

단열재의 종류별 특성과 시공



전세계의 산업경제에 상당한 영향을 미쳤던 지난 1·2차 석유파동으로 모든 국가는 에너지 소비의 규제, 에너지의 절약, 대체에너지로서의 새로운 에너지원개발 등에 노력을 기울이고 있으며 이 중에서도 가장 손쉽고 효과가 큰 에너지 절약에 대한 관심은 날로 증대되고 있다.

한편 우리나라의 에너지 정책도 큰 변화를 가져와 에너지절약으로 또 하나의 에너지원이라는 차원에서 모든 부문의 에너지절약과 이용의 합리화를 촉진하기위해 에너지절약 정책을 강화하고 있다. 따라서 본지는 에너지절약을 위한 실질적이고 적극적인 방법으로 단열재의 종류별 특성을 고찰하고 단열시공에 관해 집중연구키로 한다. <편집자 주>

분말 단열재

단열재료를 형태별로 분류하였을 경우, 분말 입자상(狀) 단열재를 한 개의 그룹으로 할 수가 있다. 그리고 이것을 세분화하면 <표 1>과 같이 된다. 본 항에서는 다공성(多孔性) 입자 단열재 가운데 분말상에서도 이용되는 규조토 및 분말단열재에 대해서 기술하고자 한다.

규조토(珪藻土)

① 규조토의 종류

규조토는 일반적으로 규조(diatom)라 칭하는 단세포 조류(藻類)의 규산각유해(珪酸殼遺骸)로 이루어지며, 본질(本質)은 함수(含水) 비품질 실리카에서 이루어 진다.

규조는 담수(淡水) 및 함수(바닷물)의 구별없이 온난한 냉 어느 경우에도 존재한다. 단 규조의 증식에는 일광이 필요하고, 일광이 좋지 않은 심해(深海) 또는 지중(地中)에는 서식하지 않는다. 규조의 종류는 많아서, 1만5천종 이상이 있으며, 그들 규조의 형태도 다종다양하다. 이 다(多)종류의 규조 각각의 것은 극히 미세하므로 규조의 크기는 일정하지 않지만 25미크론 정도를 보통으로 하고, 그 중에는 0.2미크론의 미세한 것도 존재한다. 규조를 현미경으로 관찰해 보면 특이한 다공질 구조를 형성하고 있으며, 이

미(微)구조가 규조토에 단열성 등의 특색있는 물리화학적 특성을 부여하는 요인이 되고 있다.

규조는 대별하면 중심류와 수상류(羽狀類)의 2종류가 된다. 중심류는 주로 바다에서 생산된 것으로 대부분 원형에 가까운 형상을 이루며 중심으로부터 방사상의 각막(殼模) 모양이 있고, 외형의 변화가 풍부하며, 또한 각(殼) 모양도 다양다종하지만 대체적으로 망상(網狀)의 대형인 것이 많다. 이에 반해 수상류는 담수산(産)인 것이 많고 수상 또는 보트형을 이루며, 좌우대칭 구조를 갖고, 각 모양도 횡선적으로서 일반적인 형상도 작고 또한 단순하다.

② 규조토의 산출

규조토는 규조각유해(遺骸)하여 바다 또는 호수 밑에 침적된 것에서 규조토 원료에는 반드시 완전한 규각(珪殼)만이 포함되지 않는 점토, 화산회(火山灰) 유기물 및 수중(水中)에 있는 불용해성 물질 등을 포함하고 있는 것이 보통이다. 원토(原土)로서는 70% 이상의 SiO₂를 포함, 백색인 것이 양질로 되어 있지만 대개는 담황색 또는 담회색을 띤다.

규조토 광상(鑛床)은 함수용 규조의 퇴적된 해성층(海成層)과 담수종 규조에서 이루어지는 호성층(湖成層)에

속하는 것으로 대별된다.

③ 규조토의 성질

규조토의 가장 순수한 화학 성분은 SiO₂ 94%, H₂O 6% (천연, 단백색과 같다)이며, 회녹색 원토에는 현저한 량의 유산근(硫酸根)을 포함하지만 일반적으로 광상의 하층부는 예외없이 회녹색을 보이고, 수%의 SO₃를 함유하는 것을 보통으로 하며, 유기물의 분해생성물로 생각되고 있다.

규조토의 주성분인 함수(含水) 규산은 내열성 때문에 고온용 단열재의 원료로서 이용되지만 그 성분수(水)는 500~800℃에서 방산된다. 또 규조토는 강(強)알칼리에 용해되므로 백토류(白土類)로 구별된다. 양질의 규조토는 대단히 가볍고 부드러우며 규조각에 존재하는 다수의 공공(空孔) 때문에 용적의 5배의 액체를 흡수할 수 있다. 700℃ 이하에서의 외관상 비중은 0.5~0.7, 1100~1400℃에서 소성하면 1.4가 되고, 1400~1600℃에서 소성한 것은 약 2.2를 나타낸다. 가열에 의한 수축은 온도와 거의 비례하여 증가하고, 1400~1600℃에서 소성하면 용적은 700℃에서 소성한 것의 약 1/4이 된다. 가장 좋은 규조토의 비중은 2.05~2.15, 외관상 비중은 0.2~0.3, 순도가 약간 나쁜 경우에는 0.3~0.8이다. 기공률(氣孔率)은 77~80%이다. 열전도도는 100℃에서 900℃ 사이로 0.0013 ~ 0.0018 gm-Cal/cm²/Sec/℃, 비열은 약 0.25, 1000~1100℃에서 가열하면 쉽게 크리스탈 바라이트 또는 트리지마이트로 변한다.

<표1> 분말·입자상 단열재의 형태에 의한 분류

분말·입자상 단 열 재	다공성입자 단 열 재	퍼라이트, 퍼마큐 라이트, 케이스우토(土)
	바분단열재	시라스바분, 알루미늄바분, 카본바분.
	분말단열재	알루미늄분말, 탄소분말, 열기성탄산 마그네슘 분말.

