

GLOB VANALARDA TERMİK ENERJİ KAYIPLARININ BELİRLENMESİ

Dr. Müh. Galip TEMİR

1954 yılında Ankara'da doğdu. 1978 yılında İ.D.M.M. Akademisi Makina Mühendislik Bölümünü, 1980 yılında da aynı akademide yüksek lisans öğrenimini tamamladı.1989 yılında Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bölümü Isı Proses Bilim Dalında doktora yaptı.

1978-1980 yılında Precold Buzdolabı Sanayinde çalıştı. 1980-1982 yılında İ.D.M.M. Akademisi Makina Bölümü Termodinamik Kürsüsü Asistanı, 1982-1984 yılında Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümü Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi, 1984-1994 yılında Yıldız Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendislik Bölümü Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı Öğretim Görevlisi, Ocak 1994 yılında Yıldız Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendislik Bölümü Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı Y. Doç. olarak görev yaptı.

Ülkemizde bulunan tekstil, deri, kimya, ilaç vb. sanayi işletmelerinde ısı kayıplarının minimuma düşürmek için buhar boru hatları ısıya karşı yalıtılır. Genelde vana, filtre gibi elemanlarda ısı kayıpları önemsenmeyerek izolasyon yapılmamaktadır. Bu elemanlarda buhar kısılma prosesine uğramakta ve gerçek gaz olan su buharında sıcaklık düşüşü olmaktadır. Ayrıca buna ilaveten ısı kayıpları sonucu buharın entalpisinde dolayısı ile sıcaklığında düşme olmaktadır. Sıcaklıktaki düşme sonunda buhar doyma hattına yaklaşmakta ve tesisatta iki fazlı akımın doğmasını hızlandırmaktadır. Bu olay tesisatta akım şartlarının bozulmasına, basınç kayıplarının artmasına, yoğuşma işleminden dolayı taşımınla ısı transfer kat sayısının hızla yükselmesine ve yoğuşmanın artmasına neden olur. Buhar enerjisinden gerektiği kadar faydalanılamaz. Sistemde akım dengesinin korunması için kondensatörlerin sık devreye girmesine neden olur. Arzu edilen işletme koşullarına ulaşmak için daha büyük güç kullanma zorunluluğu ortaya çıkar. Bu nedenle Termo Buhar Cihazları A.Ş.'nin Pendik Yayalar köyü tesislerinde yeni bir deney seti kurulmuştur. Vana basınç kayıpları testlerine ilaveten vanaların izolasyonlu ve izolasyonsuz durumdaki enerji kayıpları incelenmiştir. Deneylerde DN25, DN50, DN80 dökme demir Glob vanalar farklı buhar sıcaklıklarında ve buhar debilerinde çalıştırılmış, sonuçlar diyagramlar halinde verilmiştir.

Teorik Çalışma:

Buhar vanadan geçerken kısılma prosesine uğrar. Kısılma adyabatikse; gerçek gazlarda entalpi sabit kalırken basınç ve sıcaklık Joule - Thomson etkisine göre düşer.

Vana, buhara göre daha düşük sıcaklıkta olan çevreye karşı izole edilmemişse; Termodinamiğin ikinci kanununa göre çevreye bir miktar ısı transfer olacağından kısılma adyabatik olmaz. Bu ısı transferi sonucu basınç, sıcaklık ve entalpi düşer.

Adyabatik kısılma sonundaki iş kaybı;

$$W = Mb.To. (S1 - S2) \quad (1)$$

olur. Kısılma sonunda vana yüzeyinden çevreye transfer olan ısı miktarı :

$Q_k = \alpha.A. (T_y - T_o) \quad (2)$ veya $Q_k = K. A.o.r.t. \Delta T_m \quad (3)$ dir. Bu durumda kısılma prosesinde buharın toplam kaybettiği enerji miktarı;

$$E = Q + W \quad (4) \text{ olmaktadır.}$$

Kısılma prosesinde (1) eşitliği ile tanımlanan iş kaybı değiştirilemez, ancak vana yüzeyi ısıya karşı yalıtılırsa ısı kaybı belli bir optimum değere ulaşır. Vana tam açık olduğunda basınç düşümü;

$$\frac{\Delta P}{\rho} = k \frac{w^2}{2g} \quad (5)$$

enerji denkleminde bulunur. Adyabatik kısılmada entalpi değişimi yoktur. Gerçek gazlar için entalpi değişimi (6) ifadesi kullanılarak sıcaklık değişimi bulunur.

