

КАЗАХСКАЯ ГОЛОВНАЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ

Дисциплина «Технология бетона-1»

Лекция 7. Структура бетона

Акад.проф.Колесникова И.В.

УРОВНИ СТРУКТУРЫ БЕТОНА

МАКРОСТРУКТУРА

Бетон - как система «матрица(растворная составляющая) – контактная зона-крупный заполнитель».

В матрице рассматриваются поры – пространства различного происхождения, не заполненные растворным веществом

МЕЗОСТРУКТУРА

Бетон - как система «матрица (цементный камень)-контактная зона-мелкий заполнитель»

МИКРОСТРУКТУРА

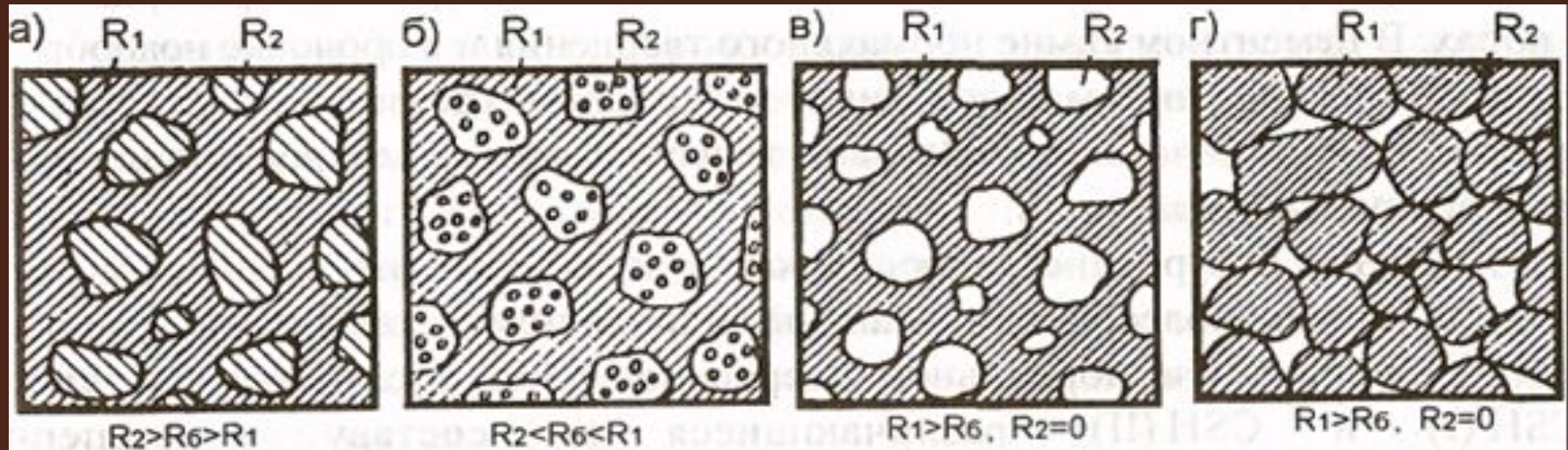
Строение цементного камня.

В цементном камне выделяют кристаллический сросток (каркас), цементный гель («цементный клей») и поры

КЛАССИФИКАЦИЯ МАКРОСТРУКТУРЫ :

-по содержанию и размещению цементного камня

-по плотности



Основные типы макроструктуры бетона: а – плотная; б – плотная с пористым заполнителем; в – ячеистая; г – зернистая: R_6 – средняя прочность структуры; R_1 и R_2 – прочностя составляющих бетона

Плотная структура может иметь контактное расположение заполнителя, когда его зерна соприкасаются друг с другом через тонкую прослойку цементного камня, и «плавающее» расположение заполнителя, когда его зерна находятся на значительном удалении друг от друга.

Анизотропность (изотропность) макроструктуры бетона



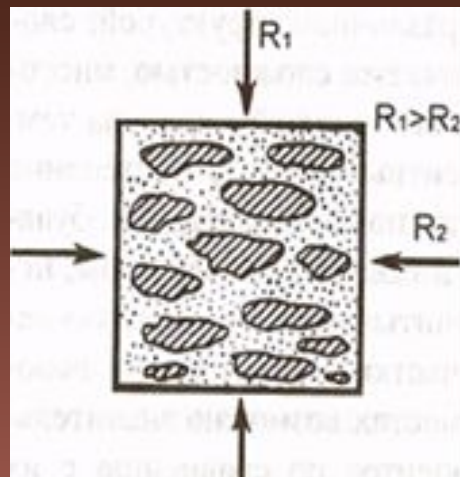
Неоднородность макроструктуры бетона

Элементарная ячейка структуры бетона

- 1 – зерна заполнителя;
- 2 – контактная зона;
- 3 – зона ослабленной структуры вследствие седиментации;
- 4 – воздушные пузырьки;
- 5 – зона уплотнений структуры;
- 6 – крупные седиментационные поры

В контактной зоне содержатся более или менее дефектные места, непрореагировавшие зерна, микротрещины.

