

J. KATANIĆ-POPOVIĆ, Ž. SPASIĆ,
Lj. DJURIČIĆ
Institut "Boris Kidrič",
Vinča

SAOPŠTENJE

KONTROLA KVALITETA U PROCESU PROIZVODNJE GORIVNIH
ELEMENTATA

SADRŽAJ - Danas se na međunarodnom planu posvećuje velika pažnja analizi proizvodnih procesa i kontrole kvaliteta goriva i gorivnih elemenata u želji da se krene krupnijim koracima ka predlaganju i usvajanju standardnih specifikacija i metoda merenja. Međunarodna agencija za nuklearnu energiju ovim problemima posvećuje veliku pažnju, apelujući na korisnike i proizvođače gorivnih elemenata da se aktivnije uključe u opšte napore ka obezbeđivanju pouzdanog rada nuklearnih postrojenja.

Za adekvatno i blagovremeno uključivanje u predstojeće postavljanje i analiziranje opštih zahteva i dokumenata za kontrolu kupljenih ili proizvedenih gorivnih elemenata kod nas, neophodno je informisati se i uključiti u akcije na međunarodnom planu.

QUALITY CONTROL IN THE FUEL ELEMENTS PRODUCTION PROCESS

ABSTRACT - Recently great attention has been paid at the international level to the analysis of production processes and quality control of fuel and fuel elements with the aim to speed up activity of proposing and accepting standards and measurement methods. IAEA also devoted great interest to these problems appealing to more active participation of all users and producers of fuel elements in a general effort to secure successful work with nuclear plants.

For adequate and timely participation in future in the establishment and analysis of general requirements and documentation for the control of purchased or self produced fuel elements in our country it is necessary to be well informed and to follow this activity at the international level.

1. UVOD

Na osnovu višegodišnjeg istraživačkog i proizvodnog iskustva proizvođača i korisnika gorivnih elemenata stvoreni su uslovi za postavljanje osnovnih testova ispitivanja gorivnih elemenata, radi usaglašavanja ocene kvaliteta. Postavljanjem osnovnih testova kontrole kvaliteta u toku proizvodnje obezbeđuje se da svi procesi budu pod kontrolom i da u procesu ostaje samo materijal.

jal zadovoljavajućeg kvaliteta. Pravilno odabranim proizvodnim ciklusom, utvrđenim sistemima obezbeđivanja i kontrole kvaliteta materijala i proizvodnih procesa postiže se pouzdana komercijalna proizvodnja gorivnih elemenata.

U savremenoj proizvodnji gorivnih elemenata svi postupci od konverzije uranijumheksafluorida (UF_6) u uranijumdioksid (UO_2) do sklapanja gorivnog sklopa su tehnički rešeni, a većim delom i optimizirani.

2. KONVERZIJA HEKSAFLUORIDURANA U URANDIOKSID

Procesi prevodjenja obogaćenog heksafluorida urana u UO_2 do danas nisu još jedinstveni i potpuno optimizirani (1-4). Najviše primenjivani industrijski procesi konverzije UF_6 u prah UO_2 su tzv. "vlažni" postupci. Precipitacija UF_6 u UO_2 izvodi se de-lovanjem amonijaka kod "ADU" (amonijumdiuranatnog) postupka i amonijaka i ugljendioksida kod "ACU" (amonijumuranil karbonatnog) postupka. Kontrola kvaliteta heksafluorida, koji je u gasovitom stanju, zasniva se na kontroli sadržaja ^{235}U i to samo po potrebi.

U procesu konverzije UF_6 u UO_2 se očekuje dalje usavršavanje postupaka, tako da istaknuta grupa eksperata ispred Medjunarodne agencije za nuklearnu energiju nije dala predlog osnovnih testova kontrole kvaliteta u ovom proizvodnom procesu. Konstatovano je /5/ da su sadašnje metode određivanja izotopskog sadržaja i obogaćenja u UF_6 i UO_2 relativno neefikasne i zasnovane na relativno skupim merenjima, tako da se očekuje poboljšavanje ovih tehnika.

3. PRIPREMA PRAHA

Osobine praha UO_2 su zavisne od postupaka konverzije, redukcije i proizvodnih parametara, tako da je kvalitet praha vrlo neujednačen. U praksi je dogovoreno da se nekoliko kapaciteta u diskontinualnoj proizvodnji praha, ili proizveden prah u kontinualnom procesu u količini od 2000 kp, meša do postizanja uniformnih karakteristika. Homogene osobine praha omogućavaju da se postave jedinstveni parametri procesa presovanja i sinterovanja, i da se postigne ujednačen kvalitet goriva.

Predloženi osnovni testovi kontrole kvaliteta u procesu pripreme praha su:

- kontrola obogaćenja

- utvrđivanje hemijskog sastava standardnim analizama
- određivanje fizičkih osobina praha
- utvrđivanje sinterabilnosti.