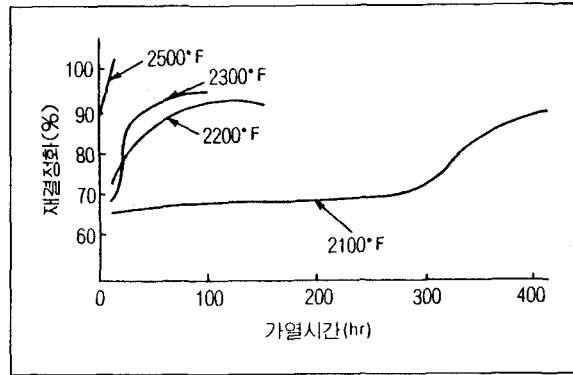
④ 규조토의 용도

규조토는 여러 용도로 쓰이는데, 단열재로서 이용되는 것 외에 흡수제, 흡착제, 탈지제, 구과재(口過材), 연마재, 보온재, 화학용 및 시멘트 혼합재 등이 있다. 미국에서는 구과재 50%, 단열재 25%, 그 외 25%로 되어 있다. 일본의 경우는 규조토의 공업적 이용은 오래 전부터 시멘트 혼합재 및 흡수제로서 사용하기 시작하여 규조토를 벽동상(狀)에 절출(切出)하여 이것을 소성한 것을 단열벽돌로서 이용하도록 하여 현재의 단열벽돌공업으로까지 발전하였다.

상기 용도 중, 규조토가 단열재로서 중요시 된 것은 다공성이고 부피밀도가 작으며, 주성분인 규산은 화학적으로 상당히 안정되어 있고, 또 내화성이 크다는 점 때문이다. 그러나 한편으로는, 흡수성이 강하기 때문에 저온용 단열재로서 부적당하다. 즉 100℃ 이하에서 이용할 때는 성형가공하여 완전히 건조한 것을 사용하여 그 표면을 완전히 방습보장(補裝)할 필요가 있다. 일반적으로는 100℃ 전후의 난방용에서 400℃ 가까운 과열 증기관에 이용된다. 700℃ 부근까지는 용적변화를 일으키지 않고 오히려 다공성을 증가하는 특징을 지니고 있다. 또 수련(水練)으로 이용할 때는 섬유를 연결용으로 이용한다.

염기성 탄산마그네슘

탄산마그네슘은 대단히 미세하고 가벼우며 열전도율이 낮으므로 보온재로서 사용된다. 일반적으로는 석면 등의



〈그림1〉 실리카 알루미나질 섬유들의 재결정화 경향

섬유를 연결하여 수련하여 사용된다.

그 외의 분말단열재

내화성이 있는 재료의 미분말을 공기층이 있도록 충전하여 단열재로서 이용하는 방법이 있다.

예를 들면 카본블럭과 같이 특이한 구조를 가진 탄소질의 미분말은 다량의 공기를 포장하여 비산화 분위기중에서 최고온까지 견딜 수 있는 우수한 단열재가 된다. 탄소의 침적(沈積)온도를 높여서 얻어지는 열분해 탄소는 완전한 흑연으로 성능이 우수하고, 원자력관계 등에 사용되고 있다. 카본블럭 내지 탄소분말은 사용 방법에 따라서 탄소섬유보다 단열효과를 크게 할 수 있으며 단말로 인하여 오히려 편리한 경우가 있다.

또, 알루미늄 분말은 열적으로 안정적일 뿐만 아니라 화학적으로도 안정하므로 예를 들면 백금로(白金爐) 등의 단열재로서 안전한 재료이다.

인공 광물섬유

섬유질 재료는 공업용에서 가정용까지의 폭넓은 범위에서 사용되고 있다. 최근 고내

화성 섬유가 개발되어 그 용도는 확대되고 있지만 품종의 다양화, 품질의 향상 및 사용방법의 개발에 의해서 이후라도 이 경향은 계속되리라 생각된다.

본항에 있어서는 이들 섬유질재료 중, 실리카 알루미나질, 알루미나질, 실리카질, 지르코니아질 및 그 외의 비교적 고온으로 사용되는 인공광물 섬유에 대해서 그 제조법, 품질 및 사용법 등에 대해서 기술한다.

실리카 알루미나질 섬유

인공 광물섬유의 대표적인 섬유인 실리카 알루미나질 섬유는 세라믹화이버라 불리며, 공업적 규모로 가장 다양으로 사용되고 있다. 또한 고온용 단열재의 상당한 부분을 차지, 에너지절약에 크게 기여하고 있다. 실리카 알루미나질 섬유는 미국의 경우 1950년대 중반기에 Babcock & Wilcox 사, Carborundum사 및 Johns Manville사 등 3사에 의해서 개발, 공업화되어 각각 Kaowool, Fiberfrax 및 Cerafiber라는 명칭으로 시판되었으나 당초의 제품은 벌크 화이버로 불리는 면상(綿狀)의 것이며 각종 공업용 요로의 벽돌벽의

팽창(膨脹) 충전재로서 이용되었기 때문에 생산량도 미미한 것이었다. 그러나 1960년대 이후 프랑케트, 펠트, 진공성형품, 로프, 프레임 등 각종 2차제품의 개발이 진보됨에 따라 그 용도는 충전재, 단열재로서만 그치지 않고 고온용 패킹재, 시일재, 촉매담체(擔體) 등 다방면으로 확대되었다. 이들 새로운 수요의 증가에 의해서 실리카 알루미나질 섬유(纖維)의 생산성 증대, 제조비용 절감을 가져다 주며, 특히 1965년 경부터 각종 공업용 용로의 내장재로서 프랑케트가 채용되기 시작하여 종래로의 재료를 대신해서 사용하게 된 이래, 급격한 발전을 이루었다.

① 제조법(製造法)

실리카 알루미나질 섬유는 카오린가소물(假燒物), 보키사이트, 알루미나 및 규소 등의 실리카 및 알루미나질 원료에 로우산(酸) 그라스, 지르코니아 혹은 산화크롬 등을 가하여 $SiO_2:Al_2O_3$ 가 거의 1:1이 되도록 배합하여 전기로에서 2000℃ 이상의 고온으로 용융하고, 이것을 세류(細流)하여 유출시켜 섬유화한다. 섬유화하는 방법에는 압축공기

또는 스팀제트를 내뿜는 Blowing Process와 고속회전하는 로터의 원심력을 이용하는 Spinning Process가 있고, 전자는 비교적 작은 용체량(融體量)으로 섬유화할 수 있는 반면, 섬유경(纖維徑)이 가는 단섬유가 되기 쉽다. 한편, 후자는 대량의 섬유화가 가능하여 섬유경이 약간 굵은 장섬유가 얻어진다. 이렇게 해서 얻어진 섬유는 동시에 생성하는 구상입자(쇼트)를 제외하고 면상(綿狀) 제품인 벌크화이버가 된다.

