

# ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

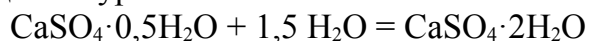
## *Гипсовое литье. Немного теории*

В этой заметке я позволю себе позанудствовать, ибо посвящена она будет простым расчётам, связанным с процессами, протекающими при изготовлении изделий из гипса и тому, что из этих расчётов следует.

Человечеству давно известен сульфат кальция  $\text{CaSO}_4$  (кальциевая соль серной кислоты). Это соединение встречается в природе непосредственно, в виде минерала ангидрита, и как многие другие неорганические соли оно способно образовывать кристаллогидраты – реагировать с водой, включая её в состав своей кристаллической решётки. В народном хозяйстве у  $\text{CaSO}_4$  используются два его кристаллогидрата, тоже встречающиеся в природе – алебастр и гипс.

Алебастр имеет формулу  $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – в ней на две «молекулы» (формульные единицы)  $\text{CaSO}_4$  приходится одна молекула воды. Частенько состав данного вещества записывают иначе:  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ , из-за чего алебастр также зовут «полуводным сульфатом кальция». Второй кристаллогидрат состава  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , то есть двухводный сульфат кальция – это и есть гипс.

Важным свойством, обуславливающим практическое применение указанных соединений, является их способность превращаться друг в друга. Именно такое превращение происходит, когда порошок алебастра (его называют ещё «строительным гипсом») смешивают с водой. Взаимодействие их происходит по уравнению:



Реакция сначала не имеет видимых признаков своего протекания, а с учётом того, что исходные вещества обычно смешивают не абы как, а в определённом соотношении, то получаемая смесь – «гипсовое тесто» – после затворения некоторое время обладает консистенцией сметаны и может быть залита в подготовленную для неё форму. Если оставить «тесто» в покое, то оно вскоре «схватится» – потеряет текучесть и затвердеет, превратившись в «гипсовый камень». При промышленном производстве алебастра проводят обратную реакцию – добытый природный гипс подвергают обжигу для отъёма у него кристаллизационной воды.

В соответствии с приведённым выше уравнением 1 моль алебастра реагирует с полутора молями воды. Принимая во внимание молярные массы реагентов (145 г/моль и 18 г/моль соответственно), 145 г  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  при взаимодействии с  $1,5 \cdot 18 = 27$  г  $\text{H}_2\text{O}$  образуют 172 г гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

На упаковке встречающегося в продаже алебастра разных марок часто приводится рекомендуемая пропорция для соединения материала с водой – мне попадались значения от 1 : 1 до 1 : 0,6. Если отталкиваться от последнего соотношения, то легко вычислить, что 145 г алебастра (предполагаем, что он не содержит примесей) советуется затворить с  $0,6 \cdot 145 = 87$  г воды. Выше мы выяснили, что из них только 27 г пойдут на образование гипса. Куда же денутся остальные  $87 - 27 = 60$  г? Да никуда – после схватывания эта вода останется в порах материала. Именно по этой причине гипсовые отливки после затвердевания приходится сушить, а с учётом того, сколько воды остаётся «невостребованной» (для рассмотренного соотношения 1 : 0,6 это  $60 / 172 \approx 26\%$ ), становится понятно, почему для просушки требуется немало времени, особенно если отливка массивна и компактна, то есть имеет сравнительно небольшую открытую поверхность, с которой испарение избыточной влаги и происходит. Здесь стоит добавить, что высохшее изделие из гипса сохраняет способность хорошо впитывать воду – это обстоятельство заметно ограничивает сферы применения данного материала на практике.

К сожалению, замесить алебастр и воду в пропорции 145 : 27 (как того требует уравнение реакции) и после схватывания сразу получить «сухой» продукт, не выйдет, так как компоненты в этом случае банально не получится перемешать до однородного состояния «теста». Воду в

любом случае приходится добавлять в том или ином избытке. С другой стороны, в зависимости от предъявляемых к гипсовым отливкам требований соотношение исходных реагентов можно несколько варьировать.

Меньшее количество используемой воды увеличивает вязкость гипсового теста, что затрудняет выход из него пузырьков воздуха, попадающих при перемешивании. Это может повлечь образование каверн и полостей в гипсовом камне, но твёрдость материала будет выше, да и на сушку потребуется меньше времени.

Если же воды взять побольше, то гипсовое тесто получится жиже, пузыри из него будут прекрасно выходить и при заполнении им формы вполне возможно избежать дефектов литья, однако за это придётся расплачиваться заметной пористостью отливки (читай – меньшей механической прочностью) и долгой её просушкой.

Как бы там ни было, высыхания гипсовых отливок приходится ждать, хотя несколько ускорить его можно даже в домашних условиях осторожным нагревом. Главное тут – не перестараться и избегать температур выше 100 °С, поскольку при сильной «прожарке» начинается дегидратация гипса (отщепление от него кристаллизационной воды) и превращение его обратно в алебастр, а то и в ангидрит. Поэтому в летний сезон лучше сушить гипсовые изделия на проветриваемой и освещаемой солнцем площадке (например, на балконе), а с приходом холодов сушку можно выполнять на отопительных батареях.

В продемонстрированных здесь расчётах алебастр принимался химически чистым, но в реальности это не так, и в материале всегда есть примеси. Их содержание и характер обусловлены местом происхождения исходного сырья и разница бывает легко заметна даже на глаз, что иллюстрируется снимком ниже. На нём сверху слева – высушенная гипсовая отливка (плитка) из алебастра производства ООО «Престиж-С», сверху справа – плитка из строительного гипса производства фирмы «Knauf», а внизу фото показан образец гипса из шахты в Пешелани (Арзамасский район Нижегородской области):



© Широков Александр, 19.10.2021