

EMNİYET VENTİLİ BOYUTLANDIRILMASI

Şükrü AYDEMİR
İ. Cem PARMAKSIZOĞLU

ÖZET

Sanayinin geniş bir alanında kullanılan emniyet ventilleri çok hassas cihazlar olup, tasarımı, testi, seçimi, kontrolü ve montajı çok önemlidir. Emniyet ventili boyutlandırılması, geri basıncın kritik basıncın altında veya eşit olması (kritik akış), kritik basıncın üstünde olması (alt kritik akış), viskoz akış, iki fazlı akış gibi akış rejimlerine bağlıdır. Bu çalışmada, emniyet ventili seçimi, kontrolü ve montajı için kısa bilgi verilmiş ve ventil boyutlandırılması sayısal örnek verilerek açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Emniyet ventilleri, emniyet ventili boyutlandırılması, akış rejimleri

ABSTRACT

Safety valves which are widely used in industry, are very sensitive equipments and its sizing, selecting, installing and controlling are very important. Sizing of safety valves depends on the flow regime as critical flow, subcritical flow, viscous flow, two phase flow. In this work its selection, installation, control and sizing are briefly summarized and its sizing explained by a numeric example.

Key Words: Safety valves, sizing of safety valves, flow regime

1. GİRİŞ

Basıncılı kaplar (Buhar kızgın su kazanları, basıncılı hava depoları, hidroforlar, doğal ve sıvı gaz depoları, ..vb) ve bunlarla ilgili tesisatların zarar görmemesi için aşırı basınca karşı korunması gerekir. Bu basıncılı kaplar ve ilgili tesisatların dayanabileceği maksimum basınçlar önceden hesaplanmış ve cihazların etiketlerinde belirtilmiştir.

Emniyet ventili; Koruyacağı cihazdaki akışkanın dışında hiçbir enerjiye ihtiyaç duymadan, otomatik olarak önceden tespit edilmiş basınç değerinin aşılması halinde basıncı tespit edilmiş değer altına düşürecek miktarda akışkanı dışarı atan ve ventili tekrar kapatarak sistemi eski haline getiren cihazlardır.

Emniyet ventili genelde piyasada ϕ 6 mm ve üzeri akış çaplarında ve 0,1 bar ve üzeri basınçlarda kullanılmak üzere bulunmaktadır. Sıcaklık değerlerinde herhangi bir sınır yoktur.

1.1. Emniyet Cihazları

Emniyet Ventilleri

- Patlayan emniyet Diskleri
- Emniyet Ventili ve Patlama disklerinin Birleşik Düzenlemeleri
- Pilot Emniyet Ventili
- Kontrol Edilen Emniyet Basıncını Boşaltma Sistemleri

1.2. Emniyet Ventili Çeşitleri

Kendinden Tahrikli Emniyet Ventili

Emniyet Ventilinin koruması altındaki cihazın içindeki akışkanın yarattığı ve ventil diskine alttan etkiyen basıncı karşılamak için doğrudan doğruya bir mekanizma kullanılan ventiller bu çeşide girer. Bu mekanizmalar, ağırlıklı, bir kol + ağırlık veya yaylı olabilir.

Yardımcı Alan Emniyet Ventilleri

Emniyet Ventilleri güç tahrikli mekanizmalarla birlikte kullanılabilirler.

Yardımcı Mekanizmalı Emniyet Ventilleri

Yardımcı mekanizma gücünü ekstra bir enerjiden alabilir.

Pilot Güdümlü Emniyet Ventilleri

Dışarı atılması gereken akışkanın bir pilot vana tarafından kontrol edilen, kendinden tahrikli bir emniyet ventiliidir.

