

Global Report

건설 및 건축분야에서 금속 타공판재의 적용 확대

1. 개요
2. 소개
3. 태양 복사열 감소 및 차양
4. 장식용 타공판재의 설치
5. 소음 차단 기능
6. 환경영향 평가
7. 결론

1. 개요

금속 타공 판재(Perforated metal materials - PMM)는 강성, 강도, 경량성, 얇은 두께, 어느 정도의 투명성과 장식적인 매력을 포함한 다양한 특성이 복합된 재료이다. 이 모든 특성은 건설 산업과 건축분야에 새롭게 적용이 가능하다. 오늘날 금속 타공 판재(PMM)는 전 세계적으로 건물외관 및 인테리어 설계에 널리 사용되고 있으며 라트비아에서도 못지않게 인기를 얻고 있다. 이 보고서에서는 PMM의 장식적인 기능, 햇빛 차단, 방음 및 소음 차단 기능 그리고 실외용으로 쓰일 때 부식 문제 등을 포함하여 PMM의 여러 가지 측면의 적용사례를 다루고자 한다. 보다 완벽한 흡음성, 내 부식성 및 기능성을 제공하기 위하여 다양한 코팅, 다양한 설계(multi-layer design variants) 및 융합을 적용하여 완벽을 기할 가능성이 높은 재료이다.

2. 소개

금속 타공 판재(PMM)의 다양한 적용 분야들 중에서 건축용이 가장 유망한 상태이다. 여기에는 외벽 클래딩, 인테리어 장식, 기동 피복재, 계단 디자인 및 보호벽재 등이 있으나 이에 국한되지 않는다. PMM은 아름다운 장식적 디자인 외에도 건축가와 건축업자들에게 차양, 소음감소, 경량 울타리용재, 에너지 절약 및 출입제어와 같은 추가적인 장점을 제공한다.

타공된 외관은 다양성과 예술적 상상력을 자아내게 하며 놀라움을 연출한다. PMM은 상업회사 건축물과 사회 기반시설물을 장식할 뿐만 아니라 개인 주택에 새로운 이미지를 만드는 데에도 사용된다. 현대적인 두 가지 샘플이 본문 그림 1에 표시되어 있다. 그 첫 번째는 JCY Architects & Urban Design이 설계한 호주에 있는 Ngoolark 학생회관 건물이다. Alucobond 알루미늄 복합재료로 만들어진 외벽 타공 판재는 희미하면서도 빛이 유사하게 변하는 느낌을 제공한다. 건물에 태양빛이 비추는 방향에 따라 어둡고 밝게, 금속성에서 장미 빛으로 여러 가지 색상의 찬란한 미광을 발산한다. 반면에 포르투갈의 건축가 José Cadilhe와 Emanuel Fontoura는 특정 기호 패턴으로 약간 경사지게 스테인리스 철판을 타공한 판넬을 사용하였다. 이러한 판넬들은 셔터처럼 작동하여 창문과 문을 열게 할 수 있는 것처럼 장식적인 기능뿐만 아니라 실용적인 기능도 갖추고 있다.

뉴욕의 드림다운타운 호텔에서는 흥미로운 변화를 느끼게 되었다. 원래 건물은 1966년에 전미 해원조합 건물로 설계되었으며 건물 외관에 현창 유형의 많은 창문을 지니고 있다. 그러나 2006년 Handel Architects는 건물 내외부에 원형 테마 아이디어를 사용하여 대수선 공사를 수행하였다. 남쪽의 건물 외피는 2개의 타공된 스테인리스 층으로 구성하였으며 일광과 인공조명 모두를 완벽하게 반사시켜 호텔과 환경의 훌륭한 대비를 자아내고 있다(본문 그림 2a). 남쪽 정면의 상부 판재는 북쪽 측면의 타공된 창문 설계를 복제하였으나 내부 판재는 규칙적인 타공 패턴으로 되어 있다.

PMM은 건물의 온도 및 환기 조절에 중요한 역할을 수행할 수 있으며 빛이 새어 들어올 수 있는 구멍을 통해 외부로 부터의 조명을 가능하게 할 수 있다. 이러한 사례 중 하나는 드레스덴에 있는 군사 역사박물관의 신축건물에 성공적으로 적용되어 있다(본문 그림 3).

