

BİLİM ve TEKNİĞE KATKILAR



KABARCIKLI KAYNAMADA KONVEKTİF ISI TRANSFERİ KATSAYISINA YÜZEY AKTİF MADDE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

1951 de Dikili (İzmir) de doğdu. 1972 de Ege Üniv. Mühendislik Bilimleri Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı bölümde 1973 de Yüksek Lisansını tamamladı ve 1974 de asistan olarak girdi. 1979 da doktora çalışmasını tamamladı ve 1979-1980 yılları arasında DAAD bursu ile gittiği Karlsruhe Teknik Üniversitesinde CO₂'nin katalitik oksidasyonu konusunda araştırma yaptı. 1982 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünde Yrd.Doç. olarak çalışmaya başladı. Halen katalitik reaksiyonlar ve reaktör tasarımı üzerinde çalışmakta olup Kimyasal Reaksiyon, Heterojen Katalitik reaksiyonlarda Transport İşlemleri, Heterojen Katalitik Reaktör Tasarımı, Katalizör Teknolojisi, Diferansiyel Denklemler ve Nümerik Analiz derslerini vermektedir.



Gönül Tufan
Ege Üniversitesi
Müh. Fak.-İzmir

SUMMARY

In this work, the variation of convective heat transfer coefficient of distilled and tap water containing surface active agents in different concentrations was investigated in a vertical copper tube heated by short-circuit during forced convection local nucleate boiling and heat transfer coefficients were observed to increase with increase in the concentration of surface active agent of water and empirical equations were derived.

ÖZET

Bu çalışmada, değişik konsantrasyonlarda yüzey aktif madde içeren destile su ve çeşme suyunun, zorlanmış konveksiyonda, kısa devre ile ısıtılan dikey bir bakır boruda, yerel kabarcıklı kaynamada konvektif ısı transferi katsayısının değişimi incelenmiş ve yüzey aktif madde konsantrasyonu arttıkça, konvektif ısı transferi katsayısının arttığı saptanmış, deneysel denklemler türetilmiştir.

GİRİŞ :

Son yıllarda teknikteki modern gelişmelere paralel olarak kaynama yolu ile ısı transferi yüksek ısı akışı yönünden önem kazanmıştır. Sıvı soğutmalı uçaklar, nükleer reaktörler, jet motorları gibi sistemlerde küçük hacimlerde üretilen oldukça yüksek enerji miktarları mühendisler için, yüksek ısı akısı sağlayacak yeni yollar aramaya zorlamıştır (1).

Kaynama, bu yollardan biridir. Bir sıvı, sıcaklığı sıvının altında bulunduğu basınca ait doyma sıcaklığından bir kaç derece yüksek bir sıcaklıkta tutulan bir ısıtıcı yüzey veya borudan akmaya zorlanırsa zorlanmış konveksiyon ile kabarcıklı kaynama meydana gelir. Sıvı doyma sıcaklığında değil de daha düşük bir sıcaklıkta ise, yani aşırı soğumuş ise, buhar kabarcıkları ısıtıcı yüzeyde şekillenir ve sıvı içine hareket eder etmez yoğunlaşırlar. Yerel kabarcıklı kaynama olarak bilinen bu kaynama olayında ısıtıcı yüzey üzerinde buhar kabarcıklarının oluşturduğu karıştırma etkisi önemli derecede arttığından ısıtıcı yüzeyden sıvıya transfer edilen ısı enerjisi de artar. Kaynama olayına etki eden çeşitli faktörler vardır. Yüzey gerilimi bu faktörlerin en önemlilerinden biridir. Yüzey aktif maddelerin küçük miktarları kaynayan sıvının yüzey gerilimini azaltarak kabarcık oluşumunu kolaylaştırır, gerekli aşırı ısınma miktarını azaltır ve ısı transferini arttırır-

