

고무가공 공업

과 병 운

(본 협회 위험관리부 과장·기술사)

고무는 타이어, 벨트, 호스 및 신발 등 우리 일상생활에 널리 이용되고 있다. 고무는 천연고무와 합성고무로 대별되는데 합성고무는 플라스틱과 마찬가지로 합성화학(중합반응)에 의해 제조되며 제2차대전 전까지는 천연고무가 주종을 이루었으나 2차대전을 계기로 합성고무공업이 급속히 발달하여 오늘날 사용되고 있는 고무의 약75%를 차지하고 있다. 종류로는 스티렌 부타이엔 고무(SBR), 부타디엔 고무(BR), 이아소렌 고무(IR)외에 우레탄 고무, 아크릴 고무 등이 있다.

고무제품 제조작업장의 근본적인 화재위험은 천연 또는 합성고무와 유황, 탄화수소 용제 등 여러 화합물의 원료저장에서 부터 제품보관에 이르기까지 가연물의 연속으로 이루어지고 있는 데에 있다.

1. 공정개요

일반적인 고무제품의 제조공정은 다음과 같다.

준비공정으로서 원료고무를 우선 필요에 따라 적당한 크기로 절단한 다음 소련(素練)공정으로 넘어간다. 소련공정은 고무에 적당한 유연성(가소성)을 주어 가공을 용이하게

할 목적으로 강력한 회전부에 의해 고무를 마찰시키는 작업이다. 기계장치로는 오픈롤(Open roll), 반바리믹서(Banbury mixer), 고오든 플라스티케이터(Gorden Plasticator)가 사용된다.

소련된 고무는 보강제, 가황제, 가황촉진제, 노화방지제 등과 같은 배합제를 혼합하게 되며 기계장치는 오픈롤 또는 반바리 믹서를 사용한다.

배합제를 첨가한 고무(Compound 라 함)를 용도에 따라서 압출(壓出)과 캘린더(Calender) 공정을 거치게 된다. 압출은 타이어 튜브, 타이어의 트래드(Tread) 고무 등 일정한 형태의 것을 연속적으로 성형하는 작업이다. 캘린더는 등속회전하는 캘린더를 사용하여 일정 두께의 고무시트를 만들거나 또는 고무와 포(布) 등을 압착하여 시트 상태로 하는 작업이

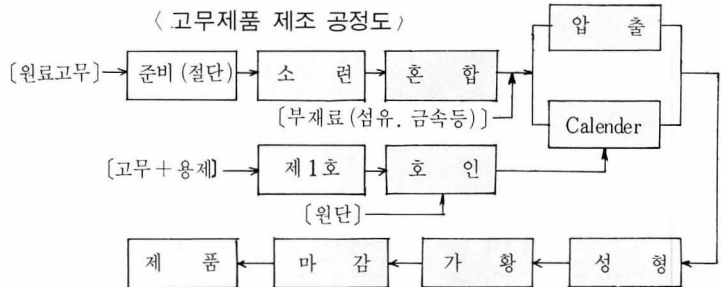
다.

호인(糊引) 공정은 고무시트와 포를 접착하기 위하여 포에 용해한 고무풀을 도포하는 공정이며 고무풀은 고무를 솔벤트, 톨루엔 등의 용제에 넣어 교반기에서 장시간 교반하여 만든다.

성형공정에서는 절단 또는 성형기에 의해 성형하게 된다.

다음 가황(加黃) 공정에서는 고무에 탄성을 주고 변형하지 않도록 할 목적으로 고무와 유황을 결합시키는 작업으로서 100~200°C의 온도에서 가압한다. 가압방법은 내압용기에 제품을 넣고 가황하는 가황관식(加黃罐式)과 제품을 넣은 금형을 열판으로 가압하는 프레스식 등이 있다.

마감공정에서는 고르지 못한부분을 제거하거나 표면을 평활화하는 등의 작업을 거쳐 제품을 완성하게



된다.

이외에 지금까지 언급한 고정(固形) 고무원료 외에 제품에 따라서는 액상의 라텍스(latex)를 사용하는 경우도 있다. 라텍스에도 천연과 합성이 있고 용도는 전선, 건축자재, 접착제 등에 널리 이용되고 있다.

재생고무는 낡은 고무제품으로부터 이물질 제거, 수세, 분쇄, 탈황 공정을 거쳐 롤러를 이용, 시이트상으로 성형한다.