PMM은 라트비아의 건축 설계에서도 점차 일반화되고 있다. PMM은 외장재, 고속도로 및 보도용 울타리용재, 벤치, 쓰레기통용 또는 자전거 창고용재 등으로 사용되고 있다. 건축물의 외벽, 창문 및 건축용재 등으로 PMM을 장식용재로 쓰는 경향이 늘어나고 있다(본문 그림 4).

리가 기술대학교(Riga Technical University)의 건축생산부 실험실에서 강화벽돌(reinforcing brick masonry), 연결부 접합(junction connecting), 바닥 콘크리트 등을 포함한 많은 기술적 문제를 해결하기 위한 철제 PMM 적용 가능성에 대한 연구가 있었다. 타공 금속 시트는 진보된 기술에 의한 것으로 금속 시트에 난 구멍이 흡음성이 있어서 소음감소에 사용될 수 있다. 타공된 재료는 전자기장 차폐용으로도 효과적으로 사용될 수 있다. PMM은 태양 복사열 및 바람 차단용으로 사용되는 경우 큰 효과를 낼 수 있다.

3. 태양 복사열 감소 및 차양

오늘날 건물의 창문과 문에 사용되는 유리 판넬은 단열이 잘 되어 있으므로 추운 계절에 난방시설에 쓰이는 에너지 소비를 감소시킨다. 타공 재료의 사용은 차폐물로서 쓰일 뿐만 아니라 태양광 스크린으로 사용하여 에너지 소비를 줄이는데 필요한 냉각기능을 제공할 수도 있다. 연중 다양한 시간대와 날짜에 따른 건물의 창문에 일사(solar radiation) 방향을 조사한 결과 건물의 창문에 직사광선이 직접적으로 내리쬐는 경우가 많은 것으로 나타났다. 개랑(loggias)과 발코니를 분리하는데 잘 알려진 경사형 구조(oblique horizontal constructions)는 직사광선이 실내로 들어오는 것을 막을 수 없다. 특히 아침 시간대에는 태양고도가 아주 낮기 때문에 직사광선이 실내로 들어오는 것을 막을 수 없다.

PMM은 직사광선을 산란시킬 수 있으며 과도한 직사광선으로부터 보호하여 보다 안락함을 제공할 수 있다. 두 가지 해결 가능한 방안이 있다. 첫 번째는 하루 종일 또는 일년 사계절 내 창문을 가리는 가동식 또는 영구형 셔터용 곡선 형태의 PMM 캐노피 형 쉼터를 만드는 것이다. 두 번째는 내리 쬐는 햇빛에 따라 창문을 열거나 닫을 수 있는 PMM 셔터를 설계하는 것이다. 두 가지 방안 모두 본문 그림 5에 표시되어 있다. 두 번째로 제시된 해결방안은 건물외관을 닫은 형태 또는 열어놓은 형태로 변모시킨다. 이것은 개방 각도를 조절하여 실내로 들어오는 빛의 양을 조절할 수 있게 한다.

4. 장식용 금속 타공판재의 설치

지금까지 설계자들은 PMM의 장식성을 향상시키기 위해 수많은 기술과 형식들을 시도해 왔다. 접근 방식별로 분류된 인터넷 상의 일부 표현 사례들이 본문 그림 6에 제시되어 있다. 규칙적인 둥근 구멍으로 다양한 패턴을 가진 타공 기술의 적용은 고객의 기호에 따라 일련의 생산방식으로 PMM 판재의 질감을 나타낼 수 있다. 표면적 대비 타공의 크기 및 밀도의 변화에 의해 건축적 요소 또는 사진 이미지를 재생하는 추상화로부터 세부적인 시각적 형태에 이르기까지 의도적인 예술적 효과가 달성된다. 이 예술 작품들은 대부분 주문에 의해 설계된다. 판재를 여러 각도로 배치하거나 구부리거나 또는 곡면을 만드는 등 PMM 판재의 공간적 방향을 관리함으로써 벽체와 건물외관은 민첩한 형태에서 구조화된 형태로 탈바꿈된다. 이러한 곳에서는 특징적인 공간 패턴이 빛과 그림자에 의해 연출된다. 이것은 표면적이 크고 개방된 공공건물의 뷰를 질적으로 향상시킬 수 있으며 독특한 뷰를 제공할 수 있다. PMM 표면을 수정하는 또 다른 접근법은 깊이 감으로 모양을 내는 것이다. 이것은 규칙적인 압입자국(periodic indentation)을 만들거나 또는 동일하거나 다른 질감의 PMM 판재로 된 두 개 이상의 레이어로 구성된 구조를 만들어 달성될 수 있다. 이것은 장식적인 목적과 더불어 견고성, 두께감 및 투과성 변형 등과 같은 유리한 특성을 갖게 만든다.