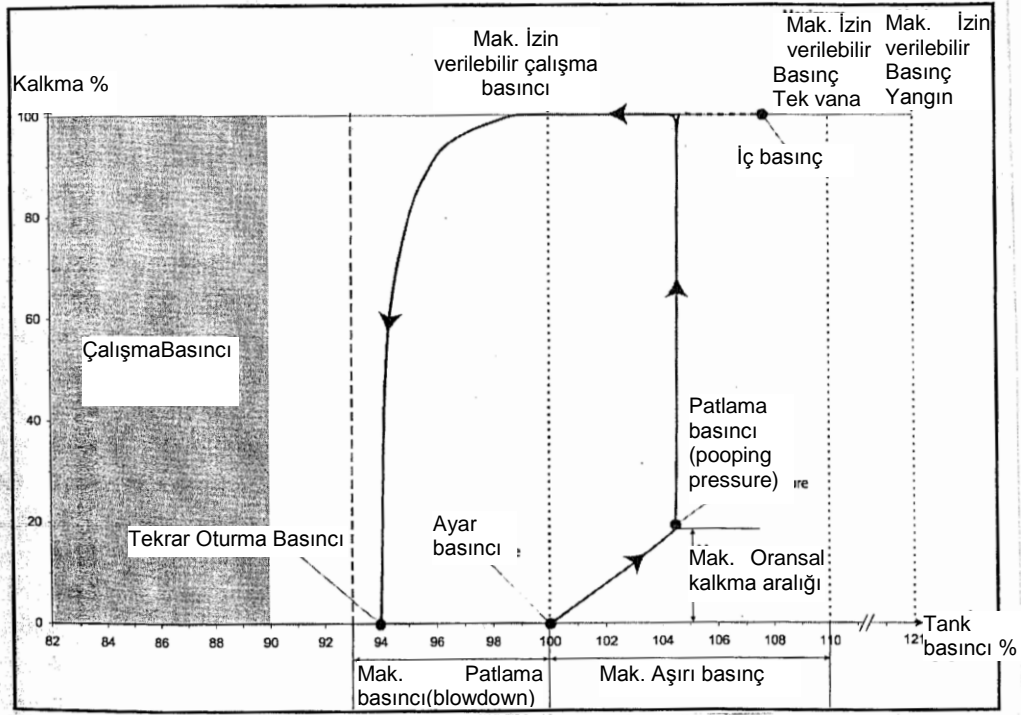
1.3. Tanımlar

Basınç

Basınç birimi bar_e veya bar_a ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$)

Ayar Basıncı (Set Pressure)

Önceden saptanmış basınç görevi, iç basıncım bu basınca yaklaşması halinde Emniyet Ventiline açma kumandasını vermektir, [1] Şekil1. Emniyet Ventili imalatçıları tarafından korunacak basınçlı kabın mukavemet sınırına yakın bir değer seçilir ve belirlenir.



Şekil 1. Emniyet Ventili Çalışma Çevrimi ve Basınç Tanımları

Aşırı Basınç (Overpressure)

Emniyet Ventili imalatçıları bu basıncı ayar basıncının yüzdesi olarak verirler.

İç Basınç (Relieving Pressure)

Emniyet Ventili için önemli bir basınçtır. Ayar basıncı ile aşırı basıncın toplamına eşit veya daha büyüktür.

Geri Basınç (Back Pressure)

Emniyet ventilinin akışkanı dışarı atarken Emniyet Ventili ve dışarı atma donanımında oluşan basınçtır.

Tekrar Oturma Basıncı (Reseating Pressure)

Aşırı basıncı düşürmek için akışkanın bir kısmını dışarı atmış olan Emniyet Ventilinin tekrar yerine oturması için oluşmuş olan Emniyet Ventili kalkışının sıfır olduğu basınçtır

Patlama Basıncı (Blowdown)

Ayar basıncı ile tekrar oturma basıncı arasındaki basınç, ayar basıncının yüzdesi olarak verilir, bar_a olarak ifade edilmişse, bu basınç $3 bar_a$ dan küçük olur.

Kalkış (Lift)

Ventil diskinin kapalı durumdan yükseliş uzaklığıdır.

Akış Kesiti

Giriş ve tekrar oturma arasında daha önce hesaplanmış olan gerekli akış miktarını gerçekleştirecek minimum akış kesit alanıdır.

