

코아테크 아크릴 (KOAGLAS)

기술 설명서



KOAGLAS

코아글라스 (KOAGLAS)는 국제적으로 통용되는 구조규격에 따라 모노방식(Monolithic)으로 제조되는 탁월한 내후성을 지닌 PMMA아크릴 입니다. 코아테크의 아크릴은 뛰어난 투명도, 손쉬운 유지 및 뛰어난 내후성을 지니고 있습니다. 코아테크에서 자체 개발된 모노방식(Monolithic)제작 아크릴 판넬은 특히 최신 아쿠아리움의 관망창, 동물원, 리조트, 수영장 및 테마파크 등에 최적의 모양으로 설치될 수 있도록 제작됩니다. 본 설명서에 첨부되는 기술적인 정보들은 코아테크가 그간 진행한 아크릴의 캐스팅 제작, 성형 하고 엔지니어링에 대한 다년간의 경험을 바탕으로 쓰여졌습니다. 코아테크는 이 매뉴얼의 활용에 따른 결과 또는 제공된 정보에 대한 정확성에 대한 법적인 책임이 없습니다. 본 정보의 활용에 따른 위험에 대한 책임은 사용자가 감수해야 합니다.

제작

KOAGLAS 아크릴은 MMA를 원료로 하여 캐스팅 방식에 의해 모노방식 (Monolithic)으로 제작됩니다. 성형에 사용되는 아크릴은 기본적으로 다음의 두 가지 일반 요건을 충족해야 합니다.

1. 캐스팅 방식으로 제작된 아크릴은 ASME PVHO-1 표 2-3.2의 최소 물리적 성질수치 이상으로 제작되어야 한다. 생산자는 아크릴 물성치 기준을 충족하거나 그 이상의 성적증명서를 보관 또는 비치 해야 한다.
2. 각각의 캐스팅된 아크릴들은 광학적인 형상이나 구조적 성능을 급격하게 떨어뜨릴 수 있는 이물질이 포함되지 않아야 한다.

열처리

KOAGLAS 아크릴은 뛰어난 투명도 및 강도를 위해 열처리를 합니다. 아크릴 열처리는 경화과정의 중합반응에 의한 스트레스나 화학침식에 의해 발생하는 크레이징 (Crazing)으로부터의 저항성을 높여주는 “최종” 과정입니다. 기계가공으로 인해 발생하는 스트레스나 접착에 의한 스트레스는 열처리를 통해 제거 혹은 감소시킬 수 있습니다. 열처리 과정은 신중하게 통제된 가열 및 냉각절차에 따라 진행되어야 합니다.

열처리는 공장내의 특수 설계된 열실에서 진행하거나 또는 필요하다면 현장에 이동식 열실을 제작하여 진행할 수 있습니다.

성형

열가소성인 KOAGLAS아크릴은 360°로 완전히 둘러 쌓인 아크릴 터널에서부터 완곡하게 꺾인 아크릴 벽과 같은 어떤 모양으로도 열을 가하여 제작할 수 있습니다. 최적의 가열 및 냉각기술을 통해 아크릴은 성형된 모양을 유지합니다. 한 판넬에 여러 개의 곡 (R값)을 만들 수 있으나 내부 반지름(Inside Radius)은 크기는 아크릴 판넬 두께의 3배 이하여서는 안됩니다.

중합

코아테크는 생산되는 규격사이즈 보다 큰 아크릴 판넬이 필요할 경우 두 판 혹은 그 이상의 판넬을 화학적으로 중합접착 하여 제작할 수 있습니다. 판넬들은 코아테크에서 개발된 뛰어난 강도와 투명도를 가진 MMA성분의 아크릴 중합제를 통해 중합 접착됩니다. 일반적으로 중합은 공장에서 진행되지만 필요한 경우 현장에서 직접 중합을 진행할 수 있고 이는 공장에서 중합과 동일한 품질을 제공합니다.

