

NUKLEARNI GORIVNI CIKLUS

PROJEKTIRANJE I PROIZVODNJA GORIVNIH ELEMENATA

Specifičnost nuklearnog goriva je da se koristi više godina i da je u radnim uvjetima izloženo visokoj temperaturi i tlaku, te jakom zračenju. U gorivu tijekom rada nastaju radioaktivni fisijski produkti koji ni pod kojim uvjetima ne smiju izaći iz goriva. Da bi se to postiglo jedno od važnih ograničenja koje gorivo mora zadovoljavati je da ni u kom slučaju ne postigne temperaturu taljenja. Pri projektiranju nuklearnog goriva mora se izborom i sastavom materijala, te adekvatnom geometrijom i raspodjelom goriva i strukturnih elemenata osigurati sljedeće uvjete:

- ugradnju reaktivnosti i kontrolu nuklearnih procesa
- termohidrauličku ravnotežu
- zadržavanje radioaktivnog materijala
- minimizaciju nečistoća koja su jaki apsorberi neutrona u svim materijalima

Nuklearno gorivo energetskih reaktora je najčešće obogaćeni uran u formi uranova dioksida. Obogaćeni uran se dobiva najprije u formi uranovog heksafluorida, te se nakon obogaćivanja mora opet konvertirati u uranov dioksid (UO_2), koji služi za izradu tableta goriva. Proces izrade tableta goriva sastoji se od sljedećih faza:

1. doprema krutog uranovog heksafluorida u specijalnim spremnicima
2. zagrijavanje uranovog heksafluorida i prevođenje u plinovito stanje
3. miješanje s vodom i amonijakom kako bi se istaložio amonijev diuranat
4. sušenje taloga i zagrijavanje u peći da bi se dobio uranov peroksid
5. redukcija uranovog peroksida vodikom u uranov dioksid
6. mljevenje uranovog dioksida u fini homogeni prah
7. prešanje u tablete i sinteriranje na temperaturi 1650 °C
8. brušenje tableta

Gorivni element izvedbe PWR

U gotovo svim današnjim reaktorima gorivo se stavlja najprije u tanke cijevi iz legure koja vrlo malo apsorbira neutrone. Dimenzije cijevi su malene, kako bi se postiglo bolje odvođenje topline i time niža temperatura u centru goriva. Cijev ispunjena gorivom čini gorivnu šipku. S obzirom na male dimenzije gorivne šipke, u reaktoru ih ima vrlo veliki broj (u NE Krško oko 25000). Da bi se olakšalo postavljanje i izmjena goriva u reaktoru, gorivne šipke grupiraju se u vezanu cjelinu koja se naziva gorivni element. Gorivni element PWR reaktora je

kvadratna matrica 15x15 ili 17x17, s time što je dio od raspoloživih mjesta upotrijebljen za kontrolne šipke.

Primjer izvedbe

NE Krško termička snaga u parogeneratorima 1882 MW, 16x16, s 235 gorivna štapa, 121 gorivni element, 48.9 tona UO_2 .

Dimenzije i materijali

Tehničko i ekonomsko optimiranje dovelo je do vrlo ujednačenih dimenzija gorivnih šipki bez obzira na proizvođače. Tablica dolje daje dimenzije gorivnih šipki za NE Krško.

Tablica

	Dijametar tablete (mm)	Razmak do košuljice (mm)	Deblina košuljice (mm)	Vanjski dijametar (mm)	Obog. Svjež. goriva
NE Krško	8.128	0.1	0.541	9.37	3.3%

Kod NE Krško gorivni element ima matricu 16x16, sa 235 štapova po elementu. Korak rešetke je 12.36 mm, a dimenzije gorivnih elemenata 197x197, dužina 4056mm. Jedan element sadrži 404 kg U, a ukupna mu je masa 572 kg.

