

ЛИТЕРАТУРА

1. V.V. Barkaline, P.A. Zhuchak. Resonant properties of ordered carbon nanotube arrays// *Proc. SPIE 7377, 73770I* (2008) p.1-9.
2. В.В. Баркалин, С.В. Медведев, В.В. Нелаев, П.А. Случак, С.Н. Юркевич. Иерархическая система моделирования физических процессов и свойств материалов на базе суперкомпьютерной конфигурации СКИФ К-1000// Научный сервис в сети Интернет: решение больших задач: Труды Всероссийской научной конференции (22-27 сентября 2008 г., г. Новороссийск).- М.: Изд-во МГУ, 2008. - 468 с. с.101-105.
3. D. Frenkel, B. Smit. *Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications* – San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokio: Academic Press, 2002, 658 p.
4. J.C.Phillips, R.Braun, W.Wang, J.Gumbart, E.Tajkhorshid, E.Villa, C. Chipot, R.D.Skeel, L. Kale, and K.Schulten. Scalable molecular dynamics with NAMD// *J. Comp. Chem.* – 26.- 2005. – p.1781-1802.

УДК 621.7.044.2

*Загурняк М.В., Драгобецкий В.В., Пирогов Д.Л.,
Коноваленко А.Д., Маркевич А.Б.*

МОДУЛЬНАЯ ВЗРЫВОУДАРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ, НАНОПОКРЫТИЙ И НАНОЛЕГИРОВАНИЯ

*Кременчугский государственный университет имени Михаила Остроградского,
Кременчуг, Украина*

Регенерация утилизированных изделий из твердых сплавов связана с необходимостью их дробления. Одной из перспективных технологий дробления является метод дробления утилизированных изделий из твердых сплавов с использованием импульсных источников энергии, в частности, бризантных взрывчатых веществ. Многократное воздействие ударно-волнового нагружения на твердый сплав приводит к получению фракций размерами от 10^{-8} - 10^{-2} м. Ультрадисперсные фракции могут после обогащения использоваться для получения твердосплавных пластин, волок, пластин бронезилетов, элементов конструкции штампов.

Многофакторность явлений, сопровождающих процессы ударно-волнового нагружения позволяет помимо дробления лома твердых сплавов, производить взрывное легирование инструмента из углеродистых, легированных и быстрорежущих инструментальных сталей наночастицами карбида вольфрама, осуществлять процесс быстрой кристаллизации. Последнее достигается в специальных камерах с намагниченным поршнем, который обеспечивает косое соударение утилизированных твердых сплавов с образованием встречных кумулятивных струй. Для этих целей наиболее целесообразно использование многокамерных систем.

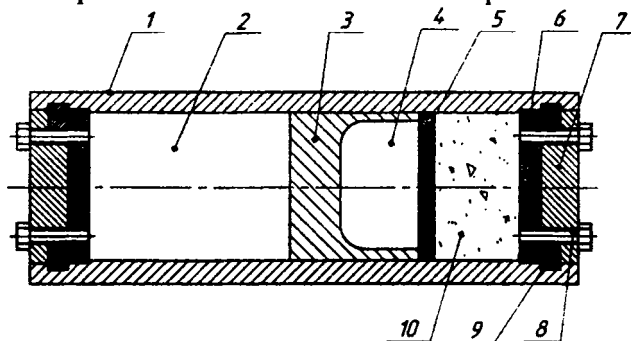


Рис. 1. Модель конструкции взрывоударного контейнера с демпфирующей подушкой: 1 - цилиндр; 2 - ударная камера; 3 - поршень-ударник; 4 - взрывная камера; 5 - разделительная шайба; 6 - опорная крышка; 7 - стопорная крышка; 8 - болт; 9 - опорное полукольцо; 10- демпфирующая подушка.

Модульная конструкция многокамерного взрывоударного контейнера позволяет комбинировать, в зависимости от параметров и свойств твердосплавных отходов; типа, применяемой

взрывчатки; объемов и глубины их переработки – любую комбинацию составления элементов конструкции.