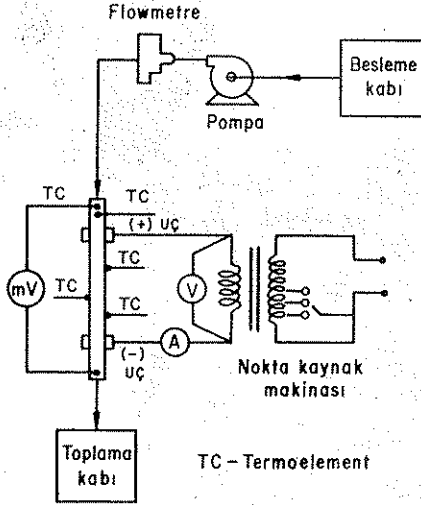
lar. Kaynama ile ısı transferinde yüzey aktif maddelerin konvektif ısı transferi katsayısına etkisi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. 1933'de Jakob ve Linke (2) atmosfer basıncında suyun durgun kabarcıklı kaynamasında suya yüzey gerilimini %45 azaltan bir yüzey aktif madde ilave edildiği zaman, belli bir ısı akışında konvektif ısı transferi katsayısının yüzey aktif madde ilave edilmemiş suya göre %23 arttığını saptamışlardır. Aynı sonuç İnsinger ve Bliss'in (3) Morgan, Bromley, Wilke'nin (4), Lawry ve Westwater'un (5), Jontz ile Myers'in (6), Yücel, Ağar ve Baycan'ın (1) yaptıkları çalışmalarla da elde edilmiştir. Zorlanmış konveksiyon ile kabarcıklı kaynamada konvektif ısı transferi katsayısına yüzey aktif madde konsantrasyonunun etkisini Hammond ve arkadaşları (7) incelemiştir. Dikey bir Alüminyum borudan akıtılan yüzey aktif maddeli su yoğun buhar ile ısıtılmıştır. Belli bir ısı akışında yüzey aktif madde konsantrasyonu arttıkça konvektif ısı transferi katsayısının arttığı görülmüştür. Benzer bir inceleme Shah ve Darby (7) tarafından dikey bir bakır levha üzerinden deterjanlı ince bir film halinde akıtılarak yapılmış ve konvektif ısı transferi katsayısının akış hızına bağlı olmadığı, ısıtıcı yüzey ile sıvı sıcaklığı arasındaki farka ve yüzey aktif madde konsantrasyonuna bağlı olduğu bulunmuştur.

Bu çalışmada ise kısa devre ile ısıtılan bir bakır borudan akıtılan çeşitli konsant-

rasyonlarda yüzey aktif madde ilave edilmiş destile su ve çeşme suyunun atmosfer basıncında yerel kabarcıklı kaynamasında konvektif ısı transfer katsayısına yüzey aktif madde miktarının etkisi araştırılmıştır.

DENEYSEL ÇALIŞMA

1. Deney Düzenegi: Deney düzeneginin akım şeması Şekil 1'de verilmiştir. Besleme kabına konan ve belli konsantrasyonda yüzey aktif madde içeren destile su veya çeşme suyu,



Şekil 1.- Deney düzenegi

bir termostatlı ısıtıcıda istenilen sıcaklığa kadar ısıtılıp akış hızı ölçüldükten sonra, bir peristaltik pompa vasıtası ile deney bölgesine gönderilmiştir. Deney bölgesi 7.7 mm. iç, 9.7 mm. dış çapında ve 29 cm. uzunluğunda bir bakır borudur. Bu boru, 3000 VA'lık bir nokta kaynak makinesinin (Nan) iki çıkışı arasına tesbit edilmiş ve kısa devre ile ısıtılmıştır. Her deneyde deney bölgesine giren suyun giriş sıcaklığı, giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark bakır borunun dış yüzey sıcaklığı, güç kaynağından çekilen akım ve deney bölgesinin iki ucu arasındaki potansiyel farkı ölçülmüştür. Deney bölgesinden çıkan yüzey aktif maddeli su bir toplama kabında toplanmıştır. Sistem, çevreye ısı transferini önlemek için 2 cm. kalınlığında cam yünü ile yalıtılmıştır.

