

## ПИРАМИДА ХЕОПСА – МАКРОМОДЕЛЬ СТРУКТУРНОЙ НАНОЧАСТИЦЫ КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Рудаков В.Н.<sup>1</sup>, к.т.н., доц., Дорофеев В.С.<sup>2</sup>, д.т.н., проф.,  
Абракизов Д.В.<sup>1</sup>, аспирант

<sup>1</sup> Харьковский Национальный университет городского хозяйства  
им. А.Н. Бекетова;

<sup>2</sup> Одесская государственная академия строительства и архитектуры

В строительной практике уже на протяжении многих веков самой большой загадкой является форма и габариты гробниц Египетских фараонов, построенных из местных плотных известняков на известковом растворе. Специалистов поражают следующие факты: объем и соотношения элементов их тела, ювелирная точность выполнения строительных работ и прочность (долговечность) практически всех элементов сооружения включая и сохранность их фасадов без снижения архитектурной выразительности.

Результаты анализа геометрических данных Великой пирамиды Хеопса по гипотезе Т.М. Фисанович [1] позволяют считать, что ее создатель царь Сурид зная якобы о предстоящем Великом Потопе решил построить Пирамиду и зашифровать в ней все знания, которыми владели мудрейшие люди его времени, включая тайны астрономии, геометрии и физики, трактаты по драгоценным камням и механизмам, о строении небесной сферы и земного шара...

И по нашим данным, например, согласно схеме пирамиды Хеопса (рис. 1) на которой представлен общий вид и план с основными размерами [1]:

$a = 230,436$  м - сторона основания пирамиды;

$b = 219,252$  м – ребро боковой грани;

$c = 186,537$  м – апофема;

$d = 2a\sqrt{0,5} = 325,886$  м – диаметр окружности, описанной вокруг основания;

$l = \pi d = 1023,8$  м – длина окружности;

$h = 146,7$  м – высота пирамиды.

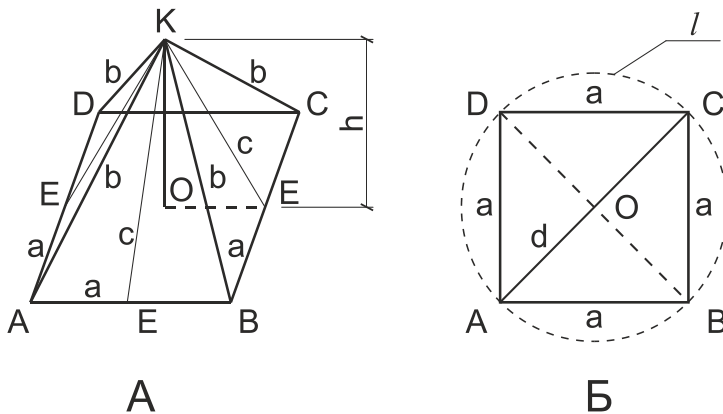


Рис. 1 - Схема пирамиды Хеопса:  
 А – общий вид; Б – план на уровне основания.

Общие математические и физические параметры:

$$\text{Число } \pi = \frac{2a}{h} = \frac{2 \cdot 230,436}{146,7} = 3,141595 \text{ (справочное значение } \pi =$$

3,141593).

$$\text{Число } e = \frac{2l}{[a+h+0,5d+\sqrt[4]{a \cdot b^2 \cdot c}]} =$$

$$= \frac{2 \cdot 1023,8}{[230,436+146,7+162,943+\sqrt[4]{230,436 \cdot (219,252)^2 \cdot 186,537}]} = 2,71828$$

(справочное значение  $e = 2,71828$ ).

Закономерность золотой пропорции [2]:

$$m = S/B = 251,0953/406,285 = 0,61803. \quad n = 1/m = 1/0,61803 = 1,61805,$$

где

$$S = 1/3 [a+h+0,5d+\sqrt[4]{a \cdot b^2 \cdot c}] = 251,0953 \text{ м};$$

$$B = 0,5l - A = 0,5 \times 1023,8 - 105,615 = 406,285 \text{ м};$$

где  $A = 0,5\sqrt[3]{a \cdot b \cdot c} = 105,6144 \text{ м}$  (справочное значение  $n = 1,6180334$ ;  $m = 0,6180334$ )...

Кроме того, удивительно точная ориентация пирамиды – среднее отклонение от истинного Севера двух ее сторон равно 3'6" и т.п.

