주행 때 발생하는 소음과 미끄럼 현상을 크게 줄일 수 있다. 고무 아스팔트 콘크리트 포장은 소음 감소에 특히 효과

가 있다. 이미 국제적인 연구를 통하여 최소 3dB에서 10dB까지 차량 주행 소음을 감소시키는 것으로 밝혀졌다. 국내에서의 소음 측정 결과 일반 아스팔트 포장 구간에 비해서 4dB이 감소되었다. 또한 고무 아스팔트 콘크리트 포장은 개립도 마찰층(Open Grade Friction Course) 공법으로 건설교통부 제정 미끄럼 방지 포장 중 하나이다. 또한 소성변형 저항성이 크며 저온균열에 대한 저항이 크다. 특히 쓸모없이 버려지고 있는 폐타이어를 재활용하기 때문에 환경보호에도 큰 도움을 줄 수 있다.

고무 아스팔트의 공법은 크게 건식과 습식 두 가지로 나누어진다. 건식(dry) 공법은 주로 유럽에서 발달한 방법이다.

건식의 주요 개념은 폐타이어 고무분말을 골재의 일부분으로 취급하여 골재와 먼저 건조한 상태로 혼합한 후에 일반 아스팔트와 다시 혼합하여 아스팔트 혼합물을 생산하는 기술이 있다. 이 방식은 아스팔트 혼합에 앞서 골재에 고무분말을 골재의 일부로 첨가하여 고무(CRM) 아스팔트 혼합물을 제조하는 원리이다. 고무분말은 비교적 굵은 입자(1.6~6.4 ㎜)를 중량비 3~6%로 섞는데 고무분말 투입은 25 ㎏ 단위의 폴리에틸렌 포장체로 도로 포장에 투입된다.

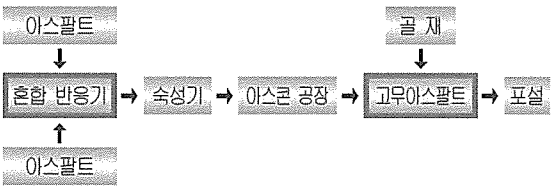
습식(wet) 공법은 미세한 폐타이어 고무분말과 약 210 ± 10℃의 아스팔트를 혼합해서 만드는 고무(CRM) 아스팔트 바인더(개질 아스팔트)와 골재를 혼합하여 아스팔트 혼합물을 생산하는 기술이다. 이 방식은 고무분말을 아스팔트 중합비로 15~20% 첨가해 162~190℃에서 반응시키는 회분식(Batch) McDonald 기술과 미세 분말을 아스팔트에 5~16% 첨가하는 연속식 블렌딩 기술이 있다. 습식 기술에서는 아스팔트 혼합물 플랜트에 이동식 블렌딩 장치를 갖추고 고무(CRM) 아스팔트를 제조한다. 이 방식은 주로 아스팔트의 균열 보수용으로 많이 쓰인다. 고무 아스팔트는 소음이 적고 내구성이 증대되고 온도변화에 따른 변형이 적다. 따라서 교통량이 많은 도심지나 기온차가 심한 지역에서 유용하게 사용할 수 있다.

폐타이어 열분해시 발생하는 카본블랙으로 보강된 아스팔트를 결합재로 사용 골재와 교반시켜 아스팔트 콘크리트를 제작하였을 때 카본블랙은 내마모성의 증진, 저온에서의 균열, 고온에서의 동적 안정도의 개선을 가져오는 역할을 한다. 카본블랙은 기화된 탄화수소의 분해에 의하여 기체상으로부터 형성되는 유일한 물질이다. 이런 기체상 열분해된 연기는 카본블랙을 97% 이상 함유하는데 카본블랙은 크기가 매우 작고 (직경 약 30㎚) 높은 비표면적 (약 90㎡/g)을 가진다. 카본블랙은 표면적 성질이 소수성으로 역청질 재료인 아스팔트와의 친화력이 좋아 아스팔트에 분산시키면 아스팔트의 일부처럼 거동한다.

