

WIRÓWKA DO WZBOGACANIA URANU

dr Jerzy Kubowski

Wstęp

W ostatnim czasie o wirówkach często pisze także prasa codzienna. Powodem jest wykorzystywanie tych urządzeń dla potrzeb militarnych. Na ich temat wypowiedział się również Mohamed El Baradei, dyrektor generalny Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej, który w alarmistycznym wywiadzie dla niemieckiego tygodnika Der Spiegel www.inopressa.ru/print/spiegel/2004/01/26/10:15:47/baradey wyraził opinię, iż niebezpieczeństwo wybuchu wojny jądrowej "nigdy nie było tak wielkie, jak dzisiaj." Mówił o wyjątkowo sprytnie rozwijającym się jądrowym czarnym rynku: "W jednym państwie opracowuje się projekty, w drugim - wytwarza się wirówki, które następnie za pośrednictwem trzeciego państwa wysyła się do nieznanego odbiorcy."

Zatrwożone są także Stany Zjednoczone, czemu dał wyraz prezydent Bush w przemówieniu wygłoszonym 11.02. 04 w National Defens University. Apelował o skoordynowaną, międzynarodową akcję na rzecz powstrzymania groźby rozprzestrzeniania się broni jądrowej.

Wirówka stała się upragnionym urządzeniem przez państwa dążące do wyprodukowania własnej broni jądrowej. Dowodzi tego głośna afera z przekazaniem przez pakistańskich specjalistów tajnej technologii Iranowi, Libii i Korei Północnej.

Ze wszystkich metod otrzymywania uranu niezbędnego do konstrukcji bomb jądrowych, metoda oparta na zastosowaniu wirówki znajduje coraz większe uznanie.

Po co trzeba wzbogacać uran?

Uran występujący w przyrodzie składa się z dwóch podstawowych izotopów: U - 235 i U - 238. Najbardziej pożądanym jest izotop U - 235, gdyż "najłatwiej" ulega rozszczepieniu; wyzwoloną przy tym energię wykorzystuje się w elektrowniach jądrowych, ale także - w bombach.

Problem z tym izotopem polega na tym, iż jego udział w uranie naturalnym wynosi zaledwie ok. 0,7%. Pozostała część prawie całkowicie przypada na U - 238.

Większość z 470 reaktorów lekkowodnych - dzisiaj eksploatowanych lub będących w budowie - wymaga natomiast uranu wzbogaconego w izotop U - 235 od 3% do ok. 5%. Jedynie reaktory ciężkowodne kanadyjskiej konstrukcji (typ CANDU) i brytyjskie reaktory grafitowe, chłodzone dwutlenkiem węgla (typ MAGNOX), mogą pracować na uranie naturalnym.

Do produkcji broni jądrowej potrzebny jest uran o znacznie większym wzbogaceniu, sięgającym ok. 90%.

To są przyczyny, dla których proces wzbogacania uranu w izotop U - 235 staje się absolutnie nieodzowny.

Sposoby wzbogacania

Istnieje wiele laboratoryjnych metod wzbogacania, lecz tylko dwie spośród nich znalazły zastosowanie na skalę przemysłową: dyfuzja gazowa i wirowanie.

Izotopy U - 235 i U - 238 posiadają identyczne własności chemiczne, lecz różne - fizyczne, szczególnie pod względem mas atomowych. Jądro atomu U - 235 jest zbudowane z 92 protonów i 143 neutronów, czyli jego masa wynosi 235 jednostek masy atomowej (j. m. a. jest równa $1,66 \cdot 10^{-24}$ g). Natomiast jądro atomu U - 238 chociaż się składa także z 92 protonów, jednakże zawiera o 3 neutrony więcej, czyli - 146; stąd jego masa atomowa równa się 238 j. m. a. Różnica w masach atomowych tych izotopów pozwala je rozdzielić, i tym sposobem zwiększyć procentowy udział U - 235, czyli wzbogacić uran w izotop U - 235. Wszystkie istniejące procesy wzbogacania oparte są na wykorzystaniu właśnie tej małej różnicy mas.

W obu procesach stosuje się sześćciofluorek uranu UF_6 . Związek ten jest ciałem stałym w temperaturze pokojowej, lecz ma tak dużą prężność par, że w temperaturze sublimacji (56,3 st. C) osiąga ona wartość 1013,25 hPa.

