

Сближение частиц материала при сушке

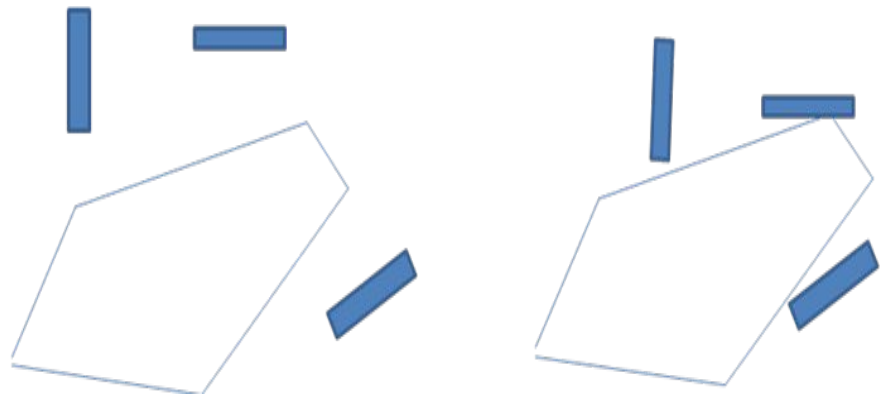


Схема процесса удаления связки

Т, С

900-
1200

600

300

80-100

IV

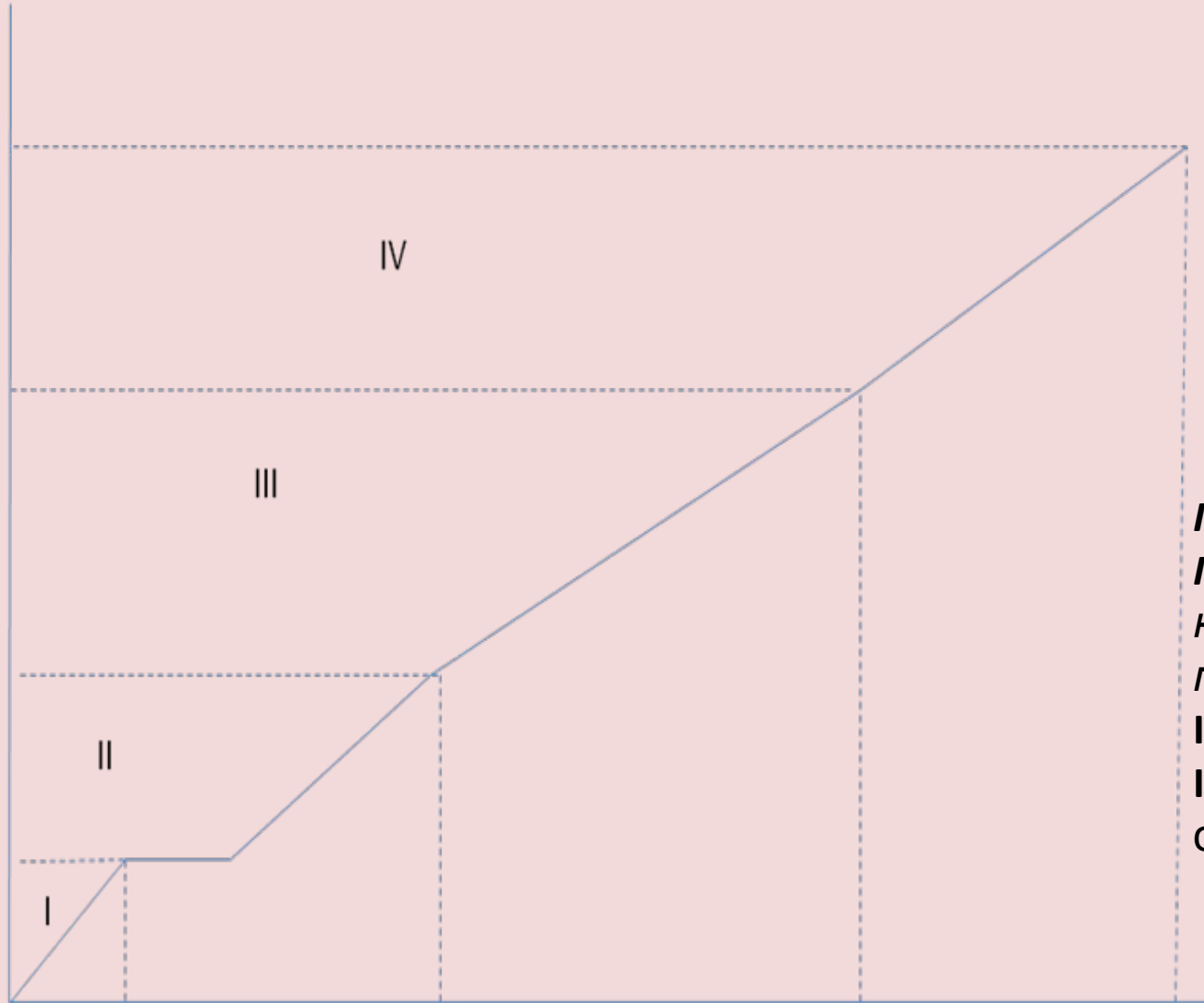
III

II

I

*I-удаление связки;
II-разложение связки
на газообразные
продукты;
III-полное выжигание;
IV-частичное
спекание.*

Время.ч



Процессы, протекающие при нагревании в заготовках :

На начальной стадии:

- удаление механически и химически связанной воды;
 - выгорание органических веществ;
 - термическое разложение кристаллических соединений (карбонатов, сульфатов) с выделением газов и паров;
 - линейное (объемное) расширение
- другие структурообразования, интенсифицирующие процесс

На последующих стадиях:

- твердофазные химические реакции;
- взаимные растворения компонентов с образованием новых фаз;
