

К. т. н. М. И. Тимохова (✉)

Москва, Россия

УДК 666.3.032.65

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СПОСОБА КВАЗИИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ И ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Описаны некоторые особенности способа квазиизостатического прессования керамических и огнеупорных изделий. Указаны отличительные особенности пресс-форм изостатического прессования, приведена схема одностадийного прессования мелющих тел.

Ключевые слова: квазиизостатическое прессование, керамические и огнеупорные изделия, пресс-формы, мелющие тела.

Квазиизостатическое прессование является усовершенствованным способом изостатического прессования, обеспечивающим объемное обжатие прессуемого материала в отличие от известных способов изостатического прессования, которые характеризуются радиальным обжатием прессуемого материала [1]. При этом давление на прессуемый материал снижается на 30–50 %. Кроме того, массивность изостатов для изостатического прессования не позволяет применять процесс вибрации засыпанного в изостат прессуемого порошка. В технологии квазиизостатического прессования для производства ответственных керамических изделий электронной техники была предусмотрена вибрация прессуемого порошка, которая осуществлялась двумя вибраторами, установленными на матрице пресс-формы (рис. 1).

Этот способ был внедрен на 14 предприятиях СССР, в том числе на четырех серийных заводах; пять предприятий освоили технологию, пользуясь опубликованными сведениями и консультацией автора. Изготовление пресс-форм каждое предприятие осуществляло самостоятельно; создавать специализированные участки для изготовления пресс-форм не потребовалось. Технология квазиизостатического прессования керамических колец для электронной промышленности первоначально была освоена на Донском заводе радиодеталей взамен технологии гидростатического прессования. Первые партии изделий, сформованных квазиизостатическим прессованием, показали их высокое качество в работе электронных приборов. В связи с возрос-

шей потребностью в этих изделиях Донской завод радиодеталей был вынужден собственными силами срочно создавать высокопроизводительную технологию приготовления пресс-порошка в распылительной сушилке. Правильно подобранные параметры прессуемого порошка и оптимально разработанные режимы распылительной сушилки позволили заводу обеспечивать нужды электронной техники. Однако дальнейшее развитие электронной промышленности вновь потребовало увеличения производства керамических изделий. Так как другие существовавшие в то время способы оформления керамических изделий не обеспечивали требуемого качества керамики, технологию



Рис. 1. Пресс-форма квазиизостатического прессования со встроенными вибраторами



М. И. Тимохова
E-mail: mdv.ono@yandex.ru

квазиизостатического прессования освоили на заводе «Электроконденсатор» (г. Белая Церковь, Украина). Два серийных завода: Донской завод радиодеталей и завод «Электроконденсатор» (г. Белая Церковь, Украина) полностью обеспечивали высококачественной керамикой нужды электронной и космической техники.

Ассортимент прессуемых изделий был разнообразен: втулки, кольца диаметром от 80 до 250 мм, высотой от 70 до 250 мм, диски, шайбы, плиты, мелющие шары, трубки, несколько типов и размеров огнеупорных капсулей и обечаек: круглых, прямоугольных, квадратных. Из-за широкого ассортимента прессуемых изделий разнообразны и способы обжатия прессуемого порошка эластичными прессующими элементами — пресс-буферами: внутреннее обжатие, наружное и двухстороннее. Схемы обжатия прессуемых материалов и формулы расчета эластичных элементов приведены в статье [2]. До сих пор сохранились чертежи пресс-форм, надежно работавших в течение многих лет на предприятиях страны. Изделия, отпрессованные этим способом, характеризовались улучшенными физико-механическими, электрическими и эксплуатационными свойствами в сравнении с изделиями, отпрессованными другими известными способами [1, 2].

Процесс квазиизостатического прессования не требует дорогостоящего специального оборудования, осуществляется на гидравлических прессах статического прессования, которыми оснащены керамические и огнеупорные заводы, в пресс-формах, аналогичных пресс-формам статического прессования. Прессующей сре-

дой является синтетический полиуретан марки СКУ-7Л (литейный), который совместно с пуансонами обеспечивает внутреннее, наружное и двухстороннее изостатическое прессование. Многолетний опыт эксплуатации пресс-форм квазиизостатического прессования показал, что износ эластичных прессуемых элементов из полиуретана этой марки практически не наблюдается так же, как и изменения их размеров и ухудшения прессующих свойств.