Akış Katsayısı

$$k = \text{Deneylerden elde edilen akış miktarı} / \text{Hesaplanmış teorik akış miktarı}$$

Tescil Edilmiş Akış Katsayısı

Bir emniyet ventili kullanılmak üzere temel olarak alınmasına izin verilmiş akış miktarının, hesaplanmış teorik miktara oranı

1.4. Bağlantılar

Emniyet Ventilinin dış bağlantıları için

- Kaynak ile bağlantı EN 12627
- Socet kaynağı ile EN 12760
- Flanşlı bağlantı EN 1092-1, EN 1092-2, EN 1092-3, prEN 1759-1
- Dişli bağlantı ISO 7-1 veya ANSI B1-20.1
- Emniyet Ventililerinin Bağlantı Uçlarının Tasarımı EN ISO-4126-1:2004 Şekil 1a,1b,1c

2. BOYUTLANDIRMA

Günümüzde emniyet ventili firmalarının geliştirmiş olduğu emniyet ventili boyutlandırması ve seçimi programları bulunmaktadır, bunlar boyutlandırma ve seçim işini çok kolaylaştırmaktadır. Bu çalışmada programları bir tarafa bırakarak, bu sürecin ana hedefleri, ilgili standartları, yapılacak hesaplar ve bunlar için gerekecek veri tabanının hazırlanması ile ilgili bilgiler verilecektir. Aşağıda çalışmada geçen sembol ve indisler verilmiştir.

Sembol	Açıklama	Birim
$A_{lüle}$	Lülenin akış kesit alanı	mm^2
c_p	Sabit basınçta özgül ısı	J/kgK
c_v	Sabit hacimde özgül ısı	J/kgK
G	Özgül yoğunluk (ρ_G/ρ_{hava})	-
h	Özgül entalpi	J/kg
k	Özgül ısıların oranı(izentropik üs)	-
M	Mol kütle	kg/kmol
mix	İki fazlı karışım	
P	Basınç	bar
P_b	Geri basınç (back pressure)	bar
P_c	Kritik basınç (critical pressure)	bar
P_o	İç basınç (relieving pressure)	bar
P_r	İndirgenmiş basınç (reduced pressure)	-
Q_m	Atılan kütleli debi	kg/h
R	Gaz sabiti $R = R$ (Evrensel gaz sabiti 8314 J/kmol K)/M(kg/kmol)	J/kgK
T	Sıcaklık	K
T_c	Kritik sıcaklık	K
T_r	İndirgenmiş sıcaklık	K
v	Özgül hacim	m^3/kg
x	Kuruluk derecesi (İkifazlı akışta gaz kütle oranı , quality)	-
Z	Sıkıştırılabilirlik çarpanı	-

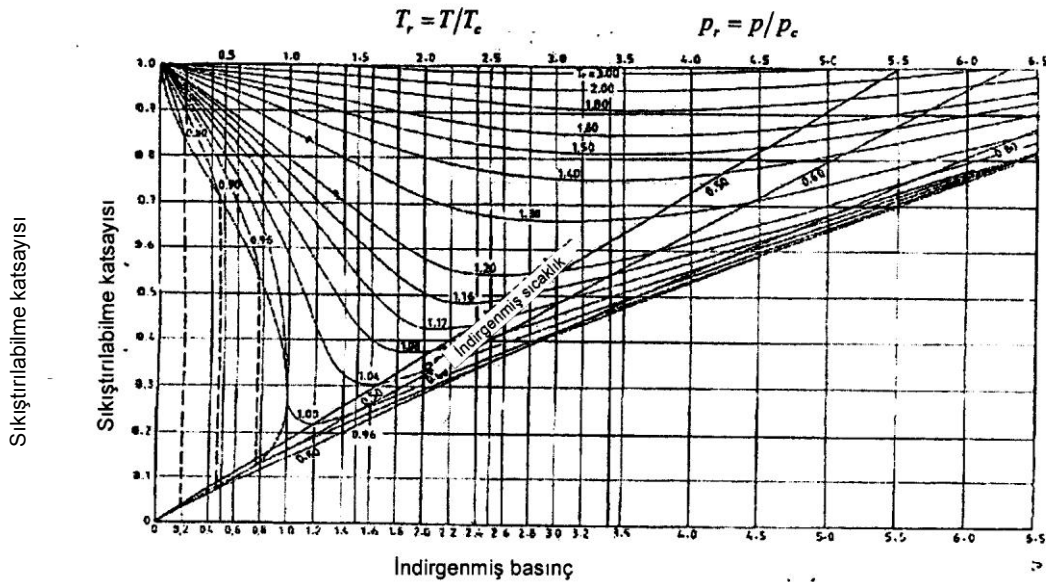
Δh_{GL}	Buharlaştırma gizli ısı	J/kg
μ	Dinamik viskozite	Pa·s
μ	Dinamik viskozite	Pa·s
ρ	Yoğunluk	kg/m ³
İndis		
G	Gaz	
L	Sıvı	

