

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(43) 국제공개일
2011년 3월 3일 (03.03.2011)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2011/025263 A2

- (51) 국제특허분류:
B21F 27/12 (2006.01) *E04C 2/34* (2006.01)
E04C 3/02 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2010/005704
- (22) 국제출원일: 2010년 8월 25일 (25.08.2010)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2009-0081357 2009년 8월 31일 (31.08.2009) KR
- (71) 출원인 (US을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **전남대학교산학협력단 (INDUSTRY FOUNDATION OF CHONNAM NATIONAL UNIVERSITY)** [KR/KR]; 광주 북구 용봉동 300, 500-757 Gwangju (KR).
- (72) 발명자: **김**
- (75) 발명자/출원인 (US에 한하여): **강기주 (KANG, Ki Ju)** [KR/KR]; 전라남도 담양군 수북면 궁산리 367-11, 517-913 Jeollanam-do (KR). **변준형 (BYUN, Jun Hyung)** [KR/KR]; 부산 남구 용호동 엘지메트로시티 아파트 215동 2404호, 608-090 Busan (KR). **이병곤 (LEE, Byung Kon)** [KR/KR]; 광주 북구 신안동 240-2 스위트빌 203호, 500-060 Gwangju (KR). **이병철 (LEE, Byung Cheol)** [KR/KR]; 전라남도 담양군 금성면 봉황리 377, 517-811 Jeollanam-do (KR).

- (74) 대리인: **이숙열 (LEE, Sook Yeol)**; 서울 서초구 서초동 1358-17 뚝빌딩 4층, 137-862 Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

(54) Title: TRUSS TYPE PERIODIC CELLULAR MATERIALS COMPRISING WOVEN WIRES AND STRAIGHT WIRES, AND PREPARATION METHOD THEREOF

(54) 발명의 명칭: 직조된 와이어와 직선 와이어로 구성된 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료와 그 제조 방법

(57) Abstract: The present invention relates to a lightweight cellular material and a preparation method thereof, wherein a networked plane is woven by using a plurality of wires bent in one plane, a plurality of the woven networked planes are arranged in parallel up and down, and a plurality of straight wires are inserted in the networked planes arranged up and down from the direction outside the plane, and each straight wire is inserted to be fixed in such a way that one straight wire crosses with one crossing per plane, thereby forming a Kagome truss-like structure or a multilayer truss-like structure comprising a plurality of regular octahedrons and dodecahedrons (cuboctahedron or vector equilibrium). The structure of the present invention can remarkably increase the compressive strength and the strength of shearing force of a truss structure and is advantageous for mass production due to a simple manufacturing process.

(57) 요약서: 본 발명은 경량 다공질 재료와 그 제조 방법에 관한 것으로, 한 평면상에서 굴곡된 다수의 와이어를 사용하여 그물 형태의 평면으로 직조하고, 상기 직조된 그물 형태의 평면을 상하로 평행하게 다수로 배열한 다음, 상기 상하로 배열된 그물 형태의 평면 내(면내)에 면의 방향에서 다수의 직선 와이어를 삽입하되, 하나의 직선 와이어가 한 평면당 하나의 교차점과 교차되도록 각각 삽입하여 고정함으로써, 카고메 트러스와 유사한 형태의 구조 또는 복수의 정 8면체와 12면체(cuboctahedron 또는 vector equilibrium)로 이루어진 다중 트러스와 유사한 형태의 구조로 형성한다. 이러한 구조를 갖는 본 발명은 트러스 구조체의 압축 및 전단하중의 강도를 크게 높일 수 있을 뿐만 아니라 제조공정이 단순하여 대량생산에 유리한 장점이 있다.

WO 2011/025263 A2

명세서

발명의 명칭: 직조된 와이어와 직선 와이어로 구성된 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료와 그 제조 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 경량 다공질 재료와 그 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 면내 방향의 직조(굴곡)된 와이어와 면외 방향의 직선 와이어로 구성된 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료와 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로, 다공질 재료는 내부에 수 많은 작은 방(cell)을 가짐으로써 가벼우면서도 상대적으로 강도는 높은 재료이다. 그 중에서도 내부 방의 크기와 형태, 배치가 균일한 재료를 주기적인 다공질 재료(Periodic Cellular Materials)라고 한다.
- [3] 최근 새로운 중간재 소재로서 트러스형태의 주기적인 다공질 재료가 소개되고 있다(H. N. G. Wadley, N. A. Fleck, A. G. Evans, 2003, Composite Science and Technology, Vol.63, pp.2331~2343). 정밀한 계산을 통해 최적의 강도를 갖도록 설계된 트러스 구조는 허니콤(honeycomb) 격자에 버금가는 기계적 물성을 가지면서 내부가 개방되어 공간을 활용할 수 있는 이점이 있다.
- [4] 가장 일반적인 트러스 형태는 피라미드(pyramid) 트러스이다. 피라미드 트러스는, 4개의 정삼각형 격자가 정사면을 이루고 정사각형 격자가 아랫(또는 윗)면을 이루도록 구성되어 있어, 사각형 형태의 완구조물을 만들기 유리하다. 다른 트러스 구조로서 정사면체와 정팔면체가 조합된 형태의 옥테트(Octet) 트러스(R. Buckminster Fuller, 1961, US Patent 2,986,241)를 들 수 있다. 이 구조에서는, 각 요소가 서로 정삼각형을 이루고 있다.
- [5] 21세기에 들어서 옥테트 트러스를 변형한 카고메(Kagome) 트러스가 발표되었다(S. Hyun, A.M. Karlsson, S. Torquato, A.G. Evans, 2003, Int J. of Solids and structures, Vol.40, pp.6989-6998).
- [6] 도 1은 피라미드, 옥테트 및 카고메 트러스의 단층 구조의 형상을 나타내고 있다. 카고메 트러스는 피라미드 트러스와 옥테트 트러스에 비하여 방향에 따른 구조의 강성의 변화가 적고 좌굴에 대한 저항성, 좌굴 후 변형의 안정성, 에너지 흡수능력 등이 우수하다고 알려져 있다.
- [7] 한편, 와이어는 대량생산, 가공 및 고강도의 실현이 용이하다. 피아노선이 좋은 예이다. 최근에 이에 착안하여 와이어를 소재로 하여 트러스 형태의 주기적인 다공질 재료를 제작하는 방법이 제안되고 되었다. 대한민국 등록특허 10-0566729, 10-0633657, 10-0700212, 10-0767186와 특허출원 10-2006-0119233, 10-2009-0080085는 모두 와이어를 소재로 주기적인 다공질 재료를 제작하는 방법에 관한 것이다. 도 2내지 7은 각각 위 특허에 의한 주기적 다공질 재료의

형상을 나타내고 있다.