Jezgra sadrži: 121 gorivni element

Jedna šipka sadrži: 1.72 kg U

Dužina šipke iznosi: 3657.6 mm

Materijal košuljice: Zircalloy 4 i ZIRLO

Izrada gorivnog elementa tipa PWR

1. Izrada gorivne šipke

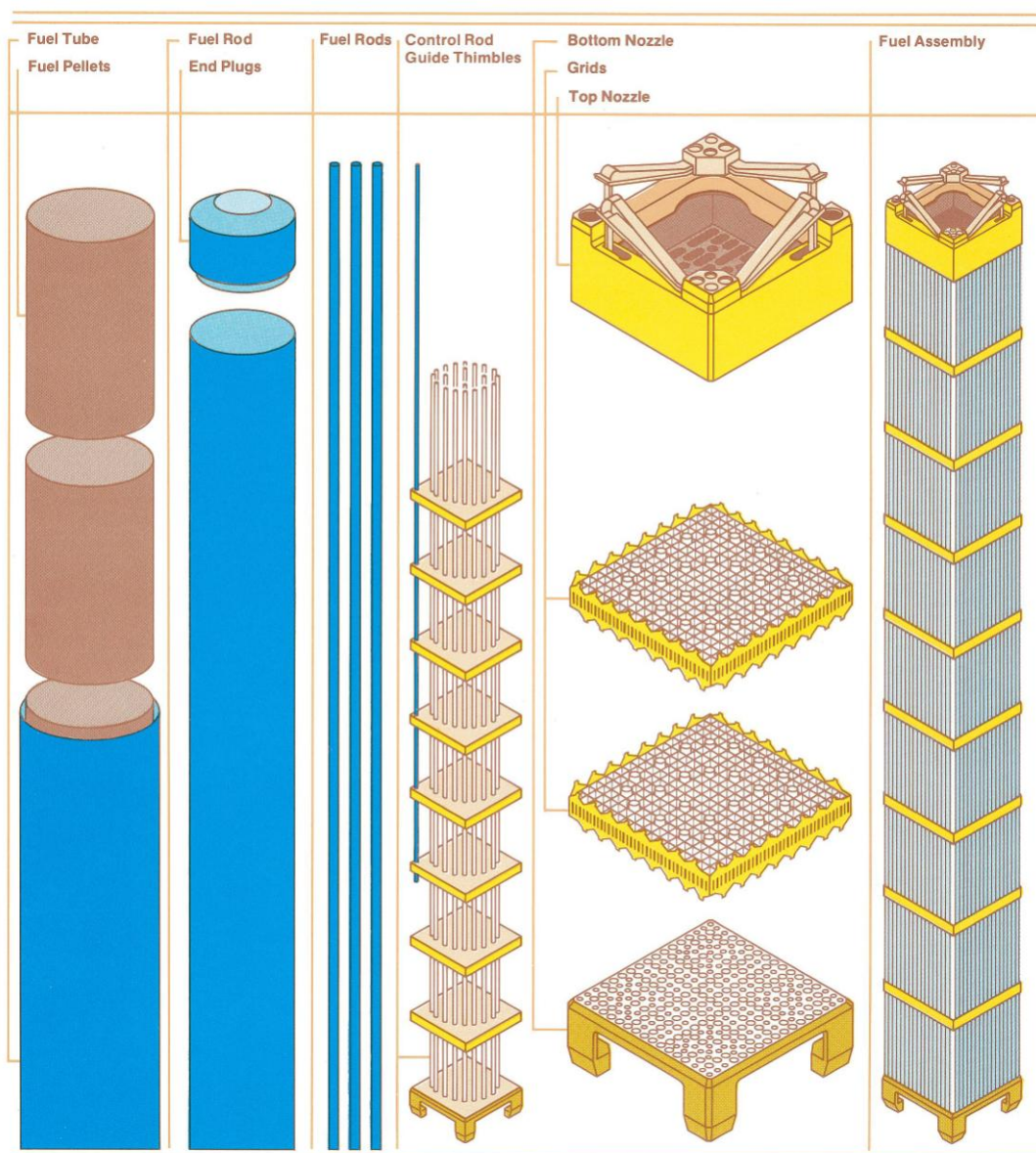
- Varenje čepa na jednom kraju košuljice iz cirkaloja (Zircalloy)
- Punjenje cijevi tabletama UO_2 u evakuiranoj komori
- Stavljanje opruge i varenje drugog čepa
- Uvođenje komprimiranog helija kroz rupu na jednom čepu