내후성

모든 코아테크에서 생산되는 아크릴은 고객의 특별한 요청이 없는 한 아크릴에서 일반적으로 발생될 수 있는 불량화(degradation) 및 황변현상(Yellowing effect)를 방지하기 위해 자외선 방지제품으로 생산됩니다. 자외선 안정제는 아크릴 표면코팅이 아닌 캐스팅 제조 시 내부 성분으로 포함 제조되어 아크릴을 전체적으로 보호하며 자외선 보호효과는 사라지지 않습니다. 대부분의 저급 아크릴과는 달리 KOAGLAS는 소금물 및 염소환경에서 대한 부식이 되지 않으며 이러한 악조건 속에서의 장시간의 노출에도 아크릴 물성의 저하가 없습니다.

광학적 품질

KOAGLAS는 일반적으로 색이 없으며 투명합니다. (ASTM D-1003에 따른 51mm 사각 시편으로 시험했을 때 >92% 의 빛 투과율) 투명 아크릴의 굴절률은 1.49이고 공기의 굴절률은 1.00 그리고 물의 굴절률은 1.37 입니다. 스넬의 법칙(굴절의 법칙)에 따라 아크릴을 통해서 사물을 볼 때 굴절되는 정확한 각도를 계산할 수 있습니다. 최악의 굴절을 보이는 각도는 약 45도 입니다.

설계 분야

설계 스트레스 수준

수조나 담수용으로 사용하는 아크릴 판넬은 56 kg/cm² 인장응력 수준으로 설계되어야 합니다. 이는 ASME PVHO-1-1997의 최소 기준인 633 kg/cm² 인장응력에 기초한 이 설계한도는 11.2의 안전율을 제공합니다. KOAGLAS 아크릴의 평균인장강도인 745 kg/cm²에 기초한 안전률은 13.3 입니다. 56 kg/cm² 설계 스트레스 수준은 1989년 6월 발행된 United States Naval Ocean Systems Center Technical Report 1303 "Crazing and Degradation of Flexural Strength in Acrylic Plates as a Function of Time"의 참고문헌에 의해 결정된 것입니다. 보고서에 따르면 아크릴 스트레스 수준이 57 kg/cm² 미만일 때 10년이 지난 후에도 아크릴은 크레이징(Crazing)의 징후가 보이지 않았다고 기술되어있습니다.

크레이징 (Crazing)

크레이징은 저급 아크릴이 판 제작 과정에서 스트레스가 내재되어 생산 및 시판되는 경우를 제외하면 아크릴이 스트레스를 받았을 때 볼수있는 변형형상(deformation mode)입니다. 이러한 스트레스는 기계적으로는 잘못된 방법으로의 성형, 샌딩 또는 폴리싱, 적합하지 않은 설계한계 적용 또는 적절하지 않은 가열 및 냉각 작업에 의한 발생합니다. 또한 크레이징은 솔벤트, 아세톤, 메탄올, MEK와 같은 화학침식(Chemical attack)에 의해 발생되기도 합니다. 크레이징의 근원들은 서로를 악화시켜 만약 솔벤트가 닿으면 즉각적으로 스트레스를 받은 판에 크레이징이 나타나게 되며 이는 육안으로 확인 시 미세균열처럼 보입니다. 비록 크레이징이 장기적인 스트레스 하에서 균열과 같은 결점으로 오랜 시간이 지나면 결국 파열이 될지라도 결점이 있는 고분자 재료이기에 결함으로 간주되진 않습니다. 이 고분자 재료들은 크레이징 위아래에 고분자로 연결되어 추가적인 변형저항에 크게 기여합니다. 현미경으로 관찰하면 이러한 미소섬유(Micro Fibrils)들이 연속적으로 보입니다. 비록 사용에 따른 제품의 크레이징의 출현이 좋은 일은 아니지만 크레이징의 미세구조는 여전히 주요한 힘들을 발휘하기 때문에 아크릴 파열과 같은 재앙적인 상황은 아닙니다. 크레이징은 압축 하에서 또는 열처리에 따라 축소되거나 없어지려는 성향이 관찰 되며 샌딩작업에 의해 제거될 수 있습니다. 일단 샌딩작업을 통해 크레이징을 제거하면 크레이징의 주기는 처음부터 다시 시작됩니다. 만약 판넬에 크레이징이 발생하기 까지 15년이 걸렸고 그러한 크레이징이 제거 되었다면 다시 크레이징이 발생하는 데는 15년이 걸릴 것 입니다.