Структура бетона доброкачественная, если $V/C_{ист} = (0,86 \dots 1,65) НГ$



Прочность бетона с лещадным заполнителем

МИКРОСТРУКТУРА БЕТОНОВ

Характеризуется строением цементного камня

Микроструктура цементного камня состоит из :

- непрореагировавших зерен цемента
- новообразований
- микропор различных размеров

По своему строению она напоминает бетон (если считать непрореагировавшие зерна заполнителем). Проф. В. Н. Юнгом подобная структура была образно названа «микробетоном».

Новообразования

-гидросиликаты кальция.

Состав и строение гидросиликатов зависят от отношения CaO к SiO_2 (C/S). Наиболее распространены гидросиликаты кальция тоберморитовой группы. При нормальном твердении образуются минералы типа CSH (I) и CSH (II).

CSH (I) - гидросиликаты кальция переменного состава с соотношением $\text{C/S} = 0,8 \dots 2$,

CSH(II) - гидросиликаты кальция с соотношением $\text{C/S} = 1 \dots 1,5$

C – S – H - полукристаллические и аморфные формы гидросиликата кальция

- **кристаллы гидроксида кальция** (минерал портландит) выделяются в поровом пространстве между клинкерными зернами, на поверхности воздушных пор, в системе гидросиликатного геля, иногда срастаясь с кристаллами других минералов.
- **гидроалюминаты кальция и гидросульфалюминаты**

