

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТАБЛЕТОК ИЗ ДИОКСИДА УРАНА

Н.П. Одейчук, С.А. Сиренко, А.И. Большак

**Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», г. Харьков, Украина*

Разработка твэлов на большие выгорания и, следовательно, удлинение кампании требует решения ряда проблем. На современном этапе развития атомной энергетики остро стоит проблема повышения технико-эксплуатационных характеристик твэлов на основе таблеточного топлива. Поэтому большое внимание уделяется совершенствованию технологии изготовления таблеток из UO_2 .

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время диоксид урана является основным видом ядерного топлива энергетических реакторов на воде. Масштабы производства порошка диоксида урана низкого обогащения и таблеток на его основе очень велики, и для нужд украинских АЭС ежегодно требуется около 100 млн. шт. таблеток. Несмотря на такие огромные масштабы производства, все таблетки должны иметь практически идентичные или очень мало отличающиеся друг от друга эксплуатационные характеристики [1].

Ужесточены требования по содержанию примесей в порошке UO_2 , особенно таких примесей, которые оказывают разрушающее влияние на оболочку или защитное покрытие внутренней поверхности оболочки: влага, водород, углерод, азот. Примеси приводят к снижению прочности таблеток и их охрупчиванию, что проявляется в увеличении вероятности образования сколов на таблетках. В свою очередь, сколы на таблетках в собранных твэлах могут привести к заклиниванию сердечника при их работе в реакторе и к увеличению механического воздействия на оболочку, что в конечном итоге может вызвать преждевременное разрушение оболочки твэла.

Технологические схемы массового производства таблеток разрабатываются с учетом комплекса сложных требований, которые вытекают из условия обеспечения надежной работы энергетических реакторов и низкой себестоимости вырабатываемой электроэнергии.

Прессование является важнейшим этапом в получении таблеток. В процессе прессования закладываются основные характеристики таблеток: форма, геометрические размеры, прочность, плотность и равномерность ее по всему объему таблетки.

Процесс прессования должен обеспечить:

- требуемую форму таблеток;
- жесткие размерные допуски как на диаметр таблетки ($\pm 0,01$ мм), так и на ее высоту ($\pm 1,0$ мм);
- требуемую плотность и равномерность ее распределения по всему объему таблетки. По современным требованиям плотность прессовок должна составлять не менее 56...57% ТП при ее разбросе не более 1,5% ТП; усилие разрушения таблетки (прочность) должно быть не менее 8,3 МПа.

В последнее десятилетие во многих странах усиленно прорабатывается метод «сухого» прессования

таблеток [2]. Для его реализации требуются порошки, способные заполнять пресс-форму без дополнительного воздействия. На сегодняшний день таким требованиям наиболее полно отвечают порошки диоксида урана, получаемые в АУК- и IDR-процессах [3].

Процесс подготовки порошка к прессованию, особенно с применением жидких связей, трудоемкий, значительно усложняющий технологию изготовления таблеток. В настоящее время ведется разработка как новых способов получения ядерного топлива, так и усовершенствования существующей технологии [2].

С целью улучшения прессуемости порошка, уменьшения усилий прессования и выталкивания, уменьшения износа пресс-инструмента применяют, как известно, связующие и смазывающие вещества, которые в виде раствора или сухого порошка вводят в шихту перед прессованием или покрывают смазкой рабочую часть пресс-форм.

Прессование со связкой и смазкой осуществляется из гранулированного UO_2 и является основным видом формирования топливных таблеток, разработанным в России.

При изготовлении таблеток прессованием с жесткими размерными допусками необходимо учитывать влияние упругого последействия, возникающего в результате действия внутренних напряжений. Особенно важно учитывать его по диаметру таблеток в связи с малыми размерными допусками на него.

В процессе выталкивания таблетки из пресс-формы растягивающие продольные и сжимающие поперечные напряжения постепенно снимаются, но могут дополнительно возникать сдвиговые напряжения. Например, в момент выхода таблетки из пресс-формы ее верхняя часть освобождается в первую очередь и испытывает поперечное расширение, тогда как остальная часть еще находится в пресс-форме, что может вызвать отрыв (сдвиг) выпрессованной части от сжатой части таблетки или образование трещин [4].

Прессование без связки – «сухое» прессование осуществляется без введения в шихту связки и смазки. Для прессования без связки нужен порошок UO_2 с полудендритной структурой. Такой структурой обладают порошки UO_2 , полученные по АУК-процессу, их прессуют без дополнительной предварительной обработки. Они достаточно технологичны, т. е.