И все же цель у нас совершенно иная, более скромная – без использования дешифровки:

1. Обосновать геометрическое тело гробницы фараона в форме тетрагональной пирамиды на основе общих принципов физики в рамках физической химии, которые включают учение о строении

вещества и превращения веществ (например, квантомеханическую природу химической связи, строение и свойства молекул и кристаллов, химическую кинетику и др.);

2. Теоретически и экспериментально показать преимущества структурного конструкционного материала перед сплошной средой по спектру физико-механических свойств, т.е. различие значений механических свойств практически одних и тех же материалов по всей их совокупности.

Поэтому, первая задача решается нами в первой статье, а вторая, соответственно, во второй...

Прежде всего следует отметить, что при проектировании строительных объектов и промышленного оборудования необходимо соблюдать, выработанные не одним поколением талантливейших ученых планеты, правила.

В редакции именитого профессора Н.М. Беляева [3] они сформулированы так: ...при проектировании несущих строительных конструкций и машиностроительных деталей необходимо знание механических свойств реальных материалов, изучению которых и рассмотрению физической картины явлений, сопровождающих различные деформации, должно быть отведено значительное место.

При этом следует учитывать то, что величины и характер деформаций под действием внешних сил связаны со структурой, строением применяемых нами кристаллических (в первую очередь) конструкционных материалов и поэтому в используемых аналитических уравнениях необходимо видеть, в первую очередь, отражение физической стороны рассматриваемого явления...

Несомненно приоритеты в разработке теории структурообразования конструкционных поликристаллов, к которым следует отнести твердые тела, состоящие из множества жестких структурных наночастиц, принадлежат лауреатам Нобелевской премии в области химии за 1913 год швейцарскому ученому А. Вернеру [4] и за 1954 год американскому ученому Л. Полингу [5,6] и в области физики за 1910 год голландскому ученому Ван дер Ваальсу [7...9].

А. Вернер впервые показал, что определенное число молекул, групп атомов или отдельных атомов, получивших название лигандов, притягиваются к центральному атому – комплексообразователю, непосредственно с ним соединяясь.

Явление притяжения центральным атомом лигандов было названо координацией, а число лигандов, присоединенных к центральному атому – координационным числом, которое можно характеризовать как «пространственное число».

Великий талант А. Вернера – автора координационной химии проявился в том, что он осуществил своеобразный синтез (соединение) стереохимии (учение о пространственном расположении атомов в

молекулах) с теорией электролитической диссоциации (распад молекулы, иона или комплексного соединения на две или нескольких частей в результате взаимодействия с растворителем).

В качестве примера отметим один из вариантов расположения лигандов в пространстве, координированных ионом-комплексообразователем при координационном числе 6 (наиболее распространенном). По А. Вернеру такой моделью изображения пространственного строения комплексных ионов может быть только октаэдр – геометрическая фигура, вписываемая в шар.

Дальнейшие исследования химической связи лигандов в границах структурного элемента конструкционного поликристалла были выполнены Л. Полингом [5,6]. Им были установлены три основных типа химической связи (рис. 2): ионная (электровалентная), ковалентная (гомеополярная) и металлическая. В ионных кристаллах электроны переходят от атомов металлов, которые становятся положительными ионами (катионами), к атомам неметаллов, которые становятся отрицательными ионами (анионами), что приводит к электростатическому притяжению между ними (рис. 2, а).

Ковалентная связь образуется в результате обобществления электронной плотности взаимодействующих атомов в пространстве между их ядрами. При ковалентной связи валентные электроны соседних атомов обобществляются, образуя «мостики» электронной плотности между связанными атомами (рис. 2, б).

Металлическая связь характерна для чистых металлов и их соединений между собой и связана с наличием электронов проводимости, свободно движущихся в решетке металла. Эти электроны электростатически взаимодействуют с положительно заряженными атомами металлов, скрепляя их между собой (рис. 2, в).

Расстояния между атомами для этих трех типов связей составляет 1,5-2,5 Å. В молекулярных кристаллах атомы внутри молекул (структурных элементов) объединены прочными ковалентными связями.