- плавление отдельных составляющих;
- полиморфные превращения;
- концентрация внутренних напряжений.

Механизмы спекания:

- 1) диффузионный;
- 2) жидкостной;
- 3) испарение и конденсация;
- 4) пластическая деформация;
- 5) реакционный.

Процесс спекания



а



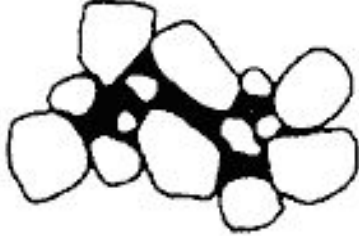
б



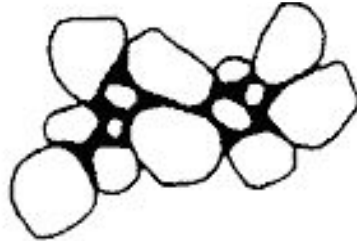
в

*а - начальная стадия
б- промежуточная,
стадия
в- конечная стадия*

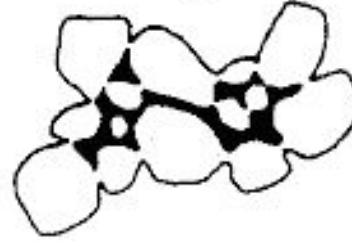
Начальная
стадия спекания



Перестройка
частичек

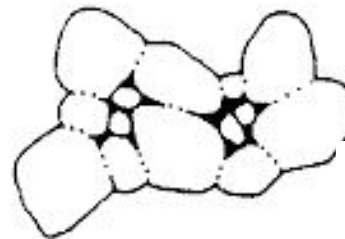
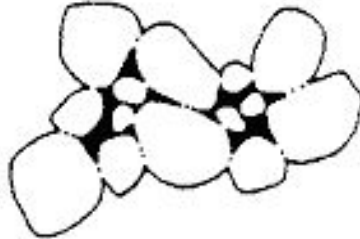
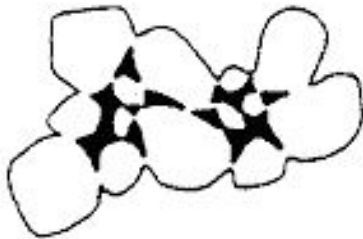


Образование
контактов



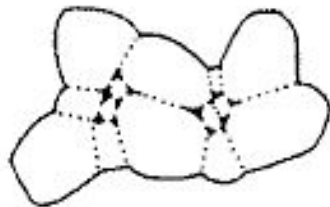
*Начальная
стадия*

Рост
контактов

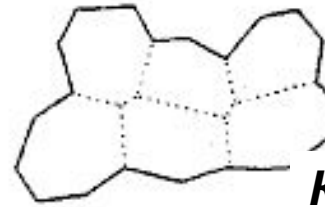
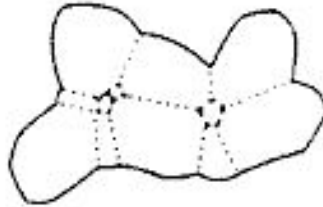