$$dh = c_p dT + \left[\partial - T \left(\frac{\partial \theta}{\partial T} \right) P \right] dp$$

$$\Delta h = \int_1^2 c_p dT + \int_1^2 \left[\theta - T \left(\frac{\partial \theta}{\partial T} \right) P \right] dP = 0 \quad (6)$$

Eşitlikte $\int_1^2 \left[\theta - T \left(\frac{\partial \theta}{\partial T} \right) P \right] dP$ entegralinin çözümü için $\left(\frac{\partial \theta}{\partial T} \right)$ değişiminin

bilinmesi gerekir. Genelleştirilmiş entalpi diyagramı kullanılarak gerçek gazlardaki entalpi değişimini veren,

$$h_2 - h_1 = (h_1^* - h_1) + (h_2^* - h_1^*) - (h_2^* - h_2) = 0 \quad (7)$$

(7) ifadesinden çözüme ulaşılır. Burada buharın vana giriş ve çıkış şartları için indirgenmiş basınç ve sıcaklık değerleri kullanılır. Çıkış sıcaklığı bilinmediğinden deneme yanılma yöntemi ile sonuca ulaşılır.

(7) eşitliğinden bulunan çıkış sıcaklığı değerine göre yine gerçek gazlar için geliştirilen genelleştirilmiş entropi diyagramından adyabatik kısımla sonu birim kütle için entropi değişimi

$$S_2 - S_1 = - (S_2^* - S_2) + (S_1^* - S_1) + (S_1^* - S_1) \quad (8)$$

(8) eşitliğinden bulunur.

Tam açık bir vanada buhar giriş ve çıkış şartları belli ise buharın kaybettiği toplam enerji miktarı;

$$E = m_b (h_g - h_{ç}) \quad (9)$$

şeklinde de hesaplanır. Buhar giriş ve çıkışındaki entalpi farkı (7) denkleminde,

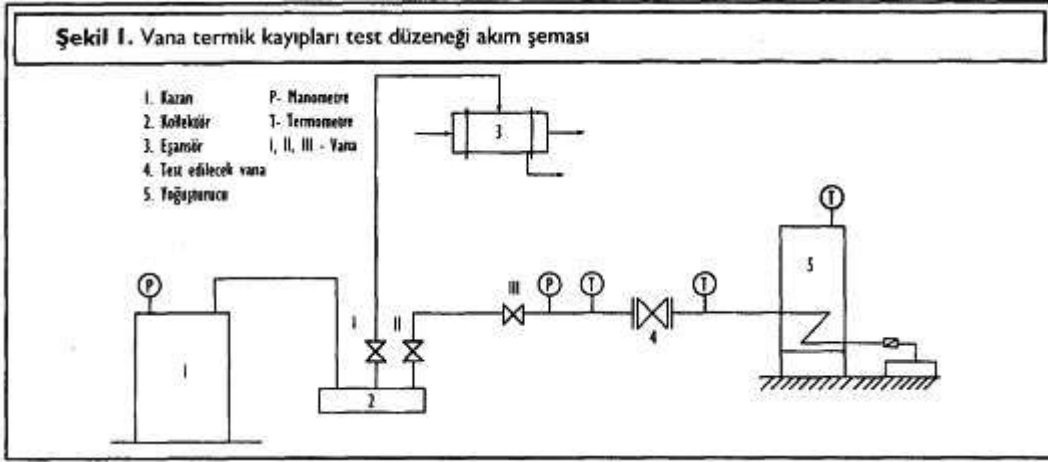
$$h_g - h_{ç} = (h_g^* - h_g) + (h_{ç}^* - h_g^*) - (h_{ç}^* - h_{ç}) \quad (10)$$

bulunur. Isı kaybı veya çevreye transfer olan ısı miktarları ise eğer vana yüzey sıcaklığını biliniyorsa (2) veya (3) ifadelerinden, bilinmiyorsa (4) eşitliğinden;

$$Q_k = E - W \quad (11)$$

bulunur.