② 성질

사용온도 1260~1300℃인 것은 Al_2O_3 와 SiO_2 의 구성비가 약 50:50이 되고 있으며, 특별히 장(長)섬유를 얻기 위해 ZrO_2 를 5% 첨가한 것도 있다. 사용온도 1400~1500℃인 것은 Al_2O_3 와 SiO_2 의 구성비가 약 60:40이고 무라이트의 조성에 가까와지고 있다.

실리카 알루미나질 섬유는 고온에서 용융된 상태로부터 브로잉 또는 스피닝법 등 어느것이나 0.1초 이하의 대단히 짧은 시간으로 섬유화되고 동시에 거의 상온까지 급냉되기 때문에 과냉각되어 섬유는 그라스상태가 된다. 실리카 알

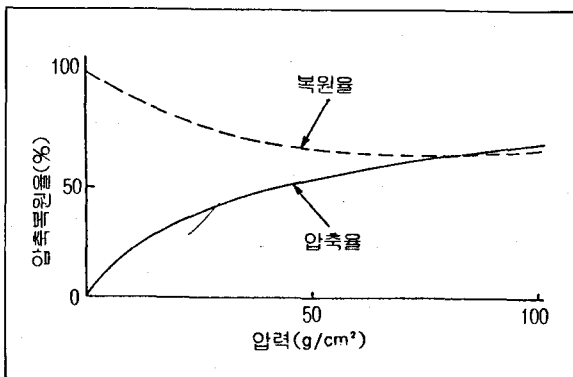
루미나제 조성에서의 안정된 조직으로서는 무라이트, 크리스트 버라이트의 2결정상을 그라스질 매트릭스가 이것을 감는 형태가 되는 것이 보통이고, 과냉각된 그라스에서 이루어지는 실리카 알루미나질 섬유는 고온 사용영역에 공급된 경우, 섬유중에 결정이 석출(析出:재결정)한다. 통상 1000℃ 부근에서 무라이트의 석출이 시작되어 가열온도의 상승 및 시간이 경과함에 따라 석출량은 증가한다.

무라이트의 석출은 1000~1100℃의 비교적 저온의 영역에서는 석출량도 적고, 결정의 성장도 현저하지 않으므로 섬유중에 스트레스를 발생하여, 경직성을 증가하는 정도지만 가열온도가 1200℃이상으로 상승한 경우와 온도는 다소 낮더라도 알칼리 등의 불순물이 존재하거나 가열시간이 현저히 길어지면 적출한 무라이트결정의 성장이 촉진되어 결정의 크기가 2~3 μm 의 화이버 지름에 대해서 뚜렷한 영향이 미치게 되어 섬유의 변형경직성이 증가하고, 섬유는 약해진다. 또 1200℃ 이상에서는 크리스트 버라이트도 정출(晶出)이 시작되어 섬유의 열화가 촉진된다.

일반적인 단열재에서는 저(低)카사 비중쪽이 열전도율은 작아지지만 실리카 알루미나질 섬유에서는 복사(輻射)의 영향이 크고 카사 비중이 큰 쪽이 열전도율은 저하된다.

③ 실리카 알루미나질 섬유 2차제품

실리카 알루미나질 섬유는 기본이 되는 벌크 화이버를



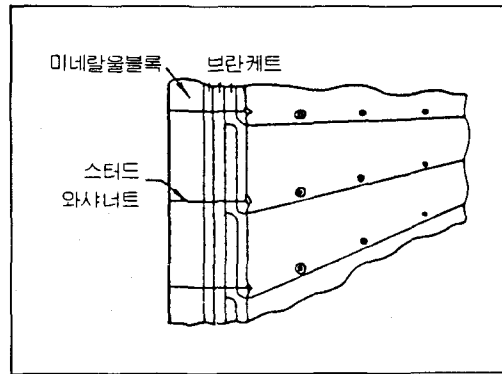
<그림2> 실리카 알루미나질 섬유의 압축특성

소재로 하여 프랑케트 웨이트 펠트, 펠트성형품, 페이퍼포프, 프레이드 흡부품(吹付品) 등 각종 2차제품이 제조되어 시판되고 있다.

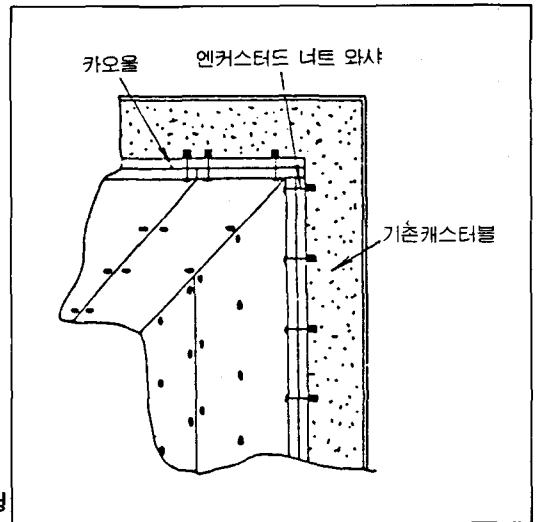
프랑케트는 벌프화이버를, 공기를 매체로 하여 적중함과 동시에 섬유를 넣어 구성시킨 이른바 에어레인법과 화이버를 수중에 분산 현탁(懸濁)시켜 이것에 소량의 바인더를 가해서 선별 제조하는 웨이트 펠딩법이 있다. 전자는 유기질 바인더를 사용할 필요가 없고, 또 섬유의 길이를 그대로 유효하게 살릴 수 있지만, 밀도가 불균일해 지기 쉽다. 또한 후자는 바인더를 필요로 하여 섬유의 길이가 짧아지는 결점이 있지만, 밀도를 균일하게 할 수 있다. 또, 최근에는 프랑케트에 니들펀치를 행하여 섬유를 복잡하게 넣고 구성시켜 인장강도의 향상을 꾀하고 있다.

