

ОТЗЫВ

официального оппонента Шаяхметова Ульфата Шайхизамановича
на диссертацию Александра Ивановича ЗАХАРОВА
на тему «Научные основы формообразования керамических изделий»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальностям

05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»; 17.00.06
«Техническая эстетика и дизайн»

Актуальность выбранной темы диссертации обусловлена мировыми тенденциями развития технологии керамики и огнеупоров – повышением ее ресурсо- и энергоэффективности, переходом на качественно новый уровень свойств материалов, увеличением функциональности изделий. Перед различными производствами керамики стоят задачи сокращения нагрузки на окружающую среду, замены дорогостоящих и дефицитных компонентов сырья более дешевыми, оптимизации технологических параметров с целью снижения производственных затрат.

Керамические изделия строительного, бытового и технического назначения, огнеупорные блоки и детали высокотемпературных установок отличаются разнообразием форм и габаритов, однако технология их производства имеет общие закономерности, а структуры материалов, из которых их производят, описываются как поликристаллические и многофазные. Поэтому разработка общих принципов теории и методологии формообразования и конструирования керамических изделий, поставленная в качестве цели работы является все более актуальной.

Для достижения поставленной цели автор сформулировал следующие задачи

- анализ тенденций формообразования изделий промышленного дизайна на примерах керамических изделий различного назначения;
- разработка научных подходов к оценке технологичности и дизайна керамических изделий с позиции их формообразования и критериев сложности формы;
- анализ используемых способов формования керамических изделий промышленного дизайна и определение перспективы их развития;
- определение технологических дефектов керамических полуфабрикатов и изделий на разных стадиях производства, влияющих на дизайн изделия;
- анализ форм исторических и современных керамических изделий промышленного дизайна (бытовых, огнеупорных и строительных) и установление связи их симметрии со способом производства;
- разработка классификации дизайна керамических изделий, исходя из их функциональности и особенностей формообразования;
- определение влияния способов формования и термообработки керамических изделий промышленного дизайна на однородность материала в изделии;
- определение влияния параметров формы полуфабриката изделий промышленного дизайна на его трещинообразование при сушке;
- моделирование деформационного поведения керамических изделий промышленного дизайна при их обжиге.

Работа содержит три основных раздела, в которых автор последовательно решает поставленные задачи путем как теоретического анализа, обобщений и классификаций, так и значительного объема экспериментальной работы.

Автор рассматривает стадию проектирования в жизненном цикле керамического изделия, как решающую для снижения затрат при производстве и эксплуатации для большинства применений. Прежде всего, для санитарно-керамических, бытовых, технических изделий, отличающихся сложностью формы.

Подчеркнуто, что формообразование керамических изделий начинается на стадии формования, способ которого определяется, исходя из проектируемой формы, возможностями материала и производства. В проектировании технологии изделия стадия формования имеет важнейшее значение, так как определяет вид и содержание временной технологической связки, стадии измельчения и смешивания сырьевых компонентов.

В рассматриваемой работе уделено значительное внимание анализу форм строительных и бытовых изделий (кирпич, плитка, посуда), выпускавшихся в течение сотен и тысяч лет. Автор рассматривает тенденции изменения форм, исходя из их симметрии, подобной симметрии форм кристаллических образований неживой природы (кристалломорфной) и живых организмов (органоморфной).

Показано, что снижение степени симметрии наблюдается в модульных строительных изделиях, увеличение их габаритов направлено на снижение затрат при их производстве и монтаже.

В работе приведена ретроспектива развития способов формования керамических изделий с увеличением их производительности и способности производства сложных форм. Разрабатывают способы коллоидные формования изделий, позволяющие достигать высокой степени однородности структуры для массивных и асимметричных изделий.

Особое внимание в работе уделено развитию аддитивных технологий, с помощью которых формуют сетчатые структуры биоморфных сложных форм, по своим свойствам превосходящие монолитные изделия. В работе приведены этапы их развития, с переходом на третий из которых, происходящим в данное время, аддитивные технологии активно внедряются в производство.