- [8] 여기서, 도 2는 대한민국 등록특허 10-0566729에 게시된 와이어를 소재로 제작된 다층 구조의 유사 옥테트 트러스 형태의 주기적인 다공질 재료를 나타내는 사시도이고, 도 3은 대한민국 등록특허 10-0633657에 게시된 와이어를 소재로 제작된 1층 구조의 유사 옥테트 트러스 형태의 주기적인 다공질 재료를 나타내는 사시도이고, 도 4는 대한민국 등록특허 110-0700212에 게시된 코일 스프링 형태로 성형된 와이어를 소재로 제작된 1층 구조의 트러스 형태의 주기적인 다공질 재료를 중간재로 갖는 샌드위치 판재의 사시도이고, 도 5는 대한민국 등록특허 10-0767186에 게시된 와이어를 소재로 제작된 트러스 형태의 주기적인 다공질 재료를 하부 면재 위에 배치한 사시도이고, 도 6은 대한민국 특허출원 10-2006-0119233에 게시된 와이어를 소재로 제작된 다층 구조의 유사 카고메 트러스 형태의 주기적인 다공질 재료를 나타내는 사시도이고, 도 7은 복수의 정8면체와 12면체(cuboctahedron 또는 vector equilibrium)로 이루어진 다층 트러스(참고문헌, Buckminster Fuller, Synergetics: explorations in the geometry of thinking, Macmillan Publishing Co., 1975, pp.669)와 유사한 형태의 와이어로 구성된 다공질 구조재(출원번호 10-2009-0080085)의 사시도이다.
- [9] 이와 같은 트러스형태의 주기적인 다공질 재료에 압축이나 전단(shear)과 같은 하중이 작용할 경우 이를 구성하는 트러스 요소의 좌굴에 의하여 파손되는 경우가 많다. 특히 트러스 요소의 세장비가 높거나 와이어의 소재가 피아노선과 같이 고강도 금속이나 복합재료에 사용되는 고강도 섬유 또는 섬유강화 수지일 경우에는 탄성좌굴이 일어나기 쉬운데 이 경우 좌굴 발생 후 급격히 강도가 감소하는 경향이 있어 구조재로서 필요한 안정성이 나쁘고 변형에 의한 에너지 흡수량도 적어진다. 특히, 대한민국 등록특허 10-0708483와 출원번호 10-2006-0119233, 10-2009-0080085에서와 같이 나선형으로 성형된 와이어로 조립되는 다공질 재료는 트러스 요소가 굴곡되어 있으므로 좌굴에 더욱 취약할 가능성이 크다.
- [10] 굴곡된 와이어로 직조된 트러스 형태의 다공질 구조재의 좌굴에 대한 저항을 높이는 한 방법으로서 대한민국 특허 출원번호 10-2008-0072930은 다공질 구조재 내부의 많은 셀(cell) 중의 일부를 고체로 채우는 방법을 제시하고 있다(도 8 참조). 단, 대량 생산을 위해서는 모세관 현상을 이용하여 액체상태의 물질로 셀을 채운 다음 응고시키는 방법이 효과적이다. 따라서 와이어와 액체 상태의 물질이 친화성이 좋아야하고 고체로 채워질 셀의 크기가 충분히 작아야 한다.
- [11] 반면에 대한민국 등록특허 10-0566729은 굴곡되지 않은 직선 와이어만으로 트러스 형태의 다공질 재료를 구성하는 방법을 제시하고 있다(도 2 참조). 도 9는 도 2 트러스 형태의 다공질 재료의 단위셀을 나타낸 것이다. 자세히 들여다 보면 사면체의 꼭지점에 위치한, 와이어들끼리의 교차점에서 와이어들이 서로 완전히 밀착되지 않은 형태로 존재한다. 따라서 접합점의 강도가 낮아지기 쉬우며 교차점의 크기가 지나치게 커져 이상적인 트러스 구조와는 다르게 되어

강도 약화로 이어진다. 트러스 요소의 길에 비해 단면의 크기가 커지는 경우 이 문제점은 더욱 심화된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [12] 전술한 문제점을 해결하기 위하여 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 직조된 와이어와 직선 와이어로 구성된 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료와 그 제조 방법을 제시하는데 있다.
- [13] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 서로 직조되어 와이어가 나선형태로 서로 얹혀지는 구조를 갖는 면내 방향의 와이어 군들과 직선 형태인 구조를 갖는 면외 방향의 와이어 군들로 구성된 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료와 그 제조 방법을 제시하는데 있다.
- [14] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 4방향 이상의 와이어 군들로 구성되고 3차원 트러스와 유사한 형태를 가지면서 면내 방향의 와이어 군들은 서로 직조되어 와이어가 나선형태로 서로 얹혀지는 구조를 갖는 반면에 면외 방향의 와이어 군들은 직선 형태의 구조를 갖는 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료와 그 제조 방법을 제시하는데 있다.
- [15] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 카고메 트러스와 유사한 형태의 구조 또는 복수의 정8면체와 12면체(cuboctahedron 또는 vector equilibrium)로 이루어진 다층 트러스와 유사한 형태의 구조로 형성한 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료와 그 제조 방법을 제시하는데 있다.
- [16] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 면내 방향의 직조된 와이어에 면외 방향에서 직선 와이어를 삽입하여 구성함으로써 제조공정이 쉽고 단순한 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료와 그 제조 방법을 제시하는데 있다.
- [17] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 모든 교차점에서 와이어들이 서로 완전 밀착된 형태를 갖게 하여 교차점의 접합강도를 높임으로써, 전체 다공질 재료의 강도를 향상시킨 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료와 그 제조 방법을 제시하는데 있다.
- [18] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 좌굴에 대한 저항이 강화되고 대량 생산성이 개선된 새로운 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료와 그 제조 방법을 제시하는데 있다.

[19]

과제 해결 수단

- [20] 전술한 기술적 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 청구항 1에 기재된 발명은, 「와이어로 구성된 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료에 있어서, 한 평면상에서 굴곡된 다수의 와이어를 사용하여 그물 형태의 평면으로 직조하고, 상기 직조된 그물 형태의 평면을 상하로 평행하게 다수로 배열한 다음, 상기

상하로 배열된 그물 형태의 평면 내(면내)에 면외 방향에서 다수의 직선 와이어를 삽입하되, 하나의 직선 와이어가 한 평면당 하나의 교차점과 교차되도록 각각 삽입하여 고정된 것을 특징으로 하는 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료」를 제공한다.