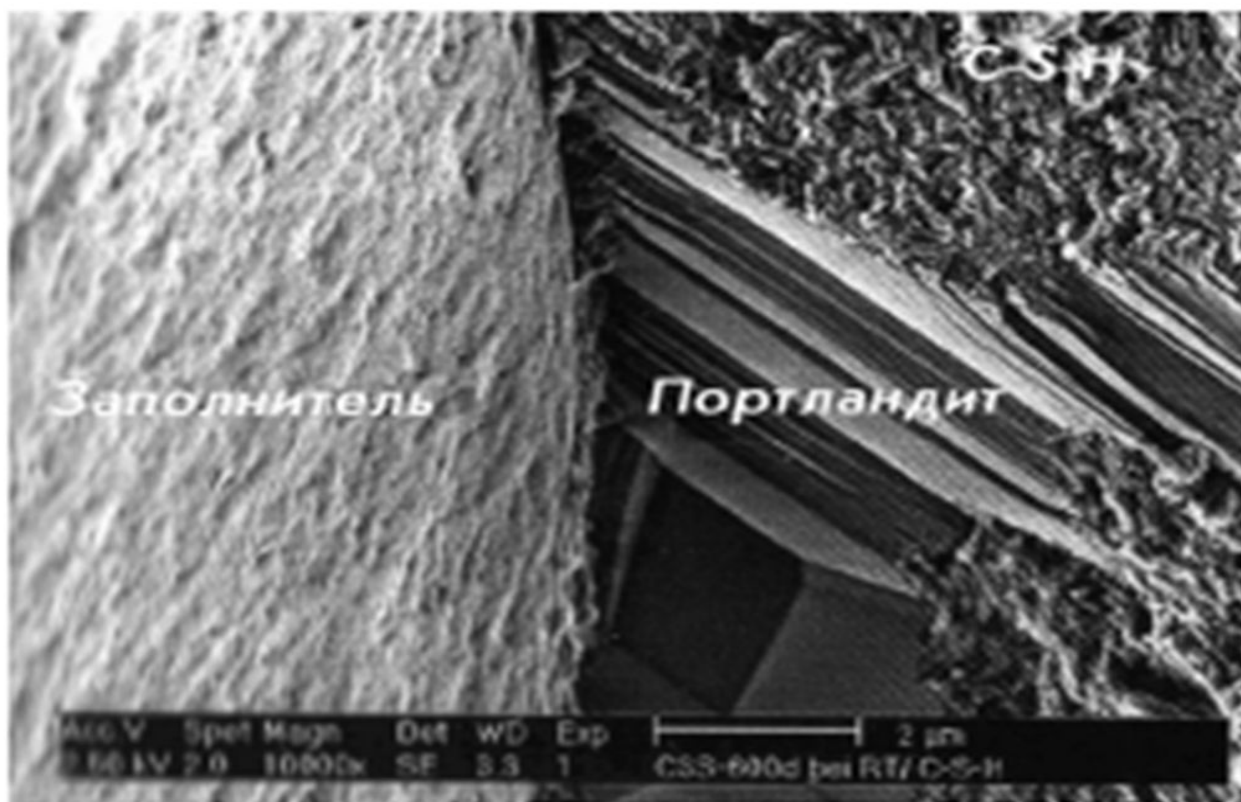
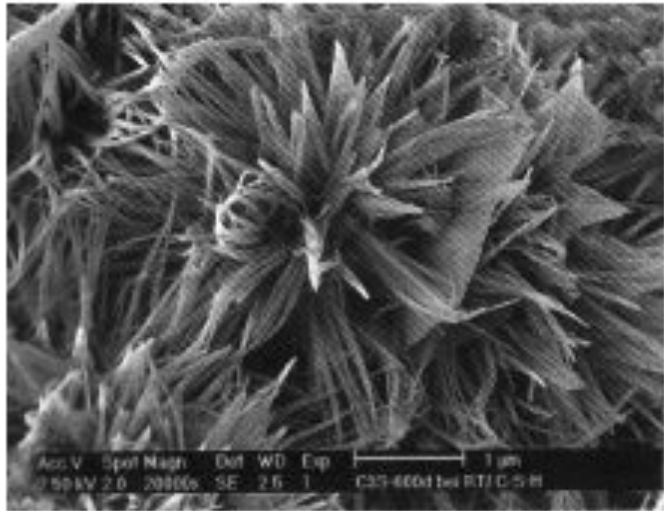
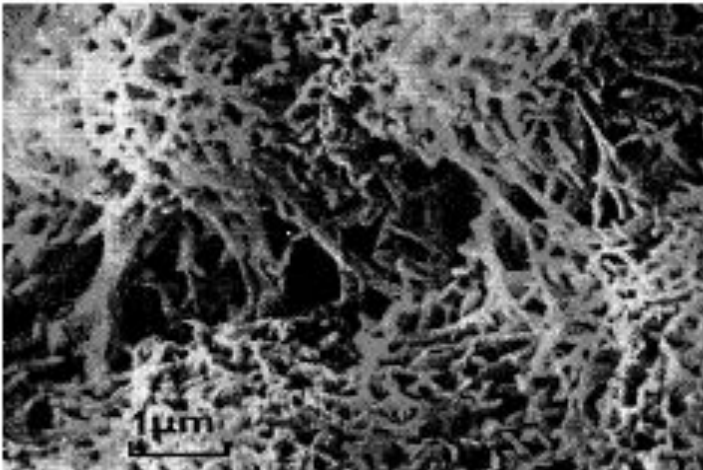


Рисунок 4 – Гель С-С-Н и сростки кристаллов портландита в структуре затвердевшего камня. Снимок сделан с помощью СЭМ.



а

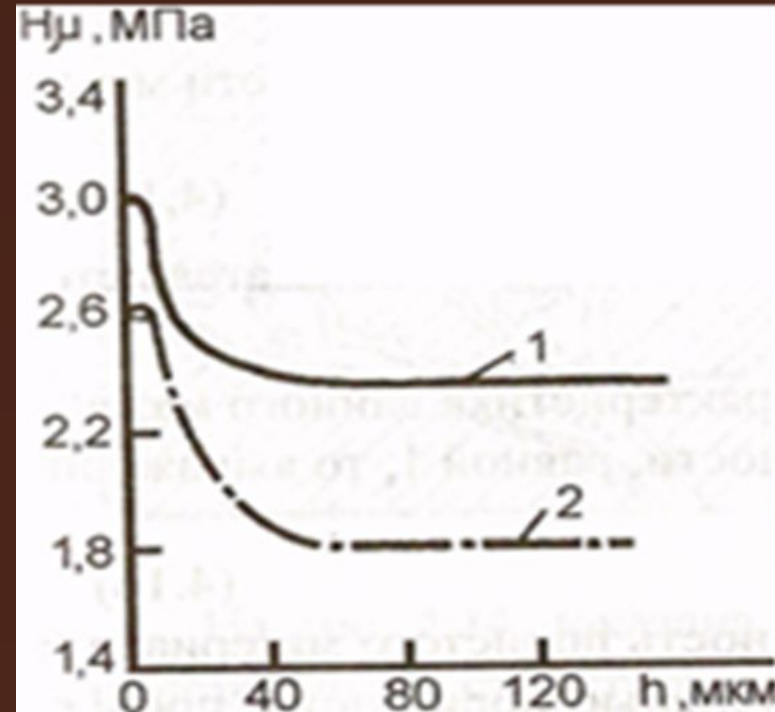


б

Рисунок 11 – Гель C-S-H волокнистой (а) и дендритоподобной (б) морфологии

Микроструктура бетона зависит от:

- минералогического состава вяжущего
- условий твердения
- микроструктуры и природы заполнителя



Изменение
микротвердости
цементного камня в
контактной зоне
у поверхности
заполнителя:
1 – гранит; 2 - кварц

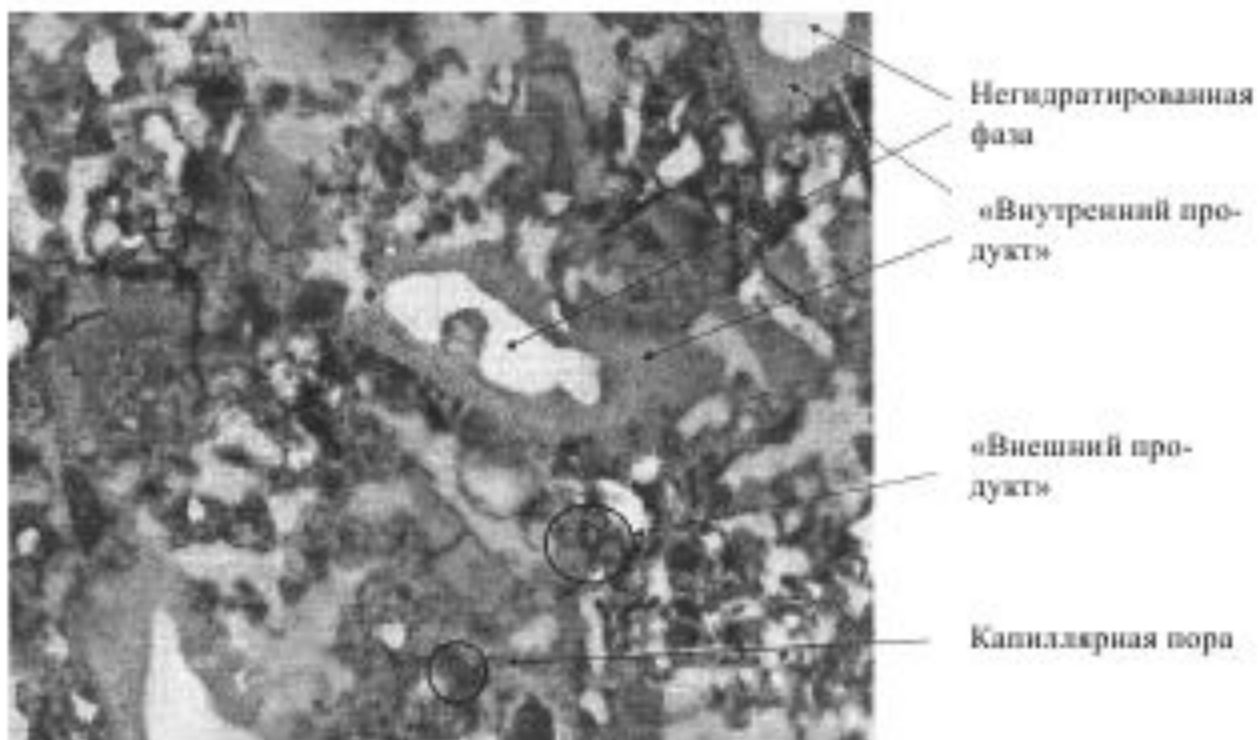
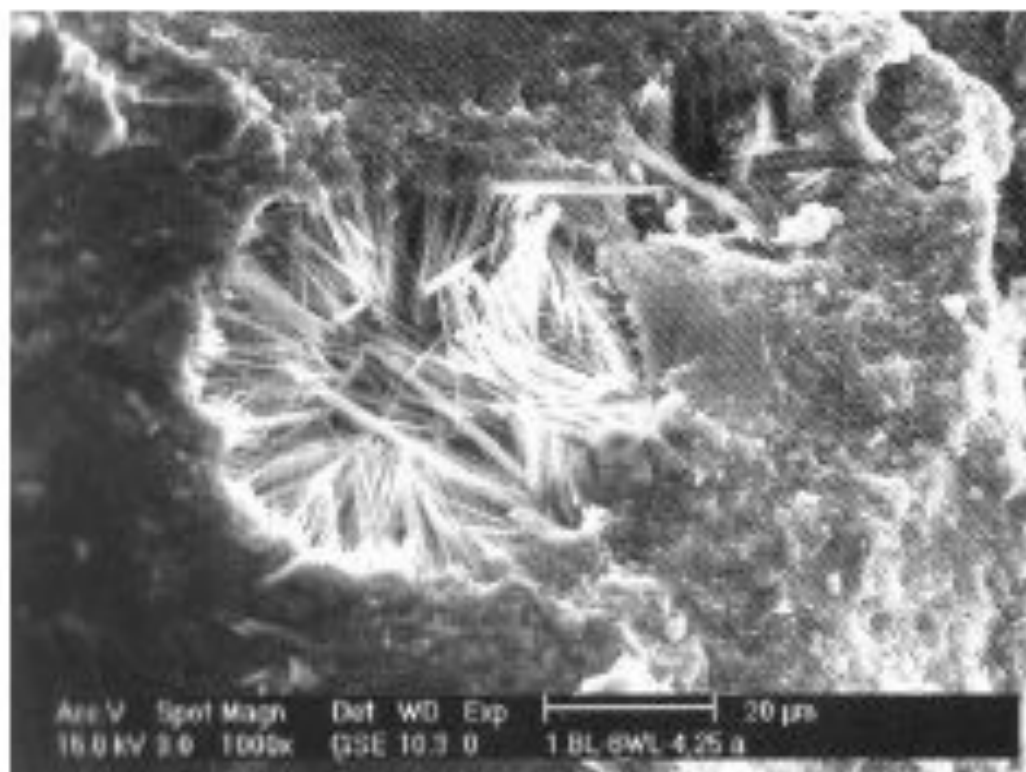