*Промежуточная
стадия*

Рост зерен



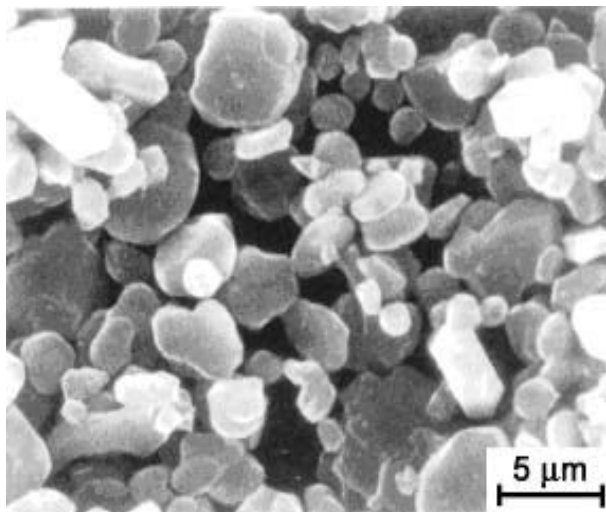
Залечивание пор и рост
зерен



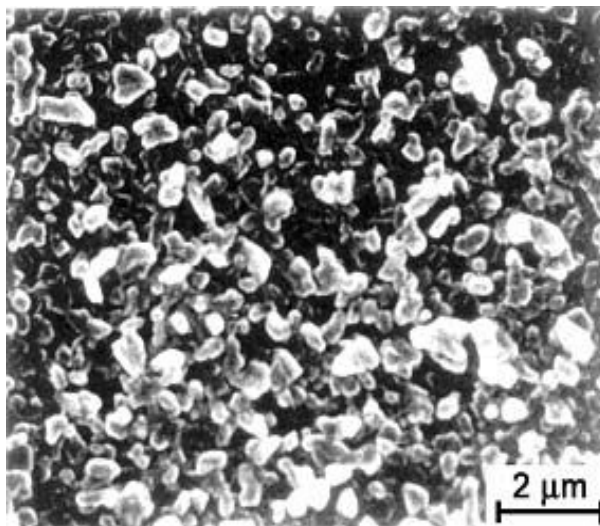
*Конечная
стадия*

Рост зерен в процессе

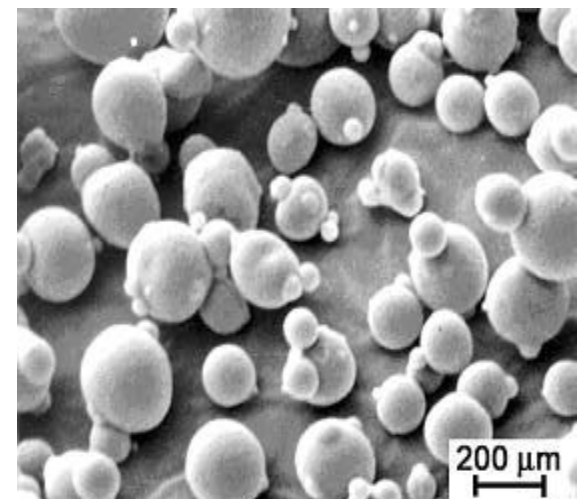
Микрофотографии Al_2O_3



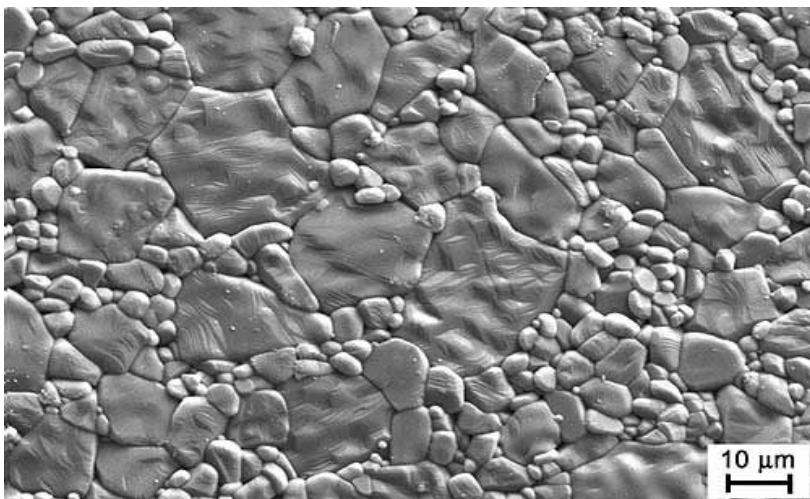
Грубый порошок Al_2O_3



Тонкая пудра
 Al_2O_3

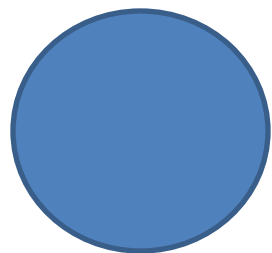


Al_2O_3 -
гранулят

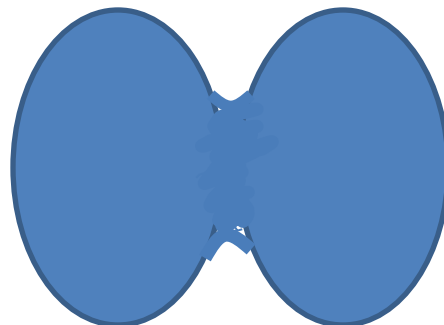
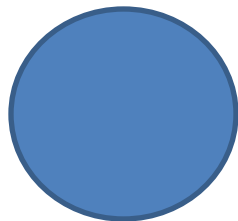