판넬의 중합

아크릴 봉, 튜브 및 판넬들은 중합접착 시 인장강도가 633kg/cm² 이상인 코아테크의 중합접착제를 통해 중합 접착됩니다. 이 중합강도는 접착되지 않은 구조체를 위한 ASME PVHO 최소 기준인 633kg/cm²을 충족하고 따라서 접착부위에 가해지는 장기 설계 스트레스는 56 kg/cm² 이하로 제한됩니다. 중합된 아크릴의 설계 안전율은 ASME PVHO-1-2003 최소기준 633 kg/cm² 인장강도에 기초한 11.2 입니다. 이러한 중합방법의 기준에 따라 월등한 강도로 중합된 판넬은 중합이 없는 판넬보다 더 두꺼울 필요가 없습니다.

처짐 (Deflection)

보강이 없는 상부가 오픈 수조와 같은 아크릴 창외 초기 처짐은 적절한 심미적 결과를 얻기 위해 보강되지 않는 길이의 1/400 이하로 제한됩니다. 하지만 안전을 위한 구조적인 요청에 따른 고려가 아닌 설계자/건축가의 추가적인 심미적 요구에 따라 처짐은 그 이하로 제한할 수 있습니다.

단기하중

충격하중, 활하중(live loading) 및 지진하중 조건을 감안한 설계 시 일반적인 설계 스트레스

수준은 180 kg/cm² 입니다. 충격하중, 활하중(live loading) 및 지진하중은 단기적이고 드문 하중조건입니다. 180 kg/cm²는 PVHO의 최소 인장강도수준 633 kg/cm² 의 3배 안전율입니다. 이 안전율은 KOAGLAS 평균인장강도 759 kg/cm² 에 기초하면 3.6배가 됩니다.

치수공차

최대의 구조강도를 구현하고 광학적 성능을 제공하며 시공 시 어려움을 최소화 하기 위해 KOAGLAS 아크릴은 다음과 같은 공차기준을 준수합니다.

- 구조 계산된 아크릴창의 최소 두께를 (T)라 하였을 때 아크릴 창의 실제 두께는 창 어디에서 측정하든지 에서 0 ~ +10 mm 사이의 공차
- 아크릴 창을 길이 (L)로 하였을 때 관상표면에서의 평탄도의 치수공차는 $0.002 \times L$
- 성형된 아크릴 평면의 폭과 길이는 명시된 명목상의 치수의 5mm
- 모든 창을 날카로운 코너나 모서리는 운송이나 시공 시 깨짐을 방지하기 위해 모따기를 함. 45도 모따기의 폭은 3.2mm 또는 최대 13mm를 넘지 않음. 상부 오픈된 아크릴은 R값이 있는 모서리로 모따기 된 모서리와는 반대로 폴리싱 진행하며 이때 R값은 모따기와 같은 동일한 지침에 의해 작업.

광학적 성능 요구사항

광학적 요구성능을 충족하기 위해 아크릴 표면은 흠, 스크래치, 돌출부, 잔물결, 어안현상 같은 표면의 불균일함 없이 부드럽게 폴리싱 됩니다. 물과 아크릴의 굴절율이 비슷하기 때문에 아크릴창의 물 닿는 면의 작은 왜곡은 물의 간섭에 의해 수정되기 때문에 보이지 않게 됩니다.

PVHO

PVHO는 (Pressure Vessel for Human Occupancy)의 줄임 말입니다. PVHO에는 대부분의 잠수함, 다이빙벨, 의료용 고압실 및 감압실이 포함됩니다. ASME PVHO 매뉴얼은 압력용기에서 사람이 작업하기 위해 창이 있는 압력용기의 매뉴얼을 정한 것이고 그 중에 2장은 창을 설계하기 위한 매뉴얼입니다. 이 매뉴얼 3조에 따르면 아크릴은 PVHO를 위한 창으로서 유일하게 적합한 소재지만 적층된(Laminated) 아크릴은 사용이 불가하다고 명시되어 있습니다. 편향되지 않은 독립체로서 American Society of Mechanical Engineers에서 출간한 매뉴얼은 높은 신뢰도를 가지고 있으며 ASME PVHO 매뉴얼은 미군(해군, 해안경비대 및 공군), 해양조선업체 (DNV, Lloyd's Registry, ABS) 그리고 가장 중요하게는 국내 및 해외 보험업체들이 기준으로 삼고 있습니다.