2. Ölçümlerin Yapılması ve Değerlendirilmesi:

a) Sıcaklık Ölçümleri: Bu ölçümler kalibre edilmiş demir-konstantan ısı çiftleri yardımı ile yapılmıştır. Suyun deney bölgesine giriş sıcaklığı, T_1 , giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark, Δt , ölçülerek, deney bölgesinden çıkış sıcaklığı, t_2 , (1) no'lu denklem yardımı

$$t_2 = t_1 + \Delta t \quad (1)$$

ile hesaplanmıştır. Deney bölgesinin dış yüzey

zey sıcaklığı yüzey üzerine 8 cm. mesafe ile yerleştirilen üç adet ısı çifti vasıtası ile ölçülmüş ve her üç ölçümde de aynı değerler bulunmuştur. Boru iç yüzey sıcaklığı Kreith ve Summerfield (8) denklemine göre boru dış yüzey sıcaklığı kullanılarak hesaplanmıştır. Boru et kalınlığı 1 mm. olduğundan iç ve dış yüzey sıcaklıkları arasındaki fark 10^{-6} mertebesinde olup boru iç yüzey sıcaklığına eşit alınmıştır.

b) Isı Akışının Ölçülmesi: Deney bölgesini ısıtmakta kullanılan nokta kaynak makinesinin çıkışından 0-3000 A ve 0-1 volt temin edilmekte olup bir şalter vasıtası ile istenilen akım ayarlanmaktadır. Kaynak makinesinden çekilen güç, ölçülen akım şiddeti ve potansiyel farkı yardımı ile (2) no'lu denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Q^* = IV \quad (2)$$

Akım şiddeti, I, 3000/5 A'lık bir redüktör ile çalışan Lumel E12 tipi 0,05 A sıcaklıklı bir ampermetre ile, deney bölgesinin iki ucu arasındaki potansiyel farkı, V, 0,02 V aralıklı KEW-6610 tipi bir voltmetre ile ölçülmüştür. Çekilen ısı akısı (3), sıvıya aktarılan ısı akısı ise (4) no'lu denklem yardımı ile hesaplanmıştır.

$$q^* = \frac{IV}{\pi D_1 l} \quad (3)$$

$$q^* = \frac{m^* C_p (t_2 - t_1)}{\pi D_1 l} \quad (4)$$

Burada D_1 = boru iç çapı, m^* = sıvının kütleli debisi, l = boru uzunluğu, C_p = sıvının özgül ısıdır.

(3) ve (4) denklemlerinden hesaplanan ısı akıları arasındaki fark, ısı kaybını verir. (4) denkleminde hesaplanan ısı akısının (3) denkleminde elde edilen ısı akısına oranının ortalama değeri, bütün deneyler için 0,995 dir.

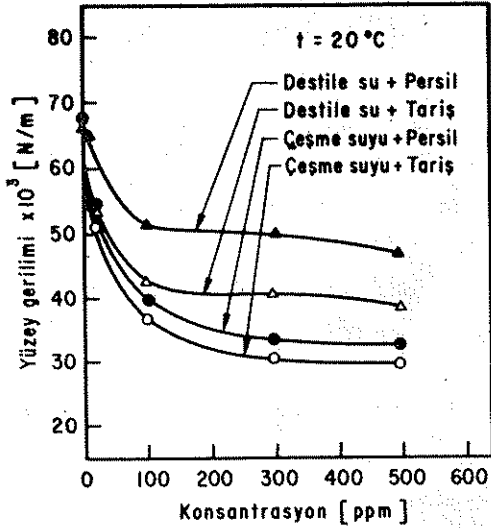
c) Akış Hızının Ölçülmesi: Akış hızı kalibre edilmiş bir debiölçer ile (Fischer) ölçülmüş ve deneylerde $15-20-25 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ akış hızlarında çalışılmıştır. Bu akış hızlarının hepsinde de akış turbülenttir.

