

## 廢타이어 活用技術의 現代化

### Modern Technologies for Recycling Waste Tires

유택수 · 장지원\* · 민경화\*\*

(사)한국자원리사이클링학회

\*(재)한국계면공학연구소

\*\*인하공업전문대학

Taek-Soo Yoo and Ji-Won Jang\* and Kyung-Hwa Min

The Korea Institute of Resources Recycling

\*Korea Interfacial Science and Engineering Institute

\*\*In Ha Technical Junior College

#### 요 약

현대 문명의 상징인 자동차 수가 매년 증가함에 따라 여기에서 발생하는 폐타이어의 수도 증가하고 있다. 이 폐타이어는 환경, 미관상 나쁜 이미지 및 매립에 의한 국토 면적 점유등으로 問題點이 대두되고 있다. 그래서 이 폐타이어를 再活用함으로써 資源의 소모를 줄임과 동시에 附加價値를 높일수 있는데, 이 폐타이어들은 원형상태 및 가공한 상태로 사용되기도 하고 에너지원으로 유용되고 있다. 본 연구에서는 폐타이어를 再活用할 수 있는 方法들을 國內外的으로 調査하였다 또 폐타이어를 가공하여 사용하기 위한 전 처리로서 분말 분쇄기술에 대해 사례를 연구하였다

#### Abstract

Waste tires are increased by increasing numbers of automobiles, which are the symbol of the modern society. The waste tires create the environmental, visual hazard and landfill space problems. Recycling waste tires is the best way to solve the problems. The landfill space and the natural resources could be reserved by utilizing waste tires. The waste tires were utilized as whole tires, processed tires (crumb rubber) and energy. The plants for manufacturing crumb rubber also were investigated for their equipments and scales.

#### 1. 머리말

자동차 수요의 증가로 인해 폐타이어의 발생량도 증가하고 있다. 국내 폐타이어의 발생량은 '94년도에 약 15,753천개로 '89년도부터 '94년 까지 年平均 增加率 19%를 나타내고 있다. 이 폐타이어의 누적은 환경문제를 심각하게 야기시키기 때문에 폐타이어를 재활용할 수 있는 다량 수요처를 찾고, 재활용기술을 개발함과 동시에 이를 뒷받침 할수 있는 제도적 개선이 이루어져야 한다

폐타이어가 환경에 미치는 영향으로는 첫째, 부피가 커

서 아적할 경우 막대한 土地가 필요하며 둘째, 적절한 대기오염 방지시설 없이 소각시킬 경우 상당한 大氣汚染을 유발하고 셋째, 폐타이어를 그대로 방치할 경우 잘 분해가 되지 않으며 미관상 상당한 不快感을 초래한다. 석유 가격의 하락과 생활수준의 향상으로 인하여 리사이클링에 대한 관심이 낮아져 폐타이어의 적제량이 심화되고 있다. 따라서 환경문제를 유발시키지 않는 대량수요처를 개발하여야 한다. 타이어의 중요 원료로서는 천연고무 및 합성고무 이어서 타이어는 높은 열량을 가진 폐기물임에도 불구하고 합성고무로 만들어져 있을 경우에는 대기로

염 문제로 함부로 소각시킬 수 없다. 선진국들의 페타이어 활용기술의 발전으로 페타이어를 이용하여 매트, 타일을 만들어 사용하고 있으며 또 아스팔트에 타이어분말을 혼합하여 쓰는등 그 용도가 다양하여 페타이어를 活用할 수 있는 分野들이 점차 增加되고 있어서 收益性이 높은 産業으로 발전하고 있다. 한편 일본에서는 페타이어를 에너지원으로 이용하는 방법을 주요 수단으로 삼고 있다. 다량처리가 가능한 시멘트 공장의 로타리킬른의 연료용과 신규로 건설될 열병합 발전소의 연료용으로 페타이어를 이용하고 있는 바 페타이어 처리를 위하여 공해방지시설을 완비하여 환경문제를 유발시키지 않고 있다. 또 최근에 개발된 페타이어 박편을 이용한 폐수처리에 활용하는 것도 페타이어를 다량처리 할수 있는 방법중에 하나이다.

이러한 시점에서 우리나라에서도 페타이어 활용기술을 갖춘 企業 創出이 實질히 요구되고 있는 현실이다. 국내에서는 고무원료를 전량 수입에 의존하고 있는 실정므로 페타이어를 자원화하여 고무 원료로 대체하여 사용하는 것도 바람직하다. 페타이어를 활용한 제품들의 판로를 확보함으로써 높은 收益性이 보장이 되고 페타이어를 再活用함으로써 社會에 貢獻하는 기업들을 육성 발전시킬 수 있다.

2. 페타이어의 발생 및 수집

國內에서 發生하는 페타이어는 Table 1 에서 보는 바와 같이 '89년도 6,705천개에서 '94년도 15,753천개가 발생하여 년 평균 19%씩 增加하고 있다. 자동차 보유대수의 급격한 증가로 인해 페타이어 발생량은 더욱 증가할 것으로 예상되는데 2001년에는 약 2천만개가 발생할 것으로 展望하고 있다.

Table 1. Generation of waste tires by year<sup>1)</sup>

(단위 : 천개)

1989년	1990	1991	1992	1993	1994
6,705	7,465	9,170	9,747	12,250	15,753

차량 보유 構成比 근거로 地域別에 예상되는 페타이어 발생량이 Table 2에 나타나 있다. 이 Table에서 보여 주듯이 경인 및 강원도 지역에서 전체 페타이어의 약 53%를 발생시키고 제주를 제외한 나머지 지역이 약 47% 정도 발생시킬 것으로 예측되었다.

Table 2. Generation of waste tires by regions.<sup>1)</sup>

(단위 : 천개)

지역	대형	소형	이륜차용	합계	구성비
경인 강원	1,192	6,467	612	8,271	52.5
대전 충청	207	1,121	106	1,434	9.1
대구 경북	272	1,478	140	1,890	12.0
부산 경남	358	1,947	184	2,489	15.8
광주·전라	211	1,145	108	1,464	9.3
제주	30	160	15	205	1.3
합계	2,270	12,318	1,165	15,753	100.0

그러나 대한타이어공업협회에서 지정한 전국 20개 페타이어 수거업자가 1994년도에 페타이어를 收集한 現況을 보면 경인 강원지역에서 3,836천개, 대전 충청지역 809천개, 대구 경북지역 483천개, 부산 경남지역 2,159천개, 광주 전라지역 704천개 그리고 제주지역이 11천개를 수집하여 전체발생량인 15,753천개 중에서 8,002천개를 회수함으로써 回收率이 51%정도 된다

페타이어의 回收 및 處理의 法的根拠는 環境部의 폐기물 회수 및 처리방법에서 규정하고 있는데 이를 근거로 타이어 제조, 수입업체와 대한타이어공업협회간에 페타이어 회수 처리업무 委託契約을 체결하고, 대한타이어공업협회는 전국 20개 페타이어 수거업자와 업무 用役契約을 체결하여 업무처리를 대행하고 있는데 그 페타이어의 회수 및 처리방법은 Fig. 1에 나타나 있다.

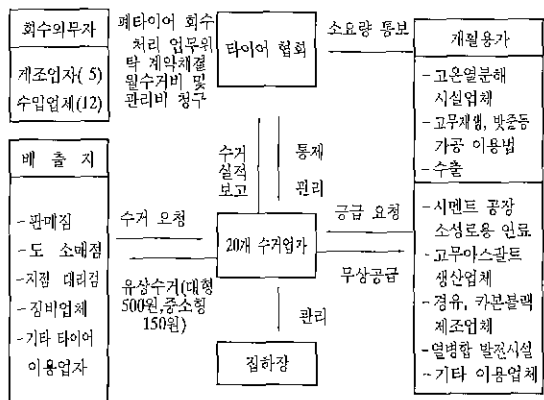


Fig. 1. Collection and distribution of waste tires.<sup>1)</sup>

수집한 페타이어의 處理內容을 보면 (Table 3), 1994년도에 15,753천개를 수거하여 66%에 해당하는 10,346천개를 군부대 진지 구축용으로 사용 하였다. 그러나 '95년 이후에는 군부대 수요가 없어질 것으로 예상되므로 다른 대량수요처를 모색해야 하는 실정이다. 原形이용을 통해 페타이어를 처리한 현황을 보면 65.7%로 대부분을 차지하며 加工이용이 9.1%, 燃料로 이용하는 것이 4.4%를 차지하고 있다 再生타이어 製造는 제품의 수요감소와 생산업체 인력난 등으로 감소 추세를 보여 절대량도 '88년보다 감소하였고, 재생용으로 수출이 증가하는 것으로 보고되고 있다.