Gazlarla ilgili veriler

Gazlar ve buharlar gaz ortamı olarak isimlendirilirler. Buhar fazı sıvı fazı ile bir denge halindedir. Bir sıvı fazı olan suyun, gaz fazı su buharı ile olan ilişkisinde görüldüğü gibi, sonuç bir sıvı içinde bulunduğu basınca bağlı olarak buhar(gaz), sıvı veya katı olarak bulunabilir. Gazlar için aynı şeyi söyleyemeyiz. Gazlar için

$$P \cdot v = Z \cdot R \cdot T \quad (1)$$

eşitliğini yazabiliriz. Eğer gaz saf bir gaz, tek çeşit bir gaz, gaz karışımı değil ise ideal bir gaz olarak kabul edilir. Herhangi bir maddenin 1 mol'ü $6,022214 \cdot 10^{23}$ (Avagadro sayısı) atom veya molekül içerir. $G = M_G / M_{hava}$, ($T_G = T_{hava}$, $P_G = P_{hava}$, $Z_G = Z_{hava} = 1$). Diğer gazların sıkıştırılabilirme çarpanı aşağıdaki Şekil 2'den bulunabilir.



Şekil 2. Sıkıştırılabilirme çarpanı Z , DIN EN ISO 4126-7, sayfa 26.

Gaz akışı:

Gaz akışı kritik ve kritik altı akış şeklindedir. Akışların kritik olsun, kritik altı olsun emniyet ventilinde akışın ideal bir lülede oluştuğu ve adyabatik olduğu kabul edilir ve enerji kaybı genellikle ihmal edilir. Bu şartlar altında özgül hacimle basınç arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir.

$$P \cdot v^k = \text{sabit} \quad (2)$$

Eğer geri basınç, P_b kritik basınç P_c 'nın

altında $P_b \leq P_c$ ise lüle içindeki akış Kritik Akış (critical flow) değilse $P_b > P_c$ Kritik Altı Akış denir. (subcritical gas flow),

(3)

Lüle içindeki kritik akış oranı sadece k'ya bağlıdır. Eşitliklerdeki P_b geri basınç ve P_0 iç basınç mutlak basınçtır.

$$\frac{P_c}{P_o} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (4)$$

$$\frac{P_b}{P_o} \leq \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \text{ lüledeki akış kritik, } \frac{P_b}{P_o} > \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \text{ lüledeki akış kritik altıdır.} \quad (5)$$

Aşağıdaki cetvelde 20°C ve atmosferik basınçta bazı gazların kritik basınçları, izentropik üstel katsayıları ve Pc/Po oranları görülmektedir.

Cetvel 1. Çeşitli Gazların k katsayıları ve Pc/Po oranları

Gaz	k	Pc/Po
Hava	1,40	0,528
Etilen	1,25	0,555
Metan	1,31	0,544
Azot	1,40	0,528
Amonyak	1,31	0,544
Su buharı	1,3	0,546

Sıvılar-Viskoz sıvılar ve Viskoz akışlar

Sıvıların yoğunlukları sıcaklıkla değişmesine rağmen basınçla belli bir sınıra kadar hemen hemen sabit kalır. Bu sınır yüzlerce bar_a mertebesindedir.

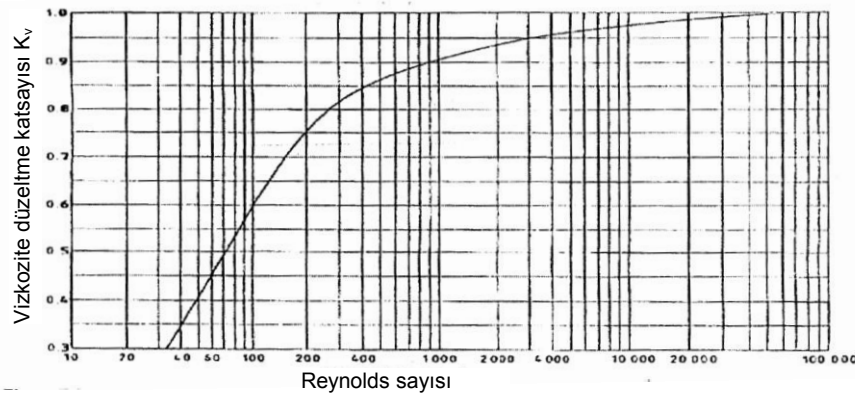
Özgül yoğunluk herhangi bir sıvının yoğunluğunun aynı sıcaklıktaki suyun yoğunluğuna bölümüdür ve birimsizdir. Özgül yoğunluğu $\rho > 1$ olan sıvılar sudan ağır, $\rho < 1$ olan sıvılar sudan hafif sıvılardır.

