

А.В. Горбушин

ТОО НПО «УМЗ-Инжиниринг», г. Усть-Каменогорск

Ю.Г. Русин, Г.М. Шевченко

АО «УМЗ», г. Усть-Каменогорск

Б.В. Сырнев

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕГЛАМЕНТА ФОРМОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДИОКСИДА УРАНА

Часть 3

При формировании ядерного горючего из порошков диоксида урана могут возникать нарушения сплошности – трещины, которые приводят к браку и повышению себестоимости изделий. В ранее опубликованных работах обоснован скоростной регламент прессования и профиль внутренней полости матрицы для формирования [1, 2]. Тем не менее, на определенных режимах формования при последующем выталкивании таблеток на торцах образуются трещины, приводящие к сколам со стороны выталкивающего (нижнего) пуансона (рис. 1). Для выявления причин образования указанных дефектов были проведены экспериментально-аналитические исследования схемы напряженного состояния вблизи торцов таблетки при выталкивании её из матрицы после прессования.

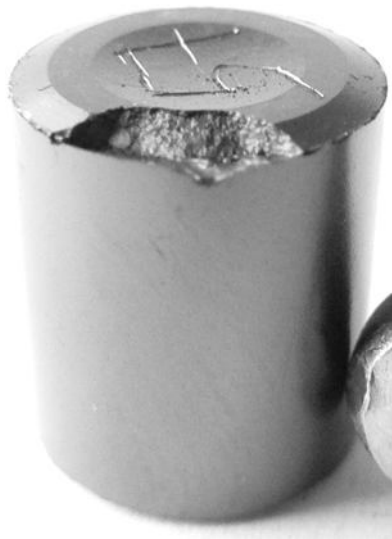


Рисунок 1 – Торцевой скол на торце спрессованной на роторной линии «РТЛ» таблетки из порошка диоксида урана со стороны выталкивающего пуансона

В заключительной стадии прессования, после сброса давления, происходит частичная упругая разгрузка таблетки, ограниченная остаточными сжимающими напряжениями со стороны матрицы и силами трения вдоль внутренних стенок матрицы. В результате торцевые поверхности искривляются и становятся выпуклыми (рис. 2). Была проведена оценка напряженного состояния методом линий скольжения с использованием методик [3]. Осесимметричное сжатие матрицей таблетки обуславливает неравномерное напряженное состояние, при котором имеются слабо напряжённые зоны (по торцам), контактирующие с сильно напряжёнными – по линиям максимальных касательных напряжений ОВС (рис. 2, а). Указанные линии составляют угол φ и φ_2 со стенкой матрицы и отражают характеристики межчастичного трения и трения о стенки матрицы, которое в свою очередь определяется видом и количеством связки, а также морфологией частиц порошка. При разгрузках с высоких давлений прессования уже на этой стадии могут образовываться трещины

и отслоения торцов в случае, если максимальные касательные напряжения превышают предел прочности «сырой» отпрессованной таблетки. В реальных условиях на указанное напряженное состояние накладываются напряжения, создаваемые выталкивающим пуансоном (рис. 2, в).