3) Isı Transferi Deneyleri: Önce uygun yüzey aktif maddeyi ve konsantrasyonu seçmek için Tariş ve Persil toz deterjanları ile hazırlanan çeşme ve destile sulu çözeltilerin 20°C daki yüzey gerilimleri ölçülmüştür. (Şekil 2). Tarişli çözeltilerin yüzey gerilimi persilli çözeltilerinkinden daha düşük olduğundan yüzey aktif madde olarak Tariş seçilmiştir. Isı transferi deneylerinde 0-20-50-100-300 ppm'lik Tariş/Çeşme suyu ve 0-20-50-100 ppm'lik Tariş/destile su çözeltileri ile çalışılmıştır. Çeşme suyu ile hazırlanan çözeltilerin deney bölgesine giriş sıcaklığı

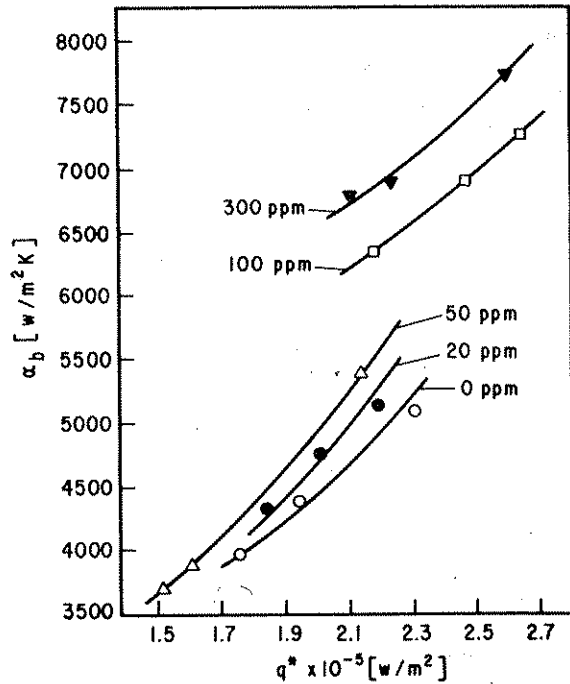
58°C, destile su ile hazırlananların ise 64°C dir. Belli konsantrasyon ve giriş sıcaklığındaki besleme çözeltisi, belli bir akış hızında deney bölgesine akıtılmış ve deney bölgesine akım verilerek ısıtılmıştır. Ölçümler sistem kararlı hale geldikten sonra alınmış ve (5) nolu denklem kullanılarak konvektif ısı transferi katsayısı, α_b , hesaplanmıştır.

$$\alpha_b = \frac{Q^*}{\Delta t_b \cdot A} = \frac{m^* \cdot C_p (t_2 - t_1)}{(t_w - t_b) \pi D_1 l} \quad (5)$$

Burada t_w yüzey sıcaklığı, t_b sıvı sıcaklığıdır.



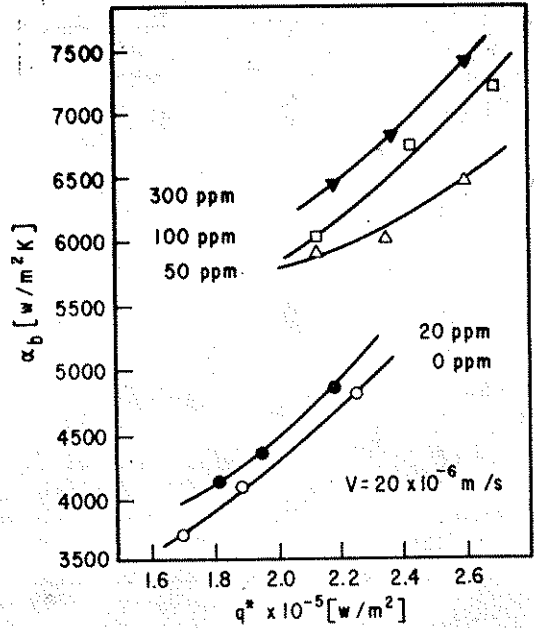
Şekil 2.- Yüzey gerilimin konsantrasyon ile değişimi