Во втором разделе работы приводится методология проектирования формы керамического изделия. Разработка методологии основывается на анализе сложности формы изделия, которая рассматривается как мера технологичности, определяемая стадией формования. Автор анализирует различные шкалы сложности для изделий из керамики различного назначения, сравнивая их со степенями сложности металлических и пластмассовых изделий, которые формуют способами подобными способам формования керамики.

Предложено различать четыре степени сложности формуемых изделий, основанных на геометрической сложности формы:

- простая геометрическая форма, отсутствие отверстий и пазов;
- простая форма, пазы и отверстия;
- сложная форма (криволинейные поверхности, асимметрия);
- сложная форма, пазы и отверстия.

Вторым критерием, используемым для разработки методологии, является фактор формы – отношение массы изделия к площади поверхности, который также известен как приведенная толщина, определяет сложность изделия для стадий термообработки. Для стадий удаления временной технологической связки (или сушки) и обжига этот критерий определяет тепловую энергию, сообщаемую телу через его поверхность. Однако и на стадии формования поверхность, к которой прикладываются усилия формования, играет существенную роль.

В работе показаны диаграммы связи эффективной вязкости формуемой системы с усилиями формования и сложностью формуемой системы, из которых видно, что с усложнением формы изделий необходимо уменьшать вязкость и усилия формования.

Третьим критерием, учитываемым при разработке методологии проектирования, автор представляет симметрию, а именно направленность энергетических воздействий. Мера воздействия и его направление определяет возможность возникновения дефектов, которые автор классифицирует на дефекты структуры, приводящие к нарушению ее однородности, и надструктурные дефекты формы (дизайна). В разделе приводится развернутая характеристика технологических дефектов керамических изделий по стадиям,

на которых они образовались и причинам образования. Дефекты рассматриваются как результат синергетического эффекта взаимодействия внешнего воздействия с внутренним (структурой материала и формой изделия). Большая часть дефектов связана с формой изделия.

При анализе причин образования дефектов автор предлагает руководствоваться принципом суперпозиции симметрий, сформулированным П. Кюри. Согласно этому принципу в результате взаимодействия внешних воздействий с полуфабрикатом или изделием симметрия первых наследуется в случае совпадения с симметрией последних, что является одним из необходимых условий для исключения образования дефектов.

Предложена общая классификация керамических изделий по типам симметрии и областям применения на облицовки, емкости и конструкции.

В экспериментальном разделе работы рассмотрены результаты исследования связи между формой образцов полуфабриката и параметрами формования. Автор исследовал однородность структуры материала и поверхности образцов, изготовленных из масс для производства фарфора, полуфарфора и майолики, способами пластического формования, прессования и шликерного литья; результаты исследований свидетельствуют о том, что выбор способа формования и его параметров определяет однородность материала и поверхности.

Автор разработал метод капиллярного всасывания, позволяющий оценивать неоднородность поверхности полуфабрикатов и изделий различных материалов и форм по локальной открытой пористости, и установил, что максимальное увеличение степени неоднородности поверхности образцов происходит после обжига на 900 – 1100 °С, что совпадает с температурой утильного обжига.

Исследование трещинообразования керамического полуфабриката проведено на образцах различных форм и материалов. Рассчитана скорость сушки в зависимости от фактора формы образца. Установлено, что безопасные скорости сушки определяются факторами формы частей полуфабрикатов, представляющих собой простые геометрические формы. Таким образом, для определения параметров безопасной сушки изделий сложной формы необязательно проводить натурные испытания, необходимо провести анализ формы изделий с разбиением их на простые геометрические объемы. После чего изготовить образцы простой формы с подобными факторами формы и, исследовав зависимость влагосъема от фактора формы, установить области безопасной сушки.