Поверхность готового изделия из

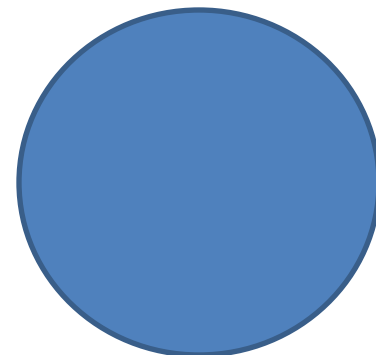
Схема слияния двух стеклянных шаров



а

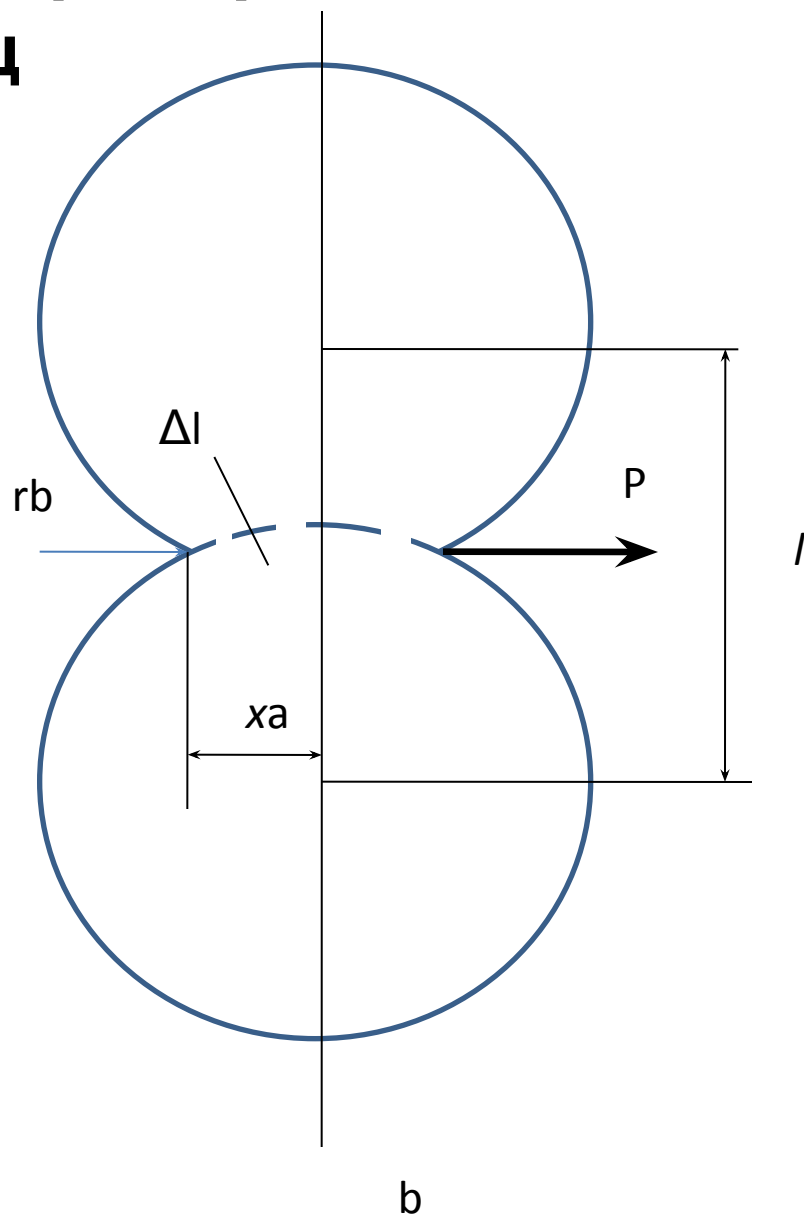
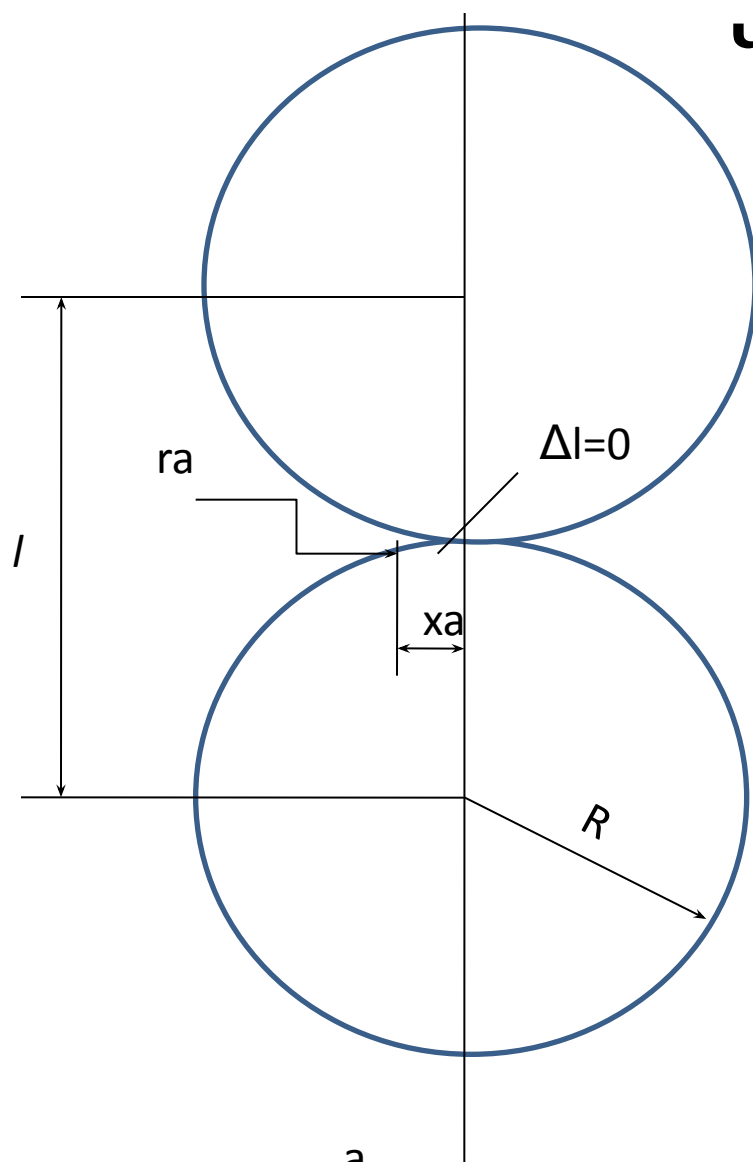


б



в

Модель спекания шарообразных частиц



а- начальный момент времени; в - спекание.

$$(x/R)_2 \approx 3a/2R\eta$$

$$\Delta l/l \approx 3at/8R\eta, \quad \text{где}$$

x - радиус площади контакта;

R – начальный радиус частицы;