Отличительной особенностью пресс-форм квазиизостатического прессования является уменьшенная высота благодаря объемному прессованию. Так, высота пресс-формы для кольца высотой 70 и диаметром 250 мм при квазиизостатическом прессовании равна трем высотам изделия, при статическом прессовании — восьми высотам прессуемого изделия. Высота матрицы меньше в 2 раза, пуансона в 4 раза, выталкивателя в 2 раза, что позволяет в 2–3 раза сократить количество потребляемого металла для изготовления пресс-форм (рис. 2). Кроме того, конструкция пресс-форм квазиизостатического прессования позволяет осуществлять прессование разновысотных колец, капсулей и обечаек в одной пресс-форме. При прессовании колец прессующей средой является эластичный сердечник пресс-формы; в пресс-формах статического прессования он стальной. Соответственно в несколько раз снижаются затраты на изготовление пресс-форм. Уменьшение высоты пресс-форм вследствие объемного процесса прессования и наличие эластичных прессующих элементов как при внутреннем, так и при наружном обжатии прессуемого материала и тем более двухстороннем обжатии значительно улучшают эксплуатационные качества пресс-форм.

При статическом прессовании воздух из более плотных слоев прессуемого изделия перемещается в менее плотные слои, создавая расслоение и растрескивание в прессуемой заготовке [3]. Плотность отпрессованных изделий при квазиизостатическом прессовании равномерна по всему изделию, давление прессования снижается по сравнению со статическим прессованием вследствие объемности прессования. Благодаря объемному обжатию при квазиизостатическом прессовании из пресс-порошка удаляется весь воздух, что обеспечивает безотходность в процессе отжига изделий и значительно улучшает их качество. Улучшить качество изделий, прессуемых статическим прессованием, удавалось путем их допрессовки в пресс-формах квазиизостатического прессования. Объемные изменения эластичных пресс-буферов позволяют при снятии прессовочного давления снимать трение прессуемого изделия на металл, что также способствует увеличению эксплуатационной стойкости пресс-формы [4]. Производительность пресс-форм квазиизостатического пресс-

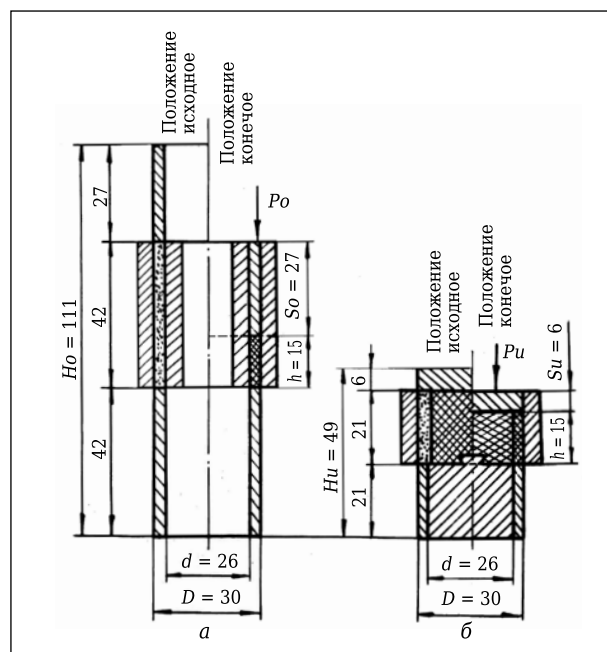


Рис. 2. Соотношение размеров пресс-форм статического прессования (а) и квазиизостатического (б)

сования больше, чем у пресс-форм статического прессования. Они более просты и надежны в эксплуатации.

Способом квазиизостатического прессования разработана технология прессования огнеупорных плит размерами 420×400 мм односторонним и двухсторонним обжатием. При одностороннем обжатии эластичный элемент встраивается в пуансон или выталкиватель пресс-формы, при двухстороннем — монтируется в обе детали пресс-формы. Прессуемые таким способом плиты отличались высокими плотностью и однородностью. Разработанная технология была успешно освоена в 1990 г. в УкрНИИО (г. Харьков). К этому периоду была разработана также технология прессования ребристых изоляторов и внедрена на заводе «Электроконденсатор». В пресс-форме для этого конденсатора пресс-буфер был разъемным.