- [21] 청구항 2에 기재된 발명은, 「제 1 항에 있어서, 상기 다공질 재료는, 면내의 세 방향의 와이어들이 나선형태로 서로 직조되면서 삼각형 구멍을 갖는 그물 형태의 평면을 이루고, 상기 와이어의 각 교차점에 면내 방향의 두 축 나선형 와이어와 면외 방향의 한 축 직선 와이어가 교차되어, 카고메 트러스와 유사한 형태의 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료」를 제공한다.
- [22] 청구항 3에 기재된 발명은, 「제 1 항에 있어서, 상기 다공질 재료는, 면내의 두 방향의 와이어들이 나선형태로 서로 직조되면서 사각형 구멍을 갖는 그물 형태의 평면을 이루고, 상기 와이어의 각 교차점에 면내 방향의 두 축 와이어와 면외 방향의 두 축 와이어가 교차되어, 복수의 정8면체와 12면체(cuboctahedron 또는 vector equilibrium)로 이루어진 다층 트러스와 유사한 형태의 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료」를 제공한다.
- [23] 청구항 4에 기재된 발명은, 「제 1 항에 있어서, 상기 주기적인 다공질 재료는, 각 와이어의 교차점을 용접이나 브레이징, 접착제 또는 기계적 결합 방법으로 고정하는 것을 특징으로 하는 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료」를 제공한다.
- [24] 또한, 전술한 기술적 과제를 해결하기 위한 다른 수단으로서, 청구항 5에 기재된 발명은, 「주기적인 다공질 재료의 제조 방법으로서, (a) 다수의 굴곡된 와이어를 한 평면상에서 직조하여 그물 형태의 평면으로 형성하는 단계와; (b) 상기 그물 형태의 평면을 상하로 평행하게 다수로 배열하는 단계와; (c) 상기 상하로 배열된 그물 형태의 평면(면내)에 면외 방향으로 다수의 직선 와이어를 삽입하되 하나의 직선 와이어가 한 평면당 하나의 교차점과 교차되도록 삽입하는 단계; 및 (d) 상기 와이어들의 교차점을 용접이나 브레이징, 접착제 또는 기계적 결합 방법으로 고정하는 단계;를 포함하는 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료의 제조 방법」을 제공한다.

[25]

발명의 효과

- [26] 본 발명은 트러스 형태의 주기적인 다공질 재료에 대한 것으로, 종래의 와이어로 직조된 트러스 형태의 주기적인 다공질재와는 달리 와이어 중 일부는 면내에서 서로 직조되어 굴곡된 형태를 가지지만 나머지 면외방향 와이어는 직선 형태를 가진 것으로 다음과 같은 장점을 가진다.
- [27] 또한, 트러스 구조체에 압축 및 전단하중이 가해질 때 면외 방향의 트러스 요소에 보다 많은 힘이 걸리기 때문에 직선 형태의 트러스 요소가 좌굴을

- 억제하여 기존의 트러스 보다 높은 강도를 갖게 한다.
- [28] 또한, 곡선으로 가공 시 강도 감소가 큰 복합재료 와이어나 초고장력 금속와이어로 이 구조체를 제조하면 강도의 희생을 최소화 하면서도 대량생산에 유리하다.
- [29] 또한, 와이어의 소재가 고강도 금속이나 복합재료인 경우 와이어가 굴곡된 형태이면 탄성좌굴이 조기에 나타나기 쉬운데 직선 형태의 와이어로 되어 있어 이러한 조기 파손을 억제할 수 있다.
- [30] 또한, 기존의 나선형 와이어로 조립된 3차원 트러스 형태의 주기적 다공질 재료의 제조 시에는 와이어를 회전하면서 삽입하여야 하는 반면에, 본 발명에서는 면외 방향 와이어가 직선형태이므로 단순히 삽입하는 방법으로 와이어를 배치할 수 있으므로 제조공정이 단순하다.
- [31] 또한, 기존의 직선 와이어 만으로 조립하여 제조된 3차원 트러스 형태의 주기적 다공질 재료는 와이어의 교차점에서 와이어들끼리 완전히 밀착되지 않고 빈틈이 존재하는 경우가 발생하게 되어 와이어 교차점의 접합 강도가 저하되는데 반하여, 본 발명에서는 모든 교차점에서 와이어들이 서로 완전 밀착된 형태를 갖게 되므로 교차점의 접합강도가 높아 결과적으로 전체 다공질 재료의 강도가 높아진다.

[32]

도면의 간단한 설명

- [33] 도 1의 (a) 내지 (c)는 각각 피라미드, 옥테트 및 카고메 트러스의 일층 구조의 사시도
- [34] 도 2는 대한민국 등록특허 10-0566729에 게시된 와이어를 소재로 제작된 다층 구조의 유사 옥테트 트러스 형태의 주기적인 다공질 재료를 나타내는 사시도
- [35] 도 3은 대한민국 등록특허 10-0633657에 게시된 와이어를 소재로 제작된 1층 구조의 유사 옥테트 트러스 형태의 주기적인 다공질 재료를 나타내는 사시도
- [36] 도 4는 대한민국 등록특허 10-0700212에 게시된 코일 스프링 형태로 성형된 와이어를 소재로 제작된 1층 구조의 트러스 형태의 주기적인 다공질 재료를 중간재로 갖는 샌드위치 판재의 사시도
- [37] 도 5는 대한민국 등록특허 10-0767186에 게시된 와이어를 소재로 제작된 트러스 형태의 주기적인 다공질 재료를 하부 면재 위에 배치한 사시도
- [38] 도 6은 대한민국 특허출원 10-2006-0119233에 게시된 와이어를 소재로 제작된 다층 구조의 유사 카고메 트러스 형태의 주기적인 다공질 재료를 나타내는 사시도
- [39] 도 7은 복수의 정8면체와 12면체(cuboctahedron 또는 vector equilibrium)로 이루어진 다층 트러스와 유사한 형태의 와이어로 구성된 다공질 구조재(특허출원 10-2009-0080085)의 사시도
- [40] 도 8은 특허출원 10-2008-0072930에 게시된 카고메 트러스를 구성하는

팔면체와 정사면체 방들 중에서 정사면체 방에만 고체로 채워진 구조재의 사시도

- [41] 도 9는 도 2(등록특허 10-0566729)의 트러스 형태의 다공질 재료의 단위 셀을 나타낸 사시도
- [42] 도 10은 본 발명의 바람직한 제1 실시예로서, 카고메 트러스와 유사한 형태의 와이어로 구성된 다공질 구조재의 사시도와 투영도
- [43] 도 11은 도 10에 도시된 다공질 구조재의 단위 셀의 사시도와 투영도
- [44] 도 12는 본 발명의 바람직한 제2 실시예로서, 복수의 정8면체와 12면체(cuboctahedron 또는 vector equilibrium)로 이루어진 다층 트러스와 유사한 형태의 와이어로 구성된 다공질 구조재의 사시도와 투영도
- [45] 도 13은 도 12에 도시된 다공질 구조재의 단위 셀의 사시도와 투영도
- [46] 도 14 및 도 15는 정사면체 트러스와 피라미드 트러스에 수직하중(P)이 작용할 경우 면외방향 트러스 요소와 면내방향 트러스 요소에 걸리는 힘을 나타낸 개략도
- [47] 도 16 및 도 17은 정사면체 트러스와 피라미드 트러스에 전단력(R)이 작용할 경우 면외방향 트러스 요소와 면내방향 트러스 요소에 걸리는 힘을 나타낸 개략도

[48]

발명의 실시를 위한 형태

- [49] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙여 설명하기로 한다.
- [50] 본 발명에서 실시하고자 하는 구체적인 기술내용에 대해 첨부도면을 참조하여 상세하게 설명하기로 한다.

