

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 245063 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **428406**

(22) Data zgłoszenia: **2018.12.27**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2020.06.29 BUP 14/2020**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.05.06 WUP 19/2024**

(51) MKP:

E04G 5/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

MACIEJ ZAWIDZKI, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Mariusz Kondrat, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Modularny system do tworzenia sztywnych struktur rurowych o dowolnym kształcie

PL 245063 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest systemowy moduł budowlany do tworzenia struktur budowlanych, będący trójwymiarową bryłą.

Istniejące systemy modułarnych systemów rurowych albo nie pozwalają na tworzenie struktur o dowolnym kształcie, albo składają się ze znacznej liczby typów modułów.

Celem wynalazku było opracowanie takiego rozwiązania, które umożliwiłoby stworzenie struktury rurowej o dowolnym kształcie, w tym rozwidlającej się, za pomocą jednego typu modułu.

Systemowy moduł budowlany do tworzenia struktur budowlanych, będący trójwymiarową bryłą, charakteryzuje się tym, że bryła tego modułu stanowi część wspólną nieregularnej bipiramidy trygonalnej i kwadrantu odcinka prostoliniowej rury, mającego oś będącą osią wspomnianej rury, zewnętrzną powierzchnię rurową oraz pierwszą i drugą płaszczyznę wycinającą, które są wzajemnie prostopadłe a ich linia przecięcia pokrywa się z osią rury, przy czym wspomnianą bipiramidę stanowi pierwszy i drugi czworościan, oba czworościany mają wspólną podstawę w postaci trójkąta równoramiennego, podstawa tego trójkąta stanowi pierwszą krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej a dwa ramiona tego trójkąta stanowią drugą i trzecią krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej, pierwsza krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej stanowi podstawę pierwszej ściany (23) pierwszego czworościanu i podstawę pierwszej ściany (24) drugiego czworościanu (21), druga krawędź (2) nieregularnej bipiramidy trygonalnej (13) stanowi podstawę drugiej ściany (25) pierwszego czworościanu (20) i podstawę drugiej ściany (26) drugiego czworościanu (21), trzecia krawędź (3) nieregularnej bipiramidy trygonalnej (13) stanowi podstawę trzeciej ściany (27) pierwszego czworościanu (20) i podstawę trzeciej ściany (28) drugiego czworościanu (21), wspólny bok pierwszej (23) i drugiej (24) ściany pierwszego czworościanu (20) stanowi czwartą krawędź (4) nieregularnej bipiramidy trygonalnej (13), wspólny bok pierwszej (23) i trzeciej (27) ściany pierwszego czworościanu (21) stanowi piątą krawędź (5) nieregularnej bipiramidy trygonalnej (13), wspólny bok drugiej (24) i trzeciej (27) ściany pierwszego czworościanu (20) stanowi szóstą krawędź (6) nieregularnej bipiramidy trygonalnej (13), wspólny bok pierwszej (24) i drugiej (26) ściany drugiego czworościanu (21) stanowi siódmą krawędź (7) nieregularnej bipiramidy trygonalnej (13), wspólny bok pierwszej (24) i trzeciej (28) ściany drugiego czworościanu (21) stanowi ósmą krawędź (8) nieregularnej bipiramidy trygonalnej (13), zaś wspólny bok drugiej (26) i trzeciej (28) ściany drugiego czworościanu (21) stanowi dziewiątą krawędź (9) nieregularnej bipiramidy trygonalnej (13), przy czym kolejno szоста krawędź (6), dziewiąta krawędź (9), dwusieczna (10) kąta płaskiego (β) między siódmą (7) i ósmą (8) krawędzią oraz dwusieczna (11) kąta płaskiego (α) między trzecią i czwartą krawędzią stanowią kolejne boki kwadratu, wierzchołek nieregularnej bipiramidy trygonalnej, w którym zbiegają się siódma, ósma i dziewiąta krawędź znajduje się na osi kwadrantu rurowego, dziewiąta krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej jest prostopadła do osi kwadrantu rurowego, leży w jego pierwszej płaszczyźnie wycinającej i sięga do zewnętrznej powierzchni rurowej, natomiast dwusieczna kąta płaskiego między siódmą a ósmą krawędzią nieregularnej bipiramidy trygonalnej jest prostopadła do osi kwadrantu rurowego, leży w jego drugiej płaszczyźnie wycinającej i sięga do zewnętrznej powierzchni rurowej.

Korzystnie kwadrant rurowy jest wycięty z rury walcowej.

Korzystnie, kąt płaski (α) między czwartą i piątą krawędzią nieregularnej bipiramidy trygonalnej wynosi 30 stopni.

Korzystnie, przy pomocy jednego rodzaju modułu tworzy się:

- a. Wielogałęziowe struktury o przekroju rurowym lub półrurowym;
- b. Struktury rozgałęzione regularne lub nieregularne;
- c. Sfery, kopuły, sklepienia kolebkowe, krzyżowe i o większej liczbie przenikających się sklepień kolebkowych;
- d. Struktury w których przekroje rur lub pół-rur mogą w ograniczonym zakresie mieć dowolny kształt (łuk, linia łamana, polilinia, etc.).

Korzystnie, szczeliny powstające pomiędzy połączonymi modułami zasadniczymi wypełniane są dodatkowymi elementami A i B oraz symetrycznymi do nich odpowiednio: A^* i B^* , przy czym element wypełniający A jest skonstruowany z dowolnej bryły ograniczonej płaszczyznami (1,0,2) i (1,2,8) a punkt 7 leży w płaszczyźnie (1,0,2) i ma współrzędne XY punktu 1 oraz współrzędną Z punktu 2 natomiast element wypełniający B jest skonstruowany z dowolnej bryły ograniczonej płaszczyznami (1,2,8) i (1,2,9) a punkt 8 leży w połowie odcinka 7'9.

Wynalazek pokazano w przykładach wykonania i na rysunku, na którym:

Fig. 1 przedstawia geometrię nieregularnej bipiramidy trygonalnej wraz opisem poszczególnych elementów.

Fig. 2–1 ilustruje w aksonometrii wzajemne relacje nieregularnej bipiramidy trygonalnej oraz rury.

Fig. 2–2 pokazuje w aksonometrii przekrój prostopadle przez rurę oraz nieregularną bipiramidę trygonalną wzdłuż: dwusiecznych (10) i (11) oraz krawędzi: szóstej (6) i dziewiątej (9).

Fig. 2–3 pokazuje w aksonometrii przekrój prostopadle przez kwadrant rury oraz nieregularną bipiramidę trygonalną wzdłuż: dwusiecznych (10) i (11) oraz krawędzi: szóstej (6) i dziewiątej (9).

Fig. 2–4 przedstawia widok w płaszczyźnie przekroju prostopadle przez rurę oraz nieregularną bipiramidę trygonalną wzdłuż: dwusiecznych (10) i (11) oraz krawędzi: szóstej (6) i dziewiątej (9).

Fig. 2–5 przedstawia widok w płaszczyźnie przekroju prostopadle przez kwadrant rury oraz nieregularną bipiramidę trygonalną wzdłuż: dwusiecznych (10) i (11) oraz krawędzi: szóstej (6) i dziewiątej (9).

Fig. 3 przedstawia alternatywną konstrukcję nieregularnej bipiramidy trygonalnej.

Fig. 4 przedstawia pięć przykładów kwadrantów rur i odpowiadających im modułów. Od lewej: od najprostszej formy płaskiej „płytki” do modułu o dowolnym przekroju.

Fig. 5 przedstawia po lewej: wydrążona elipsoida będąca ekwiwalentem profilu wstępnego PW wraz z bryłą ograniczającą (BO). Promień elipsoidy w płaszczyźnie XY jest mniejszy niż w płaszczyznach XZ & YZ. Po prawej: wynik przecięcia (część wspólna) PW i BO.

Fig. 6 przedstawia 10 charakterystycznych punktów modułu.

Nazewnictwo punktów wykorzystuje symetrię modułu. Punkty na osi symetrii bądź po prawej jego stronie mają numerację: 1...6, zaś ich lustrzane odbicia po lewej stronie opatrzone są symbolem „*”.

Fig. 7–10 przedstawiają odpowiednio cztery rodzaje połączeń oznaczonych symbolami: $\triangle\triangle$, $\triangle\nabla$, $\nabla\nabla$ oraz $\triangleleft\triangleright$. Każde z tych połączeń realizowane jest poprzez przyleganie odpowiednich punktów modułu:

$$\triangle\triangle: \begin{pmatrix} 1 & 5 & 6 \\ 1^* & 5^* & 6^* \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 & 3 & 4 \\ 2 & 3 & 4^* \end{pmatrix}$$

$$\triangle\nabla: \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 2 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 & 4 \\ 1 & 5 \end{pmatrix}$$

$$\nabla\nabla: \begin{pmatrix} 1^* & 2 & 4^* & 5^* \\ 1 & 2 & 4 & 5 \end{pmatrix}$$

$$\triangleleft\triangleright: \begin{pmatrix} 1 & 1^* & 6^* & 6 \\ 1^* & 1 & 6 & 6^* \end{pmatrix}$$

gdzie górny wiersz odpowiada modułowi I zaś dolny – modułowi II. Kolejność łączenia może być odwrotna. Nawiasy grupują sąsiednie punkty modułu.

Fig. 11 przedstawia przykładową hemisferę złożoną z 12-u modułów opartych o kąt α równy $\pi/6$, wraz z ich symbolicznymi łączeniami.

Fig. 12 przedstawia przykładową połowę rury (sklepienie kolebkowe) złożoną z 12-u modułów opartych o kąt α równy $\pi/6$, wraz z ich symbolicznymi łączeniami.

Fig. 13 przedstawia przykładowy „lejek” złożony z 12-u modułów opartych o kąt α równy $\pi/6$, wraz z ich symbolicznymi łączeniami.