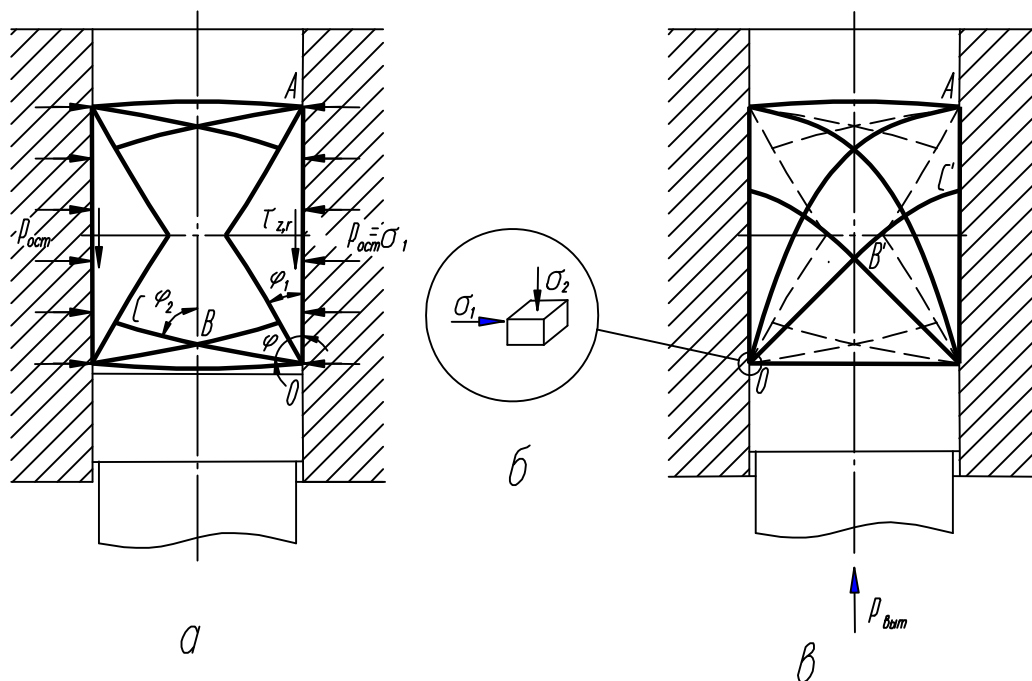


Рисунок 2 – Поле линий скольжения в таблетке после разгрузки (а) и в начальной стадии выталкивания (б); схема действия главных напряжений в элементарной площадке в точке О

В результате образуется опасная зона, прилегающая к углам таблетки, с высокой интенсивностью касательных напряжений. С определенной степенью достоверности можно принять, что эта зона находится в плоском напряжённом состоянии и нагружена остаточным напряжением сжатия со стороны матрицы и напряжением выталкивания (рис. 2, б).

Методика работы состояла в расчете максимальных касательных напряжений в углах, прилегающих к торцам таблетки, в зависимости от давления прессования таблеток, сравнении полученных расчетных значений с экспериментальными данными по прочности «сырых» таблеток и разработке предложений по регламенту прессования без нарушения сплошности прессовок, т.е. использовании противодавления при выталкивании.

Для плоского и осесимметричного напряжённого состояния максимальное касательное напряжение в точке О (рис. 2), можно определить из выражения [3]:

$$\tau_{\max} = 1/2(\sigma_1 - \sigma_2),$$

где σ_1 - остаточное боковое давление, σ_2 - давление выталкивания.

Остаточное боковое давление σ_1 рассчитывалось по величине упругого расширения таблетки после прессования и выталкивания, а давление выталкивания σ_2 определялось экспериментально.

Результаты экспериментов и численных исследований сведены в таблице.

Результаты экспериментальных измерений и расчётов при прессовании порошков

диоксида урана

№ ш/п	Давление прессования, МПа	Высота таблетки, мм	Диаметр таблетки после выталкивания, мм	Плотность таблетки, г/см ³	Диаметральное упругое расширение, %	Осевое упругое расширение, %	Боковое давление, МПа	Остаточное боковое давление, МПа	Давление выталкивания, МПа	Критическое касательное напряжение разрушения прессовки, МПа	Максимальные касательные напряжения в точке O, МПа
1	100	17	14,119	5,936	0,78	2,56	23	9,24	5,57	2,45	1,84
2	150		14,135	6,10	0,89	2,57	36,75	15,92	20,01	2,82	-2,05
3	200		14,148	6,214	0,99	3,01	52	21,57	26,90	3,18	-2,67
4	300		14,163	6,41	1,09	3,18	87	36,85	54,40	3,90	-8,78
5	400		14,175	6,552	1,18	3,3	124	53,84	86,96	4,63	-16,56
6	500		14,18	6,686	1,21	3,37	175	76,28	109,21	5,35	-16,47

Примечание. Изменение знака при максимальном касательном напряжении связано с изменением направления действия напряжения

В дальнейшем были произведены численные исследования и определение максимальных касательных напряжений при выталкивании с противодавлением. Регламент противодействия состоял в том, что после завершения прессования с верхнего пуансона давление снималось не мгновенно, как при обычном прессовании, а регламентировано, так чтобы разность давлений между нижним и верхним пуансоном составляла значение, равное давлению выталкивания. В этом случае таблетка выталкивается, находясь в состоянии трехосного сжатия до момента «выхода» из матрицы, когда полностью снимается давление с верхнего пуансона. Данный момент считается опасным, так как скачкообразно повышается «жесткость» напряженного состояния, поэтому численные исследования были проведены для указанного положения таблетки. Расчеты были проведены как для одноконусной, так и для двухконусной матриц, профиль которых обоснован в работе [2].