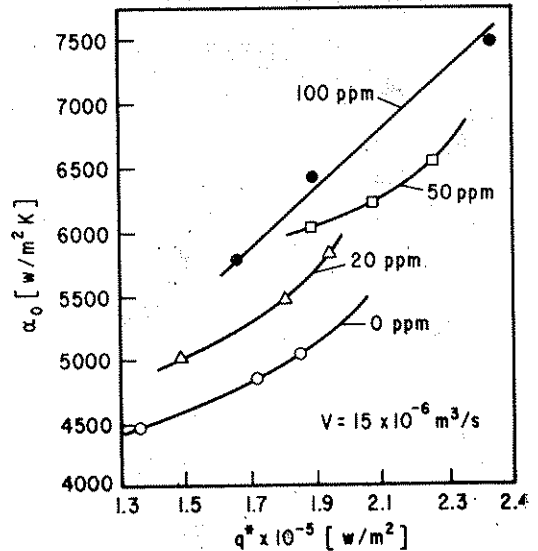
Şekil 3.- Çeşme suyu ile hazırlanmış çözeltilerde b-q ilişkisi

SONUÇ VE TARTIŞMA

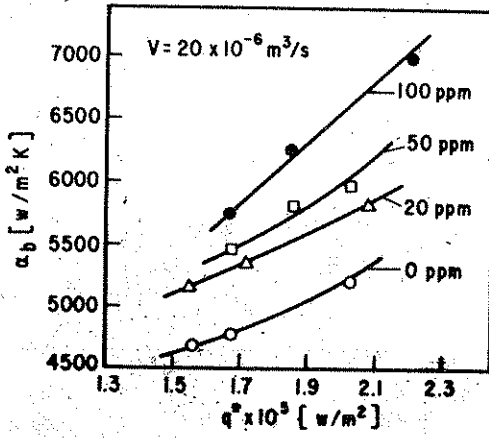
Şekil 3-4-5 ve 6 farklı akış hızlarında konvektif ısı transferi katsayısının, yüzey aktif madde konsantrasyonu parametre olmak üzere, ısı akısına göre değişimini vermektedir. Görüldüğü gibi, belli bir ısı akısında konvektif ısı transferi katsayısı, yüzey aktif madde konsantrasyonu arttıkça artmaktadır. Şekil 7 ve 8'de ise Re sayısı parametre olmak üzere konvektif ısı transferi katsayısının yüzey aktif madde konsantrasyonuna göre değişimi verilmiştir.



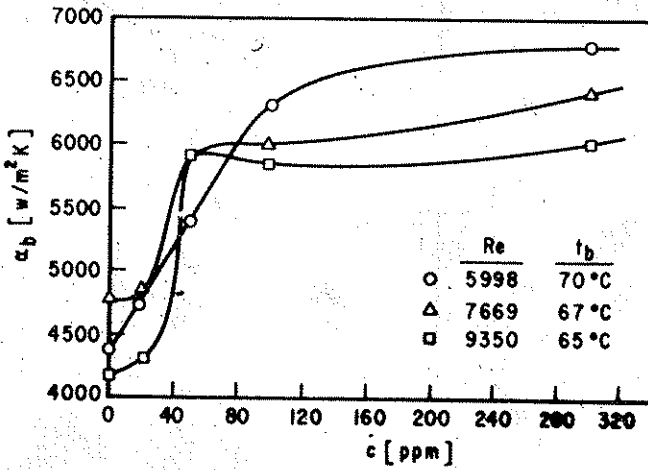
Şekil 4.- Çeşme suyu ile hazırlanmış çözeltilerde b-q ilişkisi



