

**Założenia techniczno-ekonomiczne instalacji do produkcji paliwa do reaktorów
wysokotemperaturowych**

w ramach realizacji zadania nr 8, z projektu zatytułowanego

„Przygotowanie instrumentów prawnych, organizacyjnych i technicznych do wdrażania reaktorów HTR” w ramach Strategicznego Programu Badań Naukowych i Prac Rozwojowych - GOSPOSTRATEG.

Opis procesu oraz podstawowe dane projektowe

1. Założenia projektowe instalacji

1.1 Przeznaczenie instalacji

Rozwój technologii reaktorów wysokotemperaturowych w Polsce wymagać będzie dostaw paliwa w odpowiedniej ilości i jakości. Uzasadnione wydaje się więc rozważenie możliwości budowy własnej linii produkcyjnej paliwa dedykowanego na potrzeby tej technologii reaktorów jądrowych. Instalacja do produkcji paliwa do reaktorów wysokotemperaturowych ma na celu zapewnienie dostaw paliwa jądrowego do reaktorów HTR, których wdrożenie w Polsce jest obecnie rozważane.

1.2 Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest przygotowanie wstępnych założeń techniczno-ekonomicznych budowy instalacji produkcji paliwa do reaktorów HTR pozwalających na pierwotną ewaluację możliwości realizacji inwestycji.

W zakres opracowania powinny wchodzić następujące zagadnienia:

1. Wstęp

Ogólny opis tła zawierający cel, program i wymagania stawiane inwestycji w nawiązaniu do projektu GOSPOSTRATEG

2. Metody wytwarzania paliwa jądrowego

Stosowane w przemyśle jądrowym metody, technologie i rozwiązania kontrolno-pomiarowe mające zastosowanie w produkcji paliwa

3. Opis wytwarzania prekursorów paliwa metodą zol-żel
Podstawy teoretyczne procesu
4. Założenia projektowe
Opis proponowanej instalacji; podstawowe parametry techniczne (wielkość produkcji, parametry substratów i produktów itp.)
5. Bilanse masowe i cieplne procesu
6. Założenia konstrukcyjne
Schemat blokowy procesu z opisem, główne strumienia w procesie, konstrukcja i wymiary podstawowych aparatów z ewentualnym uwzględnieniem rozwiązań/aparatów typowych; urządzenia kontrolno-pomiarowe.
7. Plan kontroli laboratoryjnej procesu
8. Zapotrzebowanie surowców, mediów i energii.
Dostępność energii i wody technologicznej, transport surowców i produktów.
Możliwość pozyskiwania uranu z zasobów krajowych.
9. Ochrona środowiska, Odpady,
Wymogi ochrony środowiska, gospodarka odpadami i emisjami.
10. Ochrona radiologiczna
Wymagania dotyczące ochrony radiologicznej.
11. Szacowany koszt inwestycji
12. Przygotowanie technologii do wdrożenia
Kierunki dalszych prac rozwojowych, możliwości uczestnictwa polskich instytutów badawczych oraz przemysłu krajowego w poszczególnych etapach produkcji, licencjonowania i eksploatacji paliwa
13. Podsumowanie i rekomendacje

1.3 Wydajność instalacji

Do celów projektowych zakłada się wydajność instalacji 500 kg U / rok

1.4 Oczekiwane parametry produkowanego paliwa

1.4.1 Ziarno

średnica	$500 \pm 40 \mu\text{m}$
gęstość	$\geq 10,4 \text{ g/cm}^3$

sferyczność < 1,1

1.4.2 Otoczka

grubość warstwy buforowej	$95 \pm 20 \mu\text{m}$
grubość warstwy IPyC	$40 \pm 10 \mu\text{m}$
grubość warstwy SiC	$35 \pm 7 \mu\text{m}$
grubość warstwy OPyC	$40 \pm 10 \mu\text{m}$
gęstość warstwy buforowej	$\leq 1,05 \text{ g/cm}^3$
gęstość warstwy IPyC	$1,85 - 2 \text{ g/cm}^3$
gęstość warstwy SiC	$\geq 3,18 \text{ g/cm}^3$
gęstość warstwy OPyC	$1,85 - 2 \text{ g/cm}^3$
ilość defektów ($N_{\text{def}}/N_{\text{total}}$)	$\leq 5 \cdot 10^{-6}$

1.5 Opis procesu

Proces otrzymywania paliwa jądrowego można podzielić na cztery etapy:

- otrzymywanie zolu uranylowego
- otrzymywanie żelu uranylowego
- obróbka termiczna otrzymanego żelu
- powlekanie warstwami ochronnymi

Podstawowym substratem do otrzymywania paliwa jądrowego jest azotan uranylu. Substrat ten poddaje się rozpuszczeniu w zimnej wodzie, a następnie dodaje mocznik lub kwas askorbinowy (ASC). Tak powstały roztwór alkalizuje się wodorotlenkiem amonu. Następnie do roztworu dodaje się heksametylenotetraaminę (HMTA).