Fig. 14 przedstawia cztery przykłady sfer i połączeń prostopadłych skonstruowanych z tych samych kwadrantów rur oraz czterech różnych nieregularnych bipiramid trygonalnych opartych o kąt α o następujących wartościach: $\pi/2$, $\pi/4$, $\pi/6$ i $\pi/8$.

Fig. 15 przedstawia widok aksonometryczny pięciu struktur rurowych skonstruowanych z 28-miu modułów z Fig. 2.

Fig. 16 przedstawia widok z góry sześciu struktur rurowych łączących kierunki („zgiętymi”) pod różnymi kątami $k \neq 6$ w płaszczyźnie poziomej, dla $k = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$;

Fig. 17 przedstawia widok aksonometryczny sześciu struktur rurowych łączących kierunki („zgiętymi”) pod różnymi kątami $k \neq 6$ w płaszczyźnie pionowej, dla $k = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$.

Fig. 18 przedstawia widok aksonometryczny torusów „przenikających się” z prostą strukturą rurową w płaszczyźnie poziomej. A) kopuła będąca zdegenerowanym torusem; B) torus typu „horn”; C-E: trzy torusy właściwe o różnym (rosnącym) promieniu głównym.

Fig. 19 przedstawia widok aksonometryczny „wielogałęziowej” struktury rurowej rozgałęziającej się w płaszczyźnie poziomej. Kąty pod jakimi połączone są „odnogi” pokazuje schemat na dole po prawej.

Fig. 20 przedstawia widok aksonometryczny czterech regularnie rozgałęzionych struktur: na 3, 4, 5 i 6 „odnóg”.

Wartość kąta α jest taka sama w płaszczyznach XY oraz XZ, i może mieć dowolne wartości z przedziału $(0, \pi)$. Przyjęcie wartości dla kąta α wynikających z równego (bez reszty) podziału okręgu pozwala na konstruowanie form „zamkniętych / domkniętych” takich jak: sfera, kopuła czy „lejek sferyczny”. Fig. 5 ilustruje cztery przypadki dla $\alpha = \pi/2, \pi/4, \pi/6$ i $\pi/8$.

Profil rury może być utożsamiany ze „ścianką” modułu. Rura może mieć dowolny przekrój, ważne, aby jej kwadrant był symetryczny względem osi diagonalnej jak pokazano na Fig. 2, pięć przykładów przekrojów kwadrantów rur i odpowiadających im modułów. Od lewej: od najprostszej formy płaskiej „płytki” do modułu o dowolnym kształcie.

Kształt przekroju kwadrantu rury ma dwa ograniczenia:

1. Musi być symetryczny względem przekątnej
2. Musi zawierać się w obszarze bryły nieregularnej bipiramidy trygonalnej.

Dzięki opisanej powyżej geometrii modułów, mogą być one łączone na kilka sposobów, jak ilustruje Fig. 7.

W ogólnym przypadku, jak wskazują Fig. 7 i 8: w dwóch typach połączeń, mianowicie $\triangle\triangle$ (fig. 7) i $\triangle\nabla$ (fig. 6), występują szczeliny między modułami. Ilustrują to dodatkowo odpowiednio: fig. 11 i fig. 12. Przy czym w przypadku połączenia typu $\triangle\triangle$ szczelina jest dwa razy większa niż w przypadku połączenia $\triangle\nabla$. W pewnych szczególnych przypadkach szczeliny takie nie występują, jak pokazano na Fig. 8 i 9.

Przykłady struktur.

Fig. 15 ilustruje „pełną” strukturę rurową będącą złożeniem czterech kwadrantów rur o różnych przekrojach korespondujących z Fig. 4.

Moduł umożliwia wykonywanie struktur o odchylonym kierunku („zgiętych”) zarówno w płaszczyźnie poziomej jak i pionowej. Fig. 16 i 17 ilustrują to odpowiednio.

Moduł umożliwia również konstruowanie obwodów zamkniętych, np. torusów co ilustruje Fig. 18. Dla pokazania wszechstronności systemu wszystkie torusy przenikają się z prostym odcinkiem rurowym.

Przedstawiony system umożliwia tworzenie struktur rozgałęziających się, co w ogólnym przypadku ilustruje Fig. 9.

Fig. 20 ilustruje przykłady regularnie rozgałęzionych struktur modularnych.

Wypełnienie szczelin powstających struktur na bazie przedstawionego modułu.

W ogólnym przypadku, jak wskazują Fig. 7 i 8: w dwóch typach połączeń, mianowicie $\triangle\triangle$ (fig. 7) i $\triangle\nabla$ (fig. 8), występują szczeliny między modułami. Szczeliny te wypełnianie są dodatkowymi elementami A i B oraz symetrycznymi do nich odpowiednio: A^* i B^* . Sposób konstrukcji elementów wypełniających oraz ich związek z bryłą nieregularnej bipiramidy trygonalnej ilustruje Fig. 21.

Element wypełniający A może być skonstruowany z dowolnej bryły ograniczonej płaszczyznami $(1,0,2)$ i $(1,2,8)$. Punkt 7 leży w płaszczyźnie $(1,0,2)$ i ma współrzędne XY punktu 1 oraz współrzędną Z punktu 2. Element wypełniający B może być skonstruowany z dowolnej bryły ograniczonej płaszczyznami $(1,2,8)$ i $(1,2,9)$. Punkt 8 leży w połowie odcinka 7'9. Racjonalnie jest konstruować bryłę elementów wypełniających z tych samych rur co moduł (tak jak pokazano na Fig. 19). Elementy wypełniające A^* i B^* są symetryczne odpowiednio do A i B względem płaszczyzny XZ.

Elementy wypełniające typu A i B (oraz A^* i B^*) mają zastosowanie w przypadku połączenia typu $\triangle\triangle$, zaś w przypadku łączenia modułów typu $\triangle\nabla$ mają zastosowanie tylko elementy wypełniające A (oraz A^*), jak pokazano na Fig. 22.

Lista oznaczeń:

- 1 – pierwszą krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej 13 = podstawa trójkąta 22 = podstawa ściany 23 = podstawa ściany 24;
- 2 – druga krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej 13 = pierwszy bok trójkąta 22 = podstawa ściany 25 = podstawa ściany 26;
- 3 – trzecia krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej 13 = drugi bok trójkąta 22 = podstawa ściany 27 = podstawa ściany 28;
- 4 – czwarta krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej 13 = wspólny bok ścian 23 i 24;
- 5 – piąta krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej 13 = wspólny bok ścian 23 i 27;
- 6 – szóstą krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej 13 = wspólny bok ścian 24 i 27;
- 7 – siódma krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej 13 = wspólny bok ścian 24 i 26;
- 8 – ósma krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej 13 = wspólny bok ścian 24 i 28;
- 9 – dziewiąta krawędź nieregularnej bipiramidy trygonalnej 13 = wspólny bok ścian 26 i 28;
- 10 – dwusieczna kąta płaskiego β ściany 24 = dwusieczna kąta płaskiego β między krawędziami 7 i 8;
- 11 – dwusieczna kąta płaskiego α ściany 23; = dwusieczna kąta płaskiego α między krawędziami 4 i 5;
- 12 – wierzchołek nieregularnej bipiramidy trygonalnej 13;
- 13 – nieregularna bipiramida trygonalna;
- 14 – kwadrantu (ćwiartka) odcinka prostoliniowej rury;
- 15 – prostoliniowa rura;
- 16 – oś rury 15 i kwadrantu 14 = linia przecięcia płaszczyzn 18 i 19;
- 17 – zewnętrzna powierzchnia rurowa rury 15;
- 18 – pierwsza płaszczyzna wycinająca kwadrant 14 z rury 15;
- 19 – druga płaszczyzna wycinająca kwadrant 14 z rury 15;
- 20 – pierwszy czworościan nieregularnej bipiramidy trygonalnej 13;
- 21 – drugi czworościan nieregularnej bipiramidy trygonalnej 13;
- 22 – wspólna podstawa czworościanów 20 i 21 = trójkąt;
- 23 – pierwsza ściana czworościanu 20;
- 24 – pierwsza ściana czworościanu 21;
- 25 – druga ściana czworościanu 20;
- 26 – druga ściana czworościanu 21;
- 27 – trzecia ściana czworościanu 20;
- 28 – trzecia ściana trzecia czworościanu 21;
- 29 – wewnętrzna powierzchnia rurowa.