Table 3. Recycling waste tires by year.<sup>2)</sup>

(단위 : 천개)

년 도	발생량 (%)	재생 타이어	재생고무	수 출	인 로	군부대	미처리 (%)
1989	6,705 (100)	741 (11.1)	350 (5.2)	9 (0.1)	701 (10.5)	-	4,904 (73.1)
1990	7,465 (100)	620 (8.3)	450 (6.0)	10 (0.1)	1,000 (13.4)	1,279 (17.1)	4,109 (55.1)
1991	9,170 (100)	723 (7.9)	511 (5.6)	29 (0.3)	1,259 (13.7)	3,893 (42.5)	2,755 (30.0)
1992	9,747 (100)	759 (7.8)	537 (5.5)	149 (1.5)	1,322 (13.6)	4,090 (41.9)	2,890 (29.7)
1993	12,250 (100)	735 (6.0)	858 (7.0)	515 (4.2)	1,455 (11.8)	6,247 (51.0)	2,450 (20.0)
1994	15,753 (100)	가공이용 1,440(9.1)		465 (2.9)	686 (4.4)	10,346 (65.7)	2,816 (17.9)

3. 페타이어 活用 方法

페타이어의 活用이 가능한 방법을 살펴보면 原形이용, 加工이용 그리고 熱이용등이 있는데 Table 4에 종합되어져 있다. 美國에서는 연방정부에서 법을 제정하여, 연방정부가 지원하는 고속도로 공사에 의무적으로 고무아스팔트를 사용하게 규정하고 있고, 日本은 많은 페타이어를 시멘트 킬른에 사용하고 있는데, 시멘트 킬른에 페타이어를 연료로 사용하면 2차 폐기물인 ash가 발생하지 않는다는 長點이 있다. 지금부터 페타이어를 이용한 고무아스팔트, 시멘트 제조, 열병합발전, 고무재생에 대해 살펴 보기로 한다.

Table 4. Available recycling methods for waste tires.

구분	활용 용도	활용 방법 및 한계
원형	재생타이어제조	- 재생타이어업체에서 전체 페타이어의 약 6%정도 재생 - 재생타이어의 수요가 줄어드는 추세
	수출(재생용)	- 소말리아, 수요에 한계(중국, 말레이시아, 러시아 등) - 향후에는 바젤협약의 영향으로 불가능
	이초용	- 페타이어에 시멘트 투입후 해지에 두하 - 경제성이 격으며, 수요에 한계
	완충제 놀이터용	- 새로운 놀이기구의 응용 - 놀이타, 운동장을 Msi설치
용	토목공사용	- 국내에서는 군부대진지보수 및 구축용으로 내발 이용하고 있으나 일시적인 수요 - 향후 구미지역에서는 가정 potential이 높은 item중의 하나로 권추하고 있다
	제도, 완충제용 빗줄, 매트제조	- 영세업자들에 의한 회물차용 고무빗줄, 매트등의 제조 - 수요에 한계
	기공용	- 페타이어를 분말화하여 재생고무를 만들어서 각종 고무제품 및 건축자재를 생산하고 아스팔트에 혼합이용 - 국내 대량 사용업체가 없으며, 민간기업에서 사업성을 검토중 - 외국에서는 고무아스팔트, 보도블럭등으로 제조, 시공 - 고무아스팔트의 경우 도로의 내구성 인건성이 향상되나 초기 투자비가 많이 소요(약 20% 증가)
용	일본해	- 일본해하여 합성석유, 메탄가스, 카본블랙등을 생산 - 활발한 연구가 진행되고 있다
	냉동분해	- 냉매로 분해하여 합성석유, 메탄가스, 카본블랙등을 생산 - 현재 경제성은 없음
	폐수처리	- 쓰레기 매립장의 기초공사
일용	건류소각시설	- 일부 피혁공장, 식품가공공장, 타이어제조업체에 설치 - 페타이어 건류소각시설의 보급거조 - 환경오염 설치기준이 강화되어 보급부진 - 2차 오염유발 가능성에 대한 검토가 필요
	시멘트소성로	- 에너지 다소비산업인 시멘트업계에서 페타이어 활용시 연료 원가절감 및 폐기물처리의 이중효과 인정적으로 대량소비가 가능한 방법 - 시설투자비의 과다 소요 - 생산공정성 불안정을 유발할 가능성이 있음
	일본해 발진	- 미국에서 시행하고 있는 빙안으로 페타이어의 대량처리가 가능 - 저공해 소각기술의 개발이 요구 - 초기 투자비가 많이 소요되고, 내구도 부저가 필요

1) 고무아스팔트<sup>2)</sup>

고무아스팔트가 실제로 道路鋪裝에 活用되어진 것은 1964년 부터이다. 1964년 Charless McDonald는 열과 화학약품으로 처리한 페타이어 분말을 아스팔트에 첨가하여 균열방지 및 방수효과를 얻었다. 그러나 초기의 고무아스팔트는 점도가 너무 높아 사용하기 곤란하였으므로 1972년에 Kerosene을 첨가하여 시공성을 개선하였다. 이후 아스팔트의 성질을 개선코자 여러종류의 고무가 첨가되었고 Binder의 역할을 하는 Polymer의 혼합을 통해 여러가지로 品質이 強化된 아스팔트 開發研究가 되어오고 있다.

페타이어를 이용한 도로포장용 고무아스팔트의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

- 타이어 분말에 들어있는 노화방지제와 카본블랙이 아스팔트의 老化 및 酸化를 지연
- 아스팔트의 Flexibility 와 Softening Point를 증가
- 저온 및 고온에서의 아스팔트의 Brittlng 현상과 Bleeding 현상을 防止
- 소성변형에 대한 저항성을 크게하여 포장의 壽命을 延長
- 도로표면의 미끄림 저항성을 높여 安全한 走行을 유도
- 아스팔트내에 큰 Pore를 형성하여 도로표면의 수분을 제거함으로써 빗길 주행시 마주오는 차의 헤드라이트에 의한 反射效果 減少 등이 있다.

① 고무아스팔트의 제조방법

고무아스팔트 製造方法으로는 페타이어를 도로포장에 사용하는 방법에 따라 두가지 형태로 나누어진다. 첫번째는 微細하게 粉碎한 페타이어 가루를 hot asphalt cement에 15~20% 혼합하여 Rubberized Asphalt Binder를 만든 후 binder를 일반적인 포장등급의 aggregate에 첨가하는 것이다. 이러한 방법을 Wet Process라고 하며 미국 McDonald기술이 대표된다. 두번째는 1960년대 후반 스위스 회사가 만든 "Rubit"이라는 방법으로 表面抵抗力을 높이기 위해서 아스팔트 도로포장 혼합물에 3~4%의 고무(전체 혼합물의 무게비)를 첨가하는 방법이다. 이 방법은 표면과 타이어와의 사이에서 발생하는 소음을 감소시킬 뿐만 아니라 빠른 ice control 효과를 가져다 준다. 이 혼합물은 다소 큰 고무입자(0.16cm~0.95cm)를 gap-graded aggregate mix에 첨가하는 것으로 고무입자가 stone aggregate의 일부를 대체하게 된다. 이러한 방법을 Dry

Process라 하며 미국에서는 "Plus Ride" 라는 이름의 고무아스팔트製造 工法이 사용되고 있다.

② 고무아스팔트 기술

현재 美國에서는 매년 약 2억 5천만개의 페타이어가 발생하고 있으며 이중 '91년에는 63백만개, '92년에는 90백만개가 제사용되었고 매년 약 180백만개 정도가 처리되지 않아 미전역에 20~30억개의 페타이어가 땅속에 묻혀거나 쌓여 있는 실정이다. 따라서 대량 수요처의 요구가 어느나라보다 심각하게 대두되고 있으며 고무아스팔트에 대한 연구 및 시공 역시 어느나라보다 활발하게 진행되고 있다. 미국에서는 '91년 12월 Public Law 102-240 ISTEA (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act, 1991)가 제정되어 제 1038조 再生包裝材料의 使用義務條項에 의해 각주는 아스팔트 사용량에 재생고무를 첨가한 아스팔트포장을 '94년에 5%이상, '95년에 10%이상 '96년에 15% 이상, '97년 이후는 20%이상을 포함할 것을 의무화 하였다.