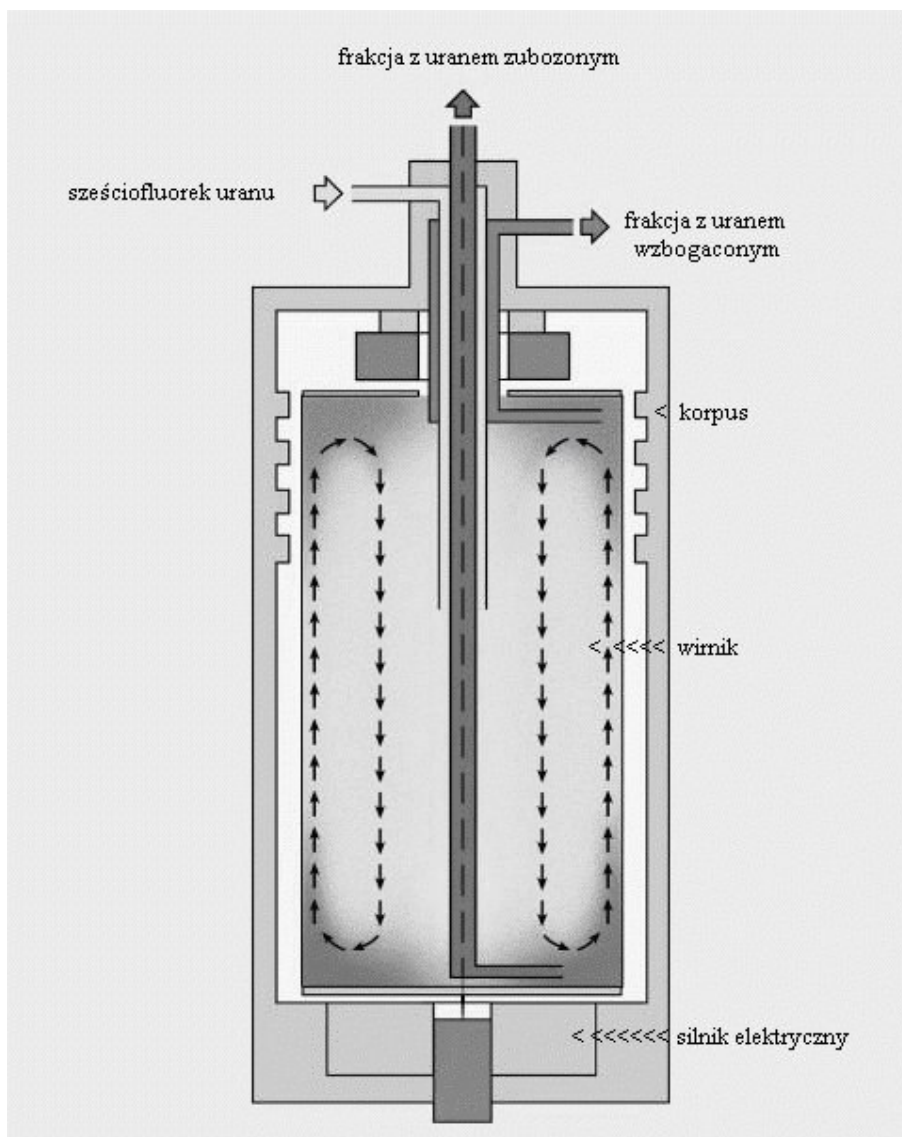
Procentową różnicę w masach cząsteczek $^{235}UF_6$ i $^{238}UF_6$ można ocenić na podstawie ich atomowych mas: $M_1=235+(6 \cdot 19)$ i $M_2=238+(6 \cdot 19)$. Stąd otrzymamy: $(M_2-M_1) \times 100\% / M_2=0,85\%$.

Szczególną zaletą fluoru jest to, iż nie ma izotopów. Dzięki temu proces wzbogacania nie jest zaburzony przez rozdzielanie jego izotopów. Wadą sześćciofluorku stanowi silnie korodujące działanie na większość metali i łatwe reagowanie z wodą zawartą w powietrzu.

Koszty wzbogacania stanowią prawie połowę kosztów paliwa jądrowego i ok. 5 % ogólnych kosztów wytworzonej energii elektrycznej. Powinno się również uwzględnić koszty gazów mających wpływ na efekt cieplarniany, jeśli energia zużywana w procesie wzbogacania została wygenerowana na bazie węgla. Jednakże, jeśli wzbogacenie odbywa się w nowoczesnych zakładach udział dwutlenku węgla wynosi 0,1 %, lub w skrajnym przypadku - ok. 3 % ilości uwalnianej przez równoważną elektrownię węglową.

Konstrukcja wirówki

Zarys konstrukcji jest pokazany na schemacie ideowym.



Schemat ideowy wirówki

Wirnik w postaci próżniowego cylindra o bardzo wytrzymałym korpusie, osadzony jest na łożyskach i napędzany silnikiem elektrycznym do wysokich obrotów: od 50000 obr./min. do 70000 obr./min. Długość wynosi od 1 m do 2 m, a średnica - od 15 cm do 20 cm. Sześćciofluorek uranu doprowadza się do środka wirnika, gdzie uzyskuje prędkość wirowania bliską prędkości obrotowej wirnika. Pod wpływem siły odśrodkowej cięższe cząsteczki ($^{238}\text{UF}_6$) dążą w kierunku korpusu, a lżejsze ($^{235}\text{UF}_6$) gromadzą się wokół osi. Ten początkowy efekt rozdzielania w kierunku promieniowym, zostaje następnie wzmocniony przez konwekcję wywołaną różnicą temperatury wzdłuż osi wirnika. Powstałe siły, tysiącrotnie większe od sił pola grawitacyjnego, stwarzają gradient ciśnienia wzdłuż promienia.