공정의 화재위험

고무는 연소하기 쉽고 연소시에 다량의 연기가 일산화탄소를 발생하기 때문에 일단 화재가 발생하면 큰 피해를 가져오게 된다. 또한 제조 공정중에서는 유황, 유기 유황화합물 등의 가황제, 카본블랙 등의 보강제, 솔벤트, 톨루엔 등의 용제류와 같은 가연성, 인화성 물질이 산재하고 혼합작업에서 발생하는 열, 로울러 위를 이동하는 고무에 의해 발생하는 정전기, 기타 용접작업, 화기, 전기 및 자연발화와 같은 발화원은 고무공업에서 통상적인 화재원인이 되고 있다. 고무가공업에서 발생한 주요 화재사례는 <표 1>과 같다.

공정별 화재위험과 대책

가. 혼합공정

가황제, 연화제(軟化劑), 보강제 등 배합제 분말이 주위에 비산하고 작업장내에 쌓이면 착화되기 쉬우므로 정기적인 청소가 필요하다.

반바리 믹서에서는 고무와 배합제를 혼합할 때 온도가 상승된다. 만일 과도하게 온도가 상승되면 첨가된 오일이 증발하게 되며 나아가서 콤팩운드의 온도가 오일 또는 고무의 자연발화 온도에 도달될 수 있으므로 작업시에는 특히 온도관리에 주의를 하여야 한다.

혼합작업중 정전기가 발생하지만 호인공정에 비교하면 착화할 위험은 적다. 다만 가솔린 등을 함유하는 폐기고무(Scrap)를 재혼련(再混練)하는 경우에는 착화위험이 크다. 혼합공정에서 일반적으로 주의하여야 할 점은

(1) 배합제는 일정 장소에 보관, 저장한다.

특히 고무공업에서 주로 사용하는 발포제인 DPT(Pinitroso Penta-methylene Tetramine)는 소방법상 제5류 준위험물에 속하며 자연발화 위험이 있고 화기 또는 산(酸)과 접촉하면 발화되므로 통풍이 잘되고 과중한 압력을 받지 않도록 적재하여야 한다.

또한 미세한 유황분진은 마찰, 정전기 등 비교적 낮은 에너지의 점화원에 의해 발화 또는 분진폭발(분진폭발범위 : 최소 35 g / m³ ~ 최대 1400 g / m³) 위험이 있으므로 다량의 유황을 취급하는 곳에서는 분진이 발생하지 않도록 일정장소에 보관하는 등 조치하여야 한다. 집진설비는 건물외부나 분리된 별도의 실에 위치하도록 하고 집진설비가 건물내에 있다면 폭발압 방출구(Explosion Venting)가 설치되어야 한다.

(2) 전기설비는 방폭형으로 한다.

(3) 혼합로울러 상부에는 오일증기와 배합제 분진, 카이본 블랙 등을 제거하기 위하여 배기다트를 설치하고 다트내의 청소도 정기적으로 실시한다.

나. 호인공정

제조공정중에서 가장 위험이 높은 공정이다. 제호실(製糊室)은 고무폴 제조를 위하여 MEK, Xylene, 솔벤트 등 인화성이 강한 물질이 사용되기 때문에 가능한 한 본공장에서부터 15m 이상 떨어져 설치하거나 4시간 방화벽으로 기타 건물과 방화구획한다. 만일 제호실이 본공장에 있으면 본공장에 면한 벽상의 모든 개구부는 높이 10cm의 문턱을 설치하고 바닥은 낮게 하며 소화 살수에 대비한 배수구를 설치한다. 또한 외벽에 용적 1.4m³당 0.1m³의 폭발압 완충을 위한 경량벽판 등을 설치하는 것이 바람직하다.

기타 제호 및 호인 공정에서의 안전대책은

(1) 제호실내에는 용제를 보관 또는 방치하는 것을 피하고 옥외저장 탱크로부터 파이프에 의해 공급되도

<고무가공 공업에서의 화재사례>

업체명	발생연도	발화장소	발 화 원 인	피해상황
K화학(주)	1974	창고	발포제 과중적재에 의한 자연발화	3억7천만원
K화학(주)	1975	그라인더실	금속연마 작업중 불티가 고무가루에 착화	4억7천만원
T고무	1978	가공준비실	전기시설불량(추정)	3층건물전소
D산업공업사	1981	약품배합실	발포제 과중적재에 의한 자연발화	1억2천만원
K상사	1981	용제저장실	용접불티가 용제실에 튀어 들어가 인화	1억2천만원
D타이어공업사	1982	로울러실	고무가루 흡입 다트 용접작업중 용접불티가 다트내 고무가루에 착화	2백5십만원
D고무산업(주)	1988	재단실	전기누전(추정)	56억원

록 한다.

(2) 전기기기는 방폭형으로 하고 조명용 전구는 파손방지용의 보호망을 부착한다.