имеют хорошую текучесть и высокую насыпную плотность. Порошки, полученные по IDR-процессу, также прессуют без введения связки, но с предварительной обработкой - сухой грануляцией для повышения текучести.

Насыпной вес порошков по АУК- и IDR-процессам составлял соответственно 2,6 и 2,7 г/см³.

В проводимых нами исследованиях исходным материалом для изготовления таблеток являлся порошок UO₂, полученный по АДУ-процессу.

Для прессования без связки разработаны прессы с автоматической смазкой пресс-форм. Смазка на основе веретенного масла наносится равномерным слоем на поверхность пуансонов и матриц с целью снижения давления выталкивания и получения качественных прессовок.

Из рассмотренных способов производства таблеток наиболее перспективным и менее трудоемким является изготовление таблеток без связки методом "сухого" прессования. Основное преимущество - сокращение производительного цикла изготовления таблеток. Исключаются такие трудоемкие и длительные операции, как дозирование связующего вещества и его смешивания с порошком, сушка и обезгаживание таблеток. Улучшается качество готовых таблеток (увеличивается плотность, уменьшается разброс по размеру наружного диаметра, возможно исключение операции шлифования, уменьшается содержание углерода до 0,01 мас.%) [5].

1. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследование по отработке операций и режимов изготовления таблеточного оксидного топлива проводили с использованием порошка диоксида урана (ТУ 95.604-79) с размером частиц 10...15 мкм.

Реализация приведенных выше требований к качественным и количественным параметрам топливных таблеток из диоксида урана представляет собой сложную задачу, так как параметры таблетки находятся между собой в определенной зависимости, и изменение одного из них ведет к изменению другого.

Для выполнения работ по созданию топлива с повышенными технико-эксплуатационными характеристиками был проведен комплекс мероприятий по усовершенствованию применяемого оборудова-

ния. Были разработаны и изготовлены высокотемпературные пресс-формы из молибдена (рис. 1).

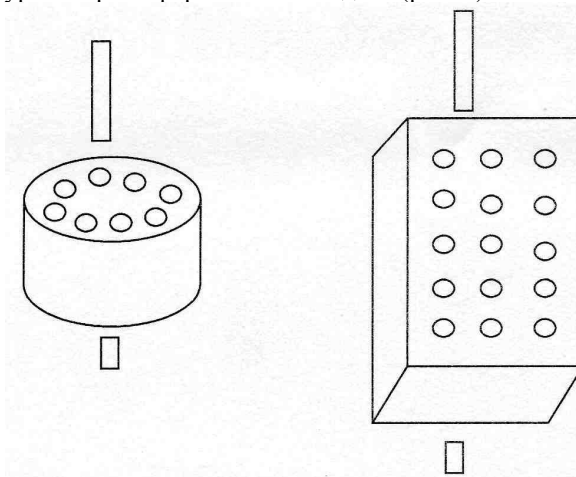


Рис. 1. Пресс-формы

Верхний и нижний пуансоны имеют вырезы под фаску таблетки. Порошок UO₂ (без связующего) засыпался в пресс-форму в состоянии свободной засыпки. Прессование проводили на гидравлическом прессе П6320. Давление прессования составляло 1000...3000 кгс/см². После этого спрессованные таблетки без выпрессовки вместе с пресс-формой передавали на операцию спекания в высокотемпературную печь с графитовым нагревателем, изготовленную на базе вакуумной установки ВУМ-10. Процесс спекания проводили в вакууме 13,3·10⁻² Па при температуре 1700 °С в течение 1 ч.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Спрессованные и спеченные готовые таблетки UO₂ имели ровную, гладкую без сколов и трещин поверхность.

При серийном производстве таблеток UO₂ прессованием в пресс-формах весьма важно получать хорошую воспроизводимость плотности от изделия к изделию, изготовленных при одинаковом давлении прессования.

Прочность спеченных таблеток превышает аналогичные значения для таблеток, изготовленных по технологии с использованием связующего. По остальным характеристикам имеющиеся отличия незначительны (таблица).