[51]

[52] 다공질 구조재의 제1 실시예

- [53] 도 10은 본 발명의 바람직한 제1 실시예로서, 카고메 트러스와 유사한 형태의 와이어로 구성된 다공질 구조재의 사시도와 투영도이고, 도 11은 도 10에 도시된 다공질 구조재의 단위 셀(unit cell)의 사시도와 투영도이다.
- [54] 상기 제1 실시예의 다공질 구조재는 도 10 및 도 11에 도시된 바와 같이, 세 방향의 와이어들이 나선형태로 서로 직조되면서 삼각형 구멍을 갖는 그물 형태의 평면을 이루고 있고, 이 그물 형태의 평면이 상하로 일정한 간격을 두고 다수개로 배치되어 있다. 그리고, 상기 상하로 다수개 배치된 그물 형태의 평면 내(면내)에 면외 방향에서 다수의 직선 와이어를 삽입하되, 하나의 와이어가 한

평면당 하나의 교차점과 교차되게 각각 삽입되어 있다. 따라서 상기 트러스 구조의 각 교차점에는 면내의 두 축 방향의 나선형 와이어와 면외의 한 축 방향의 직선 와이어가 교차되어 카고메 트러스와 유사한 형태의 구조를 갖는다. 이때, 각 교차점에서 교차되는 와이어들은 용접이나 브레이징, 접착제 또는 기계적 결합 방법으로 고정하는 것이 바람직하다.

- [55] 상기 제1 실시예의 다공질 구조체는 도 11에 도시한 단위셀에서 볼 수 있듯이, 면내의 세 방향의 와이어들이 나선형태로 서로 직조되면서 삼각형 구멍을 갖는 그물 형태의 평면을 이루고 있고, 면외 세 방향의 와이어들은 굴곡 되지 않은 직선 형태로 이루어져 있다. 이에 의해, 상기 제1 실시예의 다공질 구조체는 카고메 트러스와 유사한 형태의 구조를 갖는다.

[56]

[57] 다공질 구조체의 제2 실시예

- [58] 도 12는 복수의 정8면체와 12면체(cuboctahedron 또는 vector equilibrium)로 이루어진 다층 트러스(참고문헌, Buckminster Fuller, Synergetics: explorations in the geometry of thinking, Macmillan Publishing Co., 1975, pp.669)와 유사한 형태의 와이어로 구성된 다공질 구조체의 사시도와 투영도를 나타낸다. 도 13은 상기 다공질 구조체의 그 단위셀(unit cell)의 사시도와 투영도를 나타낸다.

- [59] 상기 제2 실시예의 다공질 구조체는 도 12 및 도 13에 도시된 바와 같이, 두 방향의 와이어들이 나선 형태로 서로 직조되면서 사각형 구멍을 갖는 그물 형태의 평면을 이루고 있고, 이 그물 형태의 평면이 상하로 일정한 간격을 두고 다수개로 배치되어 있다. 그리고, 상기 상하로 다수개 배치된 그물 형태의 평면 내(면내)에 기 배치된 사각형 구조의 각 교차점에는 면외 방향의 두 축 와이어가 각각 교차되게 삽입되어 있다. 즉, 한 평면당 하나의 교차점마다 면외 방향의 두 축 와이어가 각각 교차되게 삽입되어 있다. 따라서, 상기 다공질 구조체는 상기 와이어의 각 교차점에 면내 방향의 두 축 와이어와 면외 방향의 두 축 와이어가 교차되어, 복수의 정8면체와 12면체(cuboctahedron 또는 vector equilibrium)로 이루어진 다층 트러스와 유사한 형태의 구조를 갖는다. 이때, 각 교차점에서 교차되는 와이어들은 앞에서와 마찬가지로 용접이나 브레이징, 접착제 또는 기계적 결합 방법으로 고정하는 것이 바람직하다.

- [60] 상기 제2 실시예의 다공질 구조체는 도 13에 도시한 단위셀에서 볼 수 있듯이, 면내의 두 방향의 와이어들이 나선형태로 서로 직조되면서 사각형 구멍을 갖는 그물형태의 평면을 이루고 있고, 각 교차점마다 면외의 두 방향의 와이어들은 굴곡 되지 않은 직선 형태로 이루어져 있다. 이에 의해, 상기 단위셀은 정팔면체 트러스와 유사한 형태의 구조를 갖는다.

[61]

[62] 다공질 구조체의 제3 실시예

- [63] 본 발명에 의한 직조된 와이어와 직선 와이어로 구성된 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료는 다음과 같이 구성할 수 있다.

[64] 즉, 다수의 굴곡된 와이어를 한 평면상에서 직조하여 그물 형태의 평면으로 형성하고 상기 그물 형태의 평면을 상하로 평행하게 다수개로 배열한 다음, 상기 상하로 배열된 그물 형태의 평면 내(면내)에 면외 방향에서 다수의 직선 와이어를 삽입하되 하나의 와이어가 한 평면당 하나의 교차점과 교차되도록 삽입하여, 카고메 트러스와 유사한 형태의 구조 또는 복수의 정8면체와 12면체(cuboctahedron 또는 vector equilibrium)와 유사한 형태의 구조로 형성한다.

[65]

[66] 다공질 구조재의 제조 방법

[67] 본 발명에 의한 다공질 구조재의 제조 방법은 다음과 같다.

[68] 먼저, 다수의 굴곡된 와이어(또는, 나선형 와이어)를 한 평면상에서 직조하여 그물 형태의 평면으로 형성한다. 이때, 상기 그물 형태의 평면은 도 11과 같이 세 축 방향의 나선형 와이어를 이용하여 직조된 삼각형 구멍을 갖는 그물 형태의 평면 구조이거나 또는 도 13과 같이 두 축 방향의 나선형 와이어를 이용하여 직조된 사각형 구멍을 갖는 그물 모양의 평면 구조를 갖는 것이 바람직하다.

[69] 그 다음, 상기 그물 형태의 평면을 상하로 평행하게 다수로 배열한다.

[70] 그 다음, 상기 상하로 배열된 그물 형태의 평면(면내)에 면외 방향으로 다수의 직선 와이어를 삽입하되 하나의 직선 와이어가 한 평면당 하나의 교차점과 교차되도록 삽입한다.

[71] 이때, 상기 다공질 구조재의 면내의 트러스 구조가 도 10과 같이 세 방향의 와이어들이 나선형태로 서로 직조된 삼각형 구멍을 갖는 그물 형태의 평면을 이루고 있으면, 상기 와이어의 각 교차점에 면내 방향의 두 축 나선형 와이어와 면외 방향의 한 축 직선 와이어가 교차되도록 면외 방향에서 직선 와이어를 각각 삽입하여 카고메 트러스와 유사한 형태의 구조로 형성한다.

