



TR0000039

NÜKLEER YAKITLARIN KALİTE KONTROLÜNDE KULLANILAN STANDARTLAR

L.GÜRELİ, Ş.CAN

Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, İSTANBUL

ÖZET

Nükleer yakıtlarda kullanılan kalite kontrol standartları, ülkelere ve kullanılan yakıt ve reaktör tiplerine göre değişmektedir. Kullanılacak standartlar kalite güvencesi esaslarında öngörülen şartlara bağlı olarak belirlenmektedir. Kalite güvencesi kapsamında gelişen “Kalite Herkesin Sorumluluğudur” kavramı alışlagelmiş kalite kontrol ve uygulanan testler açısından büyük değişiklikler getirmiş ve gerek kontrol testleri gerekse bu testlerin uygulanışını daha sağlam esaslara bağlamıştır. Birçok testler ve ölçülerde toleransların tespitinin satıcı ve alıcı arasındaki anlaşmayla belirlenmesini kabul ederken, ölçümlerin yapılacağı cihaz ve aletleri, bu aletlerin standardizasyonunu, uygulanacak yöntemin detaylı açıklamalarını ve dokümantasyonunu şart koşturmaktadır.

Bu çalışmanın amacı yakıtlarda uygulanan ölçüm ve testlerin neler olduğunu ve hangi standartlarla ölçüldüğünü incelemektir. Yakıt üretiminin toz hazırlama, pelet üretimi, yakıt çubuğu, çubuk demeti ve yakıt demeti gibi çeşitli kademelerinde uygulanan standartlar ve testler dışındaki proses kontrolü, ölçümlerin nasıl ve ne sıklıkla yapılacağı ve doküman kontrolü gibi konular kalite güvencesi kapsamına girmektedir. Bu incelemede ASTM standartlarından örnekler alınmıştır.

ABSTRACT

Nuclear fuels and fuel materials are subject to stringent restrictions as to their quality. The standards and regulations that apply vary according to reactor type and country, and the standards are stated in the quality assurance documents. The concept of quality assurance has altered the conventional quality control tests and procedures, defining which control tests are to be applied and how. Although most of the tests and measurements allow the determination of tolerances to be decided according to the agreement between the buyer and the seller, exacting procedures apply to which instruments and equipment are used for these tests and measurements, how these instruments are standardized. Detailed explanations of test methods and their documentation is a requirement in all standards.

The purpose of this work is to study which standards, tests and measurements apply to the nuclear fuel production. Only the standards that apply to various stages of the nuclear fuel production (powder preparation, pellet production, fuel element and fuel assembly fabrication) are reviewed. Process and documentation control, design and licensing requirements and the frequency of inspections are quality assurance subjects. Some ASTM standards are given as examples.

GİRİŞ

Kalite kontrol kavramı, bir malzemenin, prosesin veya tesisin olması gerektiği şartlarda özelliklerini ölçebilecek ve kontrol edebilecek kalite güvencesi işlemleri olarak tarif edilebilir. Nükleer yakıtlarda kalite kontrol ise nükleer yakıtların, yakıt üretim tekniklerinin ve tesislerinin gerekli özelliklerinin ölçülüp kontrol edilmesini sağlayacak bir dizi kalite güvencesi işlemleri olarak tarif edilebilir. Günümüzde kalite anlayışı giderek önem kazanmaktadır ve özellikle “Kalite herkesin sorumluluğudur” kavramının yaygınlaşmasıyla alışlagelmiş bazı kalite kontrol sistemleri büyük değişikliğe uğramıştır. Kalitenin kontrolle sağlanması yerine kalitenin herkese doğru eğitim ve kaynak sağlanarak işin ilk seferde doğru yapılması, böylece kalitenin malzemenin yapısında oluşması gerektiği düşüncesi yaygınlaşmaktadır. Bu kavramlar “sıfır hata” yaklaşımını desteklemektedirler [1].

Nükleer yakıtların kalite kontrolünde, birçok testlerin ve ölçüm toleranslarının tespiti satıcı ve alıcı arasındaki anlaşmayla belirlenir. Kullanılan yakıt özellikleri, seçilen reaktör tipine ve ülkeye göre değişiklikler göstermektedir. Örneğin ASTM standartlarında nükleer saflıkta uranyum dioksit içindeki safsızlık elementlerinden toryumun müsaade edilebilir limiti 10µg/gU olarak verilirken Kanada yakıt spesifikasyonlarında toryumun limiti 200µg/gU olarak verilmiştir. Fiziksel ölçümlerde bu değerler zaten dizayna bağlı olarak değişmektedir. Standartların amacı hangi ölçümlerin ne tür cihaz ve aletlerle yapılacağını, bu alet ve cihazların nasıl kalibre edileceğini ve standardizasyonun nasıl sağlanacağını belirlemektir.