웨이트 펠트는 프랑케트에 무기질 바인더를 함침(含浸)시켜 프라스틱 주머니안에 넣어 습윤(濕潤)상태를 유지한 제품으로 사용할 때는 자루에서 꺼내어 시공후 건조 혹은 소성하면 경량으로 표면위 경화된 탄력성이 있는 단열재가 되고, 복잡한 형상으로서의 시공도 용이하다. 또한 표면은 경화하므로 풍속이 큰 로의 내장(內張)에 적합하다. 또 가열로의 수냉파이프의 이중단열에도 사용되고 있다.

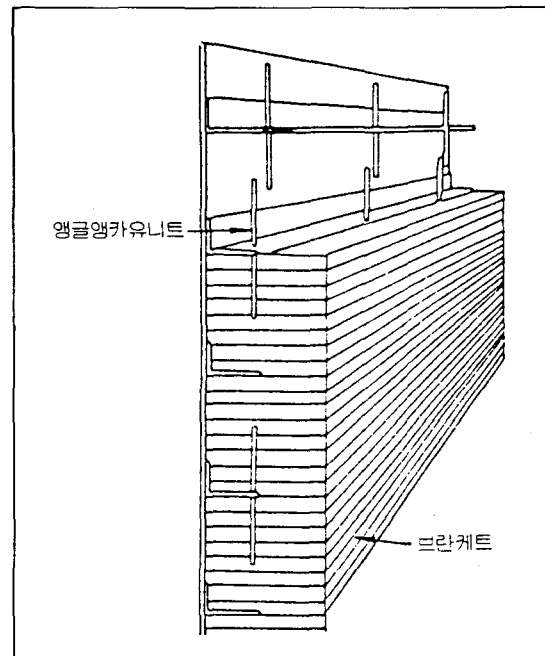
펠트는 벌크 화이버를 물론 현탁시켜 이것에 무기질 및 미량의 유기질 바인더를 더하여 순조롭게 특수성형기로 성형하여 건조시킨 제품이며, 가



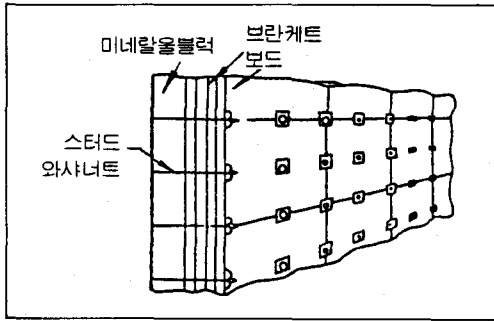
<그림3> 페이퍼 라이닝



<그림4> 베니어 라이닝



(그림 5) 스택라이닝



〈그림6〉 보드 라이닝

볍고 유연성이 있어 자립성을 지녀 요로의 라이닝재, 팽창육의 충전재 등에 사용된다. 보드는 그 외에 내화성 원료를 더한 제품이고 펠트에 비해 단단하고 내풍속성이 뛰어나며, 또한 기계적 충격에도 강하기 때문에 각종 요로의 라이닝재로서 사용된다.

이들 제품은 평판상(平板狀), 원통상 이외에도 각종 형상으로 성형되어 있으며, 이외의 용도로는 알루미늄 용량의 통재(桶材), 알루미늄 용해로의 탭아웃 콘, 유도로단열재, 압탕(押湯) 보온재 등이 있다.

페이퍼는 벌크 화이버를 물로 현탁시켜 소량의 유기바인더를 가해서 선별제조한 것으로 용도로는 가스켓재(材) 등이 있다.

로프 및 브레이드는 벌크 화이버에 15~20%의 유기섬유를 혼합시켜 방사(紡糸)하여 이것을 짠 것으로 로프는 촘촘히 짜서 비교적 밀도가 높으며, 브레이드는 느슨히 짠 것이다. 이것은 본래 패킹재로서 개발된 것이므로 인장강도를 증지하지는 않으나 방사할 시에 스테인레스와 인코넬 등의 내열합금의 곡선을 꼬아 넣어 보강한 제품도 있다.

④ 용도

실리카 알루미나질 섬유 2

차제품은 양로(糧爐)의 라이닝재로서 이용되는 경우가 가장 많다.

실리카 알루미나질 섬유가 내화벽돌, 내화단열벽돌등이 캐스터블 등의 전통적 로재를 대신하여 산업분야에서 사용할 수 있도록 된 것은 그 저열전도율에 의해 연료비를 대폭 절감하는 등의 많은 이점이 있기 때문이다.

실리카 알루미나질 섬유를 로의 라이닝에 사용할 때, 재질면에서의 문제점은 앞에 기술하였듯이 가열시의 재결정화에 의한 섬유의 품질열화이며, 종래는 이 열화가 실용상 지장이 없는 범위에서 사용되어 왔다. 그러나 최근 다결정질 알루미나섬유가 개발되기에 이르자 실리카 알루미나질 섬유 중에 이것을 혼합시켜

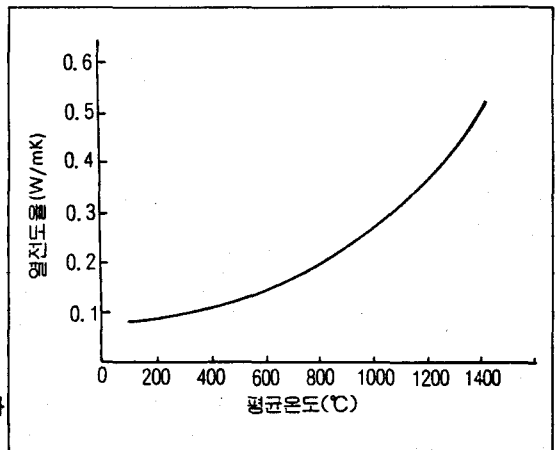
내열온도를 향상시킨 제품도 제조되고 있다.

실리카 알루미나질 섬유의 취부(取付)방법으로는 페이퍼 라이닝, 베니어 라이닝, 스택 라이닝, 보드 라이닝 등이 있다. 또 시공 면에서는 실리카 알루미나질 섬유를 모듈화하는 방법도 개발되고 있으며, 예를들면, 펠트를 단책상(短冊狀)제품 유니펠트, 유니블럭, 「Z」블럭, 파이프블럭 등도 개발되고 있다.

실리카 알루미나질 섬유의 특성을 살리고, 더욱 엄밀한 조건하에서 사용하기 위한 코팅재도 각종 개발되고 있으며 섬유표면에 강한 막을 형성하여 고온에서의 수축을 막고, 내스케일성, 내마모성, 내풍속성을 향상시키기 위해서 사용되고 있다. 또, 섬유상(狀)에서는 사용할 수 없는 조건하에 있어서는 실리카 알루미나질 섬유질의 부정형(不定形) 내화물이 개발되고 있다.