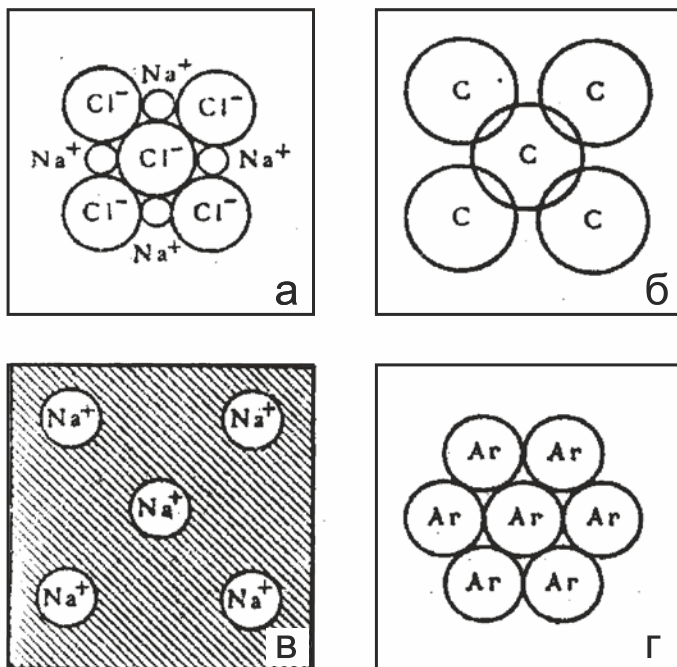


Рис. 2 - Основные типы химической связи в поликристалле по Л. Полингу [5,6,8]: а - ионная связь; б – ковалентная связь; в – металлическая связь; г – связь за счет сил Ван дер Ваальса [7,8,9].

О прочности химической связи можно судить по свободной энергии, которая тем выше, чем сильнее связь в кристаллах. Она составляет 100-200 ккал/моль для кристаллов с ковалентной связью, несколько меньше у ионных и металлических кристаллов.

При межмолекулярном взаимодействии или то же, что при взаимодействии наноструктурных элементов расстояние между атомами соседних молекул (элементов) составляет 3,5-4 Å.

Здесь между наночастицами (наноструктурными элементами) действуют силы Ван дер Ваальса [7...9], которые по своей природе являются электрическими силами, так как действуют между электрически заряженными частицами (электронами, атомными ядрами), входящими в состав атомов из которых состоят молекулы (наночастицы). Межмолекулярное взаимодействие возникает как эффективное взаимодействие этих заряженных частиц. Так как молекулы (наноструктурные элементы) содержат много заряженных

частиц, то силы взаимодействия их можно вычислить лишь приближенно. Для различных веществ эти силы различны. Свободная энергия для молекулярных кристаллов с ван-дер-ваальсовыми связями очень низка и составляет лишь 1-10 ккал/моль...

По мнению А.Е. Ферсмана, советского геохимика и минералога, одного из основоположников геохимии, академика АН СССР, лауреата Ленинской премии (1929 г.) и гос. премии СССР (1942 г.) [10] введение в кристаллохимию учения о координационном числе представляет очень крупный шаг вперед в понимании законов кристаллохимии. В сущности, именно координационное число определяет структуру соединений и этим путем влияет на радиус ионов и атомов.

Структурные исследования координационных соединений показали, например, что комплексы переходных металлов обладают значительно большим разнообразием форм строения, чем это предполагалось ранее. Только в соединениях Ni (II), к примеру, встречаются пять типов координационных полиэдров: квадрат, тетраэдр, тетрагональная пирамида, тригональная бипирамида и октаэдр...

Рентгеноструктурный анализ показал, что координационное число имеет реальный смысл и точно определяется для многих комплексных соединений. Кристаллохимические данные подтвердили основные идеи стереохимии о строении комплексных соединений и позволили одновременно существенно их дополнить...

Теперь представим структурный элемент в образе бесконечно малого эллипсоида (а не шара по А. Вернеру), описываемого вокруг бесконечно малой тетрагональной бипирамиды, метрика которой определяет механические свойства конструкционного поликристалла.

Но так как конструкционный поликристалл представляет собой совокупность наноструктурных элементов (НСЭ), хаотично расположенных по объему опытного образца, например, при осевом сжатии (растяжении), то рассмотрим поведение этой совокупности НСЭ в процессе деформирования с позиций классических физических понятий.

Уже давно известно, что атомы имеют электрическую природу, а электрическое поле – атомную, что два электрических жестко связанных противоположных заряда +q и -q (одинаковых по величине) с расстоянием между ними  $\bar{l}$  образуют электрический диполь, дипольный момент которого (рис. 3) равен [7,8,11]

$$\bar{p} = q\bar{l}. \quad (1)$$

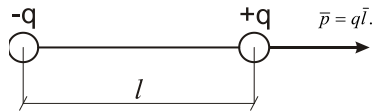


Рис. 3 - Схема действия парных зарядов (-q) и (+q)

При своем перемещении электрические диполи, как, например, в процессе деформирования конструкционного поликристалла (КП) под действием статического осевого результирующего напряжения  $\bar{\sigma}_z$ , образуют электрическое (электромагнитное) поле напряженностью  $\bar{E}$ . Если принять направление электрической напряженности  $\bar{E}$ , по аналогии с механическим напряжением  $\bar{\sigma}_z$ , совпадающим с геометрической осью опытного КП, то к диполю  $\bar{p}$  будет приложен вращательный момент

$$\bar{N} = \bar{p} \times \bar{E} = p \cdot E \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол между направлением векторов смещения  $\bar{l}$  и напряженности электрического поля  $\bar{E}$ , который стремится повернуть ось диполя в направлении поля  $\bar{E}$ . Направление момента пары сил  $\bar{N}$  совпадает с направлением оси вращения диполя – оно перпендикулярно  $\bar{p}$  и  $\bar{E}$ .