KULLANILAN STANDARTLARDAN ÖRNEKLER

Örnek olarak seçilen sinterlenmiş uranyum dioksit peletleri spesifikasyonunda (ASTM C 776-83) belirtilen testler şunlardır[2]. Kimyasal testler ASTM C 696 veya alıcı ile satıcı arasındaki anlaşma ile belirlenen eşdeğeri bir standarda göre yapılır. Yapılan kimyasal testler uranyum içeriği, safsızlıkların miktarının tayini (hem belirlenen her safsızlık için hem de safsızlıklar toplamının geçmemesi gereken limitler verilmiştir), stokiometrik tayin (oksijen uranyum oranı hangi sınırlar arasında olması gerektiği belirtilmiştir), nem miktarı ve nem hariç içerdiği gaz miktarıdır.

Nükleer özellikler için yapılacak testler izotopik bileşimin tayini, eşdeğer bor miktarı ve reaktivite testleridir (uygun bir reaktivite testi yapılıyorsa eşdeğer bor miktarı tayinine gerek yoktur).

Fiziksel testler ebatlar (çap, uzunluk, dikeylik ve gerekli diğer geometrik özellikler), pelet yoğunluğu (yoğunluğun kaç olacağı alıcı ile satıcı arasındaki anlaşmaya bağlıdır ve yoğunluk ASTM C 753 Annex 2 de belirtilen yöntemle göre tayin edilir), gren büyüklüğü ve morfolojisi (alıcı ile satıcı arasındaki anlaşmaya bağlıdır), yüzey çatlakları (radyal ve pelet sonlarındaki çatlaklar yarıçapın yarısı, çeperdeki çatlaklar çemberin yarısı, ekstenel çatlaklar pelet uzunluğunun yarısı kadar olabilir). Diğer fiziksel testler ise yüklenebilirlik testi (ASTM C 776 Annex 1 e göre yapılır), kırıklar, temizlik ve işçilik, peletin tanımlanması ve ışınlanma stabilliyedir.

Standardın diğer bölümlerinde parti tanımlanması, numune alma, testlerin yapılışı ve paketleme anlatılmıştır. Burada verilen örnekler sadece yakıt imali sırasındaki ürün kontrolüne ait standartlardır.

STANDARTLARDA KULLANILAN CİHAZLAR VE TESTLER

Kullanılan cihazların kalibrasyonları, yöntemlerin kabul edilebilir hata oranları, testler sırasında izlenecek prosedürler standartlarda ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Ancak standartlar yöntem ve cihazlarda esneklik sağlayarak eşdeğer bir yöntemle yapılan testleri kabul etmekte veya yöntemin seçimini satıcı ve alıcı arasındaki anlaşmayla belirlemektedirler. Safsızlık analizleri için standartlarda emisyon spektrometresi yöntemi önerilirken uygulamada çoğu yakıt fabrikasında indüktif kuplajlı plazma optik emisyon veya kütle spektrometresi kullanılmaktadır.

Günümüzde yakıt fabrikaları otomasyona giderek, özellikle tahribatsız test metodları kullanıldığında % 100 kalite kontrolü tercih etmektedirler. Örnek olarak Framatome Nükleer Yakıt Fabrikasında kalite kontrolde uygulanan yeni testler şunlardır [3].

- ▶ Kaynakların otomatik X-ışını kontrolü
- ▶ Lazer ile peletlerin %100 çap kontrolü
- ▶ Zirkaloy zarf borusunun otomatik görünüm kontrolü
- ▶ Zirkaloy zarf borusunun girdaplı akımla kontrolü

Lazer ile peletlerin %100 çap kontrolü, taşlama makinası çıkışında yapılı ve toleransların altında ve üstündeki peletlerin ayıklanmasını sağlar. Zirkaloy zarf borusunun otomatik görünüm kontrolü, dış yüzeyin 4 lineer kamera ile taranarak, sinyalin işlenmesi ile hata şekillerinin tanınması ve hataların alan ve yoğunluğu için eşik değeri belirlenmesini sağlar. Bu testi tekrarlanabilir ve gözle yapılan muayeneye göre daha güvenilirdir. Zirkaloy zarf borusunun girdaplı akımla kontrolü, ultrasonik testlere ilave olarak uygulanır. Tekrarlanabilirliği fazladır ve iç yüzey hakkında ilave bilgi sağlar. Yakıt üretiminde kullanılan ASTM standartları liste Tablo 1 de verilmiştir [4].

