



# Лекция № 3

Прессование изделий из  
керамических порошков

**Керамические порошки** представляют собой трехфазную систему, состоящую из твердой минеральной части, жидкой фазы — воды и воздуха.

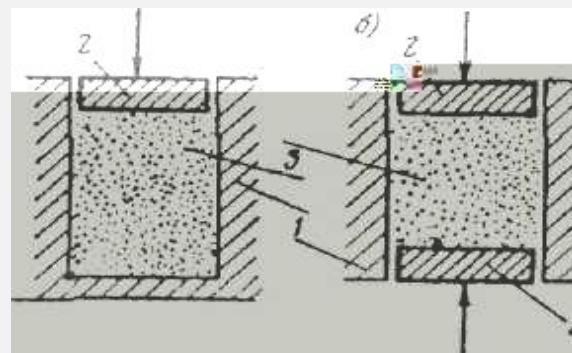
- Теория полусухого прессования изучает закономерности, определяющие свойства спрессованного сырца (прессовок) в зависимости от свойств пресс-порошка и условий его прессования.
- Для получения высокоплотного спрессованного полуфабриката из пластичных масс целесообразно использовать порошки типа монофракционных с выбором конечного давления, обеспечивающего полное устранение расположенных между частицами свободных промежутков за счет пластической деформации частиц.
- **Сыпучесть, заданный зерновой (гранулометрический) состав и влажность** пресс-порошков влияют на их **прессуемость** - способность к максимальному уплотнению при минимальном давлении с образованием при этом изделий, обладающих однородной плотностью, минимальным упругим расширением и отсутствием трещин расслаивания.
- Оптимальная влажность порошка зависит от приложенного прессового давления.
- Пониженная (против оптимальной) влажность обусловит сухой контакт частиц порошка, повышенное внутреннее трение и пониженную плотность прессовки, а превышение оптимальной влажности — образование водных пленок между прессуемыми частицами и исключит их непосредственное контактирование, что в конечном счете также понизит плотность прессовки.

- **Начало прессования** керамического порошка сопровождается его уплотнением за счет смещения частиц относительно друг друга и их сближения.
- Это является **первой стадией** уплотнения.
- При этом происходит частичное удаление воздуха из системы.
  
- Следующая (**вторая**) стадия уплотнения характеризуется пластической необратимой деформацией частиц.
- При этом увеличивается контактная поверхность между частицами.
- Одновременно с этим уплотнение каждой элементарной частицы сопровождается выжиманием влаги из ее глубинных слоев на контактную поверхность частицы.
- Оба эти фактора обуславливают возрастание сцепления между частицами.
- Вода вместе с содержащимися в ней глинистыми коллоидами цементирует крупные частицы прессовки, а с увеличением контактной поверхности возрастает эффект такой цементации.
- В этой стадии уплотнения может иметь место защемление и упругое сжатие воздуха, который не успел удалиться из порошка.


- **В третьей стадии уплотнения** наступает упругая деформация частиц.
- Такие деформации наиболее вероятны для тонких удлиненных частиц в виде игл и пластинок, которые могут изгибаться по схеме зажатой консоли или балки, опирающейся на две опоры.
- **Последняя стадия** уплотнения сопровождается хрупким разрушением частиц, при котором прессовка получает наибольшее уплотнение и наибольшее сцепление вследствие сильного дальнейшего развития контактной поверхности.
- Для осуществления хрупких деформаций требуется очень большое давление, которое при полусухом прессовании большинства керамических изделий практически не достигается.
- После прекращения действия прессующего усилия и освобождения изделия из формы происходит его упругое расширение, достигающее в отдельных случаях 8%.
- Упругое расширение не дает возможности получать прессовки с максимальной плотностью и является причиной образования других пороков изделий, спрессованных из порошков.
- Причинами упругого расширения могут быть обратимые деформации твердых частиц, расширение запрессованного воздуха, а также адсорбционное расклинивание контактов влагой, выжатой при прессовании из контактных поверхностей в более крупные поры.

- Разницу между высотой засыпанного в форму порошка и высотой полученной прессовки называют «осадкой».
- По мере возрастания давления осадка сначала интенсивно развивается, затем начинает затухать и при достижении некоторого давления, характерного для каждого порошка с данными свойствами, почти полностью прекращается.
- Это указывает на то, что для каждого порошка с присущими ему прессовочными свойствами существует определенное давление, превышать которое не имеет смысла, так как за его пределами дальнейшего уплотнения прессовки почти не происходит.
- Прессовое давление, приложенное к штампу, затухает в направлении толщины изделия.
- Перепады давления и плотности по толщине прессовки могут быть снижены пластификацией порошков повышением влажности (технологической связки), введением ПАВ, смазывающих веществ и подогревом пресс-формы.
- Эти же мероприятия снижают неравноплотность в горизонтальных направлениях.
- На равноплотность прессовки очень большое влияние оказывает режим прессования.