2. Izrada gorivnog elementa

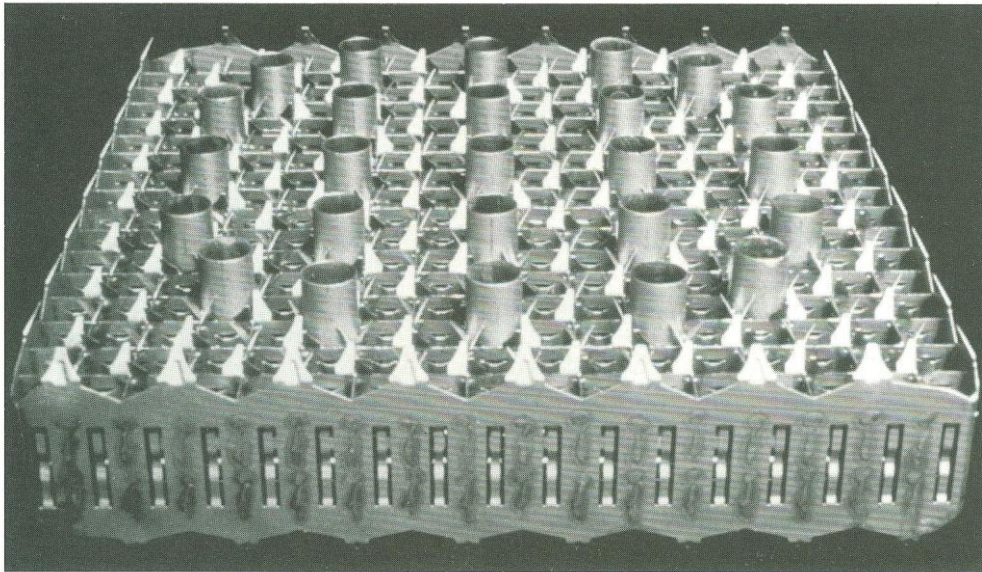
- Točkasto zavarivanje vodilica za kontrolne šipke na distantne rešetke (za ulaganje i vođenje gorivnih šipki)
- Ulaganje gorivnih šipki

- c) Varenjem gornje i donje potporne ploče na krajevima gorivnog elementa osiguravaju se gorivne šipke od uzdužnog pomicanja