Рисунок 12 – Внутренний и внешний продукты гидратации (электронно-микроскопический снимок)



б

Рисунок 6 – Электронно-микроскопические фотографии этtringита:
а) сросток кристаллов этtringита; б) пора цементного камня, заросшая кри-
сталлами этtringита

Неоднородность микроструктуры обусловлена:

- участками, сложенными различными минералами
- глобулами цементных зерен с постепенно убывающей к их поверхности плотностью
- контактной зоной между глобулами, состоящей из различных новообразований
- распределением и различными характеристиками микропористости
- дефектами структуры

Микрорасслоение : отдельные объемы цементного камня имеют различное В/Ц и, соответственно, структуру

ПОРИСТОСТЬ БЕТОНА

Бетон - капиллярно-пористое тело.

Классификация пор бетона

1. По происхождению:

- рецептурная пористость, обусловленная составом бетонной смеси, в том числе наличием порообразующих добавок
- собственная (контракционная) пористость
- технологическая пористость, обусловленная процессами при уплотнении смеси и твердении бетона (пустоты вследствие недоуплотнения, дефекты в структуре вследствие нерационального режима тепловлажностной обработки и т.п.)
- эксплуатационная, обусловленная изменениями в структуре бетона вследствие воздействия агрессивных сред либо силовых факторов

2. По отношению к воде различают пористость (см. раздаточный материал):

- открытую, доступную для насыщения водой при обычных условиях
- условно-замкнутую, недоступную для насыщения водой при обычных условиях
- капиллярную, способную удерживать воду внутри пор при действии силы тяжести (вода не вытекает из этих пор при извлечении бетона из воды). Капилляры разделяют на макро – и микрокапилляры. Из микрокапилляров вода испаряется при относительной влажности воздуха более 75%
- некапиллярную, не способную удерживать воду внутри пор при действии силы тяжести

3. По размеру различают пористость (существуют различные классификации пористости – см. раздаточный материал) :

- макро (более 1000 А)
- мезо (15-1000 А)
- микро (6-15 А)
- ультрамикро (менее 6 А)

СНИЖЕНИЕ ПОРИСТОСТИ БЕТОНА

возможно за счет:

- уменьшения величины В/Ц, водосодержания бетонной смеси
- повышения степени гидратации цемента, обеспечивая длительное твердения бетона в благоприятных условиях
- уменьшения объема цементного камня в бетоне (цементный камень является «носителем пористости в бетоне)
- уплотнения бетона применением механического воздействия, химических добавок