[72] 그리고, 상기 다공질 구조재의 면내의 트러스 구조가 도 13과 같이 두 방향의 와이어들이 나선형태로 서로 직조된 사각형 구멍을 갖는 그물 형태의 평면을 이루고 있으면, 상기 와이어의 각 교차점에 면내 방향의 두 축 와이어와 면외 방향의 두 축 와이어가 교차되도록 면외 방향에서 직선 와이어를 각각 삽입하여 복수의 정8면체와 12면체(cuboctahedron 또는 vector equilibrium)로 이루어진 다층 트러스와 유사한 형태의 구조로 형성한다.

[73] 여기서, 상기 트러스 구조의 각 교차점에서 교차되는 와이어들은 용접이나 브레이징, 접착제 또는 기계적 결합 방법으로 고정한다.

[74]

[75] 효능 실현

[76] 도 14 및 도 15는 정사면체 트러스와 피라미드 트러스에 수직하중(P)이 작용할 경우 면외방향 트러스 요소와 면내방향 트러스 요소에 걸리는 힘을 나타낸 개략도이고, 도 16 및 도 17은 정사면체 트러스와 피라미드 트러스에 전단력(R)이 작용할 경우 면외방향 트러스 요소와 면내방향 트러스 요소에 걸리는 힘을 나타낸 개략도이다.

[77] 도 14 및 도 15와 같이 면에 수직한 방향으로 압축하중이 작용하거나 도 16 및 도 17과 같이 면내 방향과 평행하게 전단력이 작용하는 경우 면내 방향의 와이어들에 비해서 면외 방향의 와이어들에 큰 응력이 발생하게 되는데, 굴곡 없는 직선형태를 가지고 있으므로 와이어의 주 파손 모드인 좌굴에 대한 저항력이 높아진다. 특히 와이어의 소재가 고강도 금속이나 복합재료인 경우 와이어가 굴곡된 형태이면 탄성좌굴이 조기에 나타나기 쉬운데 직선 형태의 와이어가 이러한 조기 파손을 억제하게 된다.

[78] 여기서, 도 14 및 도 15에서 수직 방향으로 작용하는 압축하중은 아래 수학식1과 수학식2와 같다.

[79] 수학식 1

$$F_1 = F_2 = F_3 = \frac{P}{\sqrt{6}}$$

$$F_4 = F_5 = F_6 = \frac{P}{3\sqrt{6}}$$

[80] 수학식 2

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = \frac{\sqrt{2}P}{4}$$

$$F_5 = F_6 = F_7 = F_8 = \frac{\sqrt{2}P}{8}$$

[81] 그리고, 도 16 및 도 17에서 면내 방향과 평행하게 작용하는 전단력은 아래 수학식3과 수학식4와 같다.

[82] 수학식 3

$$F_1 = -\frac{2\sqrt{3}}{3} R$$

$$F_2 = F_3 = \frac{\sqrt{3}}{3} R$$

$$F_4 = \frac{\sqrt{3}}{9} R$$

$$F_5 = F_6 = -\frac{\sqrt{3}}{9} R$$

[83] 수학식 4

$$F_1 = -\frac{\sqrt{2}}{2}R$$

$$F_3 = \frac{\sqrt{2}}{2}R$$

$$F_2 = F_4 = 0$$

$$F_5 = F_6 = \frac{\sqrt{2}R}{4}$$

$$F_7 = F_8 = -\frac{\sqrt{2}R}{4}$$

- [84] 이와 같이, 본 발명의 주기적인 다공질 재료와 그 제조 방법은 서로 직조되어 와이어가 나선형태로 서로 얹혀지는 구조를 갖는 면내 방향의 와이어 군들과 직선 형태인 구조를 갖는 면외 방향의 와이어 군들로 구성된 트러스 타입을 구현함으로써, 본 발명의 기술적 과제를 해결할 수가 있다.

[85]

- [86] 이상에서 설명한 본 발명의 바람직한 실시 예들은 기술적 과제를 해결하기 위해 개시된 것으로, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자(당업자)라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가 등이 가능할 것이며, 이러한 수정 변경 등은 이하의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

[87]

산업상 이용가능성

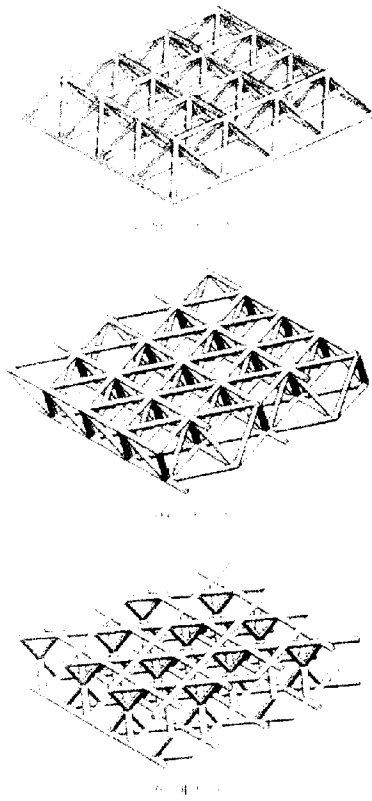
- [88] 본 발명에 의한 주기적인 다공질 재료와 그 제조 방법은 기계 구조물, 건축자재, 섬유, 복합재료 분야에 적용할 수 있다.

[89]