В физике это явление именуется поляризуемостью, т.е. способностью атомов, ионов и молекул в электрическом поле  $\bar{E}$  приобретать дипольный момент  $\bar{N}$  [7,8,11].

И если теперь учесть силы электромагнитного взаимодействия между наноструктурными элементами [7...9], т.е. наделять наноструктурные элементы физическими свойствами электрического диполя, то в процессе деформирования опытного образца КП можно обнаружить на его бетонных поверхностях следы линий скольжения (рис. 4).

Таким образом, применение нанотехнологии на уровне исследования процесса деформирования КП при осевом сжатии (растяжении) под действием статической нагрузки позволило однозначно установить механизм деформирования КП – это строго ориентированное скольжение на макроуровне за счет смещения в процессе деформирования поляризованных наноструктурных элементов КП.

Причем, ориентация плоскостей скольжения (линий скольжения) на боковых поверхностях опытных образцов КП относительно плоскости действия осевой нагрузки избирательна в соответствии с физической природой КП и габитусом НСЭ.

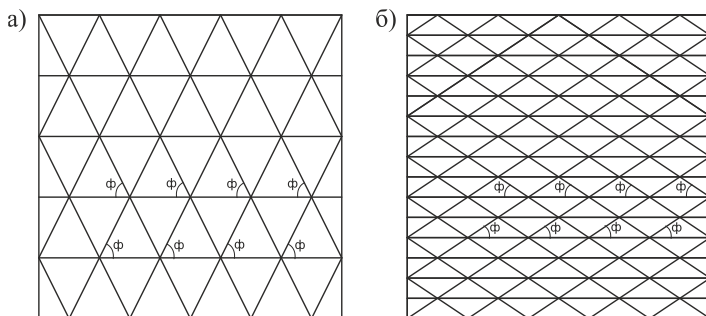


Рис. 4 - Схема образования линий скольжения на боковых поверхностях КП при осевом сжатии (растяжении) опытных образцов: а – при метрике наноструктурного элемента (тетрагональной бипирамиды)  $\phi \cong 65^\circ$ ; б – то же, при  $\phi \cong 35^\circ$ .

**Вывод.** Отметим еще и то, что картина физики разрушения опытного образца КП дает возможность аналитическим путем определить характеристики механических свойств КП.

### Summary

**Proposed to study the geometric shape of the nanostructured element of structural material, which are adequate great Egyptian pyramids. Attention is paid to the interaction forces between the NSE, which are electrical in nature (van der Waals forces). Therefore NSE during deformation can acquire a dipole moment.**

1. Фисанович Т.М. Таинственный мир пирамид. – М.: РИПОЛ КЛАССИК, 2002. – 448 с.
2. Коробко В.И. Закономерности золотой пропорции в строительной механике. – Ставрополь, СПИ., 1991. – 112 с.
3. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. 14-ое изд. – М.: «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1965. – 856 с.
4. Старосельский П.И., Соловьев Ю.И. Альфред Вернер и развитие координационной химии. – М.: «Наука», 1974. – 312 с.
5. Паулинг Л. Природа химической связи. Пер. с англ. – М.: - Л.: Госхимиздат, 1947 – 440 с.
6. Полинг Л. Общая химия. Пер. с англ. – М.: «Мир», 1974 – 848 с.
7. Кузьмичев В.Б. Законы и формулы физики / Отв. ред. В.К. Тартаковский. – Киев: Наук. думка, 1989. – 864 с. – Библиогр.: с. 846-848.
8. Физика. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред.. А.М. Прохоров. – 4-е изд. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1999 – 944 с.
9. Астахов А.В. Курс физики; Том I. // Механика. Кинетическая теория материи. / Под общей ред. Ю.М. Широкова – М.: «Наука», 1977 – 384 с.
10. Ферсман А.Е. Избранные труды, т. III. – М.: Изд-во АН СССР, 1955 – 103 с.
11. Тамм И.Е. Основы теории электричества. – М.: Наука, 1976. – 616 с.