(3) 가연성 증기농도를 연소범위 하한의 25%이하가 유지되도록 강제 환기하며 호인실은 증기농도가 연소범위 하한의 25%이상일 때 자동적으로 기계동작을 멈출 수 있도록 가연성가스 탐지장치와 연동 설치하는 것이 바람직하다.

(4) 호인기는 접지하되 보통의 접지방법으로는 정전기 제거가 불충분하므로 제전기(除電器) 등의 정전기 제거장치를 설치한다.

(5) 호인실은 작업장의 습도를 높혀 정전기 발생을 억제하기 위하여 수증기를 방출하고 바닥에 살수한다.(습도를 50% 이상으로 유지)

(6) 작업원은 도전화(導電靴), 도전작업복을 착용한다.

(7) 고무풀이나 용제류의 용기는 뚜껑있는 금속제 용기를 사용하고 독립한 내화구조의 저장소에 보관한다.

다. 성형공정

접착제를 사용하는 작업에서는 인화성 용제, 고무용액 등에서 발생하는 증기 때문에 화재위험이 있으므로 호인공정과 같은 주의가 필요하다.

라. 가황공정

고무를 입힌 포(布)에 사용하는 연속가황용 오븐의 경우 유행이 승화하여 벽에 부착하기 때문에 청소, 제거하여야 한다. 다만 가황조건에 영향을 주기 때문에 작업을 고려하면서 청소할 필요가 있다.

(1) 냉가황(冷加黃)의 경우 염화유황(鹽化硫黃), 벤젠 등을 사용하기 때문에 취급에 주의한다.

(2) 가황이 불충분한 것이나 가황

후 냉각이 불충분한 것을 장시간 쌓아 놓으면 자연발화 위험이 있기 때문에 보관에 주의한다.

마. 마감공정

그라인더로 표면을 연마할 때 나오는 분말고무는 마찰에 의해 열과 정전기가 발생하여 대전(帶電)하기 때문에 퇴적(堆積)하여 방치하면 자연발화할 위험이 있다.

(1) 분말고무는 접지된 금속제 용기에 보관한다.

(2) 분말고무의 냉각을 빠르게 하기 위하여 가능한 한 냉소(冷所)에 둔다.

(3) 분말고무는 쌓이는 것을 피하고 정기적으로 처분한다.

바. 기타공정

○ 재생고무 공정

재생고무 공정중 탈황(脫黃)은 15~20kg/cm²의 압력과 200°C 이상의 고온에서 행하기 때문에 화재위험이 따른다.

(1) 분쇄고무는 마감공정에서의 분말고무와 같이 열을 가지고 있어 발화위험이 있기 때문에 퇴적을 피하고 냉각에 노력한다.

(2) 탈황장치에서 나온 고무는 퇴적 방지하면 자연발화하기 때문에 덩어리를 풀어헤치는 등 냉각 촉진조치를 한다.

(3) 분쇄작업중에 나오는 섬유부스러기는 집진장치에 의해 제거한다.

○ 폼라버(Foam Rubber)공정

라텍스를 원료로 하는 폼 라버를 장시간 퇴적하면 고무가 분해하여 발화에 이르는 경우가 발생할 수 있다.

(1) 제조공정중 건조장치 내부에 피막이 낙하, 퇴적하면 100°C정도에서 용이하게 발화할 위험이 있기

때문에 장치내의 청소를 정기적으로 실시한다.

(2) 제품을 저장할 때는 연소(延燒)위험을 방지하기 위하여 주위에 충분한 공간을 둔다.

(3) 저장중에는 내부온도, 취기(臭氣), 외관의 변화 등에 주의한다.

사. 소방설비

(1) 스프링클러 설비

규모가 큰 공장은 공장전체에 스프링클러를 설치하는 것이 좋다. 반바리믹서에 스프링클러를 설치할 때는 다음과 같은 특별한 보호조치가 필요하다.

○ 반바리로부터 혼합고무 배출시의 발화와 고무의 과열등 특수한 문제 때문에 배출슈트에 스프링클러 노즐을 설치하고 작업자의 콘트롤판넬 부근에 수동조작밸브를 설치한다.

○ 반바리 믹서에서의 화재는 배기덕트를 통하여 집진장치까지 확산되므로 덕트의 수평간격 3.8m, 수직 굴절부분에 헤드를 설치한다.

(2) 기타 소방설비

제호실은 스프링클러설비에 추가하여 믹서기에서의 화재가 다른 믹서기로 연소확대되는 것을 방지하기 위하여 불연성가스 소화설비를 설치하는 것이 좋다.

호인실은 보통 이산화탄소 소화설비 또는 할론 소화설비를 설치하여 소화설비 작동시는 가연성 고무풀의 유동과 컨베이어를 멈추고 배기팬을 정지한 후 배기덕트의 뎀퍼를 닫도록 조치한다. ☹