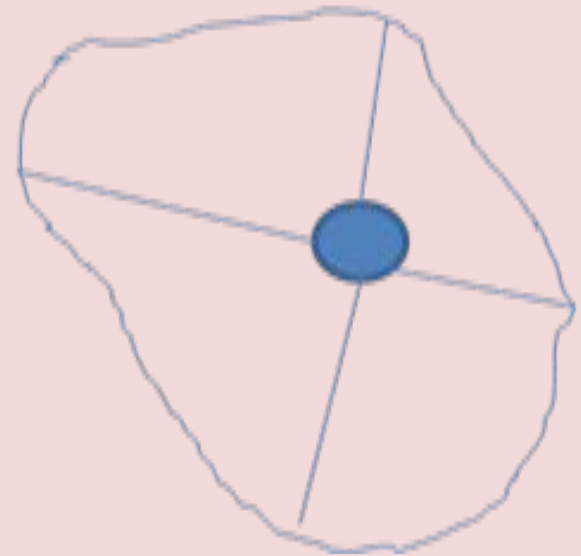
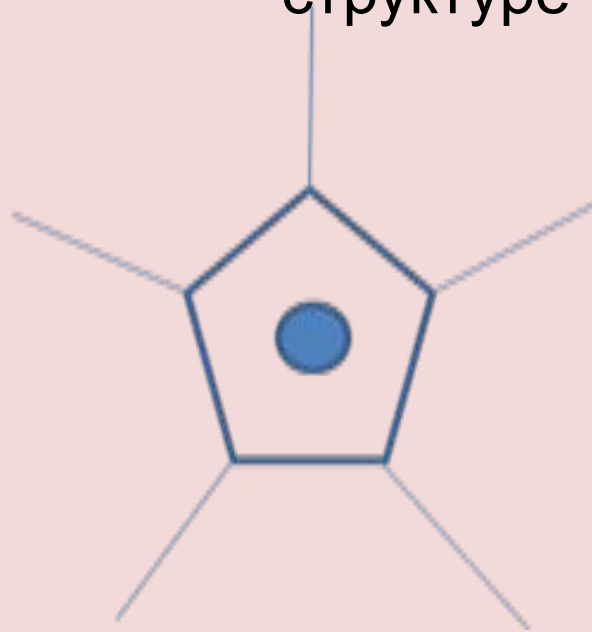
a – удельная поверхностная энергия;

t – время;

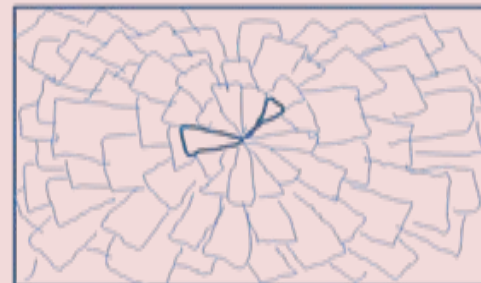
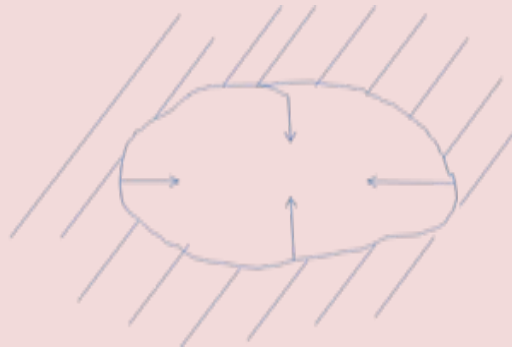
η – коэффициент вязкости;

l и Δl – соответственно расстояние между частицами и его изменение.

