



ANKARA ÜNİVERSİTESİ

NÜKLEER BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

REAKTÖR SOĞUTUCULARI, KONTROL MALZEMELERİ VE ÜRETKEN MALZEMELER

İLERİ NÖTRON VE REAKTÖR FİZİĞİ
PROF. DR. HALUK YÜCEL

4. Reaktör Soğutucuları:

Bilindiği üzere soğutucu, reaktör korunda üretilen ısıyı çeken akışkandır. Soğutucularda bulunması gereken özelliklerin başlıcaları şunlardır:

1. Yüksek özgül ısısı, yüksek ısı transfer kabiliyeti ve düşük viskozitesi (kolay pompalanabilir olması),
2. Yüksek kaynama noktası (sıvılar için) ve düşük ergime noktası (katılar için),
3. Yüksek sıcaklıklarda ve radyasyon altında kimyasal stabilitesi iyi olmalı.

4. Reaktör Soğutucuları:

4. Düşük termal nötron soğurma tesir kesiti,
5. Diğer reaktör malzemeleri üzerinde korozyon ve erozyon etkisinin az olması,
6. Zehirlilik (toxicity), yanabilirlik ve patlama tehlikesinin minimum olması,
7. Kolay temin edilebilir ve maliyetinin ucuz olması.

Nükleer reaktörlerde kullanılan soğutucu tipleri;

- i- Su soğutucular (H_2O , D_2O),
- ii- Gaz soğutucular (CO_2 , He, N_2 , v.s.)
- iii- Sıvılaştırılmış metal soğutucular (Na, Na+K)
- iv- Organik soğutucular (diphenyl- $(C_6H_5)_2O$, Diphenyl + Diphenyl ether)

Nükleer reaktörlerde kullanılan su soğutucular;

Yukarıda sıralanan soğutucuların birbirlerine göre üstünlükleri ve dezavantajları olmakla birlikte, termal reaktörlerde en yaygın olarak su soğutucuların kullanılmasının ana sebepleri;

1. Hafif suyun kolay temin edilebilir ve ucuz olması,
2. H_2O ve D_2O 'nun hem soğutucu ve hem de moderatör olarak kullanılabilir olmasıdır.

Nükleer reaktörlerde kullanılan su soğutucular;

Çünkü, hafif suyun termal nötron absorpsiyon tesir kesiti $\sigma_a(\text{H}_2\text{O}) = 0,66$ barn olup bu değer, reaktör korunda nötron ekonomisi yönünden önemlidir. Yani reaktörde kullanılacak yakıtı fazla zenginleştirmeye (% 2-4 ün üzerinde) ihtiyaç yoktur. Nitekim ağır su, pratik olarak termal nötronları soğurmaz ($\sigma_a(\text{D}_2\text{O}) = 0.003$ barn) ve ağır suyun en iyi moderator özelliğinden dolayıdır ki, tabii uranyum; ağır su ile kritik olabilmektedir.

Nükleer reaktörlerde kullanılan su soğutucular;

Tablo-2'de hafif su ve ağır suyun "termofiziksel" özellikleri görülmektedir. Ağır su soğutucu olarak hafif suyla kıyaslanabilir özellikleri taşımakla birlikte pahalı ve elde etmesi için enerji tüketimi fazla "Ağır Su Üretim Tesislerine" ihtiyacı vardır. Çünkü ağır su, tabii su içinde % 0.017 oranında bulunur. (Yani, 7000 H₂O molekülüne karşılık 1 D₂O molekülü). Büyük ölçeklerde D₂O üretimi için elektroliz, distilasyon ve kimyasal karşılıklı değişim (exchange) ayırım metotları uygulanır.

Tablo-2- H₂O ve D₂O için Termofiziksel Özellikler

Özellik	H₂O	D₂O
Molekül Ağırlığı, (g/mol)	18.061	20.029
Yoğunluk(293 °K de), (g/cnv*)	0.998	1.106
Maksimum Yoğunluğun Sıcaklığı, (°K)	276.980	284.210
Normal Basıncıdaki Erime Noktası,(°K)	273.000	276.820
Normal Basıncıdaki Kaynama Noktası,(°K)	373.000	374.430
Kritik Sıcaklık, (°K)	647.150	644.500
Kritik Basıncı, (MPa)	22.565	22.280
Ergime Isısı, (kJ/kg)	331.900	317.100
Buharlaştırma Isısı, (kJ/kg)	2253.000	2067.000
Isı Kapasitesi (293 °K de), kJ/(kg °K)	4.180	4.196

5. Kontrol Malzemeleri:

Kontrol malzemeleri, reaktörü herhangi bir güç seviyesinde kritik tutabilmek ve reaktörün güvenliği açısından kullanılması zorunlu malzemelerdir.

Kontrol malzemelerinde, olabildiğince yüksek nötron yutma (absorption) tesir kesitinin olması istenir. Ani sıcaklık değişimlerine karşı dayanıklı olması da istenir. En yaygın kullanılan kontrol malzemesi, çelik matris içinde Boron-10 ve Hafniyum'dur. Boron-10 $\sigma_a(0.025 \text{ eV}) = 3837 \text{ barn}$.

5. Kontrol Malzemeleri:

Bazı kontrol malzemeleri şunlardır:

- i. Hafniyum + $^{10}\text{Boron}$ + Paslanmaz Çelik
- ii. Boron karbidler (B_4C)
- iii. Hafniyum+Gümüş Alaşımları
- iv. İndiyum+Kadmiyum-Nadir elementler (NTE)
- v. Boron+Gadolonyum Solüsyonu

6. Üretken (Fertile) Yakıt Malzemeler:

Tabiatta izotopik bolluk bakımından büyük miktarlarda bulunan üretken U-238, Th-232 malzemeleri uygun tasarım ve kontrol ile tabiatta hiç bulunmayan Pu-239 ve U-233 parçalanabilir (Fissile) izotoplara dönüştürülebilmektedir. U-238'in hızlı üretken reaktörlerde ve Th-232'in Yüksek Sıcaklık Gaz reaktörlerinde kullanılması sonucu, yakıt zenginleştirme ihtiyacı azalmış ve birim hacimden daha fazla enerji üretimi mümkün olabilmektedir.

6. Üretken (Fertile) Yakıt Malzemeler:

Aşağıda yazılan reaksiyonlara göre oluşan Pu-239 ve U-233, termal reaktörlerin reaktivitesini belirli miktarda sürekli arttırıcı bir etki gösterir.