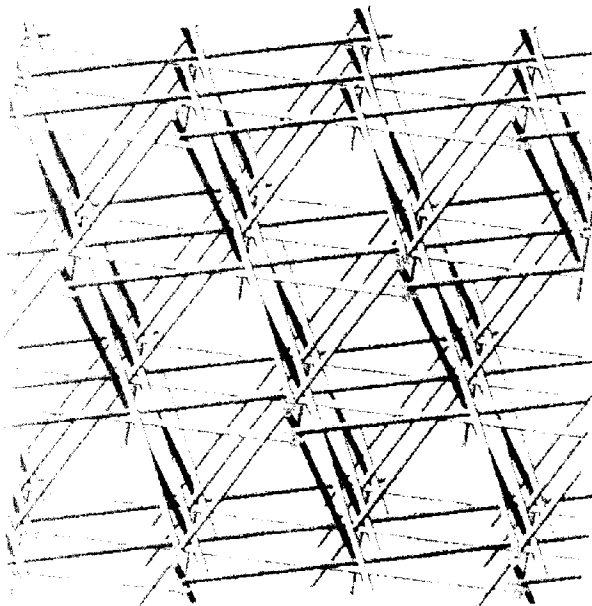
청구범위

- [청구항 1] 와이어로 구성된 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료에 있어서, 한 평면상에서 굴곡된 다수의 와이어를 사용하여 그물 형태의 평면으로 직조하고, 상기 직조된 그물 형태의 평면을 상하로 평행하게 다수로 배열한 다음, 상기 상하로 배열된 그물 형태의 평면 내(면내)에 면외 방향에서 다수의 직선 와이어를 삽입하되, 하나의 직선 와이어가 한 평면당 하나의 교차점과 교차되도록 각각 삽입하여 고정된 것을 특징으로 하는 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서, 상기 다공질 재료는, 면내의 세 방향의 와이어들이 나선형태로 서로 직조되면서 삼각형 구멍을 갖는 그물 형태의 평면을 이루고, 상기 와이어의 각 교차점에 면내 방향의 두 축 나선형 와이어와 면외 방향의 한 축 직선 와이어가 교차되어, 카고메 트러스와 유사한 형태의 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서, 상기 다공질 재료는, 면내의 두 방향의 와이어들이 나선형태로 서로 직조되면서 사각형 구멍을 갖는 그물 형태의 평면을 이루고, 상기 와이어의 각 교차점에 면내 방향의 두 축 와이어와 면외 방향의 두 축 와이어가 교차되어, 복수의 정8면체와 12면체(cuboctahedron 또는 vector equilibrium)로 이루어진 다층 트러스와 유사한 형태의 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서, 상기 주기적인 다공질 재료는, 각 와이어의 교차점을 용접이나 브레이징, 접착제 또는 기계적 결합 방법으로 고정하는 것을 특징으로 하는 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료.
- [청구항 5] 주기적인 다공질 재료의 제조 방법으로서,
 (a) 다수의 굴곡된 와이어를 한 평면상에서 직조하여 그물 형태의 평면으로 형성하는 단계와;
 (b) 상기 그물 형태의 평면을 상하로 평행하게 다수로 배열하는 단계와;
 (c) 상기 상하로 배열된 그물 형태의 평면(면내)에 면외 방향으로 다수의 직선 와이어를 삽입하되 하나의 직선 와이어가 한 평면당 하나의 교차점과 교차되도록 삽입하는 단계; 및
 (d) 상기 와이어들의 교차점을 용접이나 브레이징, 접착제 또는 기계적 결합 방법으로 고정하는 단계;
 를 포함하는 트러스 타입의 주기적인 다공질 재료의 제조 방법.

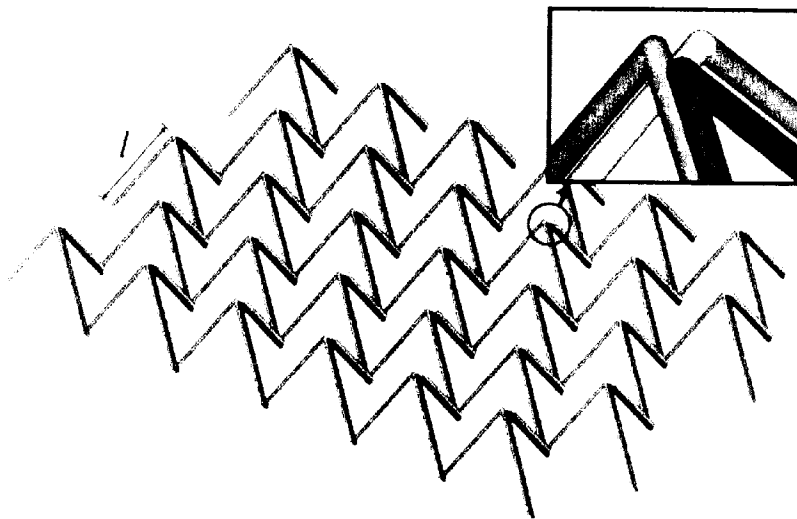
[Fig. 1]



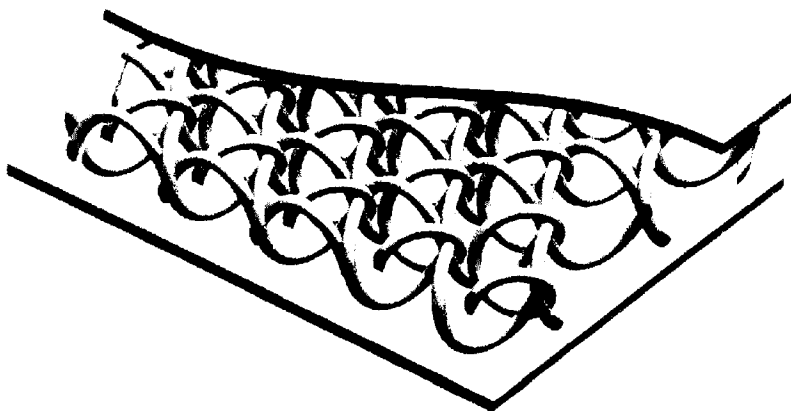
[Fig. 2]



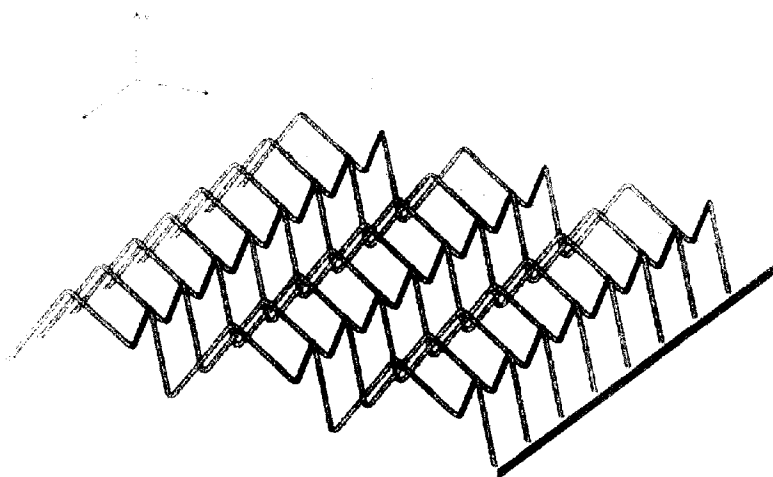
[Fig. 3]



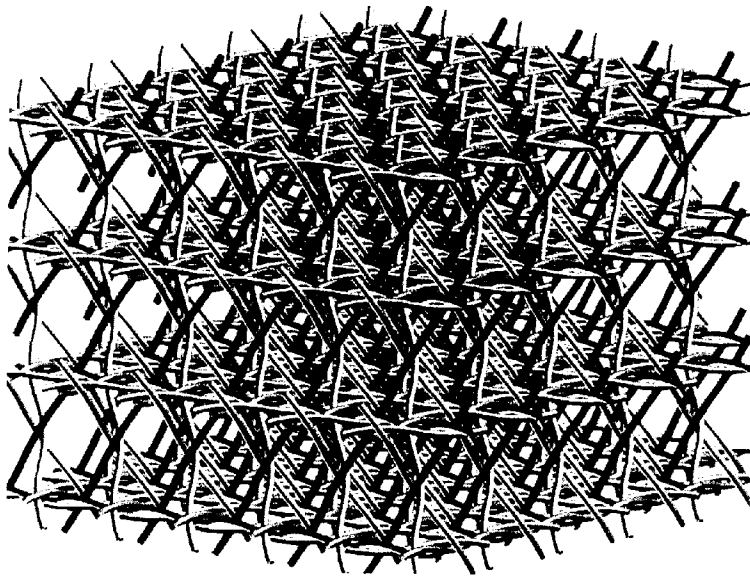
[Fig. 4]