Şekil 1'de test düzeneği akım şeması verilmektedir. Kazandan çıkan buhar kollektöre gelir, test edilecek vanadan geçer ve vana çıkışında yoğuşturulur. Buhar debisini ayarlamak için buharın bir kısmı eşanjörden geçirilerek yoğuşturulur ve kondens tankına gönderilir.



Deneysel çalışmada; Sanayi tesislerindeki proseslerde 3 atü - 8 atü basınçlarda doymuş buhar veya 120 C - 160 C sıcaklık aralığında kızgın buhar kullanıldığı düşünülerek kazandan alınan 5 atü basınçta doymuş buhar kollektör çıkışında sırası ile 0,5, 1, 2, 3, 4 atü basınçlarına kısılarak test edilecek vanaya (4) kızgın buhar gelmesi sağlandı. Buhar hızı 3 m/s - 20 am/s arasında olacak şekilde kollektör eşanjör arasındaki vana (1) açılarak buharın bir kısmı yoğuşturulup kondens tankına gönderildi. Böylece ölçümü yapılacak vanaya değişik debilerde buhar gönderildi.

Çeşitli buhar debilerinde; vana giriş ve çıkışındaki basınç 0,5 kp/cm² gösterge alanlı, (0 - 10) kp/cm² ölçüm alanlı, Pakkers marka manometre ile, sıcaklık değerleri Ni Cr - Ni metal çiftli K tipi (-120, + 1300°C) ölçüm alanlı, F 0,2 hassasiyetinde, 0,1°C gösterge alanlı (tecnoterm 9400) termometre ile okundu. Yoğuşturucuda yoğuşan buhar debisi 2 gr. taksimatlı, (0,30 kg) kapasiteli dijital göstergeli (Boster) terazide tartılarak belirlendi.

Diyagramların hazırlanması ve sonuçların irdelenmesi;

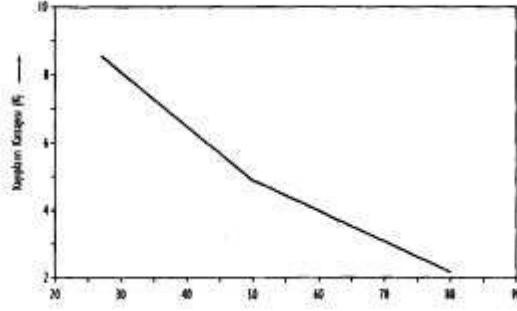
Yapılan ölçümler sonucunda vana giriş ve çıkışlarındaki basınç farkı sistemde mevcut bulunan manometrelerle gözlenemedi. Oluşan basınç farkı, şekil 3'te verilen çap değişimlerine göre baskılı (glob) vana için kayıp katsayısı alınarak

$$k_p \frac{w^2}{2g} = \frac{\Delta P}{\rho}$$

enerji kaybı (5) başınırsından hesaplandı. 2,85 kp/ m² 20 kp/m² arasında basınç kayıpları olduğu tespit edildi.

bakınız: 10

Şekil 3. Çap değişimine göre baskılı vanalar için kayıp katsayısı değişimi



Adyabatik akışta iş kaybını belirlemek için vana çıkış sıcaklığı (7) eşitliğinde deneme yanılma yöntemi ile 10-4 - 10-3 C arasında olduğu belirlendi. Bulunan basınç, entalpi ve sıcaklık değerleri (8), (9), (4) ve (1) ifadelerinde yerine konularak iş kaybı, toplam enerji kaybı ve çevreye transfer olan (ısı kaybı) bulundu.

Deneyler esnasında sıcaklık farkının 0,2 C ~ 4,5 C arasında ve basınç farkının da çok düşük olduğu gözlemlendi. Bu değerlerin buhar özelliğini değiştirmeyecek kadar olduğundan buharın özgül hacmi sabit kabul edildi.