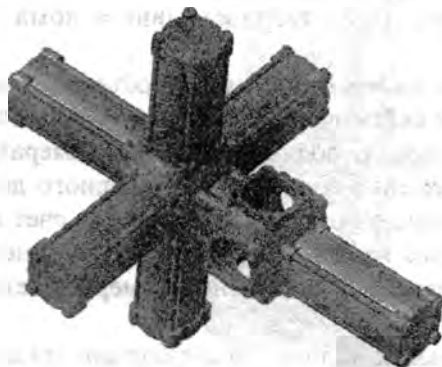


Рис. 2. Модульная конструкция многокамерного взрывоударного контейнера для совмещенного многостадийного дробления твердосплавных отходов

На рис. 3 показана конструкция модуля ударного цилиндра.

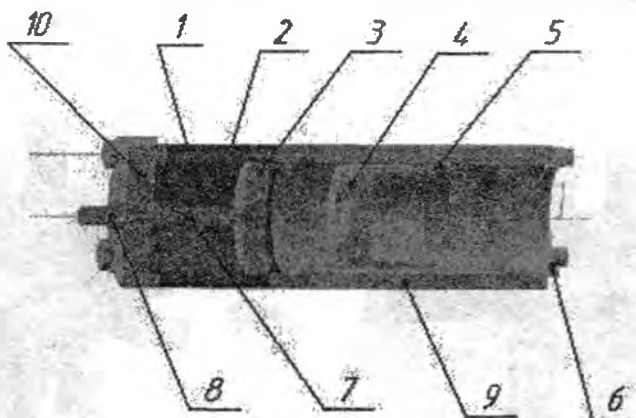


Рис. 3. Модуль ударного цилиндра: а) крепление элементов болтами:
1 – капсула; 2 – ударная камера; 3 – передающая шайба; 4 – поршень-ударник; 5 – конус поршня;
6 – поясok цилиндра, который фиксирует поршень-ударник; 7 – цилиндр капсулы из нержавеющей стали;
8 – крышка капсулы; 9 – цилиндр; 10 – стяжной болт.

Ударный цилиндр (рис. 3) имеет поясok 6, диаметр которого несколько меньше его рабочего диаметра. Указанный поясok используется для фиксации поршня-ударника 4 за счет легкого заклинивания по внешней поверхности конуса 5 в крайнем положении. Это обеспечивает однозначное начальное положение поршня-ударника вне зависимости от его пространственного положения. Таким образом, в любом положении ударного цилиндра движение поршня ударника начинается при взрыве заряда ВВ во взрывной камере из одного и того же положения относительно торца цилиндра.

Камера для размещения крошки выполнена в виде специальной капсулы 1. Детали капсулы изготавливаются из нержавеющей материала. Это позволяет изготавливать все другие детали контейнера из обычных сталей. Крошка, которая загружается во внутреннюю полость капсулы, уплотняется шайбой 3 с помощью стяжного болта 7 и гайки 8. Предварительное уплотнение крошки создает более благоприятные условия для ее дробления. Шайба уплотнителя может свободно перемещаться вдоль оси по направлению удара по ней поршня - ударника и передавать ударную волну, давление продуктов взрыва непосредственно на крошку. После нанесения удара капсула снимается, разбирается, и производится сортировка крошки по размерам фракций просеиванием. Изолированное от взрывной камеры размещение ударной камеры позволяет обеспечить эффект «чистого» механического дробления твердосплавных отходов на завершающих стадиях дробления. Это особенно важно для получения крошки качественной кондиции.

Модульная конструкция контейнера обладает большой гибкостью ее компоновки. Это позволяет обеспечить необходимые требования дробления отходов в зависимости от заданных объемов и глубины переработки твердосплавных отходов, а также производить селективное дробление разных групп твердосплавного лома одновременно от взрыва одного заряда ВВ.

Замена одной взрывной камеры, равными по объему ей несколькими более малыми по размерам резко снижает общее сейсмическое действие ударных волн в целом на конструкцию контейнера и окружающую среду, проводя в нескольких камерах последовательное короткозамедленное взрывание. Одновременно со снижением ударного действия на конструкцию улучшаются условия дробления в каждой отдельной камеры за счет взаимного прохождения ударных волн камер и многократного их воздействия на загруженный в них твердосплавный лом. Последовательное взрывание зарядов во взрывных камерах увеличивает длительность воздействия взрыва при дроблении отходов.

