

# МЕТОДЫ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ

Наночастицы — один из наиболее общих терминов для обозначения изолированных ультрадисперсных объектов, во многом дублирующий ранее известные термины (коллоидные частицы, ультрадисперсные частицы), но отличающийся от них чётко определёнными размерными границами во всех трёх измерениях: от 1 до 100 нм. Твердые частицы размером менее 1 нм обычно относят к кластерам, более 100 нм — к субмикронным частицам.

# Аэрогели и ксерогели

Ксерогель — специальный гель, из которого удалена жидкая среда. Благодаря этому он приобретает новые свойства: уменьшается пористость и уменьшается давление внутри геля.

Аэрогель — специальная форма геля, из которого жидкая среда удалена таким образом, который позволяет предотвращать какое-либо сжатие или изменение структуры при удалении жидкости.

# Получение

Получение аэрогеля и ксерогеля основано на удалении жидкой фазы из гидрогеля кремнекислоты без заметного сжатия скелета геля. В этих условиях пар удаляется из пор геля, не вызывая сжатия его скелета.

Большинство гелей состоит из волокон субмикроскопических элементов, которые удерживают жидкую фазу примерно так, как губка держит воду. При непосредственном испарении жидкостей - высушивании - гели сжимаются до очень малых размеров по сравнению с первоначальным объемом. Для того, чтобы избежать заметного сжатия геля при удалении из него воды, нужно предварительно заменить воду жидкостью, не реагирующей химически с кремнеземом, и такой гель нагреть в автоклаве до критической температуры при давлении не ниже критического, после чего пары жидкости удалит.

# Получение аэрогелей



Наиболее распространены кварцевые аэрогели. Их минимальная плотность равна  $1 \text{ кг/м}^3$  (вакуумированная версия), что в 1000 раз меньше плотности воды и даже в 1,2 раза меньше плотности воздуха. Среди твердых тел меньшую плотность имеют лишь металлические микрорешётки (чья плотность может достигать  $0,9 \text{ кг/м}^3$ ). Кварцевые аэрогели пропускают свет в мягком ультрафиолете, видимой области (с длиной волны больше 300 нм) и инфракрасном диапазоне.

Благодаря чрезвычайно низкой теплопроводности ( $\sim 0,017 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  в воздухе при атмосферном давлении), меньшей, чем теплопроводность воздуха ( $0,024 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ), они применяются в строительстве в качестве теплоизолирующих и теплоудерживающих материалов. Температура плавления кварцевого аэрогеля составляет  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Углеродные аэрогели (аэрографиты) состоят из наночастиц, ковалентно связанных друг с другом. Они электропроводны и могут использоваться в качестве электродов в конденсаторах.

Глинозёмные аэрогели из оксида алюминия с добавками других металлов используются в качестве катализаторов.

# Получение наночастиц распылением

К физическим методам получения УД материалов относятся методы распыления, процессы испарения–конденсации, вакуум–сублимационная технология, методы превращений в твёрдом состоянии. Метод распыления струи расплава жидкостью или газом заключается в том, что тонкая струя жидкого материала подается в камеру, где разбивается в мелкие капли потоком сжатого инертного газа или струей жидкости. В качестве газов в этом методе используют аргон или азот; в качестве жидкостей – воду, спирты, ацетон, ацетальдегид.



Вакуумное распыление  
путем диспергирования расплава  
под действием распределённого в нем азота или  
водорода в камере с пониженным давлением;

Катодное распыление — получение тонкой  
пленки покрытия  
распылением материала катода при газовом разряде;

Плазменное распыление струи расплавленного  
металла или сплава за счет  
кинетической энергии струи  
высокотемпературной плазмы;



Распыление водой — способ получения металлических порошков диспергированием струи расплава водой высокого давления (3,5 -20 МПа).

Для предотвращения окисления распыление водой часто проводят в защитной газовой среде (азоте или аргоне).

Распыление водой — один из наиболее, экономичных, методов получения порошков металлов и сплавов. Он обеспечивает равномерное распределение компонентов в частицах, позволяет контролировать размеры и форму частиц, их структуру и не требует больших капитальных затрат.

Распыление водой получают порошки железа, цинка, стали, никеля и др. сплавов, чугунов;

Распыление газом — способ получения металлических порошков диспергированием струи расплава за счет кинетической энергии струи газа высокого давления (0,2-0,3 МПа). В промышленности основным способом распыления газом является двухструнное распыление с внешним смешением. Используются форсунки двух конструкций — со свободным падением струи металла и с ограничением струи. Обычно при распылении газом размер частиц уменьшается с ростом давления и температуры расплава, а так же с уменьшением соотношения скорости, потоков металла и газа. Распыление азотом или аргоном получают порошки с низким содержанием кислорода. В качестве распыляющего агента при распылении газом могут использоваться так же водяной пар и воздух.

Струя газа подается через многоочковую трубу на струю расплава импульсами частотой 60-120 кГц; скорость движения газа  $< 2 M$  (удвоенная скор, звука). Скорость, охлаждения распылённых капель  $10^7 - 10^8 K/c$ .

Распыление с пиролизом — метод получения порошков оксидов металлов, основанный на пиролизе солей при распылении их растворов. Раствор солей металлов, главным образом нитратов в этаноле, распыляется в камеру-реактор, помещённую в электрическую печь. В камере-реакторе идет пиролиз, в результате образуются оксиды азота и (после затвердевания) частицы порошков оксидов металлов. Форма частиц зависит от скорости, нагрева капель, добавок к раствору, например глицерина и др.;

Центробежное распыление — раствор расплава металла под действием центробежных сил. Осуществляется разными методами, например методом быстро вращающегося диска, электрода и др.