Pod wpływem różnicy ciśnień między wejściem gazu a wyjściami frakcji zubożonej i wzbogaconej, sześćciofluorek uranu jest wtłaczany do zewnętrznego systemu rurociągów. Nie jest do tego potrzebna ani sprężarka, ani pompa. Dzięki temu zapotrzebowanie na energię jest znacznie mniejsze, niż w procesie dyfuzji gazowej.

Wartość zużywanej energii na jednostkę pracy potrzebnej do rozdzielania jest wyrażana w kilogramach - sily; w jęz. ang.: "separative work unit - kGSWU". O ile w procesie dyfuzji gazowej zużycie energii wynosi 2500 kWh/kGSWU, to w nowoczesnych zakładach wzbogacania opartych na pracy wirówek, osiąga się 40 kWh/kGSWU, tj. prawie o 98 % mniej.

Rozwój wydajniejszych wirówek zależy od zwiększenia wytrzymałości materiałów przeznaczonych na konstrukcje korpusów oraz od rozwiązania problemów dynamiki długich wirników.

Prędkość orbitalna wirnika zależna jest w większym stopniu od gęstości właściwej materiału wirnika g_r i granicznej wartości naprężenia β_b , niż od parametrów geometrycznych. Dla cienkich ścianek korpusu (ograniczonych promieniami wewnętrznym i zewnętrznym: r_i i r_a) wirujących z prędkością kątową w , naprężenia osiowe i promieniowe - przy r_i dążącym do r_a - są bliskie zeru. Zatem naprężenie styczne można opisać równaniem:

$$\beta_t = g_r \times w^2 \times r^2 = g_r \times v^2 \dots \dots \dots (1)$$

Stąd wzór na maksymalną prędkość orbitalną wirnika, ma postać:

$$v_{\max} = \text{sqr}(\beta_b/g_r) \dots \dots \dots (2)$$

gdzie "sqr" oznacza pierwiastek kwadratowy.

Osiągane prędkości w udoskonalonych konstrukcjach przekraczają 600 m/s, a nawet 1100 m/s. Im większy jest stosunek β_b/g_r , tym przydatniejszy jest materiał, np. stale o wysokiej wytrzymałości lub ich stopy.

Jednym z ważniejszych - a zarazem trudniejszych do wykonania - systemów technicznych zakładu wzbogacania opartego na wirówkach, jest system zasilania energią elektryczną. Problem polega na tym, że prąd zmienny pobierany z sieci o częstotliwości 50 Hz, lub 60 Hz trzeba zamienić na prąd o częstotliwości znacznie większej, zazwyczaj o wartości 600 Hz, gdyż obroty silnika napędzającego wirnik wirówki są proporcjonalne do częstotliwości prądu. Przetwornica częstotliwości musi spełniać wysokie wymagania odnośnie do niskiej zawartości harmonicznych i precyzyjnej regulacji częstotliwości.

Wysokie wymagania stawia się również konstrukcji korpusu, który w przypadku pojawienia się w nim - powstałych wskutek uszkodzenia - cięższych fragmentów, powinien móc je zatrzymać w swej przestrzeni. W przeciwnym bowiem razie, wskutek "efektu domina" mogą ulec zniszczeniu sąsiednie wirówki.

Wprawdzie pojemność pojedynczej wirówki jest znacznie mniejsza niż pojedynczego stopnia dyfuzji gazowej, to jednak jej wydajność znacznie przewyższa urządzenia do dyfuzji. Podobnie jak w przypadku tych ostatnich, zakład wzbogacania oparty na wirówkach pracuje kaskadowo. Każdy stopień zawiera wielką liczbę wirówek połączonych w układ równoległy, w którym frakcja z uranem wzbogaconym zasila następną wirówkę, a z uranem zubożonym jest kierowana z powrotem do poprzedniej. Liczba stopni waha się w przedziale od 10 do 20, natomiast w zakładzie dyfuzji sięga nawet ponad tysiąc. Do wyprodukowania jednej bomby jądrowej potrzeba kilku tysięcy wirówek.



Hala wirówek w zakładzie wzbogacania (Gronau, RFN)
<http://www.urengo.de>

dr Jerzy Kubowski

© www.ekologika.pl Wszystkie prawa zastrzeżone.

Wydrukowano z Portalu nuclear.pl