В зависимости от реальных условий эксплуатации многокамерных модульных конструкций возможны различные их комбинации пространственного расположения относительно друг друга. Так, на рис. 4 показана конструкция с последовательным расположением взрывных камер, а на рис. 5 – гнездовое (радиальное) размещение камер. Каждый из рассматриваемых вариантов обладает определенной спецификой взаимодействия ударных волн, а, следовательно, и эффективностью дробления.

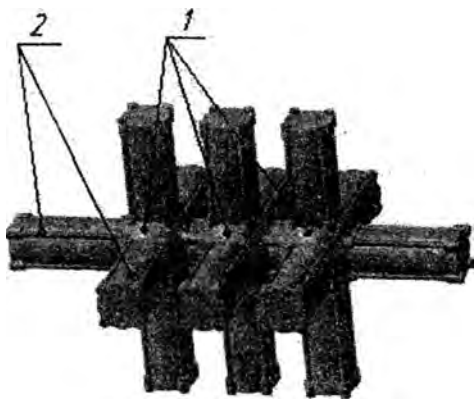


Рис. 4. Многокамерный взрывоударный модульный контейнер с последовательным расположением взрывоударных модулей: 1 - взрывные камеры; 2 - ударные цилиндры.



Рис. 5. Многокамерный взрывоударный модульный контейнер с гнездовым(радиальным) расположением взрывоударных модулей: 1 - взрывные камеры; 2 - ударные цилиндры.

Показанные на рис. 4 и 5 компоновки модульных контейнеров могут быть использованы в случае:

- необходимости дробления относительно большого количества лома;
- обеспечения углубленной проработки фракций крошки;
- при повышенных требованиях к снижению сейсмике;
- при дроблении твердосплавных отходов отличающихся по типам твердых сплавов;
- при необходимости получения крошки разной по гранулометрическому составу.

На рис. 6 показана установка, в которой взрывоударный контейнер подвешен на цепях (возможны любые другие виды нежестких связей). Такая установка позволяет значительно снизить сейсмическое действие ударных волн на фундаменты и наружные ограждения строительных сооружений.

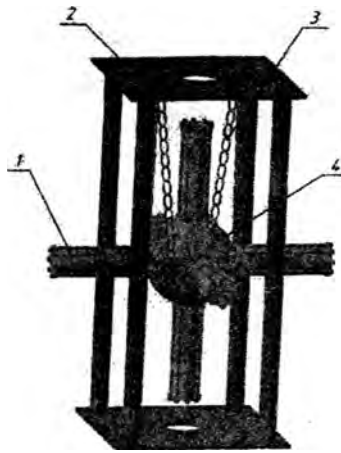


Рис. 6. Установка взрывоударного контейнера: 1 - ударный цилиндр; 2 - основание установки; 3 - цепь; 4 - взрывная камера.

Конструкция модуля взрывоударного контейнера, показанная на рис. 7 отличается типом крепления его элементов и способом уплотнения крошки в ударной камере. В этой конструкции вместо болтовых соединений используется байонетные замковые соединения. Это позволяет не только повысить надежность и прочность крепления элементов конструкции, но и, что не менее важно, снизить трудоемкость сборки и разборки модуля при загрузке и сортировке крошки. При этом возможно раздельное раскрытие, как взрывной камеры, так и ударной. Это способствует также более удобному выполнению операций загрузки и выгрузки крошки во взрывоударном контейнере.

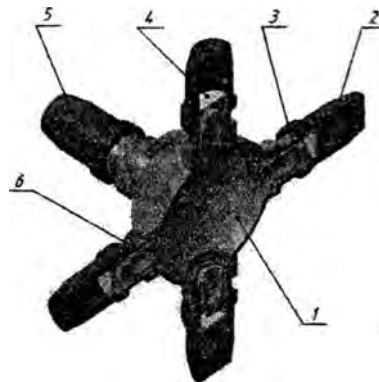


Рис. 7. Модульная конструкция взрывоударного контейнера с байонетным замковым креплением ударных модулей: 1 - взрывная камера; 2 - ударная камера; 3 - поршень-ударник; 4 - передающая шайба; 5 - капсула; 6 - ударный цилиндр.