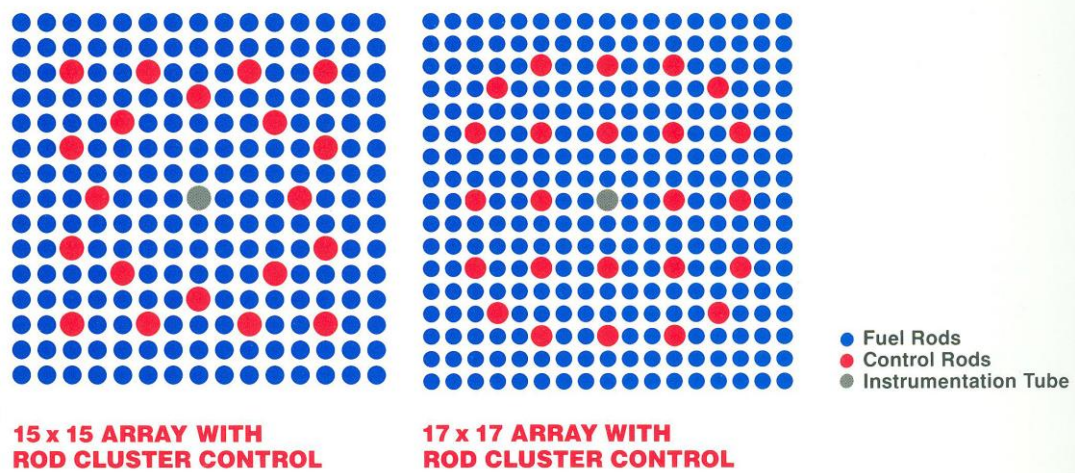
Kapacitet postrojenja za proizvodnju gorivnih elemenata izražava se u proizvedenim tonama urana na godinu. Komercijalna postrojenja za proizvodnju gorivnih elemenata u pogonu su u Francuskoj, Brazilu, Velikoj Britaniji, Njemačkoj, Indiji, Japanu, Koreji, Španjolskoj, Švedskoj, Sjedinjenim Američkim Državama, Kini i Rusiji. Ukupni svjetski kapacitet komercijalnih postrojenja za primarnu konverziju urana iznosi oko 13.000 tU/god.



Slika. Gorivni element



Slika. Distantna rešetka gorivnog elementa



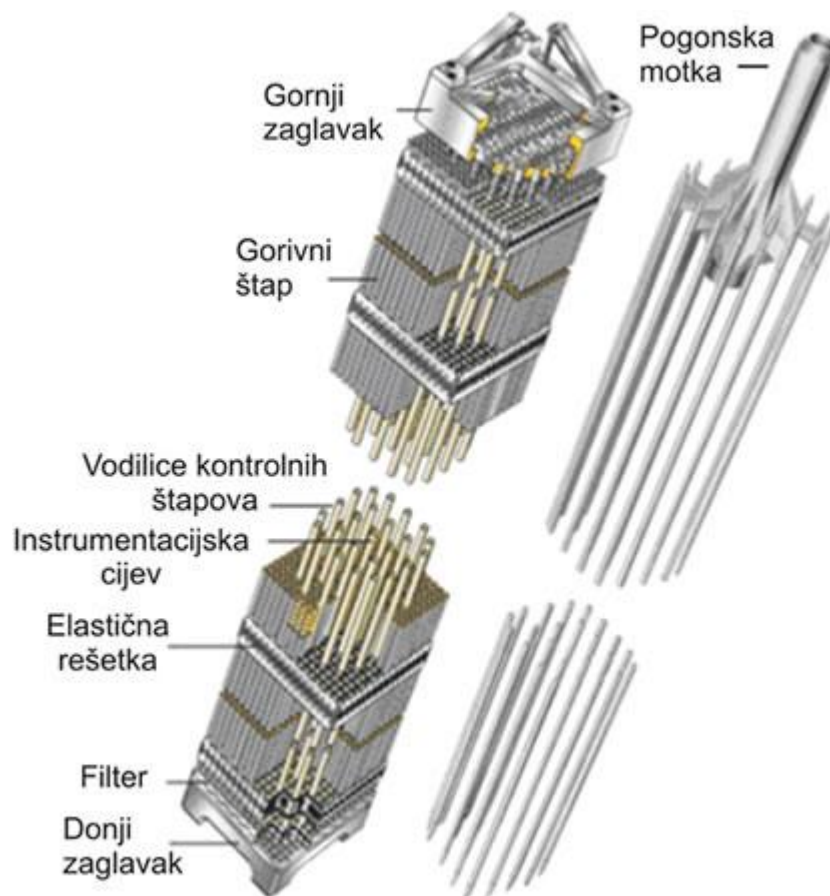
Slika 3. Matrica 15x15 i 17x17 gorivnog elementa



Slika PWR gorivni element



Slika Gorivna tableta



Slika Konstrukcijski dijelovi gorivnog elementa



Slika Inspekcija svježih gorivnih elemenata