Kontaminirani materijal i otpaci goriva se ponovo rastvaraju i ponovo uvode u proces proizvodnje sinterabilnog praha, pogodnog za nuklearnu primenu.

Prépremljena šarža praha se pneumatski prenosi kontinualnim postupkom u hranilicu za presovanje tableta. Proces presovanja se izvodi kontinualnim postupkom.

4. PROIZVODNJA TABLETA

Proces proizvodnje tableta obuhvata: presovanje, sinterovanje i mašinsku obradu.

U toku procesa presovanja se često u proizvodnim postupcima određuju gustine ispresaka i otvorena poroznost, kao indikatori zadovoljavajuće izvedenog presovanja. Predložena lista osnovnih testova kontrole kvaliteta /5/ ne predviđja testiranje ispresaka.

Posle presovanja tablete se postavljaju u molibdenske nosače i posle sušenja šarže žare u zaštitnoj atmosferi vodonika. Sinterovanje se izvodi po zonama predsinterovanja i sinterovanja u cilju postizanja odgovarajućih osobina tableta.

Osnovni testovi kontrole kvaliteta predviđjaju dve kontrole sinterovanih tableta, i to:

- Stabilnost pri novom sinterovanju (termičkom tretiranju) i
- Mikrostrukturnu analizu.

Mašinska obrada sinterovanih tableta UO_2 po prečniku izvodi se na centreles brušilici sa dijamantskim točkom, do zahtevanih dimenzija.

Predlog osnovnih testova kontrole kvaliteta sinterovanih tableta posle obrade obuhvata:

- kontrolu kvaliteta površine
- određivanje gustine
- kontrola geometrijskog oblika
- utvrđivanje hemijskog sastava
- određivanje količine vlage i zaostalih gasova.

Dimenzije tableta treba da budu tako optimizirane da se zahteva minimalna obrada zbog ekonomičnosti postupka proizvodnje i efikasnije obrade tableta.

Posle obrade tablete se peru dejonizovanom vodom i vizuelno kontrolišu. Spoljni izgled, "vizuelni" izgled, sinterovanih tableta izvodi se mikroskopom sa malim uvećanjima (x 2) i analizira se uz pomoć predloženih mera dozvoljenih "grešaka" po površinama i u zapremini. Potom se tablete smeštaju u specijalne nosače, suše, mere i obeležavaju.

Šaržeri sa suvim tabletama prenose se do specijalnih uređaja za punjenje pripremljenih metalnih košuljica.

5. OBEZBEDJIVANJE KOMPONENTI ZA GORIVNU ŠIPKU

Metalne komponente za gorivnu šipku, kao uostalom i čitav gorivni elemenat, imaju kritične radne parametre, tako da je neophodno obezbediti visoki kvalitet materijala. U današnjim međunarodnim naporima da se obezbedi pouzdan nuklearni materijal neophodno je da isporučio i korisnici komponenti budu saglasni u testovima kontrole kvaliteta i tehnički kompetentni za njihovo sprovođenje.

U predlogu osnovnih testova kontrole kvaliteta u ovom proizvodnom procesu grupa eksperata ispred IAEA /5/ je uzela u razmatranje sledeće komponente: cevi, čepove i opruge. Ostale komponente (kao što su izolatorske tablete, vezne ploče i dr.) nisu uzete u razmatranje, mada i one moraju da zadovoljavaju posebne zahtev

Osnovni testovi kontrole kvaliteta cevi za košuljice su sledeći:

- kontrola materijala cevi
- određivanje hemijskog sastava
- ispitivanje površine
- mehanička ispitivanja
- strukturna ispitivanja
- korozijska ispitivanja
- otkrivanje defekata
- kontrola dimenzija cevi

Za obezbedjivanje kvaliteta čepova i opruga predloženi su sledeći osnovni testovi kontrole kvaliteta:

- ispitivanje materijala šipki i žica
 - otkrivanje površinskih defekata
 - kontrola dimenzija
 - karakteristika opruge
-

Osnovni testovi kontrole kvaliteta izvode se standardnim metodama ispitivanja. Pregled cevi za košuljice, takozvani 100% pregled, obuhvata automatizovane metode ispitivanja sa kontinuiranom registracijom podataka, kao što su kontrola dimenzija spoljnog i unutrašnjeg prečnika, dužine cevi, ovalnosti i iskrivljenosti cevi, detekcija defekata, koje se izvode skupom opremom u industrijskom opsegu.

6. SKLAPANJE GORIVNE ŠIPKE

Proces sklapanja gorivne šipke je potpuno automatizovana proizvodna linija niza lančanih postupaka.