На основании полученных результатов построены графические зависимости величин напряжений от давления прессования (рис. 3).

Анализ полученных зависимостей показывает, что, начиная с давления прессования 250 МПа, касательные напряжения, возникающие в таблетке при выталкивании, превышают ее прочностные характеристики и возникают условия для образования трещин как для случая выталкивания таблетки без противодействия (кривая 1, рис. 3), так и в случае выталкивания с противодавлением из двухконусной матрицы (кривая 2, рис. 3).

Наиболее эффективно использование противодействия при выталкивании применительно к одноконусной матрице. В этом случае в момент снятия давления с верхнего пуансона (прекращение действия трехосного сжатия) таблетка оказывается полностью разгруженной и касательные напряжения при дальнейшем выталкивании близки к нулю (линия 4, рис. 3).

Для практической реализации разработанного регламента выталкивания с противодавлением была предложена и испытана схема модернизации управления роторным прессом, предусматривающая определенную связь в работе клапанных механизмов, регулирующих давление в гидроцилиндрах верхнего и нижнего пуансонов (рис. 4).

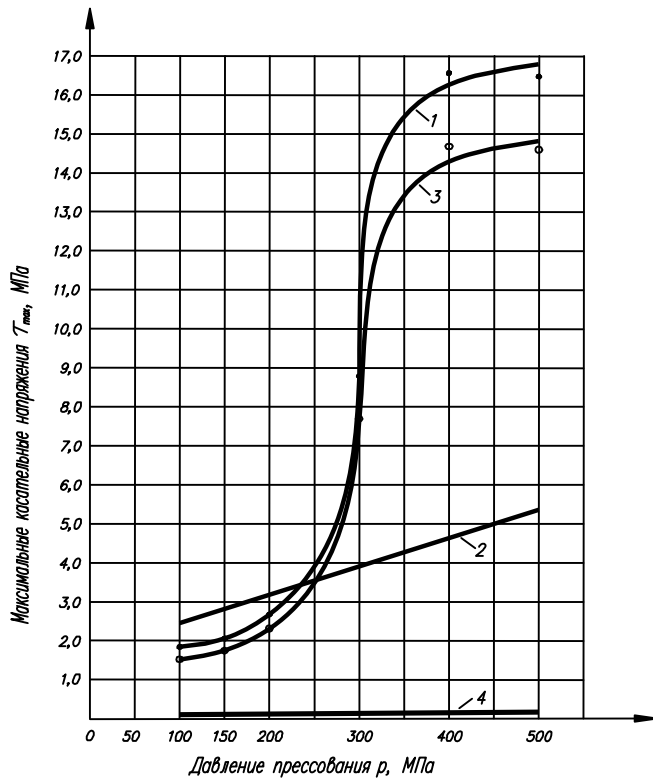


Рисунок 3 – Зависимость максимальных касательных напряжений от давления прессования: 1 – без применения противодействия; 2 – касательные напряжения разрушения прессовки, 3 – при применении противодействия в двухконусной матрице; 4 – при применении противодействия в одноконусной матрице

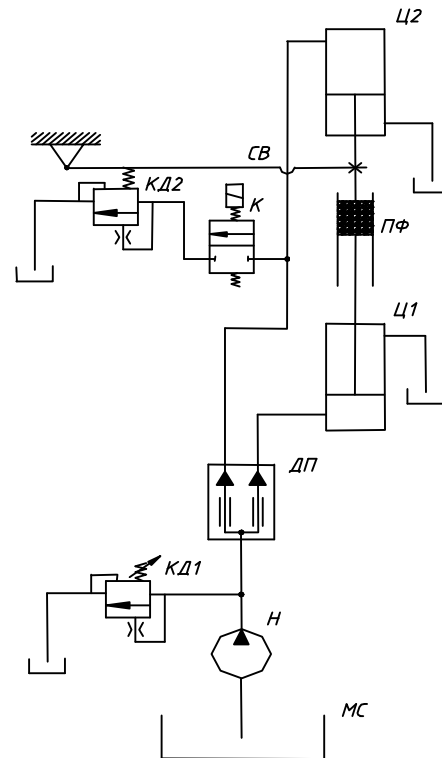


Рисунок 4 – Гидравлическая схема управления гидроцилиндрами пуансонов при прессовании и выталкивании