알루미나질 섬유

1970년 ICI사는 알루미나질 섬유를 공업화하여 알루미나 섬유로 시판하였다. 이 섬유는 알루미나염(鹽)과 유기고



〈그림7〉

"SAFFIL" 알루미나 섬유의 열전도율

분자의 혼합용액을 섬유화한 후, 가열하여 얻어진 다결정질의 알루미늄질 섬유이다. 이 섬유는 웰상(狀)의 단섬유이고, 유연성과 탄력성이 높으며, 직경이 3 μ m으로 지극히 가늘어서 단열재로서 우수하고, Al₂O₃의 함유량이 높기 때문에 1600 $^{\circ}$ C까지 사용할 수 있다.

3M사는 Al₂O₃ 약 75%, SiO₂ 약 25%, B₂O₃수%의 섬유「NEXTEL 312」를 제조, 시판하고 있다. 이 섬유는 알루미늄 나뭇줄을 주성분으로 하는 액을 노즐을 통해서 방사하여 벨트 콘베이어 상으로 낙하시켜 소성해서 얻어진 다결정질의 알루미늄질 연속섬유이다. 탄성을 및 인장 강도가 높은 연속 섬유이므로 내열성의 포상(布狀) 제품으로 사용할 수 있다.

알루미늄질 섬유는 고온로, 특수분위기로(爐)의 내장용, 백업단열용, 시일용 등에 사용되고 있지만 이후에는 더욱 확대되어 사용량은 증가할 것으로 보인다.

실리카질 섬유

실리카질 섬유에는 용융석영(熔融石英)섬유와 고실리카질 섬유의 2종류가 있다.

용융석영섬유는 용점이 1500 $^{\circ}$ C 이상으로 높고, 그라스 섬유에

비해서 내후성(耐候性)이 뛰어나고, 물, 증기, 산, 알칼리와 장시간 접촉해도 변질이 되지 않는다. 제조방법은 지름 12~0.15mm의 석영봉(棒)을 일정속도로 고온의 화염중에 송출하여 연화(軟化)한 봉의 선단을 당겨 늘려서 고온드림으로 감아 잡는 것이다.

용융석영섬유의 제품으로는 단섬유의 웰상(狀) 제품, 체프드섬유, 매트 외에 장(長) 섬유를 중심으로 한 안, 편조(編組)안, 봉사(縫糸) 및 직포 등이 있다.

고(高) 실리카질 섬유는 그라스 섬유를 산(酸)처리하여 96% 이상의 실리카를 함유하는 섬유로 바꿔 내열성을 높인 것으로, 공업화된 것은 Hitoco 사의 「Refrasil」이다. 이 섬유는 직경이 10~13 μ m으로 증성자와 γ 선의 조사(照射)를 받아도 열적, 기계적 성질이 변화하지 않는다.

지르코니아질 섬유

지르코니아질 섬유는 인공 광물섬유 중에서 현재 가장 고온으로 사용할 수 있는 가능성이 있다.

제조방법은 각 회사에 따라 다르지만 ICI사에서는 지르코늄과 안정화제를 포함한 액

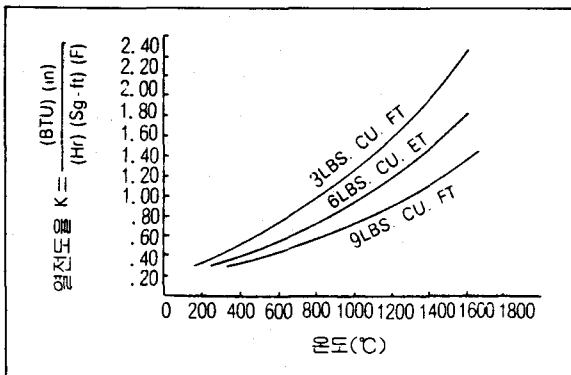
을 노즐에서 흡출시켜 고압가스로 뿜어내어 섬유화한 후, 소성하여, 다결정섬유로 하고 있다. 이 안정화 지르코니아 섬유 및 그 직포는 유연하여 용접 근처까지 그 형태를 유지(保持)하고 사용가동성을 잃지 않는다. <그림 12>에 「ZIRCAR」의 열전도율을 든다. 이 제품은 고온에 이용되는 전선과 열전대의 피복, 진공로와 연구용 소형로의 내장재, 단열재, 패키징재 등에 사용된다.

탄화규소 섬유

섬유 강화복합재의 강화용 섬유로서 주목되고 있는 탄화규소의 연속섬유가 있는 이 섬유의 특성은 산화분위기 안에서 고온에 견디며 많은 금속과 수성(濡性)이 좋고, 또 반응하기 어렵다. 고강도·고탄성율의 특징을 가지고 있으므로 금속재료의 강화용 섬유로서 기대되고 있다.

티탄산(酸) 칼륨섬유

티탄산칼륨섬유는 1958년 DuPont사에서 개발한 인공광물섬유로 탈크상(狀)이 미끄러운 감이 있고, 「TIPERSUL」이란 이름으로 시판되고 있다. 이 섬유는 일반식 K₂O_nTiO₂ (n=1-6)으로 나타내는 섬유이고, n=6인 것이 일반적이다. 이 섬유는 적외선 반사율이 높고 열전도율은 알루미늄 섬유 보다도 낮으므로 내열재, 단열재로서 유망시되고 있다. 또 전기절연재, 효과재(洩過材), 촉매의 담체, 시멘트 및 금속의 강화용 등 외에 소프트한 촉감을 살려 방열복으로 이용되고 있다.