U toku ovog proizvodnog procesa registruju se za dokumentaciju sledeći podaci: dužina stuba tableta UO_2 , njihova težina i obogaćenje, dužina prostora za skupljanje fisionih gasova i broj gorivne šipke (radi identifikacije), koji se gravira na drugom čepu. Ovi podaci se unose u program kompjutera, koji zajedno sa ostalim podacima služe za konačnu kontrolu kvaliteta gorivnog elementa.

U razmatranju procesa sklapanja gorivne šipke grupa eksperata ispred IAEA dala je /5/ predlog osnovnih testova kontrole kvaliteta u okviru šest operacija i to:

- pripreme cevi, pripreme krajeva cevi, njihovog tretiranja u autoklavama i čišćenja
- zavarivanje prvog čepa
- pripreme tableta sinterovanog UO_2
- punjenja cevi gorivom, izolacijom, oprugama i dr.
- zavarivanje drugog čepa
- završne operacije na šipki

Kontrola obogaćenja je vrlo stroga zbog obezbedjenja korektnog izotopskog odnosa u gorivnoj šipki i zakonskih regulativa. Ispitivanje zaptivenosti, odnosno curenje He je vrlo kritično i predstavlja značajnu proveru osobina gorivne šipke. Osetljivost masenog spektrometra kojim se prati zaptivenost mora da bude dovoljna i često proveravana. Kontrola kvaliteta za dimenzione karakteristike obuhvata: ukupnu dužinu, upravnost čepa, prečnik i pravost gorivne šipke.

7. SKLAPANJE GORIVNIH ŠIPKI U GORIVNI ELEMENAT

Osnovna ispitivanja u procesu sklapanja gorivnog elementa

obuhvataju kontrolu pojedinih komponenti (rešetke, gornje i donje ploče, vodjice i druge specifične delove prema konstrukciji) i čitavog sklopa.

Testovi kontrole kvaliteta komponenti obuhvataju:

- vizuelno ispitivanje
- dimenziono ispitivanje
- specijalno ispitivanje

U ispitivanju sklopa - gorivnog elementa predviđeni su sledeći osnovni testovi kontrole kvaliteta:

- dimenziono ispitivanje
- provera šipki (čistoća i njihov položaj u snopu)
- zaptivnost sklopa
- završna kontrola prema specifikaciji proizvoda

8. ZAKLJUČAK

Danas se proizvodnja gorivnih elemenata izvodi automatizovanim procesima sa ravnomernijim iskorišćenjem proizvodnih kapaciteta i automatizacije kontrole kvaliteta. Kontrola kvaliteta u proizvodnji gorivnih elemenata zasniva se na najsavremenijim standardizovanim specifikacijama i metodama ispitivanja i obrade podataka /7,8/. Kod pojedinih postupaka predviđenih osnovnim testovima kontrole kvaliteta očekuju se tehnički efikasnija rešenja. Tako se poboljšanja očekuju kod:

- kontrole u procesu konverzije UF_6 u UO_2
- efikasnije izotopske analize
- merenja obogaćenja
- karakterizacije UO_2 praha
- strukturne karakterizacije sinterovanih UO_2 tableta
- šire primene kompjuterske obrade podataka.

Kontrola kvaliteta zahteva specijalno obučeni kadar, koji danas sve teže odgovara zahtevima kontrole u proizvodnji pouzdanih gorivnih elemenata. Očekuje se da će se tehničko usavršavanje kadrova poboljšati kroz povezivanje stručnjaka iz proizvodnje i istraživačko razvojnih centara.

LITERATURA

1. Archer, L.G., Littlechild, Quality Assurance for Oxide Fuels in BNFL, IAEA Panel on Quality Assurance and Control in Nuclear Fuel Manufacture, Vienna IAEA, 1974.
 2. Saiger, S., Schaus, R.A., Quality Assurance and Control in the Manufacture of UO_2 , ibid, Ref. 1.
 3. Balaramamoorthy, K., Quality Assurance and Quality Control Procedures for Nucl. Fuel Manuf. India, ibid. Ref. 1.
 4. J. Katanić-Popović, P. Anastasijević, I. Stamenković, Proizvodnja gorivnih elemenata za lakovodne reaktore, II Jug. Sav. "Razvoj nuklearnih elektrana u elektroprivredi Jugoslavije", Dubrovnik 1976.
 5. Quality Assurance and Control in the Manufacture of Metal Clad UO_2 Reactor Fuels, Tech. Rep. ser. 173, Vienna, IAEA 1976.
 6. Multer, I., Quality Assurance Philosophy in Sweden: Metal Clad Oxide Fuel, ibid. Ref. 1.
 7. Lj. Djuričić, J. Katanić-Popović, M. Stevanović, Karakterizacija praha i sinterovanih tableta UO_2 goriva za LWR u vanreaktorskim uslovima, IBK-1400, 1976.
 8. Jovašević, J., V. Stevanović i Ž. Spasić, Karakterizacija i atestiranje materijala košuljice u vanreaktorskim uslovima, IBK-1398, 1976.
-