Был опробован также процесс допрессовки заготовок, сформированных пластическим способом. Предполагалось создать технологию квазиизостатического прессования, позволяющую осуществлять допрессовку заготовок для ребристых изоляторов, прессуемых в вакуумных прессах для протяжки керамических пластичных масс.

Для формирования мелющих шаров была создана двухстадийная технология: сначала штамповали заготовку, которую затем прессовали в квазиизостатической форме. После нескольких лет работы на Кинешемском керамическом заводе был смонтирован пресс-автомат, обеспечивший высокие производительность и качество мелющих шаров. Наладка оптимальных режимов прессования на пресс-автоматах с корректировкой параметров и свойств пресс-порошка, получаемого в распылительных сушилках с соблюдением оптимальных режимов обжига, помогли создать мелющие шары с высокой устойчивостью к истиранию. Устойчивость к истиранию мелющих шаров, отпрессованных способом квазиизостатического прессования, в 3 раза выше, чем у мелющих тел, изготовленных другими способами. Эксплуатационные свойства мелющих шаров связаны с созданием мелкокристаллической структуры в процессе их обжига. Намол материала от мелющих шаров в процессе помола алюмооксидных материалов в шаровых мельницах после пяти помолов полностью отсутствовал [5]. Последним этапом в повышении устойчивости мелющих шаров к истиранию было создание усовершенствованного одностайного процесса их прессования (рис. 3). Разработанные чертежи одностайного прессования хранятся у автора.

Технология квазиизостатического прессования легко механизмуется и автоматизируется [2, 5], дает большой экономический эффект, является перспективной технологией в производстве керамических и огнеупорных изделий. Разработчик технологии квазиизостатического прессо-