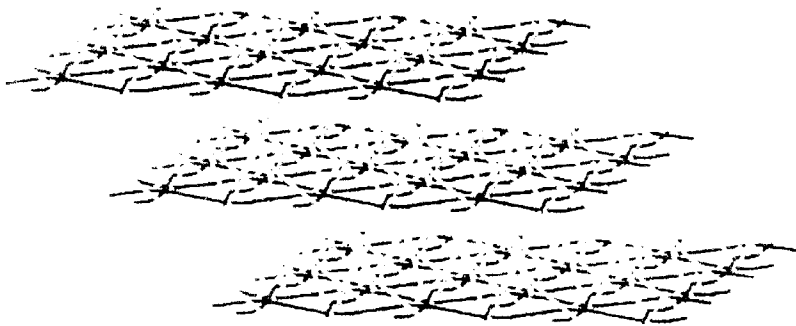
[Fig. 5]



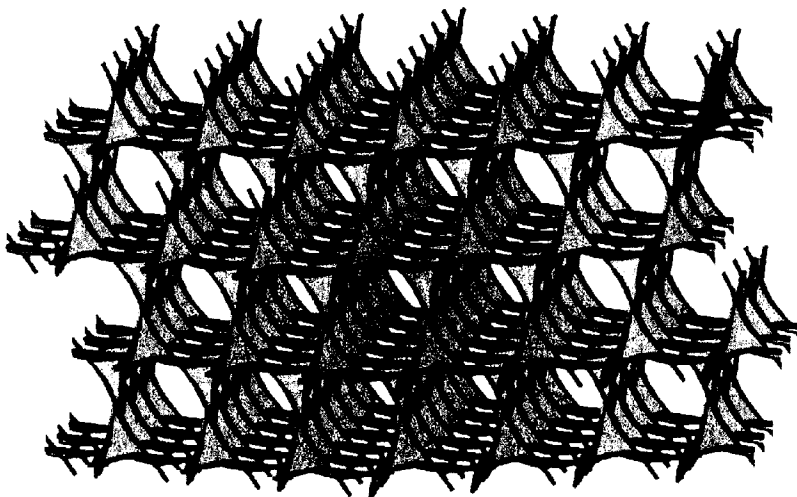
[Fig. 6]



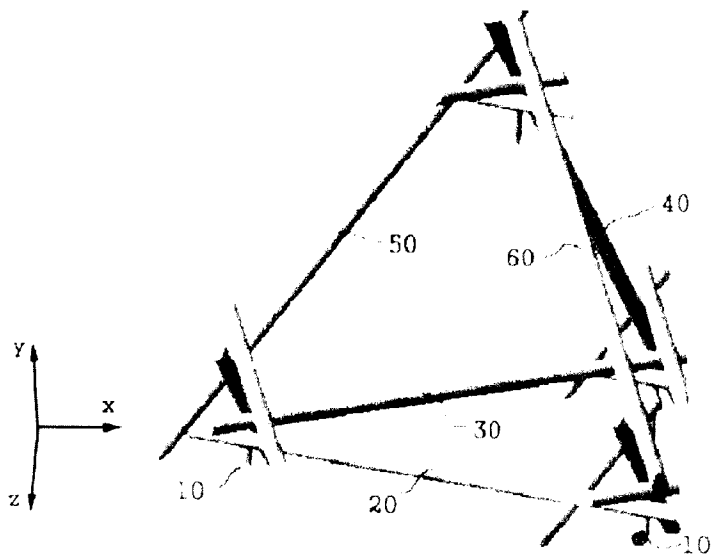
[Fig. 7]



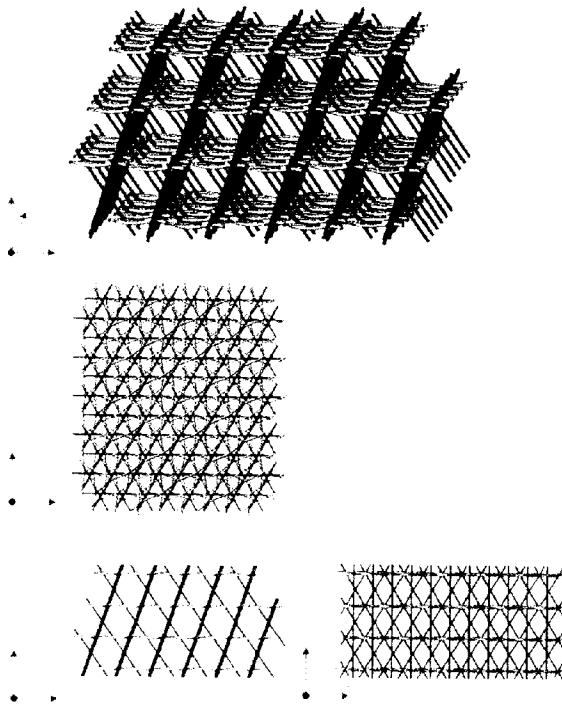
[Fig. 8]



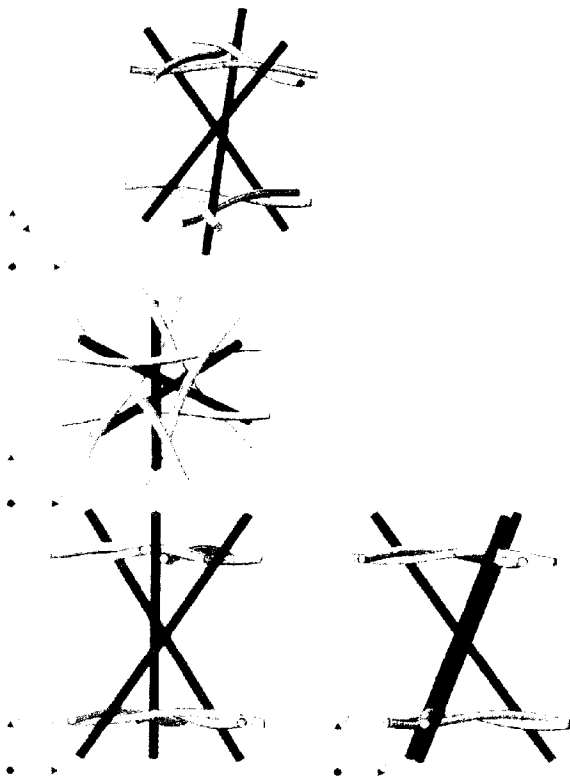
[Fig. 9]