국내에서는 現代 瀝油(株)가 피겨 10여년의 연구경험을 가지고 있으며 또한 도로공사와 공동으로 5차레에 걸쳐 wet process를 이용하여 고무아스팔트를 試驗鋪裝한바 있다.

③ 고무아스팔트의 전망

고무아스팔트는 初期 投資費用이 일반아스팔트보다 120~200%까지 많이 소요되지만 일단 시공이 끝난 이후에는 일반아스팔트보다 도로 주행성이 좋을 것으로 豫想되며 도로수명이 2배 이상이고 여름과 겨울의 아스팔트의 bleeding현상과 brittling현상을 방지해 줌으로써 도로보수 비용이 거의 들지 않으므로 장기적으로 보면 일반 아스팔트보다 經濟的이라는 報告가 있다.

만약 고무아스팔트 개발에 성공하여 사업화 된다면 環境部, 通商産業部 등을 통하여 자원재활용의 측면에서 공공단체에 우선적으로 支援 資金을 提供할 수 있을 것이다. 그러나 고무아스팔트의 개발이 단기간내에 이루어지기는 어렵고, 또 시험포장후 3년이 지나야 性能을 精確히 評價할 수 있다는 단점이 있다. 고무아스팔트 개발을 위해서는 단순한 기술도입의 차원이 아닌 우리나라의 氣候, 地質與件에 맞게 제조된 고무아스팔트가 필요하며 이를 위해서는 고무 粉末의 種類, aggregate의 종류, extender oil & diluent 의 종류, 반응 온도 및 시간, 시공방법의 개조 등에 대한 屢屢한 研究와 實驗이 뒷받침되어야 할 것이다.

2) 시멘트 製造에 熱에너지로서의 이용<sup>3)</sup>

시멘트 제조공정을 살펴보면 석회석, 점토, 규석, 철 원료를 배합한 후 미분쇄하여 분말 원료를 만들고 예열기에서 예열하여 로터리 킬른에서 약 1,500℃의 온도로 소결하여 클링커를 만들고 이 클링커에 수 %의 석고를 첨가하여 다시 미분쇄하여 시멘트를 제조한다. 페타이어는 粉末原料 투입측 가스로서 부근으로부터 함께 투입된다. 투입 직후 페타이어는 300~350℃에서 가스화 하여 급격히 연소하고 850℃에서 연소는 끝난다. 카본은 600~650℃에서 완전 연소하여 재로된다. 타이어중의 스틸부는 1,200℃정도에서 熔融이 시작된다. 시멘트 킬른의 溫度 分布는 Fig 2에서 보는 바와 같이 가스온도는 최저 800℃이고 최고 1,800℃에 달한다 따라서 투입된 타이어는 시멘트 킬른내의 高溫 下에서는 단시간에 燃燒한다.

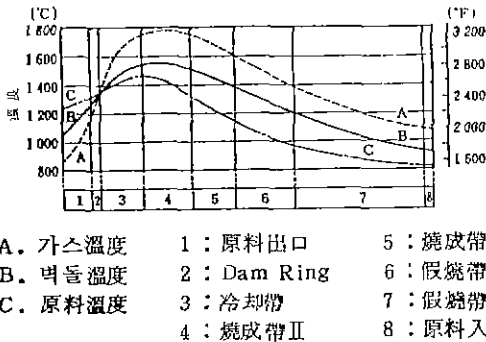


Fig. 2. Temperature distribution in a cement Kiln.

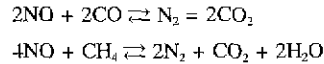
Table 5에서 보는바와 같이 타이어 1 kg의 발열량은 B-C유 발열량의 약 93%에 달한다. 일부 損失되는 燃燒熱을 고려한다 해도 타이어 有效 利用率은 60~80%로 보고 있고 시멘트 제품의 품질에 대한 나쁜 영향은 없는 것으로 보고 되고 있다.

Table 5. Energy of waste tires as combustion.

(단위 : Kcal/kg)		
B-C유	보통타이어(나일론)	스틸 타이어
9,200	8,570	7,180

타이어의 주요 조성은 고무, 카본, 스틸, 유황 등으로 구성되어 있는데 고무와 카본은 연료로 사용되고, 스틸은 산화되어 시멘트 原料로 使用될 수 있으며 유황은 시멘트

원료중의 산화칼슘과 반응하여 석고로 되기 때문에 역시 시멘트 원료로 사용될 수 있다 시멘트 소성로는 高溫이기 때문에 NOx발생이 많은데 킬른내에 타이어를 投入하면 다음과 같은 반응에 의하여 NOx 低減효과도 나타낸다.



이와같은 화학반응은 타이어의 연소에 의하여 발생하는 일산화탄소 및 탄화수소 등의 還元作用에 의한 것으로 생각된다 또 타이어 연소에 의한 악취문제는 별로 문제가 되지 않는다.

현재 일본에는 전국에 50여개소의 시멘트 공장이 있으며 그중 17개 공장에서 페타이어가 사용되고 있다. 페타이어를 원형 상태로 연료로 사용하는 경우 破碎費用은 節減할 수 있으나 배출가스의 배출허용 기준치 유지를 위한 고온연소장치 및 통페타이어 投入裝置가 요구된다. 그러나 미국의 Genstar Cement Co를 비롯하여 7개 회사와 서독, 프랑스, 그리스 및 일본의 일부 시멘트 회사에서 통페타이어 투입방식이 아닌 Tire-Derived Fuel(TDF)인 파쇄된 페타이어 칩(50mm~150mm)으로 만들어 이용하고 있다. 국내 시멘트 공장은 페타이어의 발생량이 많은지역에서 원거리에 위치하고 있어 수집 運搬費에도 問題가 있다. 통타이어를 운반하는 것 보다 통타이어를 칩으로 만들어 운반하게 되면 그 운반비가 약 50% 이상이 節約된다.

3) 열병합 발전

美國에서는 페타이어를 에너지원으로 이용하는 것을 페타이어 처리의 주요 수단으로 생각하고 있다. 미국 캘리포니아에 있는 Modesto 화력발전소는 西獨의 발전소에서 개발된 타이어 燒却技術을 도입한 것으로 페타이어를 통째로 燃燒하여 13.9 MW의 발전을 하고 副産物로 생산되는 steel은 scrap용으로, bag house에 포집된 아연함유 fly ash는 재용해용(resmelting)으로, 배출가스 처리시에 생성되는 석고는 시멘트 제조용으로 다시 이용되는 가장 성공적인 사례중의 하나이며, 1987년 완공되어 연간 약 500만개의 페타이어를 처리할 수 있다고 한다.

샌프란시스코의 인접지역인 Westley에 있는 Oxford Energy Co는 세계 최대의 페타이어를 이용한 火力 發電所를 가동하고 있다. 이 발전소는 연간 약 450만개의 페타이어를 이용하여 14.4 MW의 전력을 생산하고 있다. 또

한 이 회사는 코네티컷주에 두번째 발전소를 건설중이며 제 3, 제 4의 발전소 建設을 計劃하고 있어 年間 약 1억개의 페타이어를 活用할 수 있을 것으로 본다.

그 밖에도 서독 유르켄의 항만 에너지센터에서는 年間 20만톤의 페타이어를 수용, 처리할 수 있는 항만 시설과 노선 설비를 완성하여 12 MW/t의 전력을 생산할 계획으로 있는 등 각국이 페타이어의 熱利用에 대한 노력을 경주하고 있다. 현재 이 방식을 채택하고 있는 미국이나 독일의 적정 공장 규모를 고려하여 보면 타이어 처리 규모가 年間 300~500만개 이상으로, 만일 韓國에서 이에 유사한 규모의 발전소를 건설한다면 페타이어 收集의 能力을 고려하여야 한다. 한국에서 이정도 이상의 페타이어를 수집하려고 하면 현재 국내 지역별 페타이어 발생규모를 보아서는 앞으로 34년이상이 걸릴것으로 推定된다. 그래서 다른 연료와 병용하는 併合發電所의 계획을 세우는 것이 바람직한 方法이다.