Рис.1. Направленность прессования  
а — одностороннее; б — двухстороннее;  
1 — формы; 2 — подвижные штампы;  
3 — прессуемый порошок



- По направленности прессовых усилий различают прессование **одностороннее** (рис.1а) и **двухстороннее** (рис.1 б), по кратности их приближения - однократное и многократное прессование, по интенсивности приложения - ударное и плавное прессование.
- **Двухстороннее прессование** уменьшает степень неравноплотности прессовки, поскольку путь необходимого перемещения штампа, т. е. величина  $H$  в предыдущих уравнениях сокращается вдвое.
- Поэтому современные прессы изготовляют с двухсторонним прессованием, даже для формования сравнительно тонких изделий.
- Но двухстороннее прессование может быть также при одном подвижном штампе и плавающей (свободно-подвижной) форме.
- В этом случае нижний штамп неподвижен, а форма может перемещаться относительно штампов, для которой они являются направляющими.
- *На рис. 1 б показана схема двухстороннего прессования, осуществляемого при помощи двух подвижных штампов.*

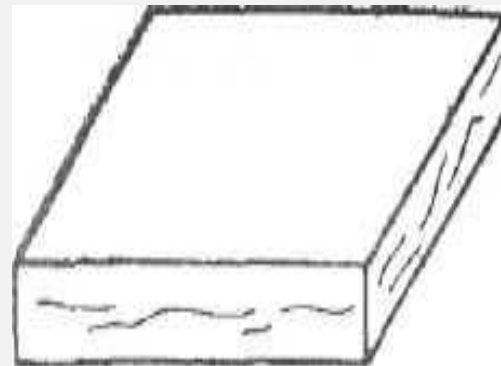


■ При многократном (ступенчатом) прессовании чередуются между собой стадии нагрузки, когда штамп давит на порошок, со стадиями разгрузки, когда штамп несколько приподнимается и прессовка освобождается от прессующего давления.

- Факторы, определяющие качество прессовки, в значительной степени зависят от длительности приложения прессующей нагрузки.
- Наихудшие результаты получаются при ударном прессовании, наилучшие - при плавном приложении нагрузки.
- При этом увеличивается плотность прессовки, возрастает ее равномерность, снижается упругое последствие и воздух наиболее полно удаляется из прессуемого порошка
- При медленном прессовании запрессованный воздух более равномерно распределяется в прессуемом порошке, в результате чего предотвращается образование отдельных, более опасных зон, в которых усилия превышают прочность прессовки в момент конца ее сжатия.

- Для изделий, спрессованных из порошков, характерными являются так называемые «**трещины расслаивания**».
- Они возникают на боковых поверхностях прессовки, перпендикулярно направлению прессующего усилия (рис. 2), и выводят изделия в брак.
- В производственном обиходе их возникновение объясняют обычно «перепрессовкой» изделия, что указывает на чрезмерно большое прессовое давление, которое якобы и является причиной их возникновения.

Рис 2. Трещины расслаивания в изделиях полусухого прессования





В действительности механизм возникновения трещин расслаивания гораздо сложнее.

- Непосредственной, ближайшей причиной возникновения трещин расслаивания является упругое расширение прессовки.
- Расширение является деформацией, а всякая деформация происходит в результате действия каких-то сил.
- Природа этих сил, возникающих в спрессованном изделии и вызывающих его упругое расширение, объясняется отдельными авторами по-разному.
- Чаще всего их возникновение объясняют упругим расширением запрессованного воздуха (**первый фактор**) и упругим сжатием самой формы (**второй фактор**), в которой прессуется изделие.

Но кроме того, в действительности отдельные участки прессуемого изделия при одном и том же коэффициенте сжатия и при одном и том же общем прессовом давлении получают неодинаковое уплотнение и стараются сместиться в отношении друг друга.

- В силу этого в изделии возникает «барический рельеф» (*третий фактор*), соответствующий различным давлениям и смещениям, которые испытывали отдельные участки изделия во время его прессования.
- Напряжения этих смещений и являются зародышами трещин расслаивания.
- Четвертым фактором, обуславливающим упругое расширение прессовки, являются упругие деформации плоских глинистых частиц.
- Поэтому склонность к расслаиванию прессовок возрастает с увеличением содержания глинистой части в порошке.

- Грубозернистые отощенные порошки обладают меньшим  $K_{3.V} = 0,303-0,57$ ; интервал давлений, в которых происходит вытеснение воздуха, растянут у них до 10 МПа, упругое расширение у них ниже - не превышает 4.5%.
- Поэтому упругое расширение в момент снятия давления у таких порошков почти не происходит и, следовательно, процесса расслаивания не наблюдается.
- В соответствии с изложенными представлениями для предотвращения трещин расслаивания рекомендуется применять порошки с возможно большей однородностью зерен по их крупности и, во всяком случае, с удалением из порошка более крупных зерен, оказывающих наибольшее сопротивление сжатию.

Повышение влажностной однородности порошка также будет снижать его склонность к образованию трещин расслаивания, так как сопротивление порошка сжатию зависит не только от его гранулометрического состава, но и от его влажности.

- Высокое давление воздуха во влажных порошках приводит к возникновению в прессовках растягивающих напряжений и как следствие к образованию трещин расслаивания.
- В связи с этим некоторые специалисты рекомендуют прессовать кирпич из порошков пониженной влажности (7-8%). но при более высоких давлениях — 40 МПа.
- Увеличение влажности порошка повышает внутреннее давление запрессованного в нем воздуха.
- Давление его внутри прессовки (при  $W = 10—12\%$ ) достигает почти 10 МПа, в то время как при влажности порошка 6—8% давление запрессованного воздуха не превышает 2 МПа.