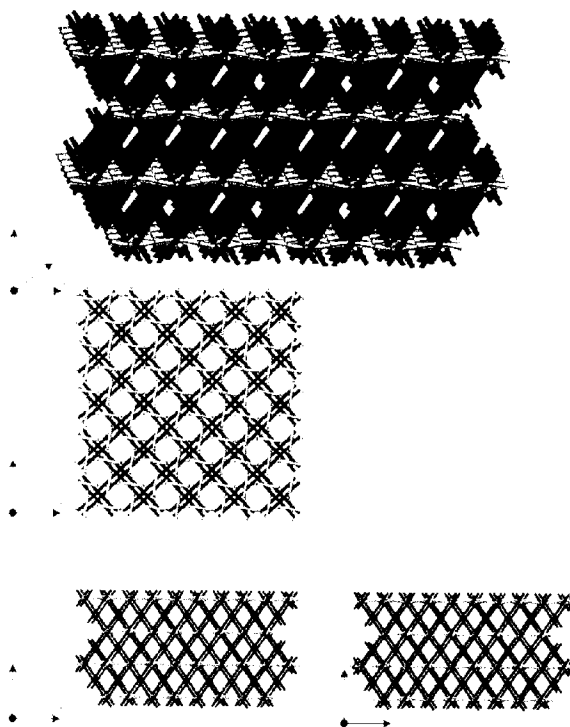
[Fig. 10]



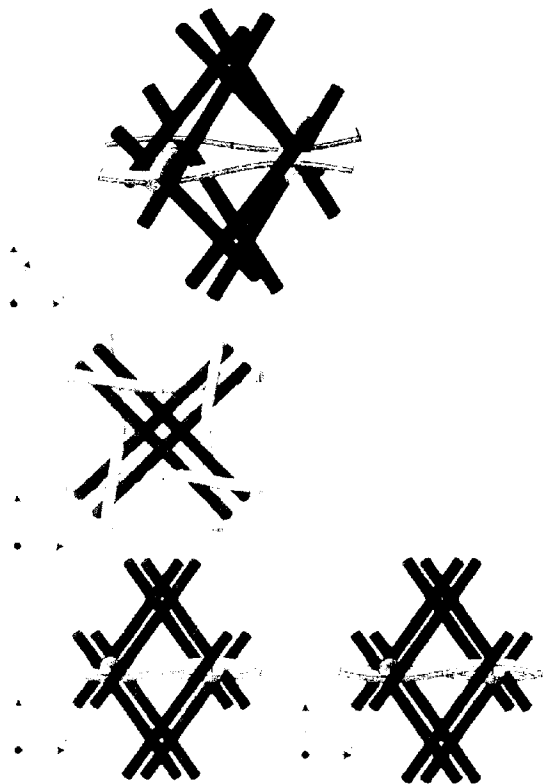
[Fig. 11]



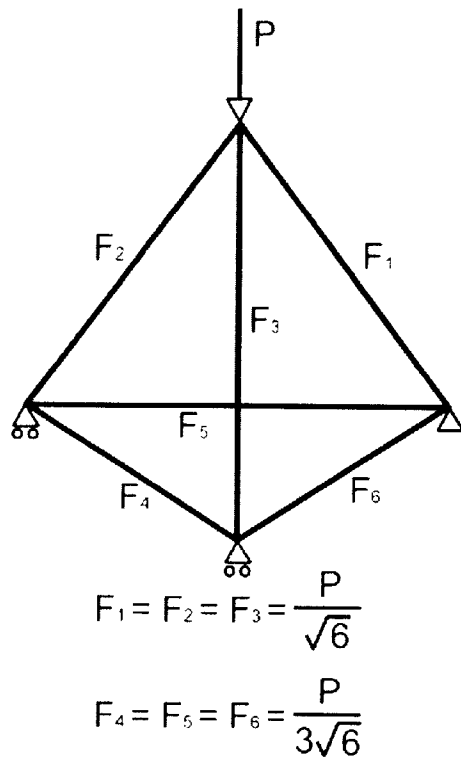
[Fig. 12]



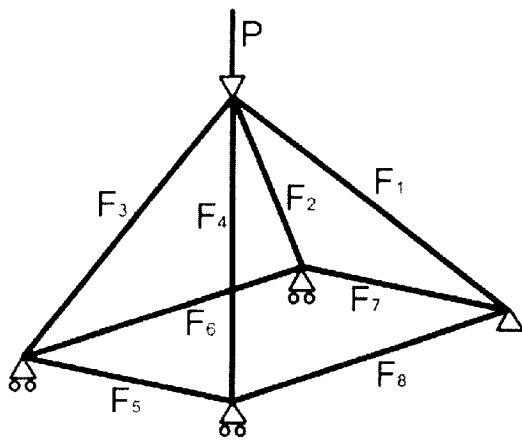
[Fig. 13]



[Fig. 14]



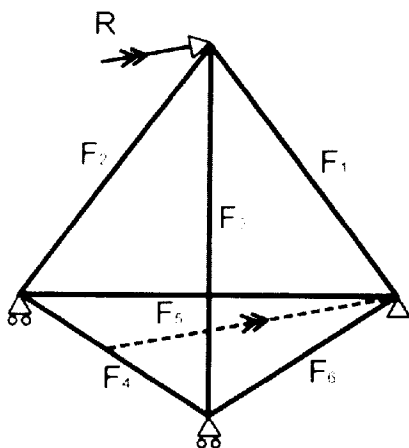
[Fig. 15]



$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = \frac{\sqrt{2}P}{4}$$

$$F_5 = F_6 = F_7 = F_8 = \frac{\sqrt{2}P}{8}$$

[Fig. 16]



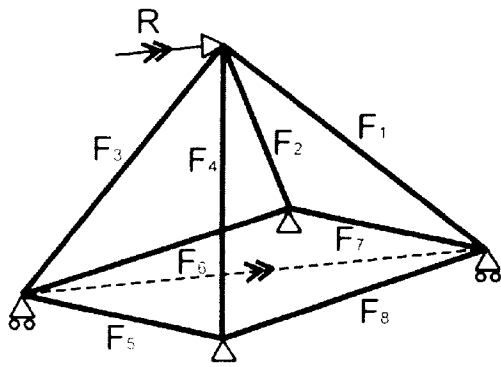
$$F_1 = -\frac{2\sqrt{3}}{3} R$$

$$F_2 = F_3 = \frac{\sqrt{3}}{3} R$$

$$F_4 = \frac{\sqrt{3}}{9} R$$

$$F_5 = F_6 = -\frac{\sqrt{3}}{9} R$$

[Fig. 17]



$$F_1 = -\frac{\sqrt{2}}{2}R$$

$$F_3 = \frac{\sqrt{2}}{2}R$$

$$F_2 = F_4 = 0$$

$$F_5 = F_6 = \frac{\sqrt{2}R}{4}$$

$$F_7 = F_8 = -\frac{\sqrt{2}R}{4}$$