아크릴 VS 유리

유리

투명창을 고려할 때는 항상 유리 또는 아크릴의 두 가지 선택조건이 있습니다.

이 두 자재 모두 아쿠아리움이나 전시산업에 깊숙하게 자리잡은 인기 높은 자재들입니다.

한때 유리가 주요 자재였고 장시간 사용되어왔지만, 아크릴 기술의 발달에 따라 더 다양한 제품의 구성이 가능해진 현재는 많은 전문가들이 아크릴을 더 선호하고 있습니다. 아크릴은 특정모양 또는 여러 장을 함께 중합해 붙이는 등의 비싼 창이 필요한 대형 시공에 추천됩니다. 여러 개의 단순하고 간단한 전시물은 경제적인 가격 때문에 유리를 선호합니다.

1850년대 대중 아쿠아리움들이 그 발판을 만들던 시기에 해양생물을 위한 쇼케이스로는 유리를 사용하여 전시를 하였습니다. 관람객들은 대중 아쿠아리움에 열광하였으며 이전엔 상상하지 못했던 방법으로 한 장소에서 모든 해양생물을 볼 수 있는 기회를 갖게 되었습니다. 시간이 흐름에 따라 유리기술은 전시물들을 더 크고 더 안전하게 보여줄 수 있도록 변화하여 왔습니다. 현재 유리로 만들어지는 전시장 설계 시 창들은 강화유리를 적층하여 사용하도록 되어있습니다. 완전한 강화유리들은 열처리된 유리들 보다 강하며 더 큰 내 충격성을 갖습니다 따라서 만약 강화유리가 깨진다면 이는 작은 조각들로 부서져 자동차의 안전유리처럼 깨지게 됩니다. 하지만 강화유리가 아닌 다른 유리들은 충격을 받게 되면 크게 조각나 깨지며 위험하게 조각나게 됩니다. 또한 강화유리는 현재의 유리기술로는 해결이 되지 않는 1/1,000 확률의 자파 발생가능성으로 인해 대형 수조에는 사용되지 않습니다.

강화유리의 적층은 유리가 파열되거나 적층한 강화유리 중 한 층이 위태로워 질 때 이를 교체하기 위한 짧은 시간 동안 그 안의 전시물들을 유지하기 위한 예비층을 만들기 위해 필요하게 됩니다. 예를 들어 만약 전시물을 담은 유리가 강화유리를 적층하는 방식으로 설계되었다면 유리의 한층이 깨지더라도 남아있는 유리층이 전시수조의 물을 모두 안전하게 배수시키고 교체될 동안의 수압을 견딜 수 있도록 만들어 줄 것입니다. 만약 유리가 적층되지 않았다면 유리의 파열은 거대한 물 풍선이 사람을 덮치는 것과 같이 즉각적인 대형사고를 초래하게 될 것입니다. 따라서 적층되지 않은 유리를 전시물을 가두는 수조로는 절대 사용해서는 안됩니다..

유리는 아크릴에 비해 스크래치에 강하지만 스크래치가 생기지 않는 것은 아닙니다. 예를 들어 아크릴에 심하게 스크래치가 발생할 때는 유리 또한 스크래치가 발생합니다. 비록 아크릴보다 유리에 스크래치를 만드는 것이 더 힘들지라도 아크릴과 유리 이 두 소재의 차이는 결국 유리에 발생한 스크래치는 없애기 힘들거나 불가능할 수도 있다는 것입니다. 유리면에 스크래치가 발생한 시점에서의 유일한 해결책은 유리를 교체하는 것뿐입니다. 이는 관람객들이 주기적으로 만지고 상호작용하는 전시시설의 유지비용이 상승한다는 뜻이 됩니다. 또한 유리면에 크랙이나 기타 결점이 발생한다면 이는 수리가 불가능해 집니다. 따라서 이런 일이 발생했을 때의 유일한 해결

방안 역시 유리파열 등의 대형사고의 발생이전에 전시에 사용하고 있는 유리패널을 교체하는 것입니다.