카본블랙으로 보강한 아스팔트는 내구성이 증가되고 내마모성도 증진된다. 또한 실제 도로 포장시 종래의 교반, 포설, 전압 장비를 사용하는데 문제점이 발견되지 않았다. 또한 열분해 잔류물을 도로포장 재료로 활용 시 환경영향 및 평가 실험 결과 빗물에 의하여 주변 토양을 오염시킬 위험성이 없어 환경적인 측면에서 안전하다. 고무 아스팔트의 우수성은 많은 실험과 실재의 적용으로 입증이 되었다. 그리고 많은 양의 폐타이어 재활용이 가능함을 알 수 있다. 외국에서는 많은 공

사에서 이미 적용되고 있으며 공사비도 대폭 줄일 수 있음이 많은 사례에서 입증되었다

그림 3. 고무아스팔트 습식공법



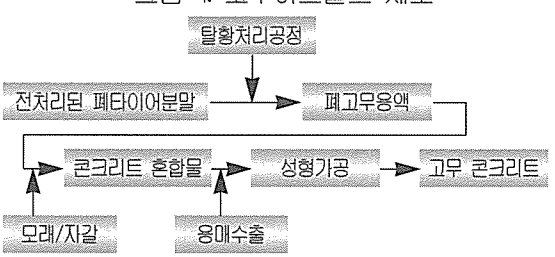
3) 폐타이어를 이용한 고무 콘크리트

고무의 액상화에 필수적인 탈황처리를 거치면서 탄성이 제거되고 접착성과 가소성이 부여된다. 고무 콘크리트는 기존의 시멘트 페이스트 대신 고무 용액이 결합제로 사용된다. 제조된 고무 콘크리트는 시멘트 콘크리트와 비교해 우수한 물성을 띄고 경량화와 소음, 진동, 온도변화에 뛰어나다.

지금까지의 건설재료로서 널리 이용되고 있는 결합재는 시멘트 수화물로서 늦은 경화시간, 작은 인장강도, 큰 건조수축, 저열한 내약품성 등의 결점을 안고 있다. 이러한 시멘트 콘크리트의 결점을 개선할 목적으로 고분자, 특히 유기고분자가 시멘트 대신 결합재로 사용된 예가 최근 나타나고 있으며 이를 폴리머 콘크리트라고 한다.

폐타이어로부터 추출한 고무용액을 시멘트 페이스트 대신 결합재로 사용하는 실험에 의하면 이러한 고무 콘크리트는 기존 시멘트 콘크리트에 비해 우수한 물성을 나타낸다. 뿐만 아니라 폐타이어를 이용하므로 경제성과 경량성을 가질 수 있으며 소음과 진동을 억제하는 효과, 온도변화, 약품, 수분 등에도 잘 견딘다. 〈그림 4〉에 고무 콘크리트 제조법을 나타내었다.

그림 4. 고무아스팔트 제조



4) 매립지 내벽용으로의 폐타이어 사용

폐타이어 조각을 이용해서 매립지의 기초 및 내벽용으로 사용할 때 기반침식 방지, 쓰레기 악취제거, 주변 하천 오염방지에 효과가 있다.

잘게 갈아 부순 타이어 조각들은 배수방벽을 형성하여 쓰레기로부터 침출되어 나오는 폐수가 한 곳에 모이도록 한다. 폐수는 다시 펌프로 시의 폐수처리장으로 보내져 정화된다. 쓰레기 하치장의 배수방벽(drainage barrier)으로 보통 사용하는 모래 대신 타이어 부스러기를 사용하는 것이다.

5) 폐타이어를 이용한 보도블럭 제조

고무 보도블럭의 특징은 표면이 미끄럽지 않고 탄력성이 강해 노약자나 어린이의 다리관절 보호에도 좋다. 기존 시멘트 보도블록에 비해 미끄럼방지, 충격완화, 일정한 탄력성이 뛰어나며, 부드러운 보행감으로 피로감을 줄일 수 있고, 다양한 색상연출이 가능하므로 도시 미관을 밝게 할 수도 있다. 보도, 공원, 자전거도로, 어린이공원, 골프장, 조깅로, 수영장, 정원, 산책로 등에 이용할 수 있다. 외국의 경우 보도블럭, 스포츠센터 트랙, 테니스 코트 등에 이용하고 있다.

6) 폐타이어를 이용한 흡음재, 바닥충격 완충재

고무는 탄성과 내구성 그리고 구조적 강도가 우수하며 흡음능력이 뛰어난 다공성 재료로 만들어질 수 있다. 탄화고무를 다양한 크기의 파이버 및 둥그런 형태로 제작, 혼합하여 성형시키면, 탄화 고무의 우수한 탄력성, 낮은음전달 속도와 다양한 공기층을 갖게 하여 아파트의 층간 세대간에 각종 소음을 3중으로 차단시키며, 차음 및 진동 방지층의 형성과 같은 놀라운 효과를 갖고 있다.