Zastrzeżenia patentowe

1. Systemowy moduł budowlany do tworzenia struktur budowlanych, będący trójwymiarową bryłą, **znamienny tym**, że bryła tego modułu stanowi część wspólną nieregularnej bipiramidy trygonalnej (13) i kwadrantu (14) odcinka prostoliniowej rury (15), mającego oś (16) będącą osią wspomnianej rury (15), zewnętrzną powierzchnię rurową (17) oraz pierwszą (18) i drugą (19) płaszczyznę wycinającą, które są wzajemnie prostopadłe a ich linia przecięcia pokrywa się z osią (16) rury (15), przy czym wspomnianą bipiramidę (13) stanowi pierwszy (20) i drugi (21) czworościan, oba czworościany (20, 21) mają wspólną podstawę (22) w postaci trójkąta równoramiennego, podstawa tego trójkąta (22) stanowi pierwszą krawędź (1) bipiramidy (13) a dwa ramiona (2, 3) tego trójkąta (22) stanowią drugą (2) i trzecią (3) krawędź bipiramidy (13), pierwsza krawędź (1) bipiramidy (13) stanowi podstawę pierwszej ściany (23) pierwszego czworościanu (20) i podstawę pierwszej ściany (24) drugiego czworościanu (21), druga krawędź (2) bipiramidy (13) stanowi podstawę drugiej ściany (25) pierwszego czworościanu (20) i podstawę drugiej ściany (26) drugiego czworościanu (21), trzecia krawędź (3) bipiramidy (13) stanowi podstawę trzeciej ściany (25) pierwszego czworościanu (20) i podstawę trzeciej

ściany (28) drugiego czworościanu (21), wspólny bok pierwszej (23) i drugiej (24) ściany pierwszego czworościanu (20) stanowi czwartą krawędź (4) bipyramidy (13), wspólny bok pierwszej (23) i trzeciej (27) ściany pierwszego czworościanu (21) stanowi piątą krawędź (5) bipyramidy (13), wspólny bok drugiej (24) i trzeciej (27) ściany pierwszego czworościanu (20) stanowi szóstą krawędź (6) bipyramidy (13), wspólny bok pierwszej (24) i drugiej (26) ściany drugiego czworościanu (21) stanowi siódmą krawędź (7) bipyramidy (13), wspólny bok pierwszej (24) i trzeciej (27) ściany drugiego czworościanu (21) stanowi ósmą krawędź (8) bipyramidy (13), zaś wspólny bok drugiej (26) i trzeciej (28) ściany drugiego czworościanu (21) stanowi dziewiątą krawędź (9) bipyramidy (13), przy czym kolejno szоста krawędź (6), dziewiąta krawędź (9), dwusieczna (10) kąta płaskiego (β) między siódmą (7) i ósmą (8) krawędzią oraz dwusieczna (11) kąta płaskiego (α) między trzecią (3) i czwartą (4) krawędzią stanowią kolejne boki kwadratu, wierzchołek (12) bipyramidy (13), w którym zbiegają się siódma (7), ósma (8) i dziewiąta (9) krawędź znajduje się na osi (16) kwadrantu rurowego (14), dziewiąta krawędź (9) bipyramidy (13) jest prostopadła do osi (16) kwadrantu rurowego (14), leży w jego pierwszej płaszczyźnie wycinającej (18) i sięga do zewnętrznej powierzchni rurowej (17), natomiast dwusieczna (10) kąta płaskiego między siódmą (7) a ósmą (8) krawędzią bipyramidy (13) jest prostopadła do osi (16) kwadrantu rurowego (14), leży w jego drugiej płaszczyźnie wycinającej (19) i sięga do zewnętrznej powierzchni rurowej (17).

2. Systemowy moduł budowlany według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kwadrant rurowy (14) jest wycięty z rury walcowej (15).
3. Systemowy moduł budowlany według zastrz. 2, **znamienny tym**, że kąt płaski (α) między czwartą (4) i piątą (5) krawędzią bipyramidy (13) wynosi 30 stopni.

Rysunki

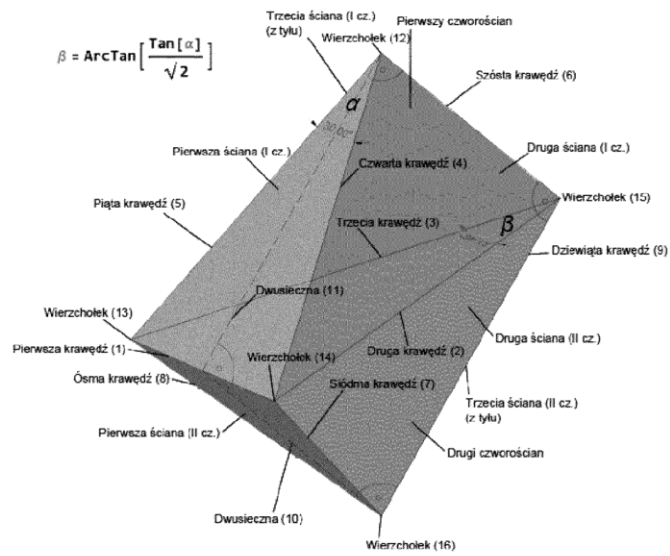


FIG. 1

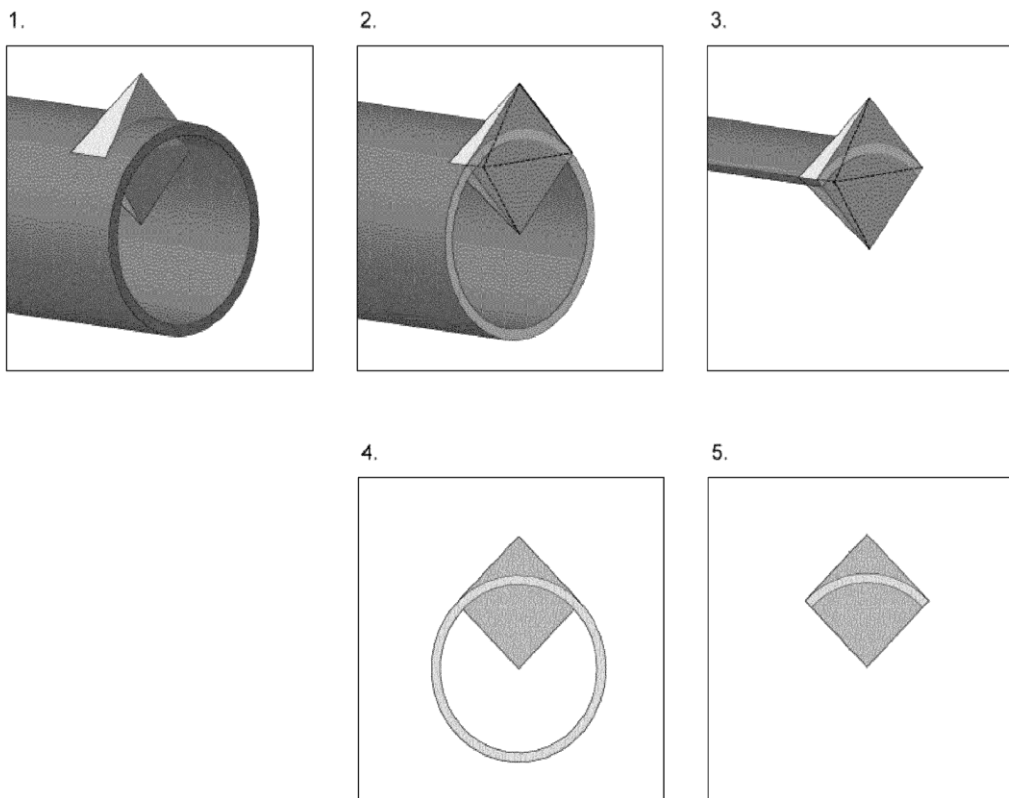


FIG. 2 (2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5)