В капсуле ударного цилиндра с байонетовым креплением (рис. 8) так же изменена конструкция уплотнения крошки в ударной камере. Уплотнение осуществляется с помощью внутреннего резьбового кольца 4. Кольцо расположено непосредственно внутри капсулы. Такое расположение резьбового кольца позволяет обеспечить лучшую изоляцию крошки в ударной камере и более свободное перемещение ударной шайбы при передаче ударного импульса на крошку.

При ударе поршня-ударника по передающей шайбе ударная волна и усилие удара не полностью затрачиваются на дробление твердосплавной крошки и ударная нагрузка воспринимается торцевыми крышками и стяжными болтами крепления цилиндра. Кроме того, эффективность дробления крошки в ударной камере в большой степени зависит от «жесткости наковальни», роль которой играет крышка. Поэтому она должна обладать повышенной массой в сравнении с массой поршня-ударника, жестким креплением к цилиндру.



Рис. 8. Капсула ударного цилиндра и сферическая взрывная камера с байонетным креплением;
1 - корпус капсулы; 2 - резьбовое кольцо; 3 - передающая шайба.

Для снижения ударных нагрузок на крепежные элементы контейнера разработана конструкция взрывоударного контейнера с ударными камерами встречного действия (рис. 9). Синхронные удары движущихся навстречу друг друга поршней ударников не требуют наличия жесткого основания «наковальни», воспринимающей удар, так как ударные усилия при этом взаимно компенсируются. Это повышает надежность, долговечность и эффективность конструкции в целом.

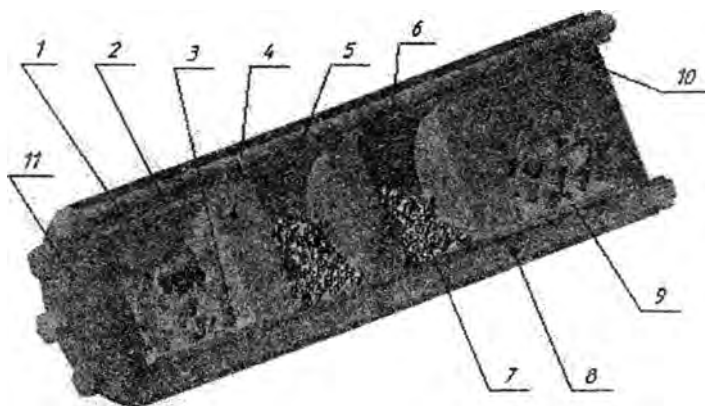


Рис. 9. Четырехкамерный взрывоударный контейнер с компенсацией ударных нагрузок:
1 - взрывная камера; 2 - заряд ВВ в патроне из твердого сплава; 3 - твердосплавный лом;
4 - поршень-ударник; 5 - ударная камера; 6 -; 7 - твердосплавная крошка;
8 - стяжной болт; 9 - взрывная камера; 10 - цилиндр; крышка.



Рис. 10. Взрывоударный контейнер с загрузочными окнами и защитным кожухом-затвором:
1 - взрывная камера; 2 - поршень-ударник; 3 - кожух-затвор; 4 - цилиндр с загрузочными окнами;
5 - загрузочные окна; 6 - перегородка

Однако, в связи с большой чувствительностью максимального давления газов при взрыве от начальных условий воспламенения и горения (температуры прогрева ВВ, интенсивности теплообмена между ВВ твердосплавным ломом, стенками взрывной камеры и других факторов) ВВ, возможность и необходимость синхронизации взрывов во взрывных камерах требует проведения дополнительных исследований. При несинхронном соударении поршней-ударников геометрические параметры разделяющей перегородки должны обеспечивать эффективность удара «запаздывающего» поршня-ударника по крошки, начавшей перемещение (уплотнение) от удара «опережающего» поршня-ударника.