SONUÇ

Kalite kontrol yöntemleri, daha yüksek seviyede kalitenin korunmasını amaçlar. Bu yöntemler her partiden örnekleme, prosesin istatistiksel kontrolü ve otomatik %100 kontrol olarak özetlenebilir. Bu yöntemler yerel, kısmi ve global kaliteyi korumak içindir. Bütün kalite kontrol standartlarının ve yöntemlerinin amacı kaliteyi imalatta oluşturmak ve global bir kalite kontrol sisteminin oluşmasına yardımcı olmaktır.

KAYNAKLAR

- [1] OI, N. "Quality Assurance in the Nuclear Fuel Assemblies: procurement, Design and Manufacturing" IAEA Regional Training Course on Design, Quality Control and Future Perspectives of WWER Fuel," Obninsk Russia 13-15 June (1995)
- [2] "ASTM C776-83" ASTM, Nuclear Standards Part 45
- [3] PACHTEM, D. "Quality Control Methods and Trends in Fuel Manufacturing" IAEA Regional Training Course on Design, Quality Control and Future Perspectives of WWER Fuel," Obninsk Russia 13-15 June (1995)
- [4] "Quality Assurance and Control in the Manufacture of Metal-Clad UO₂ Reactor Fuels", IAEA Technical report Series No. 173 (1976)

TABLO-1 NÜKLEER YAKITLARIN KALİTE KONTROLÜNE AİT STANDARTLAR

I. TOZ HAZIRLAMA

A KARAKTER BELİRLEME

1 Zenginlik	ASTM C 696-79
2 Kimyasal Bileşim	
a) Toplam	ASTM C 696-79
b) Bor Eşdeğeri	ASTM C 753-78
c) Safsızlık limitleri	ASTM C 753-78
3 Fiziksel Özellikler	
a) Tane Boyutu	ASTM C 753-78
b) Yığın Yoğunluğu	ASTM C 753-78
c) Elek Analizi	ASTM B 214-76
d) Yüzey Alanı	ASTM C 696-79
e) Akışkanlık	ASTM B 214-76
4 Performans	
a) Performans Testleri	ASTM C 753-78
b) Sinterlenebilirlik	ASTM C 753-78
5 Genel	
a) Yük gereklilikleri	ASTM C 753-78
b) Numune Alma	ASTM C 753-78

II PELET ÜRETİMİ

A Pres Besleme Hazırlanması	Standart yok
B Presleme	Standart yok
C Sinterleme	
1 Tekrar sinterleme stabilliği	Standart yok, örnek var
2 Mikro yapı	
a) Genel Seramografi	ASTM E 3-62 (1974)
b) Gren boyutu dağılımı	ASTM E 112-77
c) Gözenek boyut dağılımı	Standart yok
D Taşlama (Grinding)	
1 Yüzey Düzgünlüğü	ISO/R 468-1966
2 Yoğunluk (daldırma tekniği, Kaynar su tekniği)	ASTM E 453-72 Sect.12 ASTM C 20-74
3 Geometri	
a) Çap, uzunluk, uçta aç keskinliği, uçta oyuk hacmi	Standart yok
b) Gözle muayene	Standart yok
4 Kimya	
a) En Önemliler U, U izotopları, C, Cl, F O/U Soğurulmuş gazlar	ASTM C 696-79
b) Hidrojen	ASTM C 696-79

III YAKIT ÇUBUĞU BİLEŞENLERİ

A. Boru

1. Boru malzemesi kontrolü
 - a) Genel ASTM B 353-77a
 - b) İngot kontrolü ASTM B 350-73
 - c) Testler (Mekanik özellikler dahil) ASTM E 453-72
2. Kimyasal Analiz
 - a) Genel (İngot hakkında) ASTM 146-68 (1974)
 - b) Numune Alma ASTM 55-48 (1974)
 - c) O₂, H₂, C, N elementleri ASTM 146-68 (1974)(Boru üretimini kirlendirebilir ve kabul sırasında kontrol edilmelidir.)
3. Yüzeyin Denetlenmesi
 - a) Kirlilik ASTM G 2-74
(Boru alındığı şekilde ön-temizleme tanımlanmıştır. Alışılmamış renkler gözlemlenir. Otoklav pratiği yapmadan otoklavlanır.)
 - b) Yüzey Düzgünlüğü ISO/R 468-1966
 - c) Gözle Muayene
(Yüzey hataları, renk bozuklukları ve hasarlar)
4. Mekanik Özellikler
 - a) Tek Eksenli Gerilim özellikleri (TS, YS, ductility)
 - i) Oda sıcaklığında ASTM E 8-79
 - ii) Yüksek sıcaklıkta ASTM E 21-70 (1978)
 - b) Dairesellik ASTM E 453-72
 - c) Diğer Testler (Özel ihtiyaçlara göre)
 - i) Creep ASTM E 139-70 (1978)
 - ii) Diğer testler
5. Korozyon ASTM G 2-74
6. Hatalar (NDT, Ultrasonik teknikler) ASTM P 353-77a Annex A3
7. Boyutlar
 - a) Significant Figures ASTM E 29-67
 - b) Dış Çap
 - i. Kapasitans ölçme Standart yok
 - ii. Hava ölçme Standart yok
 - iii. Elektromekanik temas Standart yok
 - iv. Ultrasonik teknik Standart yok
 - c) Et Kalınlığı Standart yok
 - d) İç Çap
 - i. Kapasitans ölçme Standart yok
 - ii. Hava ölçme Standart yok
 - iii. Elektromekanik temas Standart yok
 - iv. Bilgisayarla hesaplama Standart yok(Ultrasonik teknikle hesaplanan dış çaptan Et kalınlığının çıkarılması)