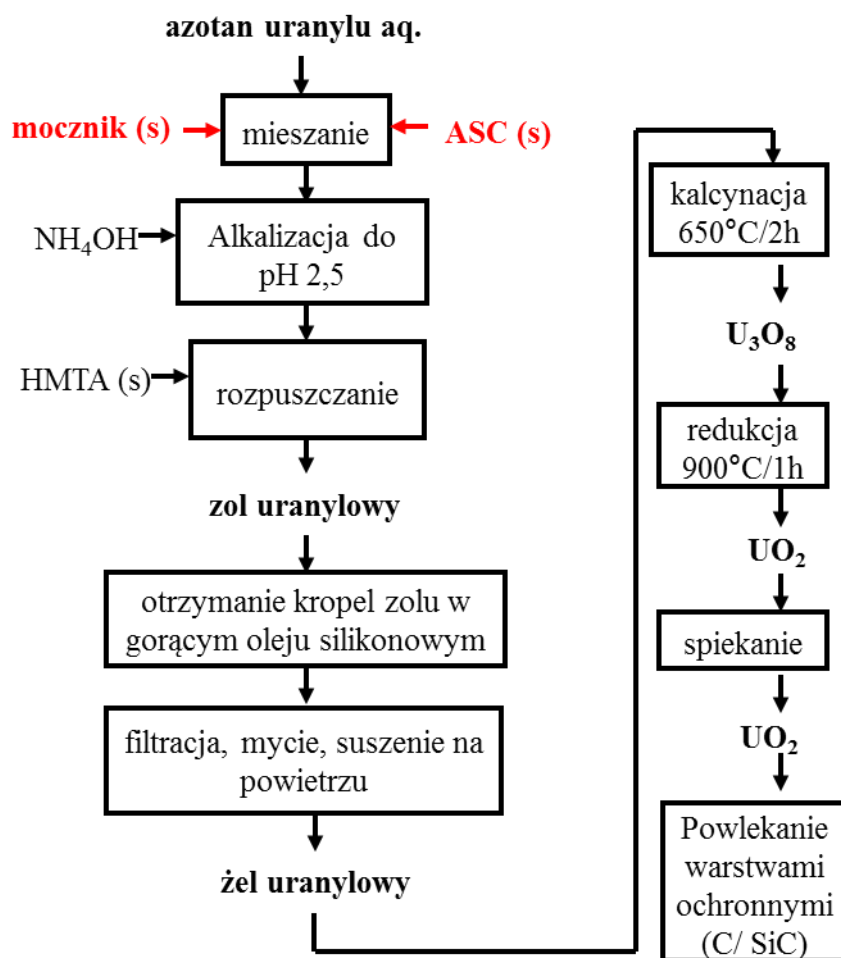
Otrzymany roztwór zolu uranylowego wkrapia się do gorącego oleju silikonowego, gdzie następuje proces żelowania do postaci kulek o średnicy 0,5 mm. Powstałe prekursorzy paliwa są następnie płukane w rozpuszczalniku usuwającym resztki oleju silikonowego, a następnie w roztworze wodorotlenku amonu i suszone na powietrzu.

Tak otrzymane ziarna poddaje się procesowi kalcynacji w powietrzu w temperaturze 650°C, a następnie redukcji w 900°C i spiekaniu w 1700°C. Proces redukcji i spiekania prowadzi się w atmosferze ochronnej.

Ostatnim etapem produkcji paliwa jest otaczanie powstałych ziaren ditlenku uranu trzema warstwami ochronnymi. Jako warstwę wewnętrzną i zewnętrzną stosuje się węgiel pirolityczny (grafit), zaś pomiędzy nimi nanosi się warstwę węgla krzemu. Proces ten prowadzi się metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD).

Tak otrzymane paliwo może być następnie formowane w kształtki (kule, pręty itp.) zgodne z wymaganiami wynikającymi z konstrukcji reaktora.

Schemat proponowanego procesu przedstawiono na Rysunku 1.



Rysunek. 1. Schemat procesu otrzymywania paliwa do reaktorów wysokotemperaturowych