4) 고무재생

이 방법은 페타이어를 여러단계에 걸쳐 파쇄하고 철분 및 코드성분을 제거하고 고무분말을 생산하는 재활용 기술이다. 미국 및 대만에서는 年間 200만개 이상의 페타이어를 처리할 수 있는 공장을 건설하였다. 이 공장제품의 특징은 타이어를 미세하게 분쇄후 특수한 agent로 表面을 처리하여 고무 接着力을 향상시켜 고무로서의 성능을 높이는데 있다. 이러한 재활용 고무는 高速電機의 페도용 쿠션재, 바닥재 등 각종 고무제품을 만드는데 이용되고 있다. 현재 거래되는 고무 분말의 가격(1mm기준)은 國內에서 350,000원/ton, 國際 時勢는 250,000원/ton 정도이다.

5) 매트, 타일 및 카펫 제조

① 매트(Mat)

고무 분말을 粒度別로 필요한 色으로 染色하여 바인더(Bainder)를 사용하여 가온, 압착하여 390<sup>w</sup> × 390<sup>l</sup> × 25<sup>mm</sup>, 390<sup>w</sup> × 150<sup>l</sup> × 25<sup>mm</sup> 등의 크기로 Mat를 만들어 운동장, 어린이 놀이터, 팔프장, 수영장, 보우트독(Boat Dock)의 미끄럼 방지 바닥재 등에 사용된다. 매트 國內 時勢는 1m<sup>2</sup> × 10~15mm 인것이 50,000~55,000원이며, 國際시세는 1m<sup>2</sup> × 25mm 인것이 50,000원이다.

② 카펫(Carpet)

여러가지 色으로 조화시켜 가온 압착하여 만든 고무 매트 是 필요한 두께로 쪼개서 바닥재로 使用하는데 이는

표면이 부드럽고 色상이 다양하여 주로 실내에 많이 사용되며 그 事例를 보면 병원복도, 목욕탕 바닥재, 건물 바닥재, 실내 카펫, 자동차, 트럭, 바닥재, 전철 바닥재 등이다. 이러한 바닥재를 사용하면 종래의 카펫 보다 衛生的이고 쿠션(cushion)이 있어서 보행에 편하고 가격이 저렴하여 널리 사용하기가 좋다. Fig. 3은 페타이어 活用 고무제품의 용도를 나타내고 있다.

6) 페타이어 칩(chip)으로 廢水處理

미국의 위스콘신 대학의 한 연구팀은 페타이어가 상당량의 有毒性 有機物質을 吸着하며 페타이어에 기생하는 미생물의 작용으로 公害物質을 淨化한다는 것을 연구한 바가 있다. 이 방법은 페타이어를 칩으로 만들어 모래와 자갈 대용으로 30cm 두께의 페타이어층을 바닥에 포설한 후 쓰레기 매립을 함으로써 점토층의 붕괴를 방지할 수 있으며, 침출수에 함유되어 있는 유독성 유기물질 및 중금속류를 吸着 除去할 수 있다. 쓰레기에서 나오는 유독성 물질은 생물학적 침출수 처리 공정에 영향을 미치기 때문에 처리 공장에 유입되기 전에 제거되어야 바람직한데 바닥층에 포설된 페타이어 절편에 의해서 사전에 흡착 제거되므로써 浸出水의 處理 公程에도 좋은 效果가 있다고 보고되고 있다.

현재 (주)광일환경산업에서는 이 방법을 光州 研究團地 內에 設置工事中이다 또한 난지도와 김포매립장을 비롯하여 도시형 산업용 쓰레기 매립장에 적용할 예정인 것으로 알려지고 있다. 이 설계 방법을 사용할 경우 30cm 높이 1m<sup>2</sup>당 15~20 여개의 페타이어가 소요되며 페타이어 처리에도 지대한 貢獻을 할 것이다. 본 方法을 開發한 팀은 본 方法의 效果를 다음과 같이 말하고 있다.

- ① 페타이어 片面의 탁월한 吸着力에 의한 浸出水의 유해 유기물질 流出 減少
- ② 重裝備의 과다한 荷重으로 인해 손상되기 쉬운 점토층 및 HDPE 시트 保護
- ③ 침출수 집수 및 복도등에 사용되는 모래, 자갈, 토양등의 消費를 減少
- ④ 처리하기 어려운 廢棄物인 페타이어를 效率的으로 再活用 처리
- ⑤ 페타이어를 사용함으로써 매립후 수십년간 폐수처리 工程의 安定化로 많은 處理費用 節減 등이다.

### 4. 廢타이어 粉碎技術

廢타이어의 活用방법에는 건류방식, 연료이용방식(시멘트 킬른 또는 제련소 용광로 이용) 고무아스팔트, 고무채생 매트 타일 제조방식 그리고 폐수처리 방식들이 있는데 모두가 廢타이어를 粉碎하여 25mm~200mm의 칩으로 만들고 칩을 다시 0.5mm~4mm로 粉碎하여 고무 아스팔트, 고무채생, 매트타일 등에 使用하면 좋다.

廢타이어 粉碎方法으로는 고무를 冷凍시켜 쉽게 부서지는 物理的性質을 利用하여 粉碎 粉末化하는 冷凍法과 常溫에서 Shredder 및 Granulator를 利用하여 粉碎 粉末化하는 機械粉碎方法이 있다. 現在까지 연구개발된 냉동法으로는 Freezer의 액체질소에 의해 냉각된 타이어를 분쇄하는 方法이었으나 工場건설비의 증가 그리고 생산비가 고가여서 기피하였으나 最近의 新技術로서 LNG 냉열을 이용한 폐타이어의 저온분쇄법 그리고 러시아의 Air Turbin Cooler를 利用한 냉각후 분쇄方法은 주목할 만한 研究開發이다. 자세한 각 분쇄 공정을 살펴보면 다음과 같다.

#### 4. 1. 冷凍粉碎法<sup>4)</sup>

##### 4 1. 1. 工程 概要

- 處理場에 投入되는 廢타이어는 Pallet 위에 整頓하여 種類別로 區別— Pallet에 集積된 廢타이어는 Forklift에 의해 廢타이어 供給場으로 搬送— 供給場에 搬送된 廢타이어를 Conveyor에 移送
- 破碎機(Shredder)에 投入된 廢타이어는 剪斷 破碎되어 下部의 出口로 排出되어 第2 破碎機로 投入되어 25mm以下로 粉碎
- 2次 破碎品은 Mesh Belt 위에 落下시켜 廢타이어에 부착되어 있는 토사를 落下分離한 後 Belt Conveyor에 의해 1次 破碎機로 搬送— 1次 粉碎機로 搬送되는 도중 1次 磁選機에 의해 鐵粉인 鋼線을 除去하고 다시 2次 磁選機에 의해 殘有 鋼線을 除去하여 남은 고무粉末을 다음 工程의 1次 粉碎機로 供給
- 2次 磁選機에 의해 鋼線을 除去한 고무는 2次 粉碎機에 投入되어 鐵分과 고무분을 分離
- 1次 粉碎機(Granulator)의 破碎品은 回轉 하는 타원형 斷面을 가진 Rotor에 의해 粉碎 排出
- 1次 粉碎機에 의해 排出된 粉碎品은 約 50%가 5mm以下의 粒度로 되어 Belt Conveyor에 振動체 供給
- 振動체에 供給되는 도중 3次 磁選機에 의해 鐵粉인 鋼

線은 完全 除去되어 Conveyor에 의해 搬出

- 振動체에 投入된 고무粉末(Rubber Granules) 5mm以上, 5—3mm, 3—1mm, 1—0.3mm, 0.3mm以下, 5가지로 選別하여 고무粉末은 Cyclone에 의해 Cord類를 除去
- 各 粒度別로 分級된 고무粉末에서 分離한 Cord는 Compactor에 의해 壓縮 포장 (參考 : 여기까지의 工程은 機械粉碎方法과 同一)
- Cord를 除去한 고무粉末은 製品으로 常溫 粉碎用 진용 Hopper로 搬送하여 Freezer로 移動
- Freezer의 액체질소에 의해 冷却된 粉碎品은 Screw Conveyor로 低溫 微粉碎機에 定量 供給
- 低溫 微粉碎機에 의해 粉碎된 微粉碎品은 公기로 移動하여 Cyclone으로 포집 Container Bag에 포장되어 電動 Hoist에 의해 창고에 貯藏

以上의 方法은 Freezer에서 液體窒素에 의해 冷却시켜 粉碎하는 一般的인 方法이나 이는 液體窒素工場의 建設費로 結局은 粉碎費가 上昇되었다. 最近에는 이러한 短點을 解決하고 쉽게 粉碎할수 있는 研究가 활발히 進行되고 있다. 그 中에서도 주목할 만한 粉碎方法이 있는데 그 方法을 보면 다음과 같다.