8. Yapı

- a) Metalografi ASTM E 3-62 (1974)
- b) Gren Boyutu ASTM E 112-77
- c) Hidrür Yönelmesi ASTM B 353-77 Annex 2
(Kantitatif bir test değildir ama yapı belirlenmesinde kullanılır.)
- d) Texture Standart yok
(Pole figures by X-ray during process qualification)

B. Uç kapakları ve yaylar

- 1. Genel malzeme kontrolü
 - a) Genel (zirkaloy) Standart yok
 - b) Genel (paslanmaz çelik tel) ASTM A 55-76
 - c) Genel (yaylar) ASTM A 313-76
- 2. Spesifik testler
Genel olarak bu testler zarf boruları şıkkında sıralanan tavsiyelere uyar.

IV ÇUBUK DEMETİ

A. Boru hazırlama

- 1. Yüzey görünümü
 - a) Yüzey hataları Gözle kontrol
 - b) Bozuk renk Gözle kontrol
 - c) Hasar Gözle kontrol
- 2. Uç geometrisi Özel ölçümler
- 3. Uzunluk Temel ölçüm

B. Birinci uç kapağının kaynaklanması

- 1. NDT (X ışını) ASTM E 94-77
- 2. Tahrifatlı test için örnekler
 - a) Penetrasyon ASTM E 3-62 (1974)
 - b) Gözenekler ve sızma ASTM E 3-62 (1974)

C. Pelet yığını hazırlama

- 1. Hidrojen ASTM C 696-79

D. Yakıt çubuğu doldurma

- 1. Envanter kontrolü
Bütün parçaların uygun biçimde yerleştirilmesinden emin olmak

E. İkinci uç kapağı kaynatılması

(B şıkkındaki testlerin aynı)

F. Son çubuk işlemi

- 1. Kirlilik Standart sağlık fizyği kontrolü
- 2. Son boyutlar Temel ölçüm cihazları
- 3. Tartım Temel ölçüm cihazları
- 4. Zenginlik Yerleşmiş standardı yok
- 5. Sızdırmazlık testi He sızıntı testi
- 6. Gözle kontrol Ürün spesifikasyonuna göre

V. YAKIT DEMETİ PARÇALARI

A. Parça kontrolü

- 1. Gözle kontrol Ürüne bağlı
- 2. Boyutlar Ürüne bağlı

3. Diğer özel testler

- a) Kafes
i Zirkaloy şerit ASTM B 352-73
- b) Üst ve alt plakalar
i Hassas döküm ASTM A 613-76
ii Hassas döküm için radyografik standartlar ASTM E 192-75
iii Metalografik testler ASTM E 3-62 (1974)
- c) Dizayna bağlı kılavuz
Ürün spesifikasyonunun boruları ve diğer gereklerine göre özel parçalar

VI. YAKIT DEMETİ

A

1. Boyutlar

- a) Çubuk çubuk arası boşluk Temel Ölçüm Aletleri
b) Burulma Temel Ölçüm Aletleri
c) Doğruluk Temel Ölçüm Aletleri
d) Toplam uzunluk Temel Ölçüm Aletleri

2. Çubuğun etiketlenmesi

- a) Kalite kontrol damgası Yönetimsel Kontrol
b) Pakete yerleştirme Yönetimsel Kontrol

3. Sızdırmazlık testi

- Helyum sızıntı testi Standartlar cihazla temin edilir

4. Son kontrol

- Ürün spesifikasyonuna göre (temizlik ve hasar için tam kontrol, bütün parçaların uygun biçimde yerleşmesinden emin olmak