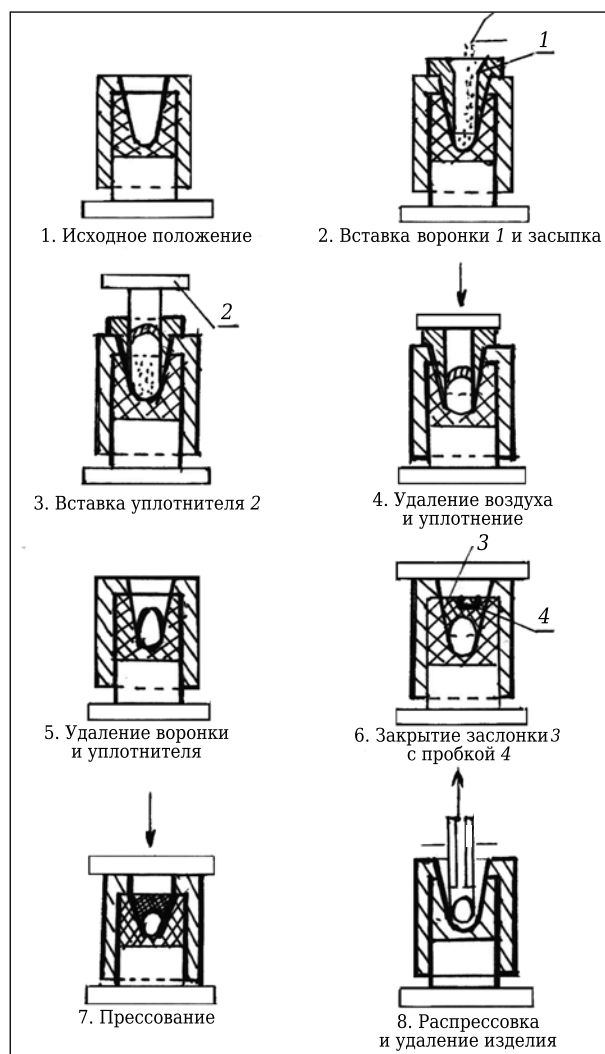


Рис. 3. Схема одностайного прессования мелющих шаров

вания — к. т. н. М. И. Тимохова награждена медалью «Изобретатель СССР», а также медалью ВДНХ за неоднократное демонстрирование на ВДНХ пресс-форм квазиизостатического прессования. Получены авторские свидетельства СССР на целый ряд пресс-форм, а также патенты ряда зарубежных стран; написана докторская диссертация. Российская технология квазиизостатического прессования была принята в производство рядом зарубежных стран. В Великобритании 53 статьи, опубликованные автором в России, продаются по 100 долларов за статью. Способ квазиизостатического прессования был представлен на Международной конференции огнеупорщиков и металлургов, состоявшейся 19–20 апреля 2018 г. в Москве [4, 6]. Для специалистов были предоставлены брошюры о квазиизостатической технологии [1, 2]. В брошюре [1] изложена теория способа квазиизостатического прессования, даны схемы процесса прессования массового производства, схемы работы пресс-форм для ряда прессуемых изделий. Приведены расчетные

формулы прессующих полиуретановых пресс-буферов, описаны их свойства, особенности и преимущества в сравнении с другими основными способами прессования керамических изделий, в том числе гидростатическим. Для ознакомления с ассортиментом изделий, спрессованных

этим способом, был предоставлен альбом с фотографиями изделий, схемами пресс-форм, в том числе пресс-формы для одностадийного прессования мелющих шаров. Библиография опубликованных материалов по квазиизостатическому прессованию приведена в статье [2].

Библиографический список

1. **Тимохова, М. И.** Квазиизостатическое прессование керамических изделий : аналитический обзор / М. И. Тимохова. — М. : ВНИИЭСМ, 1990. — Сер. 5. Керамическая промышленность : обзор. информ. ; вып. 1. — 68 с.
2. **Тимохова, М. И.** Некоторые виды брака в технологии прессования керамических изделий : обзор. информ. / М. И. Тимохова. — М. : ВНИИЭСМ, 1989. — Сер. 5. Керамическая промышленность : обзор. информ. ; вып. 1. — 71 с.
3. **Тимохова М. И.** Способ квазиизостатического прессования керамических и огнеупорных изделий / М. И. Тимохова // Новые огнеупоры. — 2018. — № 11. — С. 18–22.
4. **Тимохова, М. И.** Квазиизостатическое прессование керамических и огнеупорных изделий : тез. докл. Междунар. конф. огнеупорщиков и металлургов

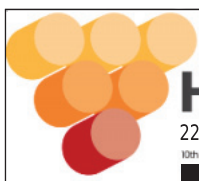
(19–20 апреля 2018 г., Москва) / М. И. Тимохова // Новые огнеупоры. — 2018. — № 4. — С. 21.

5. **Тимохова, М. И.** Промышленная технология механизированного производства мелющих шаров способом квазиизостатического прессования / М. И. Тимохова // Новые огнеупоры. — 2011. — № 12. — С. 7–10.

6. **Тимохова, М. И.** Способ квазиизостатического прессования керамических и огнеупорных изделий / М. И. Тимохова // Новые огнеупоры. — 2018. — № 11. — С. 18–22. ■

Получено 11.02.19
© М. И. Тимохова, 2019 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



HT-CMC/10th

22–26 сентября 2019 г. Бордо, Франция

10th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix Composites

ht-cmc10.org

**10-я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ КЕРАМИЧЕСКИМ
МАТРИЧНЫМ КОМПОЗИТАМ (НТСМС)**

ТЕМАТИКА:

- Расчетное моделирование, моделирование и проектирование новых материалов и процессов
- Волокна и преформы
- Интерфейсы и межфазные связи
- Инновационный дизайн, передовые технологии обработки и производства НТСМС
- Перспективные технологии производства НТСМС: трехмерная печать, лазерное спекание и др.
- Материалы для экстремальных условий:
 - сверхвысокотемпературная керамика (УНТС)
 - нанонаполненные тернарные карбиды и нитриды (МАХ-фазы)
- Термические и экологические барьерные покрытия
- Полимерная керамика и композиты (включая армированные пены)
- Углерод / углеродные композиты
- Термомеханическое поведение и производительность НТСМС
- Неразрушающий контроль и мониторинг качества керамических композитов
- Применение НТСМС
- Передовые материалы для устойчивой энергетики (включая ядерное деление и слияние, промышленные газовые турбины)