이러한 흡음재, 바닥 완충재로서의 폐타이어는 아파트, 주상복합 빌딩, 오피스텔, 호텔, 방송국, 교실, 공장, 기계실, 실내 스포츠 센터, 볼링장, 라켓볼(스쿼시)장 등 층간 경계벽간 차음 및 진동 방지를 필요로 하는 곳에 많이 쓰일 수 있다.

〈그림 5〉에서는 바닥충격음 완충제에 사용에 모델링으로서 일반 가옥에서의 바닥 구조를 나타낸 것이다.

그림 5. 주택층간 방음재

7) 바라스트메트(Ballast-mat)

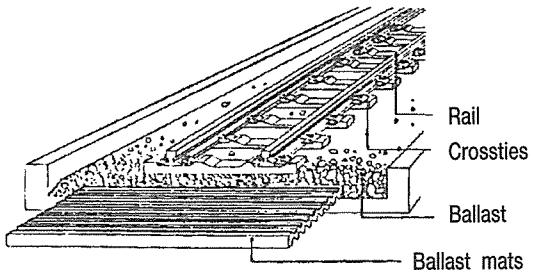
바라스트메트는 철도궤도(고가다리, 다리 등)에 사용되고 있다. 사용목적은 열차주행시의 진동, 소음의 저감과 바라스트의 세립화 방지에 따른 수명의 장기화, 콘크리트 상판 파손방지, 궤도 보수비용의 경감 등이다. 특히, 고가다리 밑의 진동 · 소음저감에 효과적이다. 바라스트메트는 폐타이어를 분쇄한 고무분말을 주원료로 하여 수종의 첨가제를 혼합하여 가열 압축 성형하여 판상으로 가공한 것이다.

일본에서는 신간선에 건설되었으며 국내에서는 경부고속철도선에 시공되어 있다.

재활용방법의 경제성 분석

〈표 4〉에서 폐타이어 재활용기술로서 경제성을 검토한 것이다. 본 연구에서 분말가공 재활용 기술이 시멘트 킬른, 열병합발전 방법에 비해서 투자회수기간이 비교적 짧고 시멘트킬른, 건류소각법보다는 세전이익이 많아 궁극적으로 경제적인 문제를 고려한다면 가장 전망이 밝다고 할 수 있다. 국내의 폐타이어의 분말가격은 한국재생공사에서 30~40mesh 기준으로서 250원/kg 정도 형성되어 있고 최근 아파트 건설규제에 따라 수요가 증가 추세에 따라 민간업체의 추가 설비가 이루어지고 있다. 폐타이어 분말의 가격 결정은 이제까지 입도에 따라 결정되나 미국의 Composite Particles Inc.에서는 미세한 고무분말에 반응성의 가스를 접촉시켜 고무분말을 개질시켜 분말활용도를 높임으로서 부가가치를 높이고 있다.

그림 6. 바라스트메트



맺는 말

최근 국내 자동차 산업의 발달과 함께 폐타이어 발생량이 많아져 폐타이어는 사회적으로 문제화 의식을 가지게 되었다. 따라서 정부는 폐타이어를 2003년부터 생산자책임재활용제도(EPR)하에서 재활용을 하고 추진하고 있다.

90년도부터 폐타이어 재활용기술에 관심을 두고 연구를 계속해 오고 있다. 2000년부터 과학기술부에서 시행하는 프론티어 사업의 산업폐기물재활용기술개발사업단의 프로젝트로서 폐기물 분말가공으로서 견제성을 극복하는 재활용 기술개발을 계속 하고 있다. 이러한 기술개발로 국내 폐타이어가 산업폐기물로부터 유용한 자원이라는 인식을 심어주고자 정진하고자 한다.

표 4. 폐타이어 재활용 공정의 경제성비교

구분		건류소각+보일러	시멘트 킬른연료	고무분말	열병합 발전
처리규모		120개/시간 60만개/년 =5,400톤/년	400개/시간 200만개/년 =18,000톤/년	200개/시간 120만개/년 =10,800톤/년	800개/시간 450만개/년 =40,000톤/년
시설투자비		1)설비비 : 8억원 2)건물,토지등:2억원 계 : 10억원	1)설비개조비 :40억원 2)기타:10억원 계 : 50억원	1)설비비 :50억원 2)건물,토지등:20억원 계 : 70억원	1)설비비 :350억원 2)건물,토지등:50억원 계 : 400억원
경제성 분석	세전 이익	약 3.1억	약 2.5억	약 10.5억	약 18.5억
	투자회수기간	3.2년	20년	8.6년	21.6년
자료제공		(주)한국건류가스	일본 Onoda사	독일 CONDOX사	미국 California 열병합발전소