#### ① LNG 冷熱을 利用한 廢타이어 低溫粉碎法<sup>5)</sup>

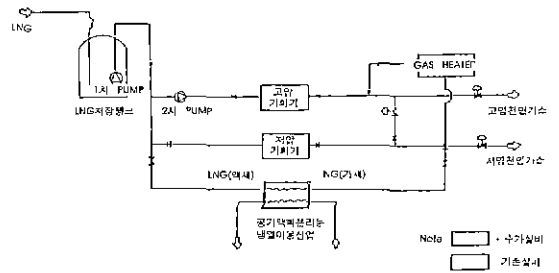


Fig. 3. Schematic diagram of a LNG generating plant.

Fig. 3은 LNG인수기지 설비 공정도를 나타내고 있는데 LNG는 생산지로 부터 Container에 선적되어져서 LNG 인수기지 저장탱크에 저장하였다가 사용하게 된다. 이와 같이 LNG의 값이 싼 냉열을 이용 가능한 프로세스의 예를 보면, 식품류의 동결, 건조, 플라스틱의 저온파쇄, 드라이

아이스 제조, 타이어의 저온 파쇄, 금속 플라스틱의 저온 파쇄, 원자력 폐기물 처리, 그리고 액체산소, 질소제조(공기액화분리시설)등이다

LNG 冷熱을 이용한 페타이어의 低温破砕의 長點을 살펴보면 다음과 같다

- 섬유, 스틸류와 고무류를 효과적으로 분리할 수 있으며, 분쇄된 고무는 매우 순도가 높음.
- 상온에서는 열기 어려운 50mesh 이하의 고운 입자 제조
- 열이나 산화에 의한 물리적 특성에 변형이 없음
- 고무분말의 유동성이 좋음
- 분쇄효율이 높아 다량의 페타이어의 처리 가능.

LNG 이용 페타이어 粉砕工程<sup>9)</sup>을 나타낸 것이 Fig. 4에 있으며 Table 6에 Fig. 4의 열압력, 유량을 각 각 표시하였다.

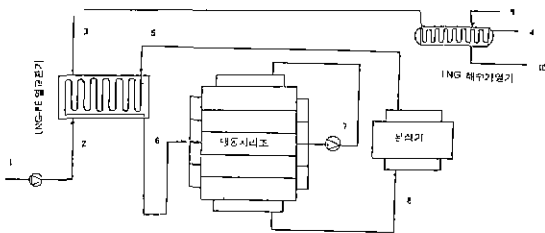


Fig. 4. Crumb rubber production by using LNG process.

Table 6. Mass and heat balance of the process in Fig 4

위키번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
유체명	LNG	LNG	ING:NG	NG	PE	PE	PE	PE	Sa Water	Sa H <sub>2</sub> O
온도	-158	155.2	-97	0	-92	-130	-100	-95	12	7
입력(kg/min)	10	13.95	13.5	13.2	14	12	15	15	18	18
유량(ton/hr)	2.7	2.7	2.7	2.7	12.7	12.7	10	10	170	170

LNG 인수기지에서 자연계에 방출되는 폐냉열량은 600억 Kcal이다.(년 LNG 400만톤, 150Kcal/kg 기준) 이는 가스 가격으로 100억원(179원/Nm<sup>3</sup>)에 해당된다.

이와 같은 냉열을 이용한 사업의 경제성 순위는 공기액화분리, 식품, 냉동저장, 페타이어 저온 분쇄, 냉열발전등이다

페타이어 저온분쇄 방법에 의한 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 페타이어 주성분인 SBR은 유리전이온도가 -44~-55℃ 정도이나 실제 분쇄를 위하여는 -100℃이하로의 냉동처리가 필요하다.
- 2) 페타이어의 냉동처리 시간은 승용차 타이어는 5분, 버스 트럭용 타이어는 15분의 체류시간이 요한다.
- 3) LNG 냉열 이용량은 페타이어 년 10,600톤 처리 규모(일본 년 7000톤)를 기준할때 시간당 21톤의 LNG 냉열이 필요하다 (평택 공기분리공장 냉열이용량은 시간당 27.5톤)

② Air Turbine Cooler에 의한 冷却後 粉砕方法<sup>9)</sup>

본 기술은 러시아의 "Turnhold" 사와 "Niisthp" 사가 공동으로 개발한 것이다. 기술의 개요는 공랭식 공기 터빈 냉각기로 페타이어를 -60~-90℃ 까지 냉각한 후 분쇄하여 고무분말, 섬유코드 및 철선을 각각 분리시켜 용도에 적합한 제품으로 생산한다.

이방법은 종래의 "액체질소 냉각법" 이나 싱기한 "Roll Grinding Mill 법"에 비하여 에너지 소모량이 적으며 별도의 냉매 등을 사용하지 않으므로 환경공해를 유발하지 않는 장점이 있다 (Fig. 5).

기술의 특징

- 페타이어를 -60~-90℃ 로 냉각시켜 완전하게 분쇄.
- 냉각설비로 공랭식 공기 터빈 냉각기 (TXM1-25P)를 사용.
- 냉각타이어의 분쇄는 기존의 분쇄 시스템을 이용할 수 있음.
- 최종제품의 요구조건에 따라 공정을 다양하게 적용할 수 있음

장점

- Bead Ring을 사전에 별도로 제거하지 않고 가공.
- 금속, 섬유코드, 철선을 효과적으로 분리.
- 공랭식 터빈 냉각기를 사용하므로 액체질소나 Roll Grinding 방식에 비해 1/2~1/3 정도의 에너지가 소요됨.



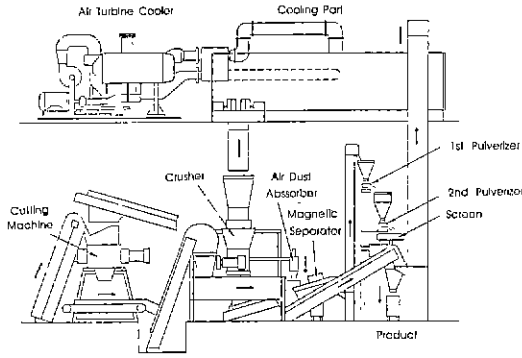


Fig. 5. Flowsheet for processing waste tires to crumb rubber.

- 냉각 공기 이외에 110℃의 가열공기와 90℃의 온수를 얻을 수 있음.
- 고무분말의 입도는 0.2 - 1.4 mm 또는 수요자 요구에 따라 생산이 가능함

공 경 :

전체 페타이어 가공 시스템은 기본설비와 보조설비로 구분한다.

1) 기본설비 :

공랭식 공기 터빈 냉각기 (TXMI-25P) 및 저온영역 (Table 7)

절단기 (Shredding Machine)

분쇄기 (Crusher)

분급기 (Classifier)

2) 보조설비 :

자력선별기 (Magnetic Separator)

공기흡진 장치 (Air Dust Absorber)

운반 시스템 (Conveying System)

상온 Milling법과 냉각후 분쇄법을 비교하여보면 민저 전력소비량이 전자가 후자보다 약 3배 이상 더 소요되는

것으로 나타나고 있으며 제품생산 비율에서도 냉각방식에서는 Bead Ring의 밀도 절단작업이 필요없게 되어 고무분말의 생산비율이 증가함을 알 수있다. 따라서 러시아측에서 제공한 자료에 의한다면 냉각방식이 페타이어 처리에 보다 효과적임을 알 수 있다.