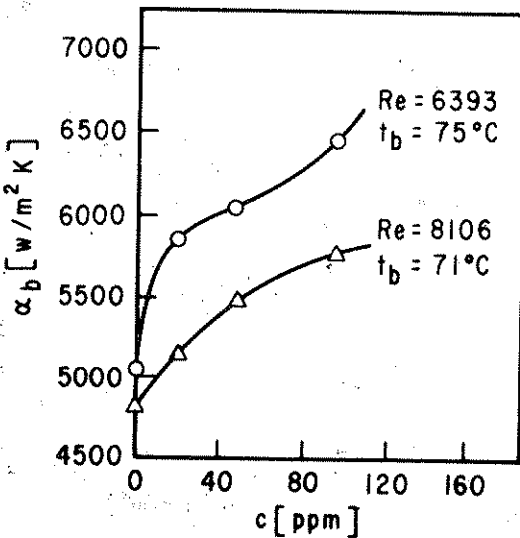
Şekil 5.- Destile su ile hazırlanmış çözeltilerde b-q ilişkisi



Şekil 6.- Destile su ile hazırlanmış çözeltilerde b-q ilişkisi



Şekil 7.- Çeşme suyu ile hazırlanan çözeltilerde b-c ilişkisi



Şekil 8.- Destile su ile hazırlanan çözeltilerde b-c ilişkisi

Konvektif ısı transferi katsayısını deneysel verilerden hesaplamak için bir denklem türetilmeye çalışılmıştır. $Pr = 2,29-2,78$ aralığında çeşme sulu çözeltiler için (6) nolu denklem $0-50$ ppm, (7) nolu denklem ise $100-300$ ppm aralığında ± 10 hata ile deneysel verilere uymaktadır. Destile su ile hazırlanmış çözeltiler için geliştirilen (8) nolu denklem ise çalışılan tüm konsantrasyon aralığında deneysel verilerden ± 10 sapma vermektedir.

$$Nu = 120,66 Re^{-0,095} (1 - 0,3737 \times 10^{-2} C + 0,2671 \times 10^{-32} C - 0,1909 \times 10^{-5} C^3 - 0,4359 \times 10^{-8} C^4 + 0,2356 \times 10^{-10} C^5) \quad (6)$$

$$Nu = 18,26 Re^{0,104} (1+C)^{0,091} \quad (7)$$

$$Nu = 35,97 Re^{0,051} (1+C)^{0,051} \quad (8)$$

Burada Nu, Nusselt sayısı, Re Reynolds sayısı, C, ppm cinsinden konsantrasyondur.

KAYNAKLAR

1. B.Yücel, A.Ağar, A.Baysan, Suyun Kabarcıklı Durgun Kaynamasında Isıtıcı Yüzey Arasındaki Isıl Sınır Tabakasının Deneysel İncelenmesi, Tübitak Projesi, Isitek, 7, (1974) 2-14.
2. M.Adams, Heat Transmission, Mc Graw-Hill, New York 368-404, 1954.
3. Insinger, Bliss, AIChE., P.3 (1940) 491-516.
4. A.Morgen ve grubu, Ind.Eng.Chem., V.41(1949),2767.
5. A.Lowery ve grubu, Ind.Eng.Chem., Ind.Eng. Chem., V.49 (1954) (1445).
6. P.D.Jontz, J.E.Myers. AIChE, Journal, V.6, (1960) 34-38.
7. B.H.Shah, R.Darby, Int.J. of Heat Mass Tr., V.16 (1973), 1889-1903.
8. F.Kreith, M.Summerfield, Heat Transfer to Water at High Flux densities with and without surface Boiling Trans. of the ASME, 815, 1949.

DUYURU

ISI BİLİMİ ve TEKNİĞİ 4.ULUSAL KONGRESİ BİLDİRİLER KİTABI DERNEK YAYINI OLARAK BASTIRILMIŞTIR.

Basım, posta ve ambalaj giderlerini karşılamak üzere 1000 TL karşılığı Dernek adresimize başvuru ile temin edilebilir. Kitap 319 sahife olup 26 adet bildiriye içermektedir.

Dernek Yayın No: 10
Derleyen: Y.Doç.Dr.Arif İleri