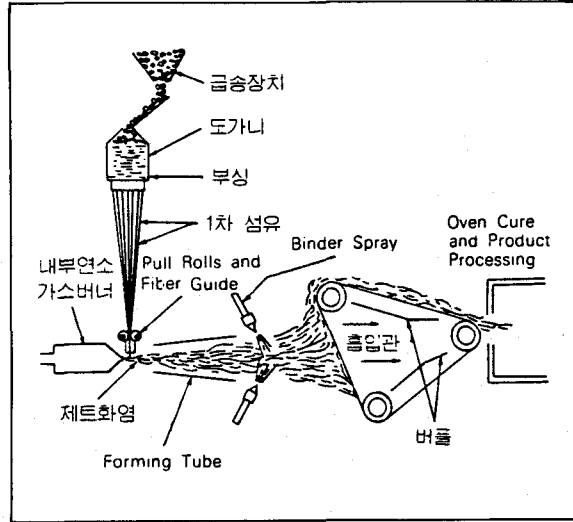


<그림8>
고실리카질 섬유의 열전도율

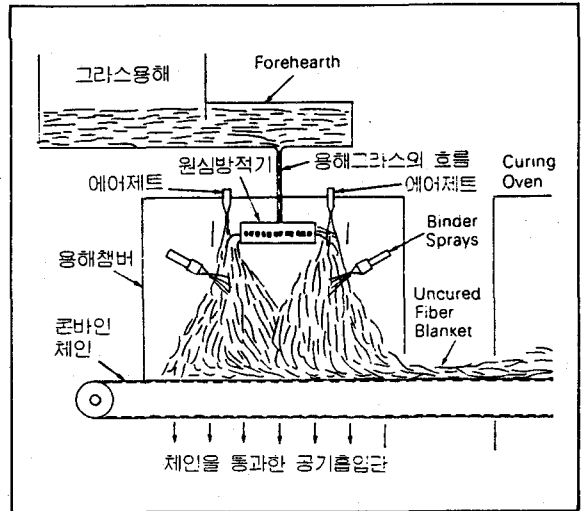
그라스울

그라스 섬유는 형태적으로 볼 때, 연속적인 단(單)섬유로 된 장(長)섬유와 울상태의 단(短)섬유로 대별되며, 또한 그 조성(組成)에 따라서 무(無)알칼리 그라스 섬유(E 그라스), 함(含)알칼리 그라스 섬유(C그라스), 함(含)지르콘 그라스섬유(ARG)등으로 나누어 진다. 전자의 장섬유는 크로스, 매트 및 캡더스트랜드 등의 형태로서, 전기절연용, 강화(強化)플라스틱 보강용 등의 공업재료로서 사용되고 있으나, 후자의 그라스울은 로크울과 마찬가지로 보온단열용재료로서 쓰이고 있다.

그라스섬유의 역사는 고대 이집트시대까지 거슬러 올라가지만, 그라스울로서 공업화되어 상업생산하게 된것은 1930년대부터이다. 제2차 대전중에는 고갈된 석면의 대체용으로선박용 보온에 쓰이게 되었으며, 대전후에는 용해된 그라스를 선조(線條)로 뽑아내어 이것을 2차적으로 화염에 의해 날려서 섬유화하는 화염법이 실용화되었고, 그 후 회전체를 이용하여 대량생산하는 원심법이 도입되었다. 이와 같은 제조기술의 혁신과 품질 개량에 의한 에너지절약성(性) 지향을 배경으로 1978년에는 원섬(原纖)메이커 15개사에서 10만톤/년 생산을 실현하였다. 이 그라스울의 약 75%가 건축용으로 쓰이며, 일부 흡음(吸音)용도를 제외하고 그 대부분이 주택, 빌딩용의 보온단열용으로 쓰인다. 그 밖에 나머지 약 25%가 산



〈그림9〉 화염법



〈그림10〉 원심법

업용으로서 선박, 차량의 단열, 냉장고의 보냉, 공업용기기의 보온단열용으로 이용되고 있다. 여기서는 에너지절약 재료로서의 그라스울에 대해서 그 성능적 특징 및 용도를 기술(JIS 참고)하고자 한다.

원료 및 제조법

그라스울은 규사, 장석(長石), 석탄석, 소다회(灰) 드로마이트 등의 분말원료를 탱크로 안에서 1100~1400℃의 고온으로 용융하여 그라스로 만든다. 이 용융그라스를 직접

또는 원심법 등의 섬유화 장치에 의해서 섬유화하는 직접 용융법과 이 용융된 그라스를 일단 페레트 머플, 또는 로트 상(狀)으로 성형한 뒤, 다른 로에서 다시 용융하여 섬유화하는 간접용융법이 있다.

섬유화방법에는 다수의 소공(小孔)을 가진 백금제(白金製)로우터의 원심력을 이용해서 섬유화하는 방법과 미세한 그라스봉(棒)의 1차선조(線條)를 화염으로 날려서 섬유화하는 방법이 있는데 전자는

대량산업에 적합하고, 후자는 품질이 좋고 비교적 소규모생산에 적합하다. 그러나 후자인 화염법은 에너지비용이 차지하는 비율이 높으므로 전자에 비해 설비비가 적은 반면, 제조비용이 높다. 그러나 현재 생산량의 약 $\frac{1}{2}$ 이 방법으로 제조되고 있으며, 에너지비용이 낮은 새로운 제조법(로터리가스제조법 등)의 기술개발도 적극적으로 추진되고 있다. <그림 9>와 <그림 10>에 화염법 및 원심법의 개략을 나타내었다.

재료특성

그라스울의 용도는 보온단열재로서의 용도 외에도 흡음특성을 이용한 음향적인 용도, 미세한 섬유구조를 이용한 필터 등의 용도가 있으나 여기서는 주로 보온단열재로서의 특성에 대해 기술하겠다.

1) 화학조성

화학조성(組成)은 응용하는 원료나 제조법에 의해 약간 차이가 있지만 일반적인 화학조성은 <표 1>과 같이 규산알칼리이다. 화염법의 섬유조성은 일반적으로 고(高) SiO_2 조성으로 할 수 있으므로 원심법과 비교할 때 섬유가 길고, 내후성(耐候性)도 우수하다. 그라스 섬유는 판(板)그라스 등과 비교할 때 표면적이 대단히 커지고 있으므로 내구성을 증가하기 위해 특히 B_2O_3 를 첨가하는 경우도 있다.