리가 기술대학교의 건축공학부에서 수행된 실험은 두 개 이상의 중첩된 타공 판재의 공간구조를 만들거

나 얇은 탄성의 PMM 벽체의 변형을 목표로 하였다(본문 그림 7). 그 목표는 Ditton 공장(라트비아의 다우가프필스)에서 금속 가공으로 발생하는 폐기물로 얻은 PMM의 장식적 특성에 영향을 주는 것이었으며 더 나아가 해당 지역 건축공사의 소재로 사용하기 위함이었다. 두 경우 모두 클리어런스 부분을 줄이고 견고성을 증가시켜 빛의 투과율 변화를 달성하였다. 이 구조는 규칙적인 냉간 압접(contact welding)으로 고정하였다.

5. 소음 차단 기능

PMM 기능 중 하나는 특정 주파수 범위의 음파의 차폐와 관련이 있다. PMM의 음향기능은 본문 그림 8에 나와 있다. 소리 전파를 방해하는 두 가지 메커니즘이 있는데 하나는 외장표면에 의한 음파의 반사와 다른 하나는 열에너지로 변환하는 내부 구조에 의한 소리 에너지의 흡수가 있다. 방음의 효과성은 입사파와 투과파의 강도의 비에 의해 산정된다. PMM의 금속(철제 또는 알루미늄)표면과 공기의 음향 임피던스는 여러 순서에 따라 다르기 때문에 소리 에너지의 가장 큰 부분은 표면이 연속적인 경우 표면으로부터 반사되어야 한다. 보호되는 측면에 긍정적인 차폐효과가 있지만 에코현상과 합쳐져 소리가 방출되는 측에서 노이즈 레벨을 향상시킬 수 있다. 타공된 부분이 있으면 음파의 일부가 안으로 들어와서 흡수 메커니즘을 일어나게 할 수 있다. PMM의 경우 두 가지가 있다. 첫 번째 것은 구멍속의 벽체와 상호작용하는 진동 공기분자와의 마찰 손실로 인해 타공 구멍을 통해 음파가 통과함으로써 소리에너지를 감소시키는 것이다. 접촉 면적이 크면 클수록 감소효율은 더 커지는데 이 감소효율은 PMM의 두께 T와 구멍의 지름 D의 비율에 따라 결정된다. 벽이 얇은 PMM의 경우 D는 T보다 작거나 비슷해야 효과가 좋아진다. 그 간격 S에 의해 결정된 평방면적당 구멍의 양은 반사되는 소리에너지 비율 변화에 영향을 미치며 PMM을 통과한다. 타공이 밀리미터 또는 밀리미터 이하의 크기로 미세 타공된 PMM은 어떤 추가적인 기존 흡음재 없이 아주 효과적인 흡음효과를 나타내는 것으로 밝혀졌다. 미세 타공 시트는 기계류, 우주, 항공기 제작 및 다양한 산업용재로 널리 쓰이고 있다. 두 번째 메커니즘은 헬름홀츠 공명기(Helmholtz resonator) 유형이다. 이 경우 견고한 벽체가 PMM 시트 뒤에 어느 정도 거리 L의 위치에 버티고 있어 음파를 반사시킨다. 벽체와 구멍 사이에 갇혀 있는 공기 기둥의 진동으로 인해 흡수가 일어난다. 그 진동은 한쪽의 구멍을 통해 들어오는 음파에 의해 압축된 공기량의 탄력적인 반응에 의해 일어나며 다른 쪽의 벽체에서 반사된다. 이 시스템 L, D 및 T의 기하학적 매개변수에 의해 결정되는 공명 주파수에서 최대 흡수가 일어난다. 가장 우수한 방음성을 갖게 하기 위해서는 몇 CM에서 10CM가 넘는 정도의 상당한 두께를 지닌 다공성재 또는 직물로 추가적인 흡음재를 포함시키는 것이다. 이러한 유형의 판넬에서 PMM은 주로 보호 및 장식적인 기능을 수행하는 반면 주요 흡음 기능은 흡음재에 의해 발휘된다. 음향 차폐 판넬(acoustical shielding panels)은 산업체, 사무실 및 음향 건물(acoustical buildings)과 주거환경을 소음으로부터 보호하는 고속도로 및 철도에서 사용된다.