Выявлено, что приведенный фактор формы полуфабриката оказывает решающее влияние на скорость и общее время бездефектной сушки способами конвекции и кондукции, однако не является полностью определяющей характеристикой. Учет формы и симметрии полуфабриката в большей степени.

В работе проведено прогнозирование деформации изделий сложной формы при обжиге. В качестве модельного материала был выбран широко используемый в быту и технике фарфор, отличающийся жидкофазным спеканием многокомпонентного состава и представляющий собой композиционный материал. Для определения высокотемпературной вязкости использовали зависимости, предложенные Н. В. Соломиным. Деформацию исследовали, нагружая образцы в условиях сжатия, изгиба и растяжения, пытаясь учитывать усадку материала во время спекания. Для реализации условий чистого сдвига испытания проводили на тонкостенных образцах в виде трубок, подвергая их кручению.

На основе установленных температурных зависимостей вязкости керамического материала методом конечных элементов с использованием модели спекания В. В. Скорохода и Е. А. Олевского проведен расчет консольного прогиба балки. Затем, после внесения поправочного коэффициента на основании фактора формы образца, рассчитали деформацию фарфорового кольца под действием напряжения сжатия, достигнув высокой сходимости расчетных данных с экспериментальными.

В заключительной части работы автор привел примеры разработок, в которых использовал принципы, изложенные в работе. Расчет фактора формы изделий позволил оптимизировать форму пористых матриц, использованных для впитывания жидких радиоактивных отходов. В этом случае оптимизацию проводили с учетом эксплуатационных (скорость впитывания жидкости и эргономические показатели) и технологических (время сушки и обжига) требований.

Расчет фактора формы изделий использовали также для модификации технологии керамических мешалок для варки оптических стекол, его уменьшение путем изменения способа формования позволило ускорить время формования и сушки. В этом же примере был использован способ сокращения числа технологических стадий с совмещением формования тела мешалки и нанесения на нее защитного покрытия.

А. И. Захаров приводит также примеры высокоскоростного СВС-обжига с использованием принципа суперпозиции симметрии, что позволило получить образцы с однородной структурой.

В работе также приведены примеры разработок полифункциональных изделий (водозапорные узлы) и тонкостенных изделий, полученных способом ламинирования.

Научная новизна работы А. И. Захарова заключается в следующем:

- установлено, что общими критериями оценки сложности формы керамических изделий промышленного дизайна являются определяющий размер изделия или его фактор формы (отношение объема материала к площади поверхности изделия) и симметрия, характеризующая равномерность распределения объема материала по конфигурации изделия.
- показано, что применение принципа П. Кюри (принципа суперпозиции симметрии полей формовочных усилий, температур и влажностей при термообработке, термомеханических усилий при эксплуатации) позволяет оптимизировать дизайн изделий и технологию (выбор способов формования, сушки, обжига);
- разработана классификация дизайна керамических изделий по функциональности и особенностям формообразования, связанных с симметрией изделий, на три категории: облицовки – высокосимметричные модульные изделия, имеющие плоскостную, осевую (поворотную) и центральную симметрию, оболочки – емкости, имеющие плоскостную, осевую и (редко) – центральную симметрию, и конструкции, имеющие плоскостную, реже – осевую и центральную симметрию, а также асимметричные;
- предложено классифицировать дефекты керамических изделий на дефекты структуры, приводящие к нарушению микроструктуры материала или покрытия, и дефекты дизайна приводящие к искажению формы изделия, нарушению сплошности его поверхности, являющиеся результатом значительного внешнего воздействия при производстве или эксплуатации;
- показано, что образование дефектов дизайна изделий на разных стадиях жизненного цикла (производстве и эксплуатации) является результатом несоответствия величины и направления (симметрии) прикладываемых внешних усилий;
- разработана методика определения локальной открытой пористости капиллярным всасыванием для определения неоднородности поверхности керамического полуфабрикатов и изделий промышленного дизайна.