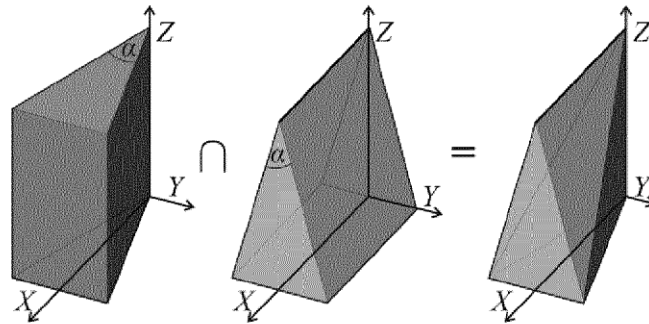


Fig. 3

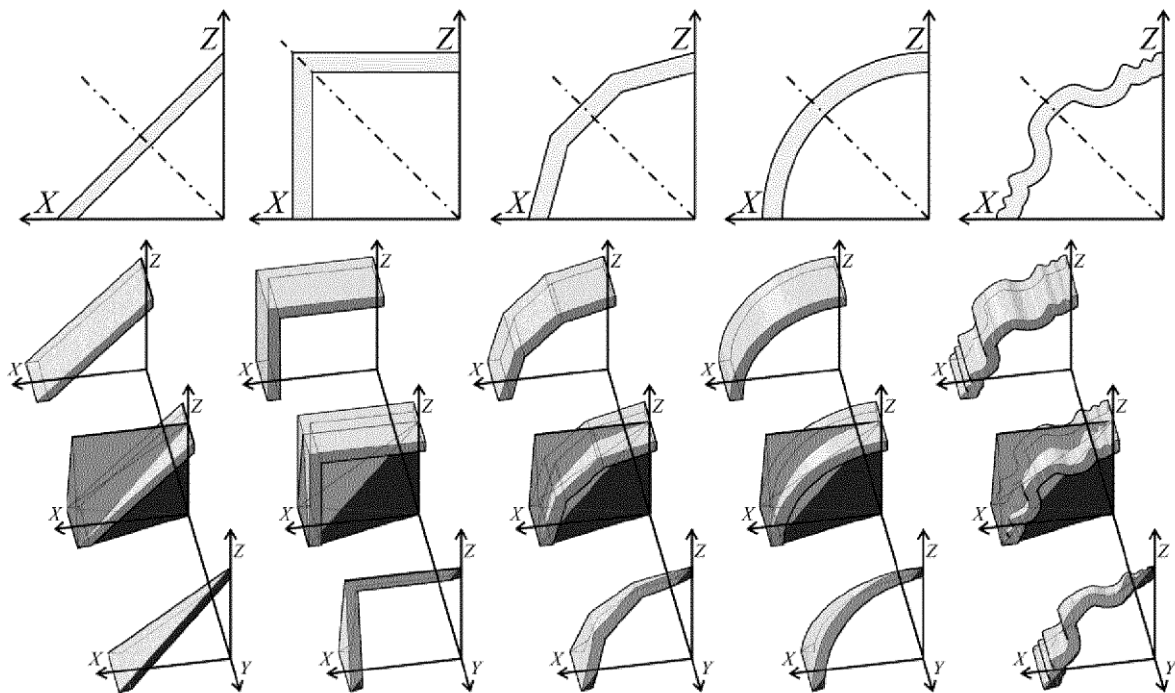


Fig. 4

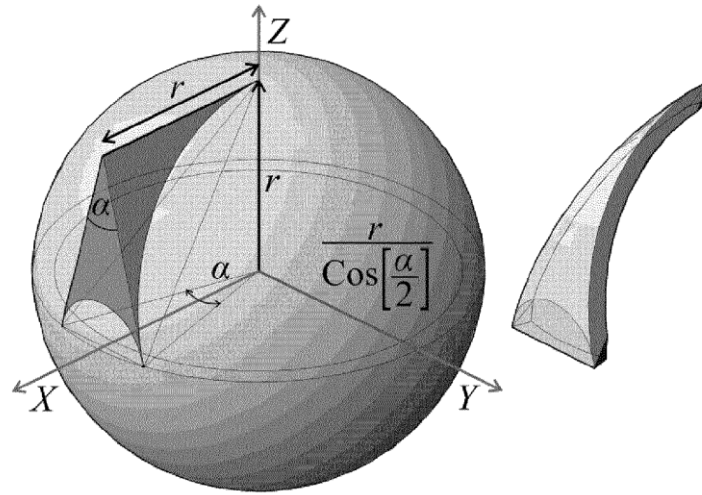


Fig. 5

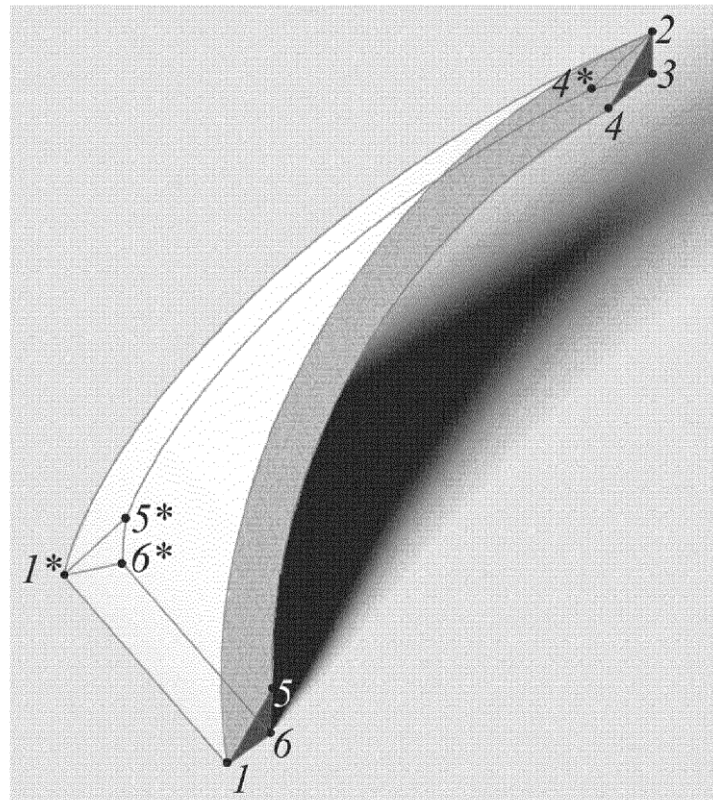


Fig. 6