Конструкция взрывоударного контейнера (рис. 10) имеет мощный защитный кожух-затвор 3, в котором предусмотрены загрузочные окна открывающий свободный доступ в ударные камеры. Цилиндр контейнера 4 также имеет соответствующие загрузочные окна ударных камер. Защитный кожух-затвор может свободно поворачиваться вокруг оси цилиндра.

Это позволяет совмещать загрузочные окна цилиндра и кожуха-затвора для доступа в ударные камеры при загрузке и выгрузке крошки. И перекрывать загрузочные окна для обеспечения операции

дробления крошки. Такая конструкция позволяет значительно снизить трудоемкость и время загрузочно-разгрузочной операции крошки.

Проведены испытания твердосплавных пластин, полученных по традиционной технологии из наночастиц регенерированных сплавов и комбинированной технологии (дробление до фракций 3 мм с последующим перемолом). Наибольшей износостойкостью обладают твердосплавные пластины из наночастиц, наименьшей – полученные по комбинированной технологии.

Таким образом, модульная конструкция многокамерного взрывоударного контейнера для совмещенного многостадийного дробления твердосплавного лома из отходов машиностроительного производства с целью двойного их использования в инструментальном производстве целесообразно для создания маломерных взрывоударных контейнеров, которые могут использоваться на действующих производствах.

УДК 536.2

Клус С.А., Покульницкий А.Р., Ширвель П.И.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТОПЛИВА И ОБОЛОЧКИ ТВЭЛА С ПОМОЩЬЮ МКЭ В СРЕДЕ ANSYS

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

В настоящее время решение задач развития атомной энергетики Республики Беларусь высоко актуально. А рост инновационного потенциала атомной энергетики напрямую зависит от объемов научно-исследовательских разработок в этой области. Поэтому очевидно, что проведение исследований, связанных с моделированием технологических процессов и функционирования элементов объектов атомной промышленности столь необходимо и важно.

Известно, что комплексы CAD и CAE позволяют ускорять процессы проектирования и исследования различных конструкций (в том числе и в области атомного машиностроения). Очевидно, что использование современных методов вычислений, реализованных в комплексах CAD (система автоматизированного проектирования), дает возможность проводить исследования различных характеристик проектируемых объектов, что позволяет менять конструкцию этих объектов без создания экспериментальных образцов и не прибегать к длительной и дорогостоящей процедуре натурных исследований. Отметим, что среди средств CAE (средства обеспечения исследований) важное место занимают комплексы метода конечных элементов (МКЭ, FEA), позволяющие проводить имитационное моделирование работы исследуемой конструкции на основе подробного описания ее геометрии, физики моделируемых процессов, свойств применяемых материалов, эксплуатационных характеристик и иных указываемых пользователем исходных и начальных данных. Среди комплексов МКЭ можно указать такие продукты, как ANSYS, CosmosWorks, Catia, Pro/ENGINEER, MSC/NASTRAN, Unigraphics, ABAQUS, EnSight и другие.

Согласно работам [1,2] безопасная работа любого ядерного реактора зависит в первую очередь от надёжной работы его тепловыделяющих элементов (ТВЭлов), имеющих, как правило, цилиндрическую или сферическую геометрию. Тепловыделяющие элементы представляют собой устройства, содержащие твердое ядерное горючее и обеспечивающие при помещении их в активную зону реактора цепную реакцию деления и генерацию тепловой энергии. Изучение деформирования цилиндрического ТВЭла имеет большое значение, так как оно определяет кинетику изменения напряжений и деформаций в тепловыделяющей сборке (ТВС) и активной зоне ядерного реактора АЭС.

Заметим, что выбор того или иного типа ТВЭлов производится на основе тщательного учета условий их эксплуатации в каждом конкретном реакторе. ТВЭлы быстрых реакторов, как правило, имеют стержневую (цилиндрическую) конструкцию, располагаются вертикально в реакторе, в их объеме содержится ядерное горючее (UO_2). Типовой ТВЭл с твердым ядерным топливом, представляющий собой цилиндрический стержень, включает следующие основные части: топливный сердечник; контактный слой; оболочку; заглушки; концевые детали; дистанционирующие детали (рис.1). Оболочки, концевые и дистанционирующие детали изготавливаются из коррозионно-