Теоретическая значимость работы заключается в выработке общих критериев оценки сложности керамических изделий для их дизайна и технологии, и установлении соответствия между формой, габаритами и конструкцией изделия, а также способами его изготовления и эксплуатации.

Практическая значимость заключается в следующем:

- разработаны рекомендации к проектированию, изготовлению и эксплуатации керамических изделий промышленного дизайна, согласно общим критериям – фактору формы и симметрии изделий;
- результаты работы использованы при разработке информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям ИТС 4-2015 «Производство керамических изделий»;
- результаты работы использованы при разработке национальных стандартов по наилучшим доступным технологиям, о чем свидетельствует документ, представленный Научно-исследовательским институтом «Центр экологической промышленной политики»;
- разработанные подходы применены для проектирования и изготовления пористых керамических матриц, о чем имеется акт успешных испытаний ФГАУП «Радон»;
- результаты работы нашли применение при выполнении ряда российских и международных проектов, что подтверждено документально;
- результаты работы используются в процессе обучения бакалавров по направлениям 29.03.04 «Технология художественной обработки материалов» и 18.06.01 «Химическая технология», профиль «Химическая технология неметаллических и силикатных материалов» и получили отражение в учебных пособиях (что также подтверждено документально).

В общих выводах, заключающих работу, сформулирована суть основных ее положений.

Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии.

Результаты исследований, описанные в работе, приведены в научных трудах диссертанта – опубликованы 65 научных работ, в том числе 24 в изданиях, которые входят в международные системы цитирования Web of Science, Scopus и реферативную базу данных Chemical Abstracts, а также в Перечень российских рецензируемых научных журналов.

Замечания по работе таковы:

1. В работе не уделено достаточного внимания формообразованию керамических изделий на основе различных составов, в том числе бескислородных соединений.
2. Уделено мало внимания технологии создания и изучению свойств технической керамики с определением максимальной температуры использования.
3. По тексту работы имеются опечатки. Например, в табл.2.1 (с.100) обозначение T в формуле критерия Био должно соответствовать температуре.

Перечисленные недостатки не носят принципиального характера, не затрагивают ни научной новизны, ни практической значимости рецензируемой диссертационной работы.

В целом, диссертация А. И. Захарова является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных автором исследований разработаны важные теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как серьезное научное достижение; внедрение сформулированных автором научно обоснованных технических и технологических решений вносит значительный вклад в развитие производства керамических изделий в стране. На основе единых критериев (фактора формы, симметрии изделий) разработан общий подход к проектированию керамических изделий, независимо от области их применения, позволяющий оптимизировать их технологию и эксплуатацию, повысит их ресурсо- и энергоэффективность.

Работа А. И. Захарова обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, а также сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов.

Учитывая актуальность, научную новизну и практическую значимость рецензируемой работы, следует считать, что диссертация Александра Ивановича Захарова на тему «Научные основы формообразования керамических изделий» является завершенной научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям в соответствии п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) с учетом соответствия паспортам специальностей. Автор диссертации – Александр Иванович Захаров – заслуживает присвоение ученой степени доктора технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов и 17.00.06 – Техническая эстетика и дизайн.

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой инженерной физики
и физики материалов Инженерного
факультета Башкирского государственного
университета, профессор, д.т.н., год
присуждения - 2002

Контактный данные:

ФГБОУ ВО Башкирский государственный университет
450078, Россия, Уфа, ул. Мингажева, д. 100
Тел: (347)228-62-78, email: rusairu@ufanet.ru

Шаяхметов У.Ш.



| | | |
|---|----|----------|
| личную подпись | | |
| <i>Шаяхметова У.Ш.</i> | | |
| отдела кадров Башкирского государственного университета | | |
| <i>К. Раида С.С.</i> | | |
| « 23 » | 07 | 20 19 г. |