Характеристики таблеток UO₂ экспериментальной партии, изготовленных без связующего и с использованием связующего

Параметры	Прессование без связующего	Прессование со связующим
Плотность спеченных таблеток, г/см ³	10,50	10,55
Прочность спеченных таблеток, кг/см ²	30	23
Усадка таблеток по диаметру при спекании, %	15,5...16,5	14,8...15,2

Проведенные исследования показали, что основные характеристики таблеток, полученных прессованием без связующего, практически не отличаются от свойств таблеток, полученных по традиционной технологии. Зависимость плотности спеченных таблеток от давления прессования представлена на рис.2. В 80-е годы требования по плотности для кондиционных таблеток составляли 10,6...10,8 г/см³. В настоящее время в связи с удлинением кампании и увеличением выгорания ядерного топлива требования по плотности для таблеточного топлива понижены до 10,4...10,6 г/см³. Как видно из рис. 2, таблетки, изготовленные по предложенному методу, соответствуют данному требованию. Для перехода к полномасштабному производству ядерного топлива, изготовленного прессованием без связующего, потребуются еще дополнительные исследования для обоснования его работоспособности.

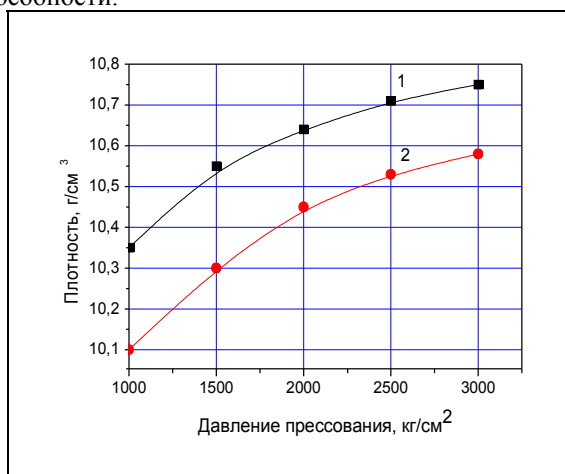


Рис.2. Зависимость плотности спеченных таблеток от давления прессования:

1 – со связующим; 2 – без связующего

ВЫВОДЫ

Спеченные таблетки, изготовленные методом прессования без связующего, удовлетворяют современным требованиям к таблеточному топливу атомного реактора.

Изготовление таблеток из диоксида урана без связующего значительно упрощает технологию без снижения качества изделий: отпадает необходимость в операции удаления связующего.

Химическая чистота выше у таблеток, изготовленных методом прессования без связующего, чем у таблеток, изготовленных по традиционной технологии, из-за отсутствия смазывающих реагентов и добавок связующих.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Хефли. Проблемы и перспективы ядерной энергетики // *Вестник АН СССР*. 1990, №12,.
2. В.А.Махова, Ю.В.Смирнов, И.Д.Соколова, Ю.П.Жбанов, М.А.Элатомцева. *Водо-водяные реакторы и их топливный цикл за рубежом. Вып. 18. Усовершенствование топлива водо-водяных реакторов: Обзор.* - М.: «Энергоатомиздат», 1995.
3. G.E.Somayajulu et al. PHWR/BWR fuel manufacturing experience in India // *Proc. of Symp. On Improvements in Water Reactor Fuel Technology and Utilization. Stockholm (Sweden), 15-19 Sep., 1986.* Vienna: IAEA, 1987, p. 493-503.
4. А.М.Уманский. *Прессование порошковых материалов.* М.: «Металлургия», 1981, 80 с.
5. D.Franklin et al. Advances in light water reactor fuels // *Trans. ANS*. 1987, v. 55, p. 255-257.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСА ВИГОТОВЛЕННЯ ТАБЛЕТОК З ДІОКСИДУ УРАНА

М.П. Одейчук, С.А. Сіренко, А.І. Большак

Розробка твєлів на великі вигоряння і, відповідно, подовження кампанії вимагають вирішення ряду проблем. На сучасному етапі розвитку атомної енергетики гостро постає проблема підвищення техніко-експлуатаційних характеристик твєлів на основі таблеткового палива. Тому велика увага приділяється удосконалюванню технології виготовлення таблеток з UO₂.

IMPROVEMENT OF URANIUM DIOXIDE PELLETS MANUFACTURING PROCESS

M.P. Odeychuk, S.A. Sirenko, A.I. Bol'shak

The development of fuel elements on the large burn-up and, consequently, lengthening of campaign are required of solutions of several problems. The problem of increase of fuel element technique-operational characteristics on fuel pellet basis stands sharply at the present stage of atomic engineering development. Therefore large attention is paid to improvement of UO₂ pellets manufacturing technology.