Возможные варианты расположения пор в структуре



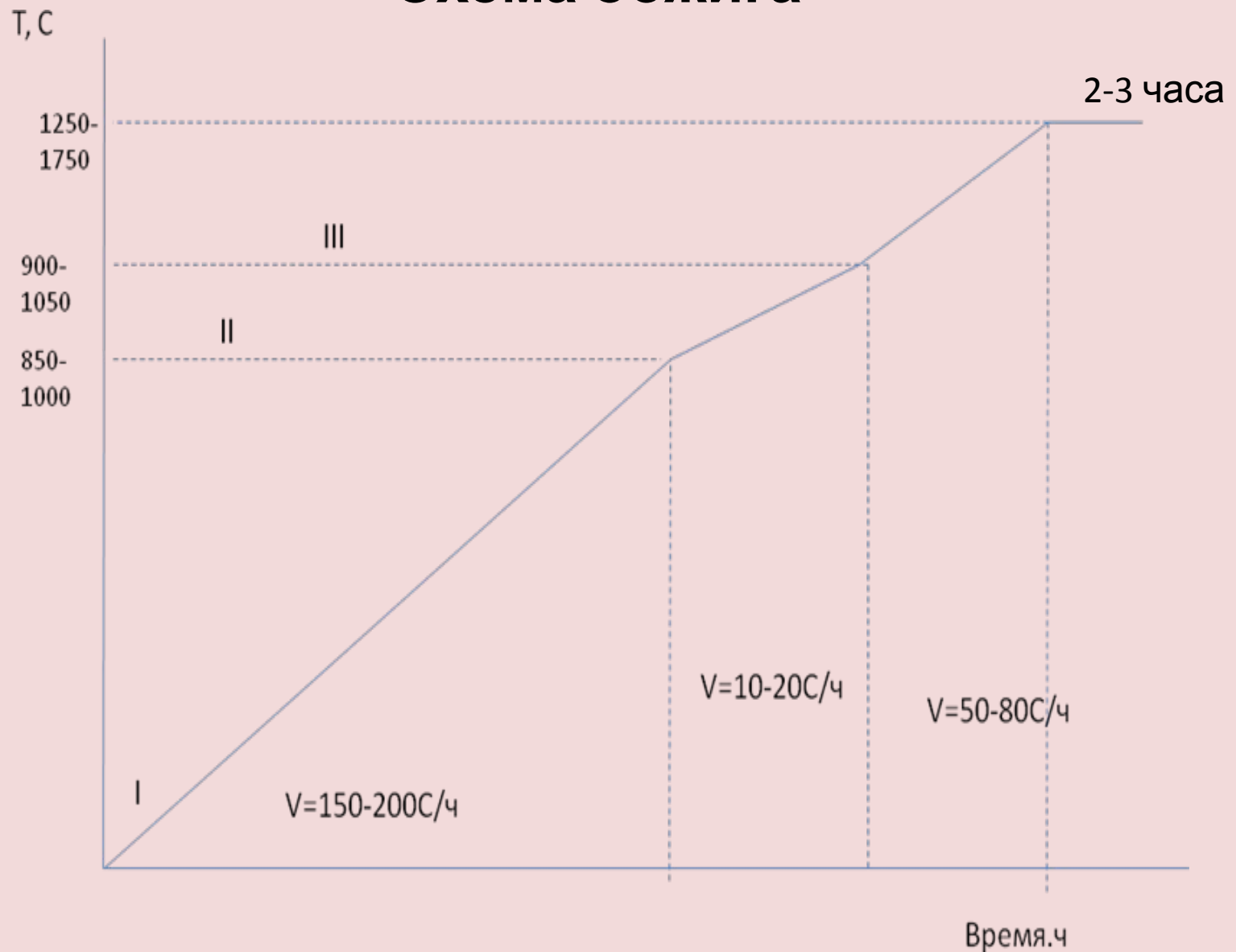
Залечивание изолированной поры



Туннельная печь



Схема обжига



Показатели для оценки процесса спекания:

- кажущаяся плотность;
- пористость (внутризеренная, межзеренная);
- усадка;
- изменение массы.

Спекающие добавки-минерализаторы:

- Al_2O_3 , CrO_3 → уменьшение размера зерен
- ZnO , CdO → рост зерна

Типичные температуры спекания:

Keramik	Sintertemperatur
Tonerdeporzellan	ca. 1.250 °C
Quarzporzellan	ca. 1.300 °C
Steatit	ca. 1.300 °C
Cordierit	1.250 - 1.350 °C
Aluminiumoxid	1.600 - 1.800 °C
rekristallisiertes Siliciumcarbid	2.300 - 2.500 °C
gesintertes Siliciumcarbid	ca. 1.900 °C
Siliciumnitrid	ca. 1.700 °C

Значения линейной усадки некоторых материалов

МАТЕРИАЛ	УСАДКА
Рекристаллизованный карбид кремния SiC	около 0 %
Карбид кремния SiC	18 - 20 %
Кордиерит $(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$	3 - 8 %
Фаянс	13 - 16 %
Оксид алюминия Al_2O_3	17 - 20 %
Оксид циркония ZrO_2	25 - 32 %

Взаимосвязь кинетических параметров спекания с прочностью керамики.

$$Z = \frac{V_n}{V_{0n}} = \frac{1-P_0}{P_0} * \frac{P}{1-P} ,$$

где

V_n - объем пор спеченного материала;

V_{0n} - объем пор до спекания;

P_0 - объемная доля пор до спекания.