Buhar hızı süreklilik denkleminde;

$$w_b = \frac{4m_b}{\pi d^2} \quad (12)$$

bulundu. Buharın vana girişindeki toplam entalpisini;

$$H = m_b \cdot h_b \quad (13)$$

olarak hesaplandı.

(4) nolu ifadeden bulunan ısı kaybı değeri (13) nolu ifadedeki toplam entalpi değerine bölünerek ısı kaybı katsayısı

$$k = \frac{Q_k}{H}$$

bulundu.

Çeşitli buhar debi ve sıcaklıklarında hesaplanan, buhar hızı, buhardan çevreye transfer olan ısı miktarı ve ısı kaybı katsayısı değerleri alınarak izolasyonlu ve izolasyonsuz vanalar için:

- Sabit buhar sıcaklığında ısı kaybı katsayısı -buhar hızı, kayıp ısı - buhar hızı değişimini veren diyagramları,
- Sabit buhar hızında ısı kaybı - buhar sıcaklığı diyagramları hazırlandı.

bakınız: 11

Sonuç:

1. Hız arttıkça ısı kaybı katsayısı artışının belirli bir hız değişiminden sonra azaldığı ve izolasyonlu halde bu değere daha düşük hızlarla ulaşıldığı tespit edildi. (Diyagram 1,2)

bakınız: 13

2. Sabit buhar hızlarında ısı kaybının buhar sıcaklığına bağlı değişimi lineer bir karakter göstermektedir.

(Diyagram-3)

bakınız: 14

İzolasyonlu halde sıcaklık artışı ile ısı kaybı artışı izolasyonsuz hale göre daha düşük seviyede kalmaktadır.

3. Diyagram 2'den görüldüğü gibi izolasyon kullanılması halinde buhar giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark azalmaktadır.

4. Deney 25,6 C kuru termometre oda sıcaklığında 2,5 m/s hızındaki hava yatay vana eksenine dik gönderilerek yapıldı. İzolasyonsuz vanada 140 C buhar sıcaklığında ve 10 m/s buhar hızında, 122 C vana ortalama yüzey sıcaklığı belirlendi. Bu şartlar altında bilinen yöntemler kullanılarak vana dış yüzeyi ile oda arasındaki konveksiyonla ısı transfer katsayısı 18 w/m C bulundu. Bulunan değerler (2) eşitliğinde kullanıldığında 593,43 kJ/h, ısı kaybı hesaplandı. Bu değer diyagram 2 veya (4) nolu eşitlikten 642 k J 1/h olmaktadır.

5. Kısılma sonunda buhar sıcaklığında ve basıncındaki düşme buhar yoğunluğunun azalmasına, hızının artmasına neden olmaktadır. Reynolds boyutsuz sayısı incelendiğinde Re değerindeki değişim hızla yoğunluğun çarpımı ile orantılıdır. Dolayısı ile buharla vana iç yüzeyi arasındaki konveksiyonla ısı transfer katsayısının artış hızı belli bir değerden sonra düşmektedir.

Bu düşüş, 1 ve 2 nolu diyagramlarda k kayıp katsayısının ve kayıp ısının artış hızının belli bir değerden sonra azalması ile de doğrulanmaktadır.

Ülkemizde son 10 yılda kullanılan yaklaşık 2.200.000 adet vananın izolasyonsuz. çalıştırıldığı düşünülecek olursa; DN 80'lik bir vanada 140 C buhar sıcaklığı için saatte 642 k/h ısı kaybı olmaktadır.

Bu değer:

Günde işletmenin 20 saat çalıştığı varsayım ile

$$20 \times 642 = 12840 \text{ kJ/h}$$

Senede 300 gün çalışırsa;

$$300 \times 12840 = 3.852.000 \text{ kJ/Yıl Vana}$$

eder. Ülkemizde kullanıldığı tahmin edilen 2.200.000 adet vana için;

$$2.200.000 \times 3.852.000 = 8,47 \times 10^{12} \text{ kJ/Yıl}$$

1 kg. Fuel Oil'in ortalama %80 verimle çalışan kazan için yakıt maliyeti;

$$24820 / (0,68 \times 0,8) = 36075,58 \text{ TL / kg}$$

8,47 x 10¹² kJ/Yıl enerji için gerekli yakıt miktarı;

$$8,47 \times 10^{12} / 41800 = 2,027 \times 10^8 \text{ kg fuel Oil/Yıl,}$$

Buna göre 1 kg yakıt maliyeti 36075,58 TL olduğundan

$$2,027 \times 10^8 \times 36075,58 = 7,31 \times 10^{12} \text{ TL/Yıl}$$

Bu tutarın dolar bazında eşdeğeri;

$$7,31 \times 10^{12} / 90.000 = 81.265.000 \text{ \$'dir.}$$

İzole edilmemiş vanalar kullanılması halinde bu tutarın tamamı izole edilirse sadece 2,5 milyon \$ döviz kaybı olmaktadır.

Yukarıda verilen örnekte 4 atü basınç, 140 C düşünülmüştür. Buhar basıncı ve sıcaklığı arttıkça enerji kayıpları fazlalaşacağından izolasyonun önemi artmaktadır.

Not:

Vanalardan ısı kayıpları sonucu buhar doyma hattına yaklaşabilmekte ve dolayısı ile iki fazla akım oluşabilmektedir. Akım özelliklerinin bozulmaması için buhar boru donanımı üzerine yerleştirilmesi gereken kondensstopların yerlerinin sağlıklı tespiti gerekmektedir. Bu amaçla, çalışmanın 2. aşamasında çeşitli buhar şartları, boru boyu, çapı vs. içeren buhar şebekelerinde kondensstopların doğru yerini belirleyecek genel amaçlı bir bilgisayar çalışması yapılmaktadır.

Semboller :

Q	- Isı (kJ/h)
M	- Kütleli debi (kg/h)
C _p	- Özgül ısı (kJ/kg °C)
T, t	- Sıcaklık (°C, K)
Δ T _m	- Logaritmik ortalama sıcaklık farkı (°C)
H	- Toplam entalpi (kJ)
P	- Basınç (kp/m ² , N/m ²)
h	- Birim kütle antalpisi (kJ/gr)
E	- Enerji (kJ/h)
k	- Kayıp katsayısı
W	- İş (kJ)
w	- Hız (m/s)
s	- Birim kütle entropisi (kJ/kg K)
θ	- Özgül hacim (m ³ / kg)
K	- Toplam ısı transfer katsayısı (W/m ² °C)
d	- Çap
a	- Konveksiyonla ısı transfer katsayısı (W/m ² °C)
ρ	- Yoğunluk (kg / m ³)

Alt İndisler :

b	- Buhar
ort	- Ortalama
k	- Kayıp
i	- İş
p	- Basınç
1	- Giriş (Adyabatik proseste)
2	- Çıkış (Adyabatik proseste)
g	- Giriş
ç	- Çıkış
o	- Çevre

Üst İndisler :

Çalışmada kullanılan deney seti Gedik Holding'e bağlı Termo Buhar Cihazları Sanayi ve Tic. A.Ş. fabrikasında kurulmuştur. Üniversite Sanayi İşbirliği çerçevesinde gösterdiği maddi ve manevi yardımlarından dolayı Sayın Hakkı Gedik'e, Fabrika Müdürü sayın Mehmet User'e ve Öde A.Ş. genel müdürü Sayın Orhan Turan'a teşekkür ederim.

Kaynakça:

- 1- Sanayide Enerji Tasarrufu A.K. Dağsöz, Alp Teknik Kitapları, 1991.
- 2- Termodinamik Özçelik Bağlıntıları A. Öztürk -A. Kılıç, İ.T.Ü. Kütüphanesi Sayı : 1246, 1982.
- 3- Termo Buhar Cihazları Katalogu, Termo Buhar Cihazları San. ve Tic. A.Ş., 1996.
- 4- Vana ve Süzgeçlerde Yersel Enerji Kayıp Katsayısının Hesaplanması, İ. Gentez, M. Soğukoğlu, Termodinamik Dergisi, Sayı: 5, Sayfa 42-48, Ocak 1993.