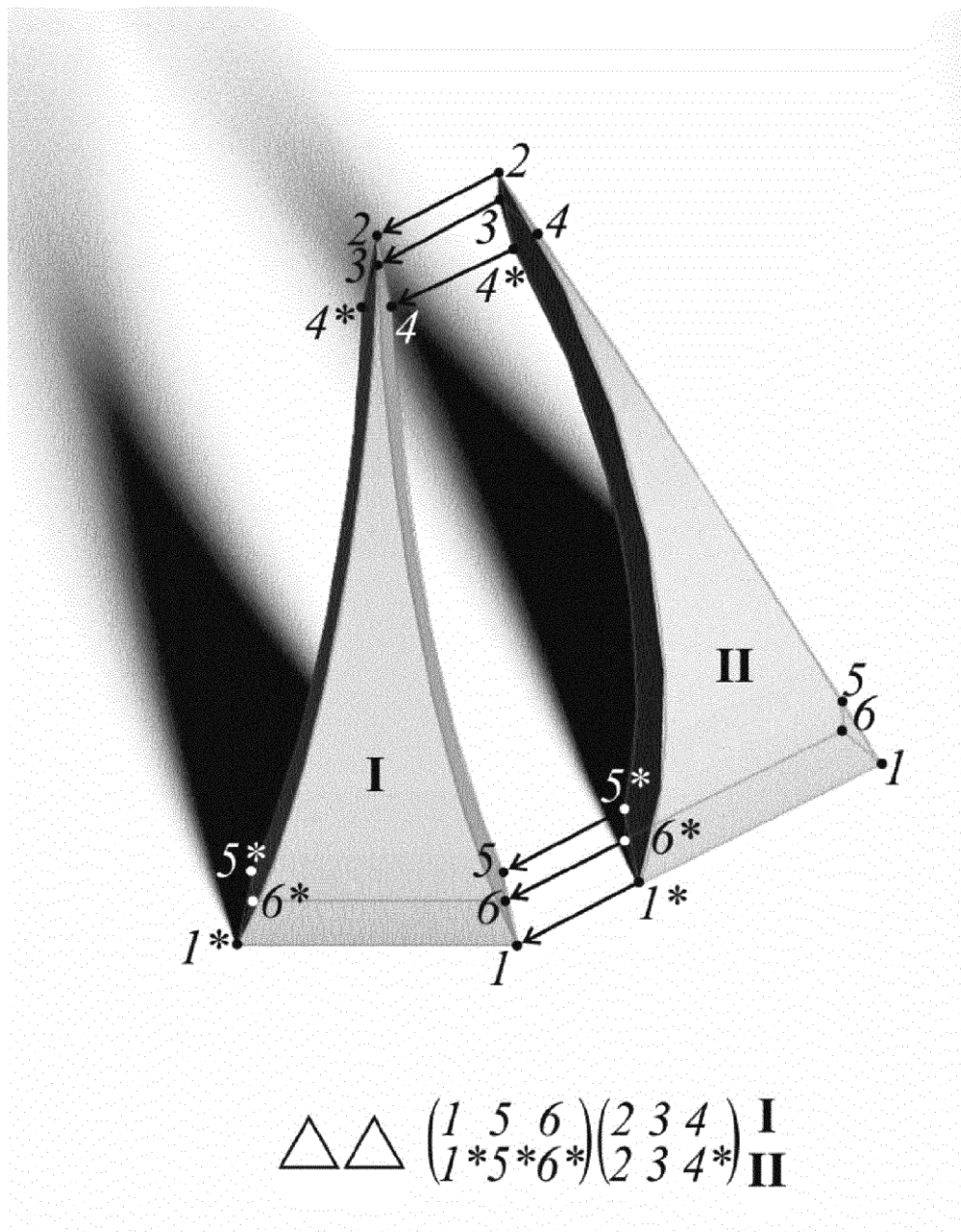


Fig. 7

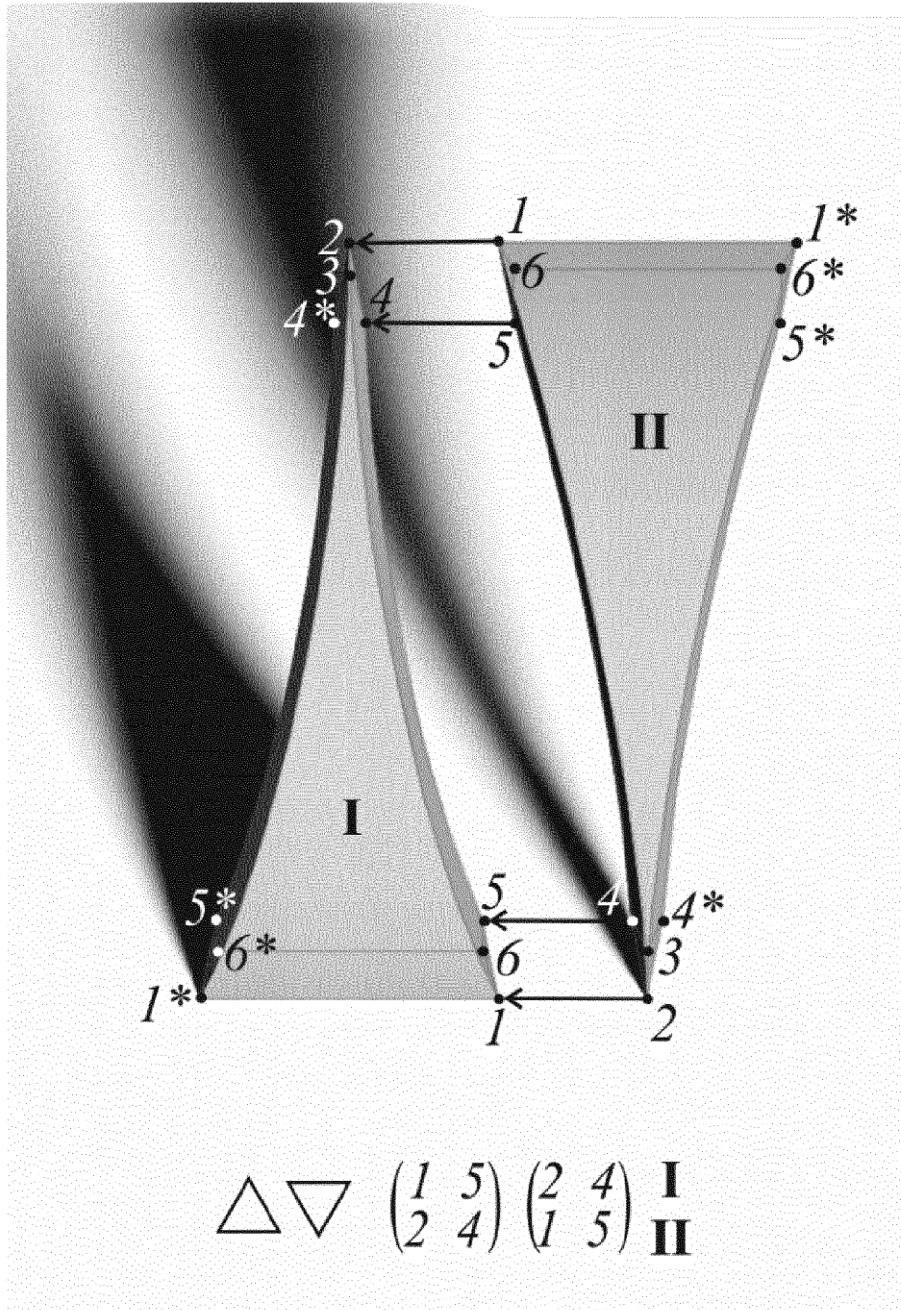


Fig. 8

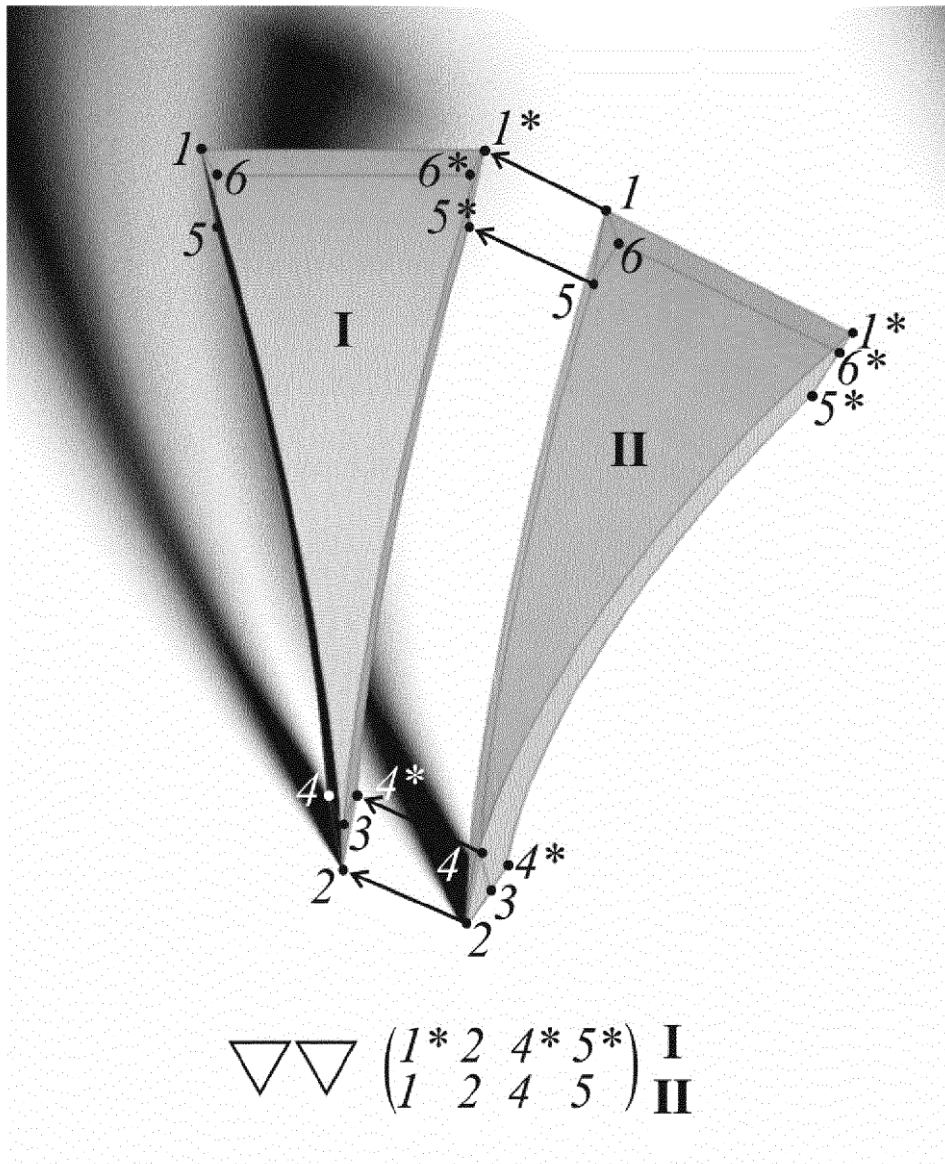


Fig. 9

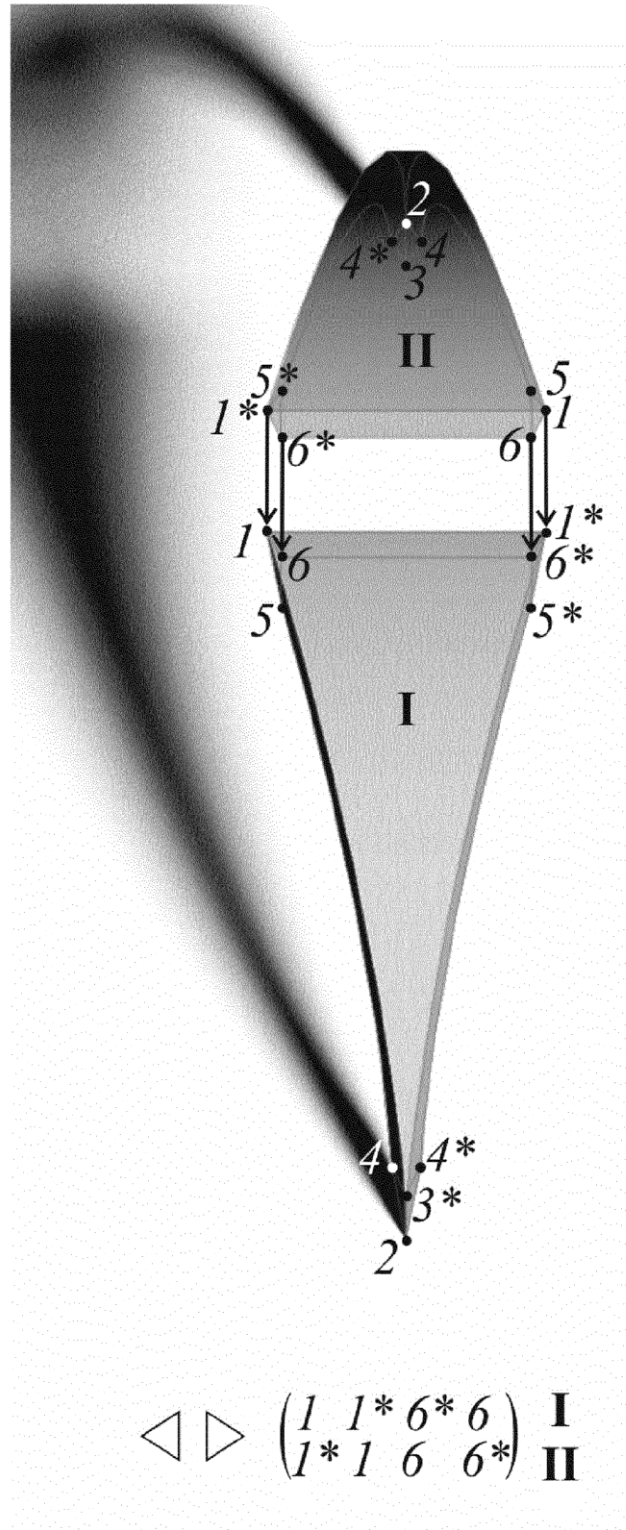


Fig. 10