현재 타공된 금속 쉘의 내구성과 그 내부에 맞춤형 흡수 재료를 넣어 우수한 소음 제어 기능을 결합시킨 PMM을 갖춘 음향 판넬을 제안하는 전 세계 수많은 제조업체들이 있다. 이러한 제품의 일부 사례는 본문 그림 9에 표시되어 있다.

높은 흡음 성능에도 불구하고 다른 유형의 음향 판넬 들은 경량성 부족, 시간이 흐를수록 흡음성능이 떨어지는 재료를 함유하거나 투명하지 않고 통기성이 없는 등의 문제점이 하나씩 있다. 흡음재가 없는 PMM 단독으로는 광대역 가청범위의 방음체로 효과적이지 못하다. 그렇기 때문에 고도의 흡음성, 주파수 선택 및 주파수 대역 확장 특성을 지닌 새로운 유형의 PMM을 만들기 위한 수요와 지속적인 연구가 필요하다. 특히 다엽무늬(multi-leaf) PMM, 구멍 모양 변화에 따른 결과 연구 및 흡음 피크를 저주파로

이동시키기 위해 타공에서 범위가 확장된 튜브로 새로운 PMM의 설계 등이 다루어져야 한다.

6. 환경영향 평가

PMM을 제공하는 가장 일반적인 소재는 다음과 같다.

- 1) 냉간 압연강(cold-rolled steel)
- 2) 열연 강판(hot-rolled steel)
- 3) 아연 도금강(galvanized steel)
- 4) 스테인리스 스틸(stainless steel)
- 5) 알루미늄(aluminum)
- 6) 구리(copper)
- 7) 티타늄 아연(titanium zinc)

장식 및 보호용재로 사용되는 PMM은 환경에 노출된다. 회관의 원래 모습을 유지하려면 표면이 가능한 오래 보호될 필요성이 있다. 대기 중 부식은 금속 층과 그 표면에서 동시에 일어나는 과정이다. 습한 기후 조건이나 장기간 습기에 노출되면 부식이 심하게 발생하게 된다. 타공된 금속재는 오염된 가스나 에어로졸의 영향 하에 있는 대기 중에 노출되면 부식이 진행될 가능성이 더 높아지게 된다. 황산염 및 염화물도 부식 발생 확률을 증가시킨다. 섭씨 0도에 가까운 일상온도에서 상대습도가 80%를 넘어서면 부식가능성이 더욱 높아진다. 연구 데이터에 의하면 두께 1mm의 타공 강철시트에 스크린 염색 기술(screen dyeing technology)을 사용한 것의 중량손실이 사전 아연도금(preliminary galvanizing)의 경우에 비해 4-6배 더 큰 것으로 나타났다.

리가기술대학교에서 1년 동안 사용한 후 유지관리를 시작한 울타리를 검사해 보면 부식으로 인해 큰 피해가 발생되어 있다. 아연도금 강판을 설치하기 전에 부식에 주의를 기울이지 않은 것을 보여준다. 아연 코팅이거나 아연도금이든 여부에 관계없이 부적절한 방청 프라이머 두께는 가장자리 부식의 주요 원인이며 일반적으로 철제작업 도장의 주요 실패 원인이다.

7. 결론

PMM은 장식성, 경량성, 부분 투명성, 강성, 내구성 및 모양의 다양성과 같은 유리한 특성으로 건축 설계에 사용하기에 적합하다. 클래딩 기능 외에도 햇빛 가리개, 소음방지 및 환기와 같은 유용한 기능을 제공할 수 있다. 일반적인 흡음체 없이 적용할 경우 잘 보호되지 않으면 부식성에 문제가 있고 방음성이 불충분하다. 이 재료는 특히 다양한 코팅, 다층의 디자인 다양성과 기타 건축 재료와의 융합을 통하여 완벽한 새로운 공간을 만들어 준다.

<원문제목> Expanding Application of Perforated Metal Materials in Construction and Architecture

<원문출처> Materials Science and Engineering