Указанная схема должна работать следующим образом: насос H , установленный на маслостанции MC , создаёт давление рабочей жидкости и подаёт её в момент прессования через делитель потока на нижний $Ц1$ и верхний $Ц2$ гидроцилиндры. Давление прессования в данный момент устанавливается при помощи клапана давления $КД1$. После прессования к верхнему гидроцилиндру $Ц2$ при помощи клапана K подключается клапан давления $КД2$. Данный клапан настроен на давление срабатывания, которое по величине меньше давления прессования на величину, несколько большую, чем давление выталкивания. Под действием разности давлений на верхнем и нижнем гидроцилиндрах, прессовка перемещается вверх, расширяясь в диаметральном направлении по мере увеличения диаметра отверстия матрицы $ПФ$. Для того чтобы не наступило разрушение прессовки, давление на верхнем пуансоне должно снижаться по величине, пропорциональной величине увеличения диаметра отверстия матрицы. Для этого в данной схеме управления существует механизм $СВ$, управляющий давлением на верхнем пуансоне, в соответствии с перемещением штока верхнего гидроцилиндра. Перемещение штока увязано с величиной конусности отверстия матрицы. В момент выхода торца таблетки из матрицы верхний пуансон отрывается от нее и ускоренно движется вверх.

При данной схеме управления выполняется неравенство

$$p_{\text{прот}} \leq (p_{\text{в}} - p_{\text{выт}}) \cdot \frac{\Delta r_{\text{max}} - \Delta r_{\text{min}}}{\Delta r_{\text{max}}}.$$

Настройка клапана давления КД2 и регулирование в процессе выталкивания должно осуществляться из условия

$$\tau = \frac{\sigma_{\text{бок}} - \sigma_{\text{верх}}}{2} \triangleleft \tau_{\text{разр}}.$$

Если соотношение давлений будет осуществляться в пределах только что указанных, то разрушения прессовки при выталкивании не должно наступить.

Таким образом, в работе:

- обосновано техническое предложение о целесообразности использования противо-давления при выпрессовке таблеток ядерного топлива из порошков диоксида урана;
- предложена модернизированная система управления роторной линией «РТЛ», испытанная на макете, обеспечивающая устранение трещин на торцах таблеток во всем рабочем диапазоне давлений прессования.

Список литературы

1. Горбушин А.В. Исследование влияния регламента прессования на качество изделий из диоксида урана / А.В. Горбушин, Б.В. Сырнев, Ю.Н. Русин // Вестник ВКГТУ. – 2008. – № 4. – 2008. – Усть-Каменогорск, 2008. – Ч. 1.
2. Горбушин А.В. Исследование влияния регламента прессования на качество изделий из диоксида урана / А.В. Горбушин, Б.В. Сырнев, Ю.Н. Русин, Г.М. Шевченко // Вестник ВКГТУ. – 2009. – № 4. – Усть-Каменогорск, 2009. – Ч. 2.
3. Пелерман В.Е. Формование порошковых материалов. – М.: Металлургия, 1979.

Получено 10.04.10

УДК 553.411 (574.4)

Б.А. Дьячков, З.И. Черненко, Н.П. Майорова, О.Н. Кузьмина, Б.Б. Рахимбаева
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

К ПРОБЛЕМЕ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ЗАЙСАНСКОЙ СУТУРНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

По новым геодинамическим реконструкциям в региональном плане устанавливается закономерная приуроченность собственно золоторудных месторождений изучаемого региона к Зайсанской сутурной зоне, сформированной в центральной части Большого Алтая в процессе коллизионного сдвижения и состыковки Казахстанского микроконтинента и Горноалтайской окраины Сибирской платформы (С₁-С₃). В процессе сложного геодинамического развития в сутурной зоне локализовался Чарско-Горностаевский офиолитовый пояс планетарной ранговости, фиксирующий зону мантийного глубинного разлома (надвига) или сутурный тектонический шов. Его юго-восточное продолжение дугообразной формы огибает с юга Сибирскую платформу и фиксируется в структуре Центрально-Азиатского пояса. Это нашло отражение на новой тектонической карте Центральной Азии масштаба 1:2 500 000, которая демонстрировалась на Международном геологическом конгрессе в Норвегии (6-14 августа 2008 г). Такая региональная позиция Зайсанской сутурной зоны раскрывает новые возможности для прогнозирования и поиска здесь новых месторождений золота и возможно других полезных ископаемых (Cr, Ni, Co, Hg, Pt и