Table 7. Characteristics of air turbine cooling system TXMI-25P

내 용	규격 및 특징
생산량	2,000 Kg
정밀도 크기	1 200 mm
소요전력	208 kw/h
제품생산 비율	%
고무분말	65
심유로드	17
금속철선	17
손실량	1
중입원수	20명
공강면적	300m <sup>2</sup>

4. 1. 2. 冷凍 方法의 粉碎工場例 (액체질소 工場)

例 -1) - 트럭 버스용의 대형타이어와 승용차 타이어와 區別하여 處理

- 處理能力 700 ton / 年

- 稼働時間 : 연속稼働 113 時間 / 週

例 -2) - 處理時間 : 225人口/時間 : 20時間/口, 48週/年

- 질소의 使用量 : Primary Freezer Chamber 0.5kg Liquid N<sub>2</sub> / kg Tire Input

- 電力 使用量 : 250 kw/hr

- 稼働人員 : 3 Operators per shift

1 Foreman per shift

- 工場面積 : Process machinery floor space

300m x 7m Height

- 生産比率 : Rubber granules 65%

(Table 8) Steel 10%

Fiber 25%

- 고무粉末의 粒度

Table 8. Size distribution of cumb rubber

크기(mm)	중 량 비(%)
9.5	0
5.2	0
2.0-85	0
0.85-0.60	15
0.60-0.425	33
0.425-0.250	32
0.250-0.180	15
< 0.180	5
합 계	100

一 工場 建設費

- 1) 生産製品 크기 40mesh (0.425mm)  
以下 US\$ 2,500,000
- 2) 生産製品 크기 60mesh (0.250mm)  
以下 US\$ 3,000,000

4. 2. 機械粉碎法

本 方法은 러시아 타이어 研究所와 Denmark의 Eldan Recycling 社에서 開發한 廢타이어로 부터 고무粉末의 製造方法에 관한 技術을 토대로 하는데 특히 Eldan Recycling 社의 機械들을 利用하여 廢타이어를 月間 5,000ton (40萬個) 處理施設을 著者가 設計하였다. 本 技術

은 破碎된 것을 粉末化를 위하여 이를 冷凍시켜 破碎하는 方法과는 달리 特殊한 破碎機를 開發하여 常溫에서 쉽사리 타이어의 고무를 微粒으로 破碎—粉碎하는 技術으로서 우리나라 實情에 맞게 多量 處理하여 動力費, 處理費를 절감할 수 있는 새로운 技術이다.

4. 2. 1. 러시아 타이어 粉碎方法<sup>4)</sup>

① 工程概要

Fig. 6은 廢타이어로 부터 Textile과 Steel Cord를 分離하여 고무粉末을 生産하는 系統을 나타낸 것이다. 이 그림에 의하면 外徑이 1,200mm인 廢타이어(레디알 타이어)를 Bead cutting machine에서 타이어 무게의 18%인 Bead ring을 除去하고 Tire Cutting Machine에서 破碎하고 No. 1, No.2, No.3 Grinding Mill에 投入하여 40mm, 25mm 그리고 10mm의 크기로 各各 粉碎한다. 粉碎된 고무 조각은 Vibratory Sieve에 供給하여 각 크기별로 체질하여 Over Size는 搬送하고 Under Size는 다음 工程의 Grinding Mill에 供給하여 粉碎된다. 또한 자력 選別機 Pulley Iron Separator 또는 Overhead Iron Separator를 3回 各各 通過시켜 鋼線인 鐵粉을 完全하게 除去한다. 이때 섬유질 Textile은 振動스크린의 Over Size로도 分離 除去한다. 最終적으로 섬유분이 完全히 分離된 고무분을 Grinding Mill을 通過시켜 0.5mm—1mm 고무粉末을 生産한다.

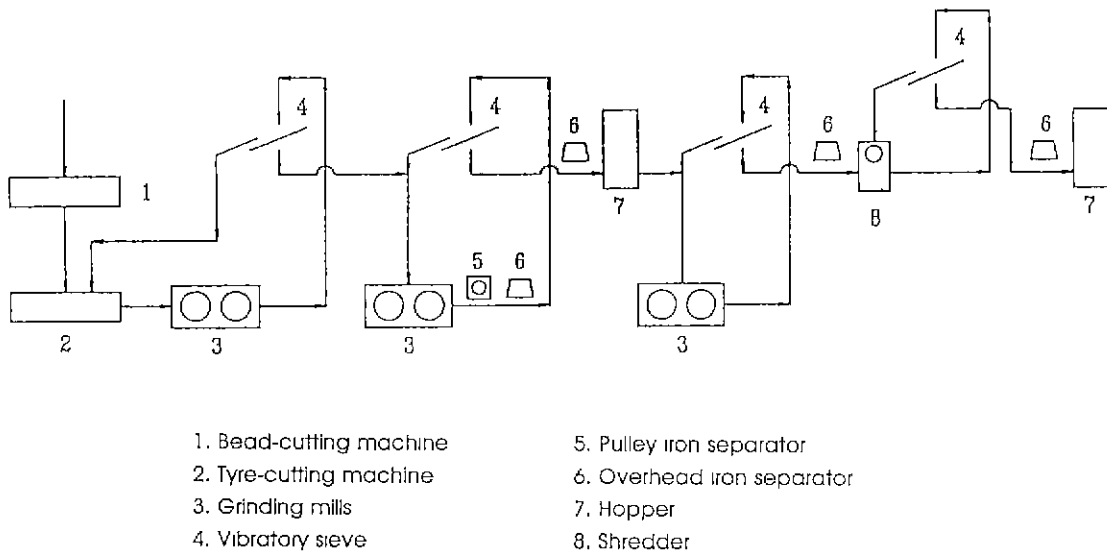


Fig. 6. Granulating process for manufacturing crumb rubber of waste tires.

② 設備名 動力 및 處理容量

Table 9는 러시아 타이어 粉碎設備名 및 處理容量을 나타낸 表이다

Table 9. Equipment Specifications of Granulating Process.

Equipment	Qty	Dimension(mm)	KW	Capacity (kg/h)	Weight (kg)
1 Bead cutting Machine	2	2990×1300×2500	5	3,500	2,570
2 Tyre cutting Machine	3	5500×3800×2500	110	4,000	20,000
3 Grinding Mill	1	6010×3480×1920	200	4,000 for 40mm 2,000 for 25mm	27,545
	2				
	5				
4 Pulley Iron separator	2	4630×1000	2	900 for 10mm	1,500
5 Overhead Iron sepa	15		3.5		1,135
6 Vibrator y sieve	15	3100×1412×1025	2.2		823
7 Strucker(Pre Grinding)	7		3.5	500	

4. 2. 2. Eldan Recycling社의 機械를 利用한 粉碎工場<sup>7)</sup>

① 工場 概要

Hoper에 貯藏된 타이어는 #1 破碎機에 一定量씩 供給한다. 供給된 타이어는 200mm 程度 크기로 1次 破碎되어 다시 #2 破碎機에 供給된다. #2 破碎機에서는 50-100mm 크기로 產出된다. 50-100mm 크기의 고무칩은 #1 Over Bend Magnetic Separator에서 鐵線인 鐵粉을 除去하여 中間 Hopper에 貯藏한다. 中間 Hopper에서는 #1 Granulator에 供給하여 10-20mm의 크기로 粉碎하고 #2 Over Bend Magnetic Separator에서 다시 鐵線인 鐵粉을 除去한다. 2次로 鋼線을 除去한 고무 粉末은 Belt Conveyor 위 에 設置된 Hood를 통하여 Textile를 Bag Filler로 除去 回收한다 다음 10-20mm 크기의 고무 粉末은 #2 Granulator에 供給하여 0.5-3mm 크기의 고무 粉末을 生産한다. 0.5-3mm로 粉碎된 고무 粉末은 運送用 Belt Conveyor에 2次 Hood와 Roll Type Magnetic Separator를 各各 設置하여 섬유질 그리고 鐵粉을 除去한다 이렇게 처리된 고무 粉末은 Vibrating Screen에 供給하여 +5mm, 3-5mm, 2-3mm, 1-2mm, 그리고 -1mm의 크기로 分級하여 +5mm는 #2 Granulator에서 다시 粉碎한다 粉碎된 고무 粉末은 필요한 크기로 分離하여 3-5mm, 2-3mm, 1-2mm 및 1mm 以下는 各各 分離 고무 粉末 Hopper에 貯藏한다.