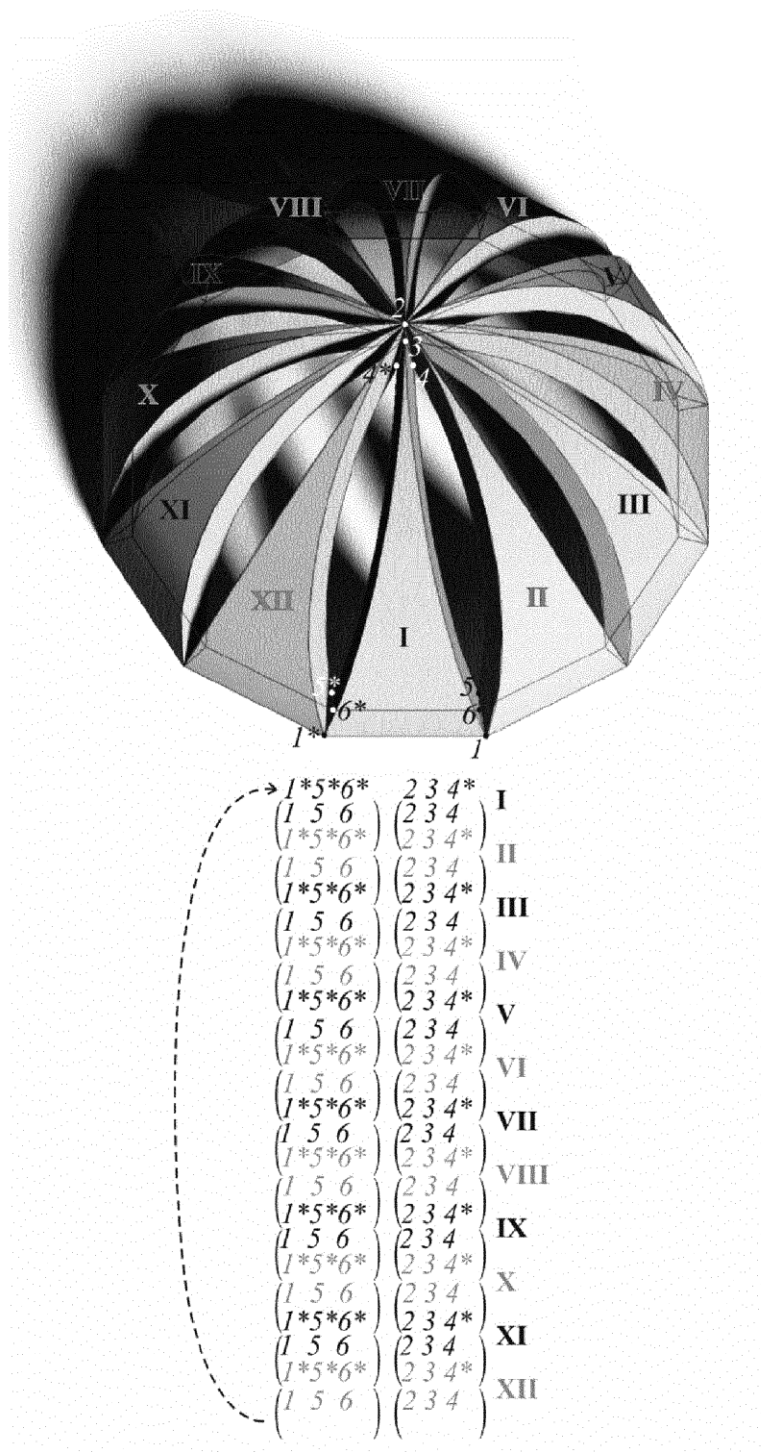


Fig. 11

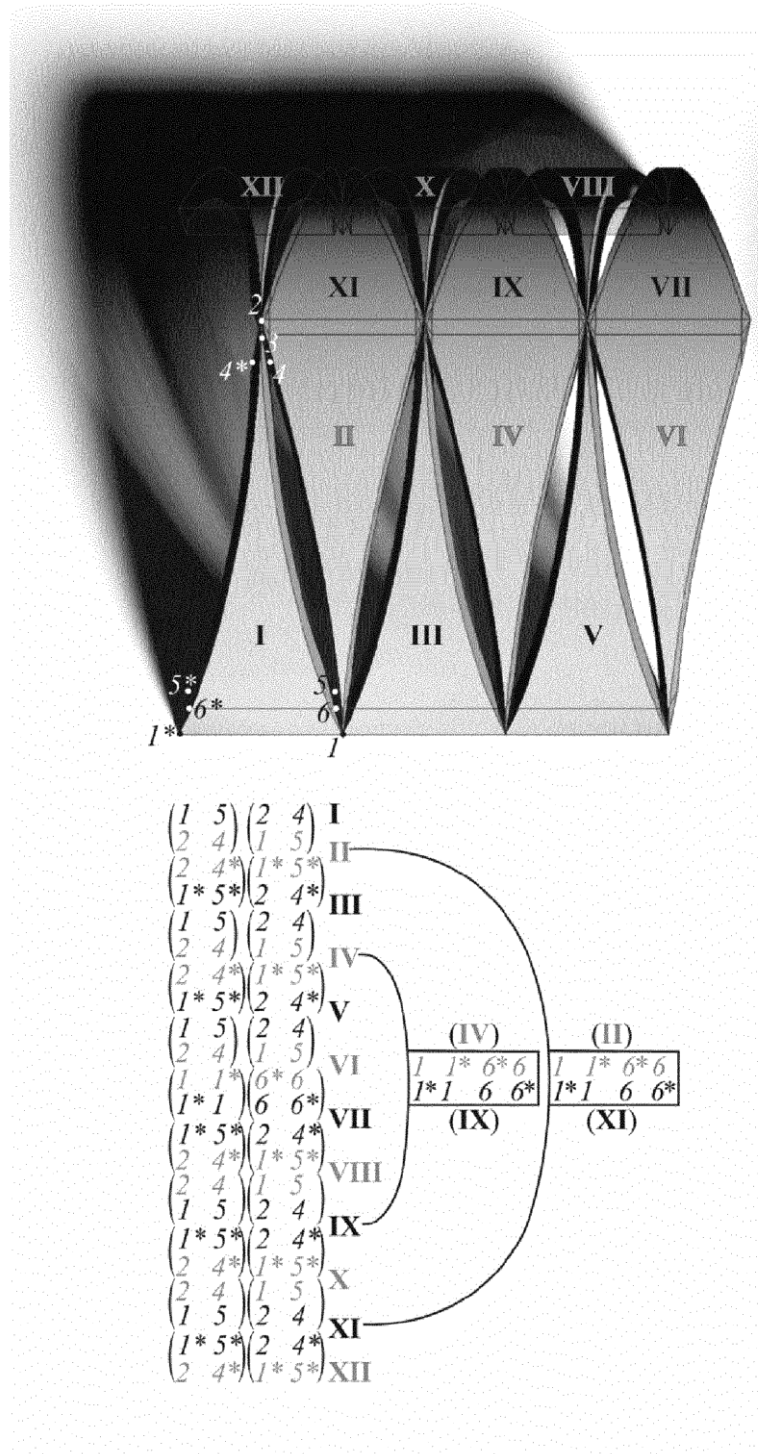


Fig. 12

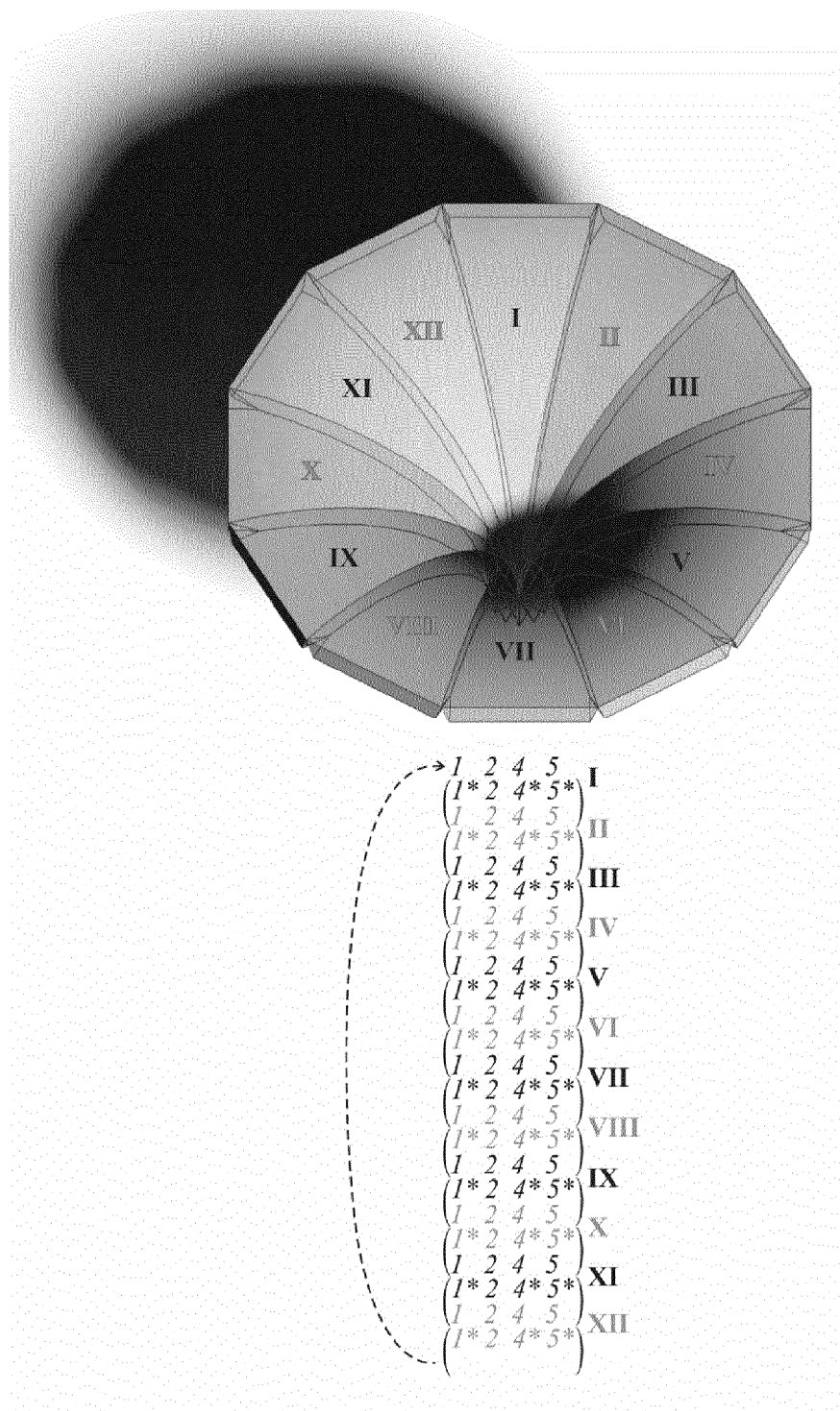


Fig. 13

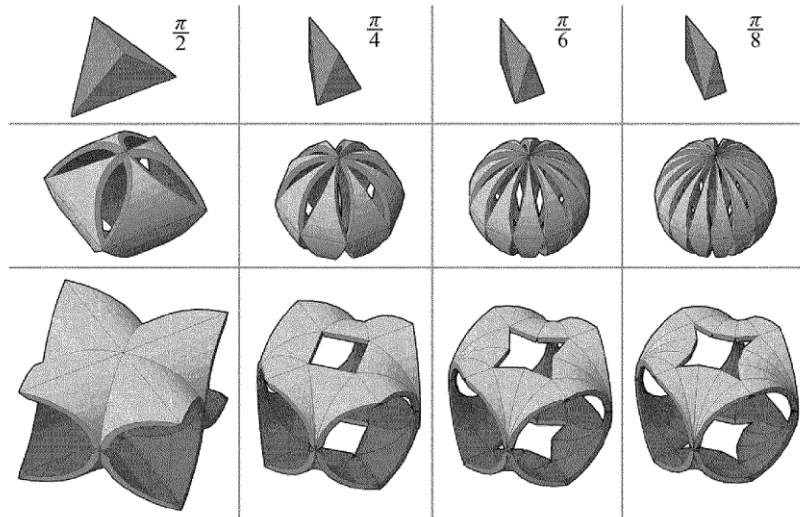


Fig. 14