또한 유리는 두께가 두꺼워 질수록 왜곡이 심하게 발생합니다. 일반적으로 두꺼운 유리는 가시적 왜곡을 발생시키며 더욱 더 많은 상의 왜곡이 발생시킵니다.

아크릴

1970년대 이후 아크릴 아쿠아리움은 유리의 대안으로서 유리보다 더 가볍고 더 다양하게 사용될 수 있다는 것을 증명하였습니다. 시간과 기술이 발전함에 따라, 아크릴은 다른 아쿠아리움과 차별화된 아쿠아리움 디자인을 찾는 디자이너들이 선택하는 자재가 되었습니다. 얇은 여러 장을 적층해야하는 유리와는 달리 KOAGLAS아크릴은 한번에 제작되어 프로젝트에서 필요로 하는 두께로 한번에 제작될 수 있습니다. 또한 아크릴은 유리에 비해 17배, 콘크리트 보다 4배 더 강하지만 유리 무게의 절반에 불과하며 다양한 곳에 사용됩니다. 게다가 아크릴은 거의 어떤 모양으로라도 성형가능하며 코아테크의 중합제를 사용하여 중합접착 시 크기의 제한 없이 여건이 허락하는 한 요구되는 어떤 크기라도 만들어 낼 수 있습니다.

플라스틱으로서 아크릴은 유리보다 훨씬 더 부드럽고 신축성이 뛰어난 소재입니다. 유리는 보이지 않는 자재의 결점으로 인해 항상 예측할 수 없는 파열의 가능성이 있습니다. 유리로 설계할 때 엔지니어들은 이런 파열의 가능성을 배제할 수 없기 때문에 단지 파열확률을 낮게 설정하는 것이 한계입니다. 하지만 아크릴은 성능을 예측하고 계산할 수 있습니다. 아크릴은 언제 파열될지 정확하게 알 수 있기 때문에 안전율이라고 불리는 파열점 이후로 자재를 설계할 수 있습니다. 다른 재앙적인 외부요소들이 없다고 가정한다면, 아크릴은 파열의 위험성을 제거하기 위해 10배 이상의 안전율로 설계되고 테스트 됩니다. 또한 비록 자재가 결점이 있더라도 아크릴은 유리와 달리 산산조각 나지 않습니다. 비록 아크릴이 손상되더라도 심지어 수조에 물이 가득 차 있더라도 수조의 수리가 완료될 때까지 담수할 수 있는 것은 아크릴이 가지는 가장 큰 이점 중 하나 일 것입니다. 스크래치가 생기거나 좀 더 심각한 문제가 있더라도 아크릴은 사용에 영향을 끼치지 않고 언제나 새로운 상태로 복원이 가능합니다.

따라서 전시시설을 위한 자재를 결정할 때는 최종규격, 시공될 장소 및 모노식(Monolithic)으로 할지 그리고 중합을 할지 등의 특이형태만을 고려하면 됩니다.

KOAGLAS vs Glass

	KOAGLAS	적층강화유리
성형	매우쉬움	일단 강화되면 불가능
내찰상성 (Scratch Resistance)	유리보다 부드러움	매우 강함
수리가능	쉽게 수리됨	어려움
투명도	매우 깨끗함	깨끗함
색	어떤 두께에서나 거의 색이 없음	표준유리는 옅은 초록색을 띄며 두꺼운 패널일수록 그 색이 도드라짐. 저철분 유리는 색이 거의 없으나 아크릴보다는 확연한 색을 띠
성형	쉬움	어려움. 특히 적층 시
가능사이즈	중합에 의해 제한없음	제한됨
가능 모양	요청에 따른 어떤 모양이나 가능	평면이 권장됨
시공의 용이성		
취성(Brittleness) 脆性	약간 깨짐	매우 잘 깨짐
무게	유리의 1/2	아크릴의 2배
안전		
치명적 결함	매우 적음	적음
자연발생적 결함 가능성	불가능	가능
연소 특성	Class III per IBC	Class I per IBC
연기 발생	높음	없음
내 충격성	큼	중음
설계 시 안전율	11.2	2.0