Fig 7은 廢타이어 고무 粉末 工場을 나타낸 그림이다. 當工場은 處理容量이 5,000 ton/月으로서 直裝備 트럭 그리고 래디알 타이어를 막론하고 10 ton/hr 處理되는 施設로서 廢타이어 處理 粉末 工場으로서는 最大 容量이다. 本工場은 Eldan Recycling社의 主要 設置를 利用하여 筆者가 設計한 것이다. 本工場은 各 機械別 處理容量이 크고 施設 內容이 單純하여 建設費가 低廉하고 自動化를 導入하여 無人 工場으로 稼動하는 것이 特色이다.

② 工場 建設費

1) 機械 및 裝備購入費

粉末 및 製造 設備

外 資 1,050,000,000 원

內 資 350,000,000 원

2) 電氣 및 自動化 設備

電氣 및 自動化 設備 28,400,000 원

動力設備 40,000,000 원

照明設備 15,000,000 원

3) 建築工事

土木工事 220,000,000 원

建築工事 340,000,000 원

合 計 2,004,400,000 원

③ 粉碎 製造 工程의 冷凍法과 常溫法의 比較

Table 10. Comparison of the cryogenic process to the room temperature process for manufacturing crumb rubber

製造方法	冷 凍 法	常 溫 法	
		A	B
處理容量	2 ton/Hr	5 ton/Hr	10 ton/Hr
動力	410 KW	500 KW	337 KW
고무回收率	65%	60%	60%
建設費	20億원	24億원	20億원
其他	, 本工場은 營業工場이 必要하여 常溫法 特別 ELDAN법은 Fine-Granulator 品까지 120℃로 昇昇하여 火災發生이 있었으니 이 점은 보완해결 必要함		

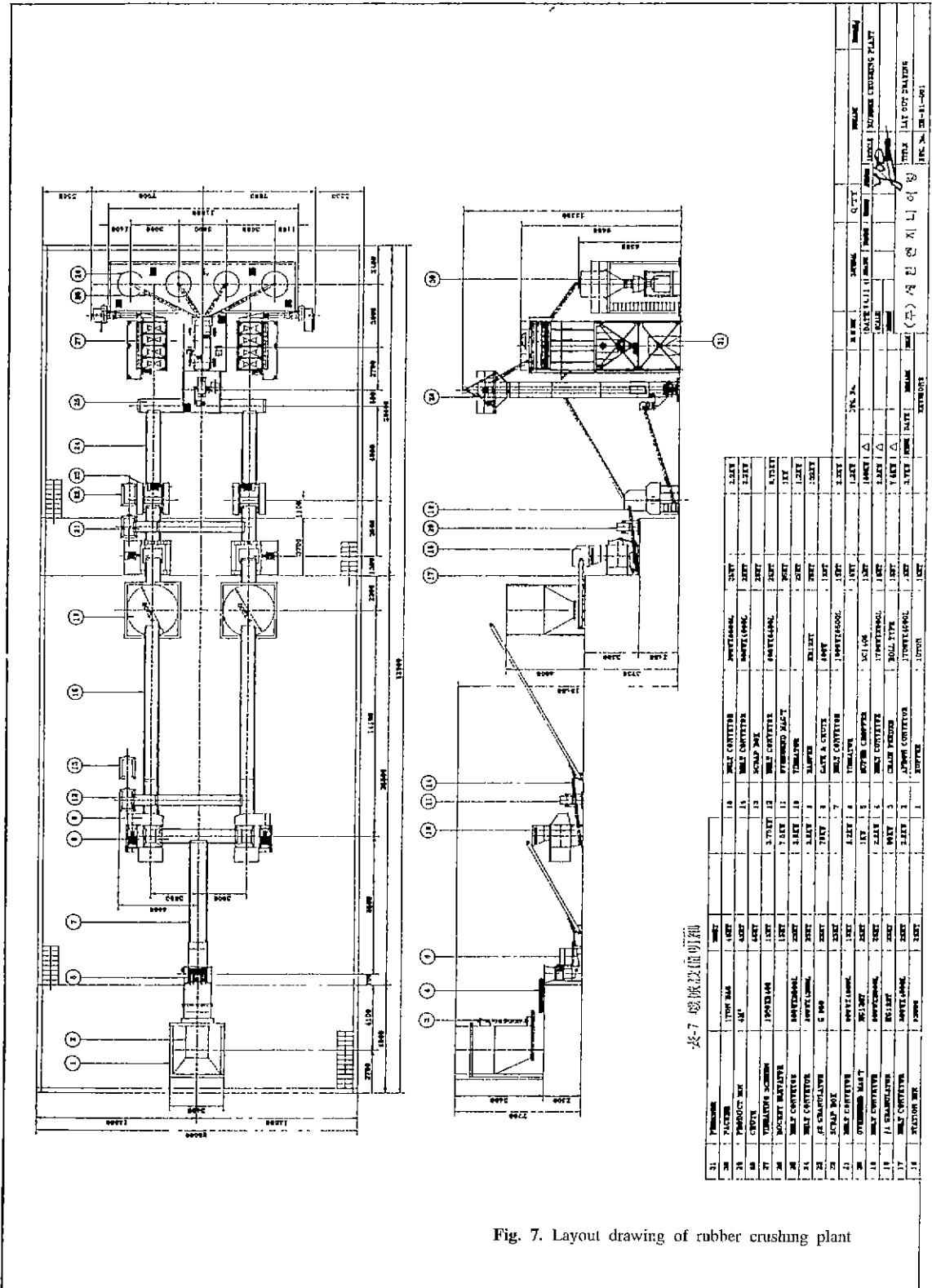


Fig. 7. Layout drawing of rubber crushing plant

Table 10은 粉末 製造 工場의 冷凍法과 常溫法을 比較한 表이다. 이 表에 依하면 冷凍法은 處理量에 比하여 動力과 建設費가 높으나 고무 粉末 回收率은 65%로 가장 높다. 冷凍法은 冷凍 粉碎하여 微粒 고무粉末이 보다 쉽게 生産되나 酸素 工場을 建設하여야 하므로 建設費가 비싼 것이 短點이다. 이에 比해 Eldan Recycling社의 機械들은 各 機械別 處理 容量이 크고 Bead Cutting Machine을 別途로 設置할 必要가 없어 施設費가 싸다 또한 工程이 單純하여 自動化 施設을 導入하여 無人化 工場으로 만들어 工場 管理費를 싸게 한다 한편 常溫法의 粉碎機들은 粉碎時에 고무끼리 摩擦하여 溫度가 120℃까지 上昇하여 火災가 發生한 例가 있었다. 그러나 最近에는 이 점을 補完하여 Finc-Granulators가 設計 製作되었다

## 5. Mat, Tile 및 Carpet 製造 工場<sup>7)</sup>

### 5. 1. 工程 概要

고무 粉末은 移送 Auger를 利用하여 Hopper에 貯藏된다. 다음 고무 粉末은 Mixing Station에서 우레탄과 精密 結合시키고 칼라 E.P.D.M 媒體에 對해 綜合시키 열폭될 특한 칼라 블록을 만들어 排舍시킨다. 이때 블록과 칼라 比率은 無限히 調節 可能하다 칼라 E.P.D.M이 들어 있는 2次 Hopper는 또 하나의 Auger를 利用하여 移送되어 無限히 多樣한 色으로 多量한 외관으로 만든다. 이와 같이 多樣한 色으로 만든 고무 媒體는 Hydraulic Block Presses로 移送되어 Tile, Carpet 그리고 Mat가 製造된다. 基本 Steam Press나 Block Press들은 加壓板 On/Off에서, 溫度 設定, 디지털 判讀(3 로케이션) 油壓調整 그리고 Steam 江 入에 이르기까지 모든 制御는 Pendant 制御板에서 可能하다. 또한 當 工場은 自動 사이클을 爲한 컴퓨터 制御를 갖 추고 있다 이러한 過程을 걸쳐 製造된 製品은 Roller Conveyor에 依해 移送되어 高性能 Shcer에 依해 必髮 크기 두께로 裁斷한다. Fig. 8은 Mat, Tile 및 Carpet 工場의 機械配置圖를 나타낸 그림이다.