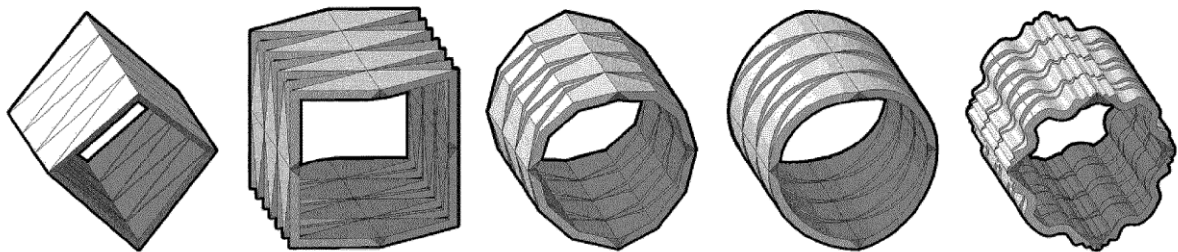


Fig. 15

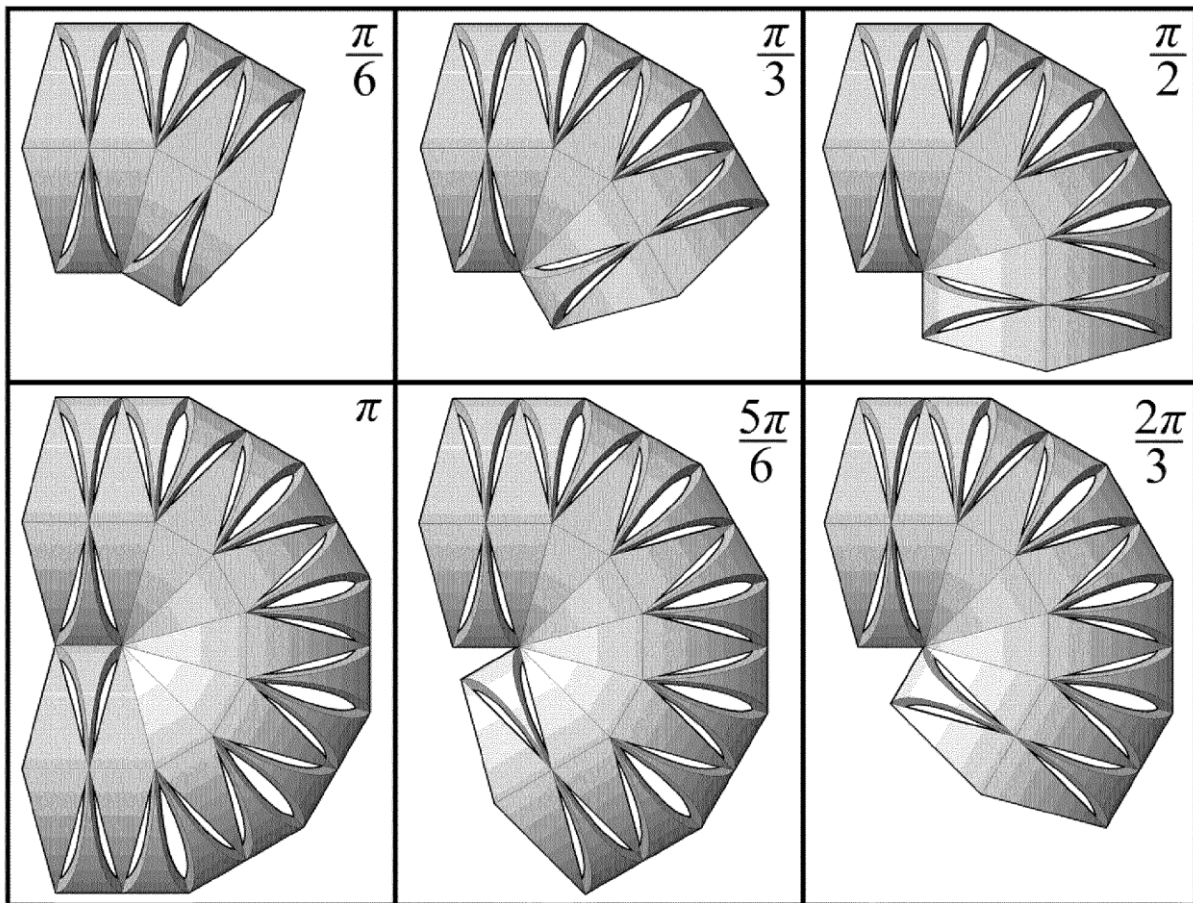


Fig. 16

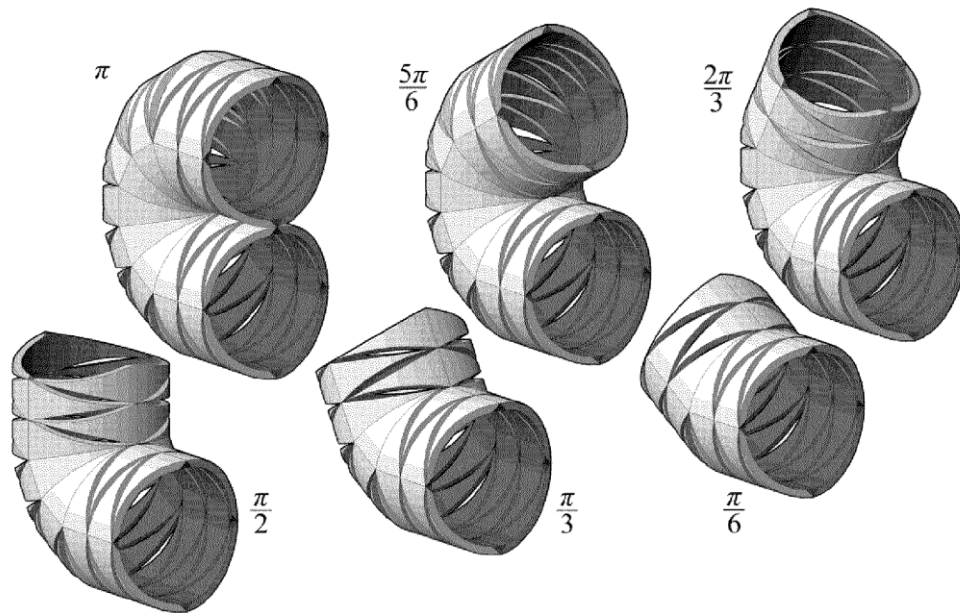


Fig. 17

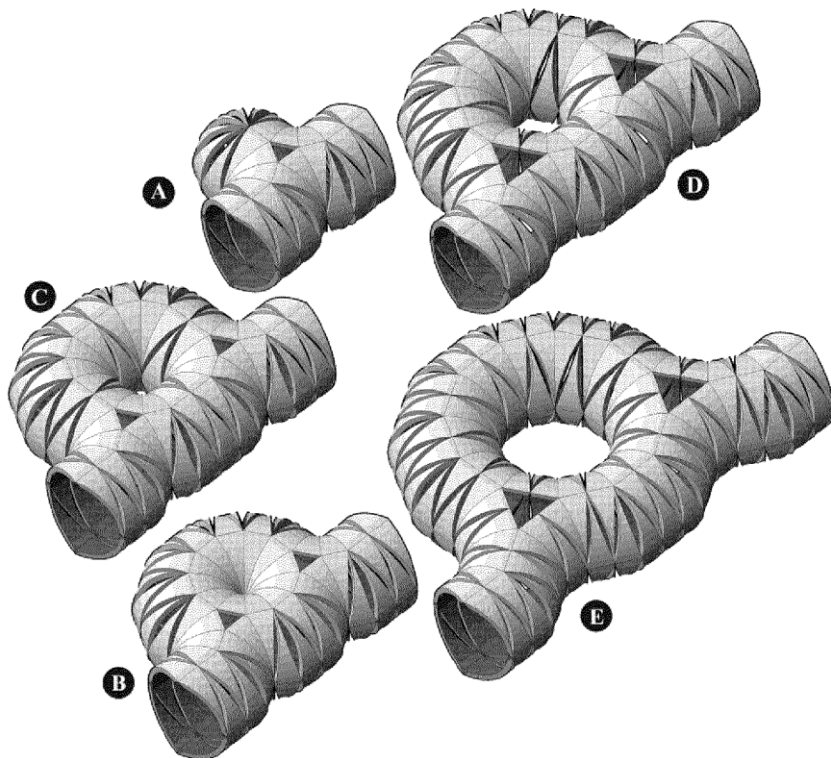


Fig. 18