<표1> 그라스울의 화학조성(%)

SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	B_2O_3	R_2O
55~75	1~5	6~12	2~4	0~10	9~16

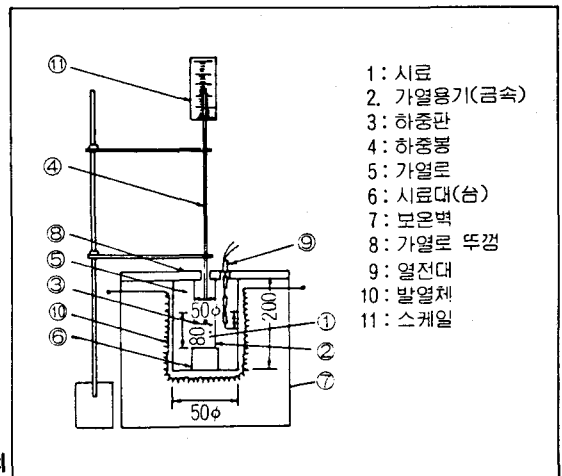
2) 내열성

그라스울은 알칼리금속이

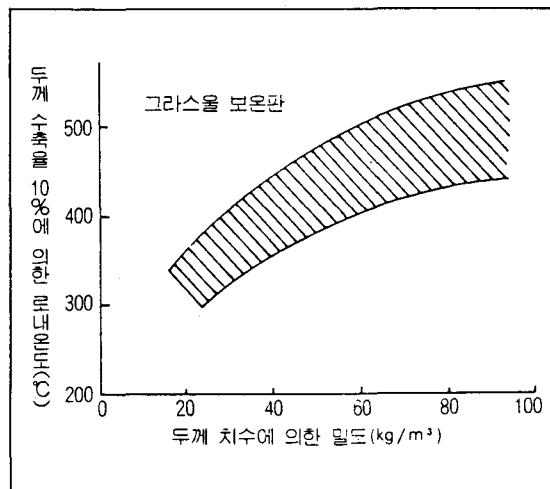
많이 포함되어 있으므로 그 내열성은 일반적으로 낮다. 일본의 JIS 9505 그라스울 보온재에서는 그 사용온도의 최고한계를 350°C 로 하고 있고 또 성형품인 그라스울 보온판, 보온통, 보온대는 유기(有機)바인더를 사용하고 있으며, 연소에 의해 섬유를 열화시키므로 300°C 로 규정하고 있다.

내열도(耐熱度) 즉 사용온도의 한계에 대해서는 로크울과 마찬가지로 명확하지는 않다. 예를 들면 실제로 사용하는 조건인 하중의 정도, 진동의 유무, 섬유의 방향성 등과

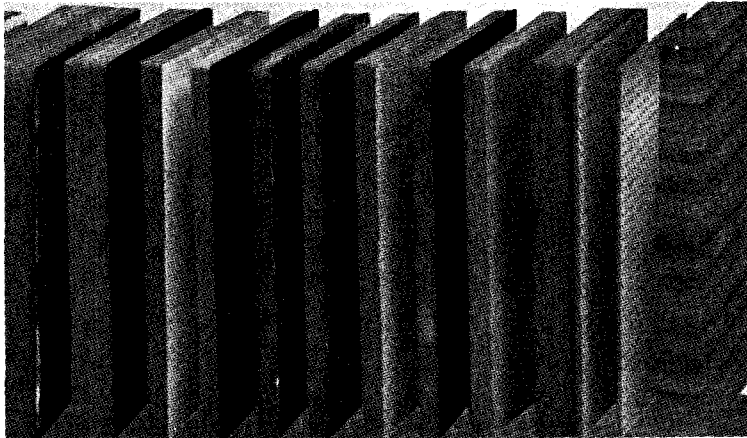
시공방법, 사용조건이 각각 달라지고 있다. 그러므로 내열성에 대한 시험방법으로 확립되어 있는 것은 없지만, 하나의 방법으로 열간하중시험이 있다. <그림 11>과 같이 시료(試料)를 용기에 붓하고 $5\text{g}/\text{cm}^2$ 의 가중판(加重板)을 넣어 $3^\circ\text{C} \sim 5^\circ\text{C}/\text{min}$ 의 승온속도로 가열했을 때에 시료가 원래 두께에 비해 10% 수축하는 온도를 내열도로 하는 방법이다. 그라스울의 시험결과인 <그림 12>에서 보듯이 밀도가 커짐에 따라서 10% 수축온도는 상승한다. 그러나 발전소의 증



<그림 11> 열간가중 시험장치



<그림 12> 그라스울 보온판의 열간하중시험



기관(340~480℃)에 실제로 공된 보온판(48kg/m²)의 2년에 걸친 장기시험의 결과에서는 함유하고 있는 유기바인더의 연소열에 의해 시료 중앙부에 공동이 생겼다. 이 밀도에서의 열간하중 시험에서는 10% 수축은도가 약 400℃ 이상이 되지만 위의 조건하에서는 340℃ 이상에서 사용하는 것은 부적당하다.

3) 단열성

그라스울은 로크울과 비교해 볼 때 내열성은 낮지만 경량이고, 비교적 섬유가 길고,

압축복원성이 풍부한 것을 특징으로 들 수 있지만, 경량품은 단열성이 상당히 저하되므로 주의를 요한다. <표 2>에 일본의 JISA 9505에 의한 그라스울 보온재의 열전도율을 나타내었는데 10kg/m² 정도의 경량품이 가장 큰 열전도율을 가지고 있다.

그라스울 제품과 용도

JISA 9505 그라스울 보온판에 규정되어 있는 제품으로는 그라스울, 보온판, 보온통, 브란케트 및 보온대등 5종류가 있다.

앞서 기술하였듯이 그라스울의 대부분은 주택용 단열재로서 쓰인다. 일본의 경우에는 JISA 9522 주택용 그라스울 단열재가 따로 규정되어 있는데, 이것은 밀도규정은 아니고 열저항에 의해 구분되고 있으므로 시판되고 있는 주택용매트의 대부분이 8~20kg/m²의 경량품이다. 다음에 건축용도 이외에 사용되고 있는 제품의 개요와 용도 및 시공법에 대해서 기술하겠다.