### 5. 2. 機械 設備 內譯

#### 1) Mixing Station ; 2 Sets

- 50H 모터 및 制御 裝置
- 1.5 m x 25 m 믹싱 오거
- 3 m x 3 m 고무 그레놀 호퍼

- 이송 오거 C/W 가변속도 DC 구동모터
- 2차 E.P.D.M 호퍼 및 이송 C/W DC 가변속도 구동판 련 드라이브 및 제어장치— 물 주입 시스템 C/W 관련 제어장치

#### 2) Hydraulic Block Press ; Unit당 6 Sets

- 1m x 1m 블록 사이즈
- 6프레스 Unit에 대한 1-20 HP 유압식 전원함
- 이중 속도 근접제어 C/W 적용 및 설정점 인디케이터
- 제한 스위치 제어 물드 취출
- 1 m x 2 m 블록 사이즈 Unit당 1 Set
- 장치당 10 HP 유압식 전원함

#### 3) Steam Press

- Steam Generator C/W
- 프로판, 워터 소프트너 (연료 0:1 또는 천연가스)
- 타일 몰드 Set C/W
- 2-5 mm x 550 mm
- 37.5 mm 상단 몰드레일 4 Sets
- 10 HP 유압식 전원장치
- 이중 속도 근접 제어
- 15 Kw 전기열 하부 가압판
- 스팀 주입 가압판
- 조정 가능 압력 제어

#### 4) 자동 사이클을 위한 컴퓨터 제어를 갖는 Steam Press

- 7 1/2 HP 유압식 Power
- 이중 속도 근접제어
- 스테인레스 스팀 주입 가압판
- 15 Kw 전기 가열 하부 가압판
- 유압식 인덱스핀
- 압력 조정 제어
- 완전 자동 사이클을 위한 컴퓨터 제어

#### 5) 중력 롤러 컨베이어

- 3000 lb 부하정격

#### 6) Splitting Machine ; 2 Sets

- Adjustment of layer thickness in the range : 0.3-5 mm by Steps of 0.01 mm

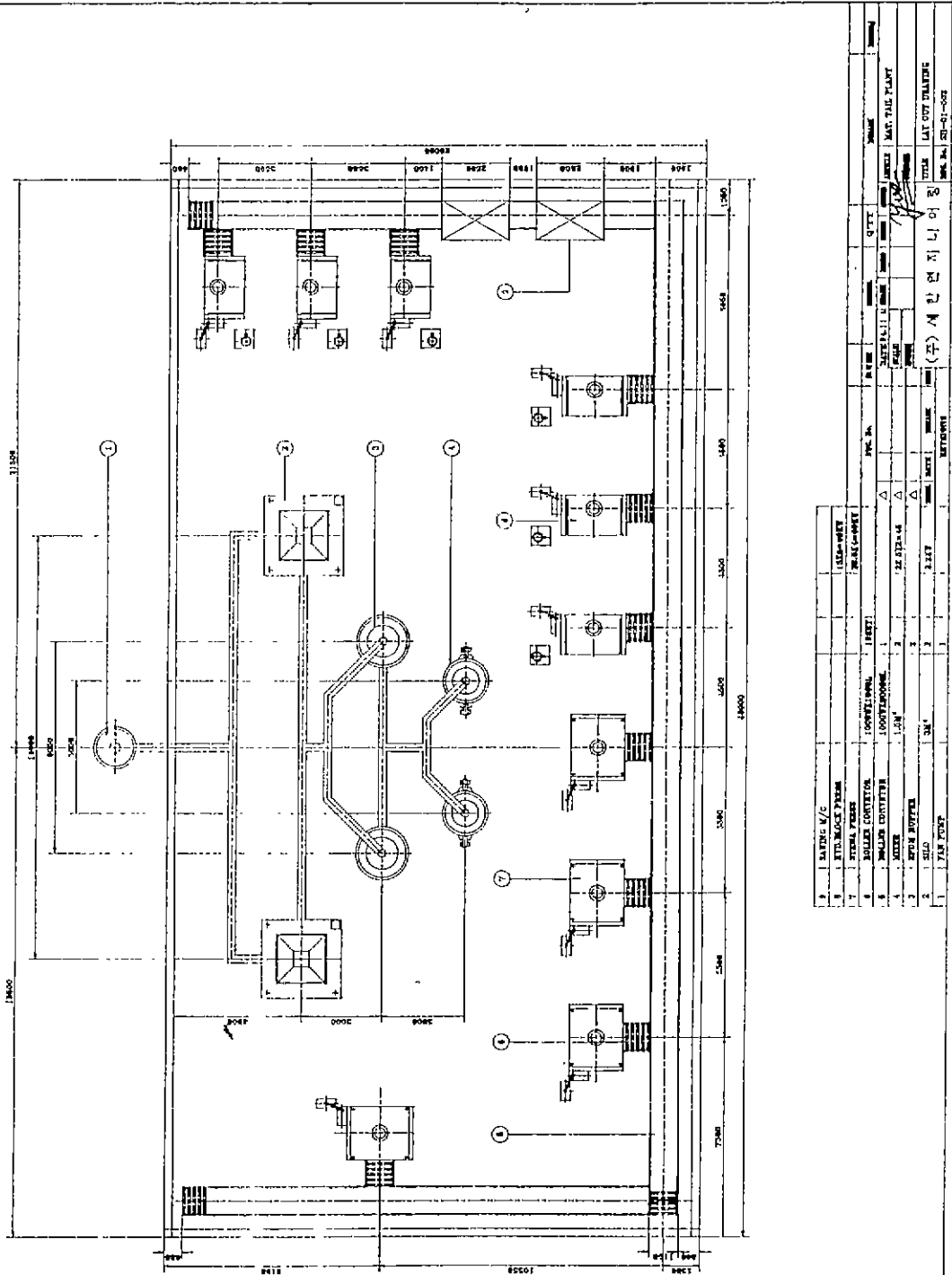


Fig. 8. Mat, tile and carpet manufacturing process

### 5. 3. 工場建設費

#### 1) 機械 및 裝備 買入費

Mat, Tile 및 Carpet 製造設備	
外 資	1,150,000,000 원
內 資	450,000,000 원

#### 2) 電氣工場

① 電氣設備	35,000,000 원
② 動力設備	15,000,000 원
③ 照明設備	10,000,000 원

#### 3) 建築工事

① 土木工事	20,000,000 원
② 建築工事	320,000,000 원
合 計	2,000,000,000 원

### 6. 綜合

以上을 綜合하면 다음과 같다.

- 1) 우리나라의 페타이어 발생량은 '94년도 15,753천개로 2001년에는 약 2,000만개가 발생 할 것으로 전망하고 있다.
- 2) 페타이어를 다량 처리하는 방법으로는 고무아스팔트 개발, 시멘트 공장의 로타리킬른에 열이용, 재생고무 그리고 고무엣트, 티일 그리고 카펫 제조방법이다. 그리고 폐수처리에 이용하는 것도 바람직한 방법이다.

- 3) 페타이어 활용방법은 기술적인면 보다는 제도적인 뒷 받침이 있어야 한다.
- 4) 운반비를 고려하여 페타이어를 칩으로 만들면 다른 이용방법에도 편리하게 된다.
- 5) Mat, Tail, 그리고 Carpet 공장시설에서의 기계적 분쇄 방법을 상온처리시 시간당 10톤 처리 용량의 경제적 시설규모의 현대적인 모델로 제시하였다.
- 6) 고무 분말화 기술은 LNG 기지의 폐열 이용방법. 그리고 Air Turbm Cooler에 의한 냉동후 분쇄하는 방법이 제시되었다.

### 참고문헌

- 1) 대한타이어 공업협회.
- 2) 황영조, 페타이어 재활용 방안. 생산기술연구원, p79
- 3) 한국자원재생공사 페타이어 再資源化 및 再活用に 관한 技術事例調査, p125, (1988. 12).
- 4) 한국자원리싸이클링학회 : 자원리싸이클링의 실제, p 218~223, (1994. 8).
- 5) 尹相國 : 한국자원리싸이클링학회, 페타이어 활용기술에 관한 세미나 (1995. 10).
- 6) 李東輝, 吳鎭基, 한국자원리싸이클링학회, 페타이어 활용기술에 관한 세미나, (1995.10).
- 7) 柳澤秀: 1994 한국자원리싸이클링학회 추계정기총회 및 제 4회 학술발표회