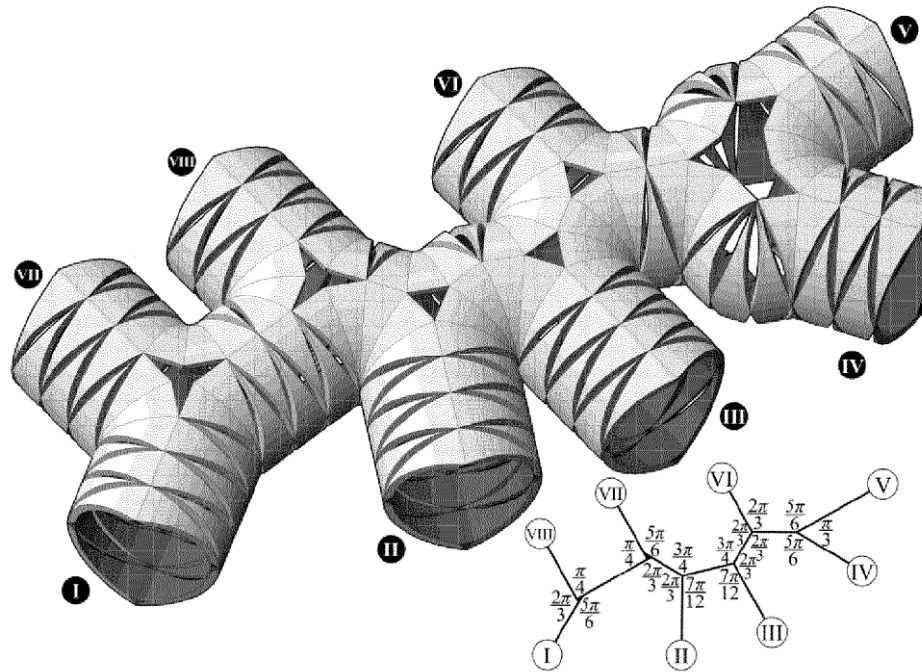


Fig. 19

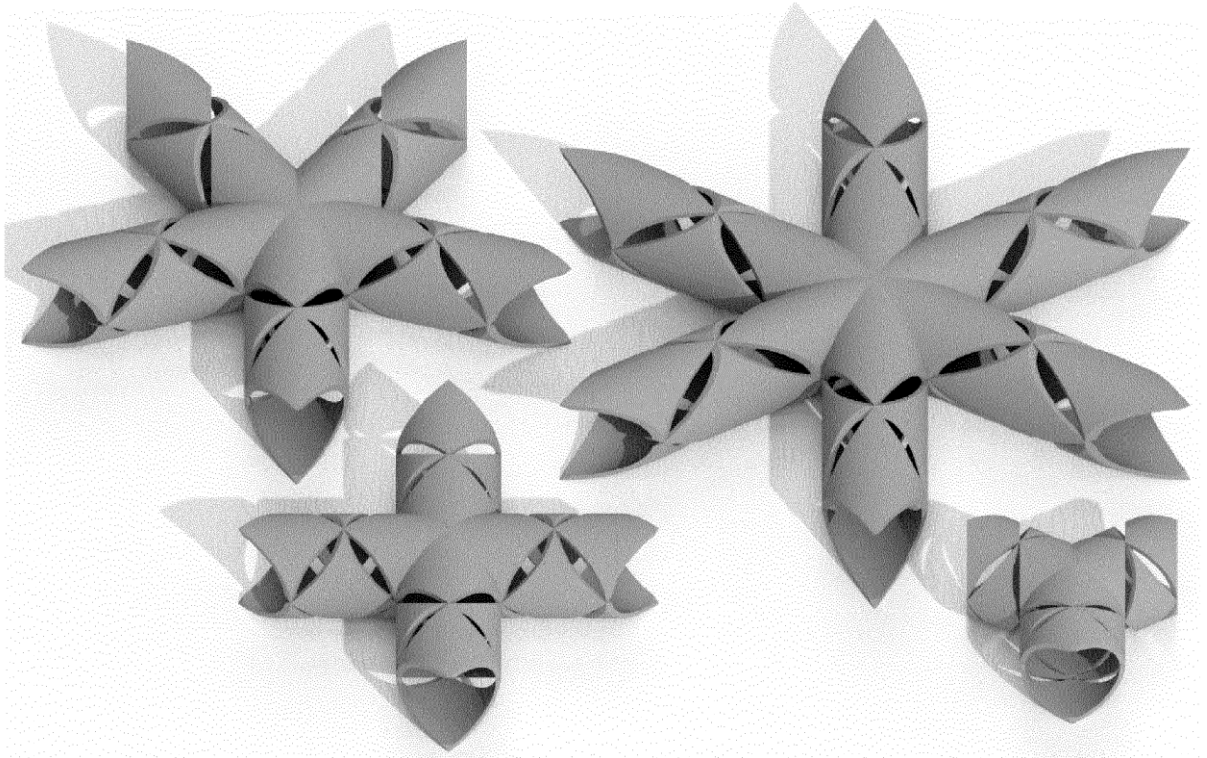


Fig. 20

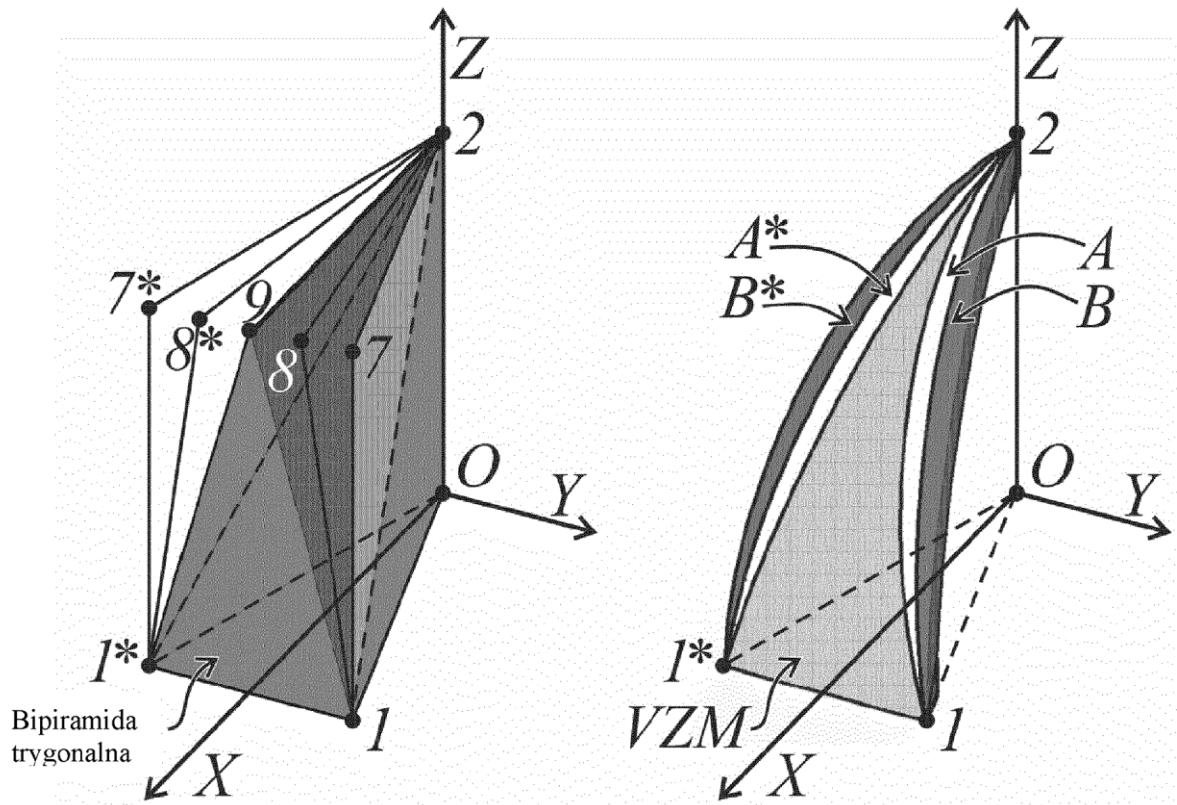


Fig. 21

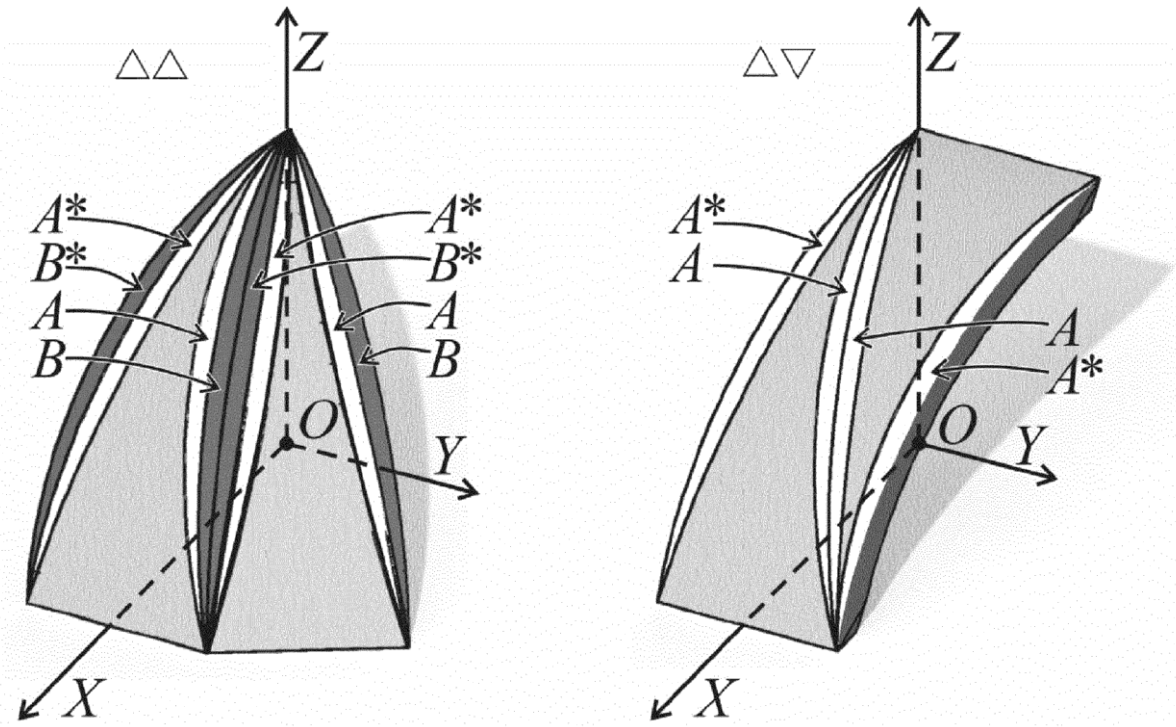


Fig. 22