1) 그라스울 보온판

그라스울에 5~10%의 열경화성수지를 이용해서 판상(板狀)에 성형한 것으로 2호 24K와 같이 압축 곤포(梱危)가 가능하며 굴곡성(屈曲性)이 풍부한 경량품에서 80~120K와 같이 딱딱하고 기계적 강도가 큰것까지이고, 각각의 용도 및 시공법도 다르다. 24K 정도의 경량품은 덕트 혹은 기기에 감아서 사용한다. 또 32~64K의 중경량품은 철판, 각(角) 덕트의 보온<그림 5>

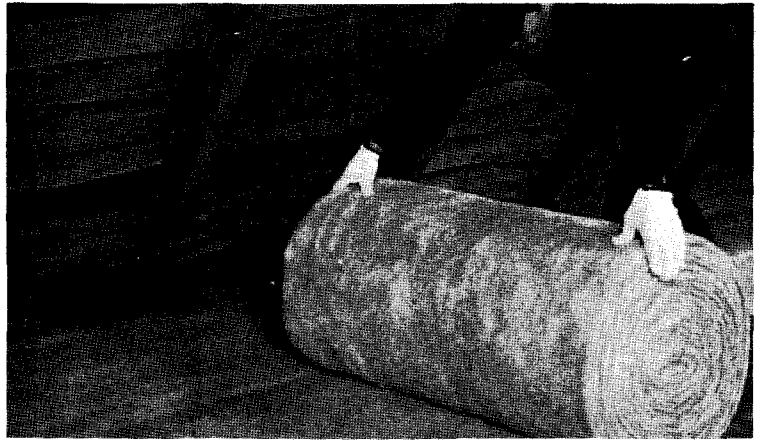
<표2> 그라스울 보온재의 열전도율

종 류		두께치수에 의한 밀도 (kg/h)	열전도율 kcal/mh℃ (평균온도 70±5℃)	참고 열전도율 kcal/mh℃ (평균온도 0℃)
참고사항	10K	10	0.057 이상	0.038+0.00027θ
	12K	12	0.054 이상	0.035+0.00027θ
	16K	16	0.050 이상	0.033+0.00024θ
	20K	20	0.045 이상	0.031+0.00020θ
그라스울 보온판 2호	24K	24	0.042 이상	0.029+0.00019θ
	32K	32	0.040 이상	0.028+0.00017θ
	40K	40	0.038 이하	0.027+0.00016θ
	48K	48	0.037 이하	0.027+0.00014θ
	64K	64	0.036 이하	0.027+0.00013θ
	96K	96	0.036 이하	0.027+0.00013θ
그라스울 보온판 3호	96K	96	0.040 이하	0.030+0.00014θ
그라스울 보온통		45 이상	0.037 이하	0.027+0.00014θ
그라스울 브란케트	a	13 이상	0.050 이하	0.033+0.00024θ
	b	23 이상	0.041 이하	0.029+0.00017θ
	c	41 이상	0.037 이하	0.027+0.00014θ
그라스울 보온대		25 이상	0.045 이하	0.033+0.00017θ

및 내장(內張)단열 또는 보온판을 자립시켜 덕트를 형성하여 이른바 프레허브덕트 소재로서 이용된다. 그 외 선박의 기관실과 거주공간과의 열절연을 피하기 위해서 천정, 벽, 마루 등에 경량폼 또는 중량폼이 이용되며, 슬라패널의 접열판 이면에도 같은 형태의 것이 사용되고 있다. 또 냉동창고의 보냉재로서도 많이 사용된다. 2호, 3호의 중량폼은 주로 건축용으로서 공장, 창고, 체육관 등의 경질단열 흡음재로서 이용된다.

2) 그라스울 보온통

그라스울 보온통은 로크울 보온통과 마찬가지로 열경화성 수지에서 원통상(狀)에 성형한 파이프보온 커버이며, 온도는 300℃ 이하의 온수, 증기 등의 비교적 저온배관에 사용되며, 시공법은 로크울 보온통과 거의 같다.



3) 그라스울 브란케트

이것은 바인더를 사용하지 않고 그라스울 만으로 층상(層狀) 성형한 것으로서, 인장력이나 압축복원력 등 기계적 강도는 떨어지지만 가열물을 함유하지 않고 있으므로 사용조건에 따라서는 500℃에 가까운 비교적 고온까지의 사용이 가능하다. 보통 비금속 등에 피복하여 건조기의 단열재 등에 이용되며, 필터, 흡음

재로도 사용된다.

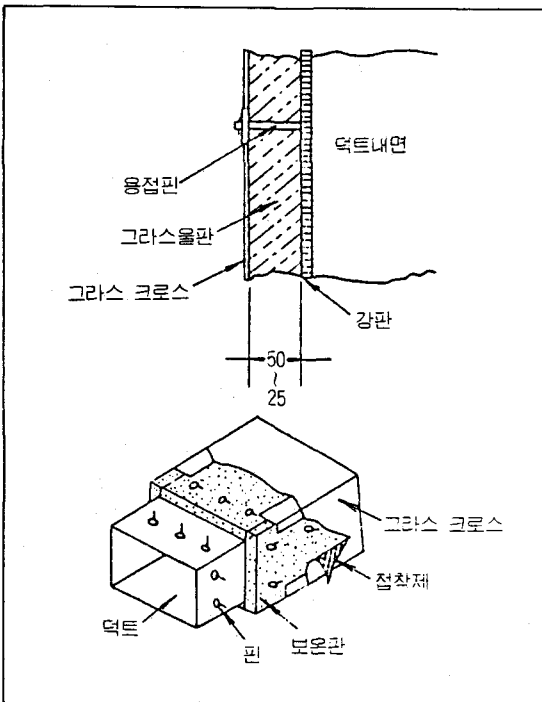
4) 그라스울 보온대

보온판을 일정폭(25mm)으로 절단하여 이것을 90도 방향으로 바꾸어 배열하여 인장강도 2kgf/cm 이상의 종이 또는 천 등에 한 면을 붙인 것이다. 섬유가 두께방향과 평행되게 배열되어 있으므로 압축저항이 크고 굴곡성(屈曲性)이 있으며 극면에 친속하기 쉽다. 그러나 대체적으로 열전도율은 큰 수치를 나타낸다. 대형의 각종 덕트에 감아서 사용한다.

이외의 제품으로서 열경화성수지를 이용한 호트프레스 성형품이 있다. 사용목적에 따라서 각종 형상으로 성형되고 있으며 자동차의 톱라이너, 후드라이너, 엔진 하우징 등에 단열과 흡음특성을 살려서 사용하고 있다.

또 그라스울 브란케트의 외피(外皮)에 폴리에스테일 부직포(不織布)를 이용한 니들벤트레, 수지가공한 경량으로 강도가 큰 니들펠트도 개발되고 있다. 주로 건축용으로 쓰이고 있지만 일부 차량의 외장패널의 단열재료도 이용한다.

계속



<그림13>
공조덕트의 보온에