Viskoz sıvılar: Normal (viskoz olmayan) sıvılardan farkı akış sırasında normal sıvılardan daha fazla direnç göstermesi, dolayısıyla aynı miktarda viskoz sıvıyı borular içinde hareket ettirmek için normal sıvılara göre daha fazla enerji kullanmak gerektiğidir. Viskoz sıvılarla Emniyet Ventili hesabı yapabilmek için bir düzeltme çarpanı kullanılır. Bu çarpan aşağıda verilen Şekil 3'ten Reynolds sayısına bağlı olarak verilmiştir, [2].

Reynolds sayısı viskoz sıvılar için aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$Re = \frac{Q_m}{\mu} \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi \cdot A_{lüle}}} \quad (6)$$

- a- $34 \leq Re \leq 200$ ise $K_v = 0,6413 + 0,7669 \ln(Re)$
- b- $200 \leq Re \leq 60000$ ise $K_v = -0,5735 + 0,4343 \ln(Re) - 0,04093 \ln^2(Re) + 0,001308 \ln^3(Re)$
- c- $Re > 60000$ ise $K_v = 1$ dir veya abaklardan yararlanılır.



Şekil 3. Viskozite Düzeltme Katsayısı DIN EN ISO 4126-7 Sayfa 29

Emniyet ventiline boşaltma kapasitesi:

A. Gazlar

A1. Kritik akışlarda

$$q_m = P_o \cdot C \cdot \sqrt{\frac{M}{Z \cdot T_o}} = 0,2883 \cdot C \cdot \sqrt{\frac{P_o}{v}} \quad (7)$$

C: Boşalma (Relieving) durumundaki izotropik üstün bir fonksiyonudur.

$$C = 3,948 \cdot \sqrt{k \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{(k+1)}{(k-1)}}} \quad (8)$$

$\left(\frac{3600}{\sqrt{10^5} \cdot \sqrt{R}} = 3,948\right)$, C'yi hesaplamak için yukarıdaki cetvelde gazın cinsine karşı gelen (k) alınır.

R = 8,314 kJ/kmol K

A2: Kuru Doymuş Buhar:

Kuru doymuş buhar (kuruluk oranı min % 98) için de yukarıdaki eşitlik kullanılır.

A3: Kritik altı akışlarda:

$$q_m = P_o \cdot C \cdot K_b \cdot \sqrt{\frac{M}{Z \cdot T_o}} = 0,2883 \cdot C \cdot K_b \cdot \sqrt{\frac{P_o}{v}} \quad (9)$$

$$K_b = \sqrt{\frac{2 \cdot k}{k-1} \cdot \left[\left(\frac{P_b}{P_o}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{\rho_b}{\rho_o}\right)^{\frac{(k+1)}{k}} \right]} \quad (10)$$

A4: Buharlaşmayan sıvılar(non-flashing liquid) Türbülanslı ortamda $Re \geq 80000$:

$$q_m = 1,61 \cdot \sqrt{\left(\frac{P_o - P_b}{v}\right)} \quad \left(\frac{3600 \cdot \sqrt{2}}{10 \cdot \sqrt{10^5}} = 1,61\right) \quad (11)$$

B. Emniyet Ventillerinin Boyutlandırılması

B1. Genel

B1.1. Doymuş (Saturated) veya kızgın buharın kritik akışında kapasite

$$Q_m = \frac{0,2883 \cdot C \cdot A \cdot K_{dr} \cdot \sqrt{\frac{P_o}{v}}}{\sqrt{x}} \quad (12)$$

B1.2. Islak Buhar kapasite hesabı

Kuruluk oranı % 90 ve üzeri olan ıslak buharlarda kapasite,

$$Q_m = \frac{0,2883 \cdot C \cdot A \cdot K_{dr} \cdot \sqrt{\frac{P_o}{v}}}{\sqrt{x}} \quad (13)$$

B1.3- Gazlar için kapasite hesabı:

B1.3.1 Kritik akışlar için

$$Q_m = P_o \cdot C \cdot A \cdot K_{dr} \cdot \sqrt{\frac{M}{Z \cdot T_o}} = 0,2883 \cdot C \cdot A \cdot K_{dr} \cdot \sqrt{\frac{P_o}{v}} \quad (14)$$

$$A = \frac{Q_m}{P_o \cdot C \cdot A \cdot K_{dr} \cdot \sqrt{\frac{M}{Z \cdot T_o}}} = \frac{Q_m}{0,2883 \cdot C \cdot K_{dr} \cdot \sqrt{\frac{P_o}{v}}} \quad (15)$$

B1.3.2 Kritik altı akışlar için

$$Q_m = P_o \cdot C \cdot A \cdot K_{dr} \cdot K_b \cdot \sqrt{\frac{M}{Z \cdot T_o}} = 0,2883 \cdot C \cdot A \cdot K_{dr} \cdot K_b \cdot \sqrt{\frac{P_o}{v}} \quad (16)$$

B1.4 Sıvılar için kapasite hesabı:

$$Q_m = 1,61 \cdot K_{dr} \cdot K_v \cdot A \cdot \sqrt{\frac{P_o - P_b}{v}} \quad (17)$$

Testler

T_≥100°C sıvılar için imal edilmiş Emniyet Ventilleri su buharı, hava veya özellikleri bilinen bir gazla test edilir.

T_≥100°C doymuş su veya kızgın su için imal edilmiş Emniyet Ventillerinin sertifikalı kapasitesinin hesaplanması aşağıdaki eşitlikle yapılır.

$$R_{kW} = 0,329 \cdot P_o \cdot A \cdot K_{dr} \quad (18)$$

R_{kW} Emniyet Ventilinin kapasitesi (kW)

P_o İç basınç (The relieving pressure) = Ayar basıncı + Aşırı basınç (bar_a)

A Emniyet ventilinin akış alanı (mm²)

K_{dr} Sertifikalanmış ve sertifikalanacak Emniyet Ventilinin hesaplanmış kapasite çapanı

$$K_d = \frac{\text{Deneyerek elde edilen gerçek kapasite}}{\text{Teorik olarak hesaplanmış kapasite}} = \text{Emniyet ventilinin kapasite çarpanı} \quad (19)$$

$$K_{dr} = 0,9 \cdot K_d$$

Örnek 1- Sıkıştırılabilme faktörü Etilenin (C₂H₄) boşaltma (relieving condition) şartlarındaki (55°C ve 62 bar_a) sıkıştırılabilme faktörü ? T_c = 282,85 K P_c = 51,57 bar_a

$$T_r = \frac{T}{T_c} = \frac{55 + 273,15}{282,85} = 1,16 \quad P_r = \frac{P}{P_c} = \frac{62}{51,57} = 1,20$$

Şekil 2'den Z=0,712 bulunur.

Örnek 2. Bir buffer deposunda, 6 bar'daki hava ($k=1,4$) çevreye bırakılıyor. Akış kritik mi, kritik altı mıdır?

$$\frac{P_c}{P_o} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} = \left(\frac{2}{1,4+1} \right)^{\frac{1,4}{1,4-1}} = 0,528$$

$$\frac{P_b}{P_o} = \frac{1,0325}{6 \text{ bar}_a} = 0,169$$

0,169 < 0,528 Kritik Akış

Örnek 3. 100°C ta veya üzerinde olan kızgın su için bir Emniyet Ventili tasarlanacak ve Emniyet Ventili sertifikalı olarak % 10 aşırı basınca göre hesaplanacaktır, $K_{dr}=0,8$.

Kazan karşı basıncı = 11,2 bar_e
 Ayar basıncı = 11,2 bar_e
 Su sıcaklığı = 160 °C
 Kazan kapasitesi = 3300 kW
 $P_o = 11,2 \cdot 1,1 + 1 = 13,32 \text{ bar}_a$
 $R_{kw} = 0,329 \cdot P_o \cdot A \cdot K_{dr}$ eşitliğinden

$$A = \frac{R_{kw}}{0,329 \cdot P_o \cdot K_{dr}} = \frac{3300 \text{ kW}}{0,329 \cdot 13,32 \cdot 0,8} = 941,29 \text{ mm}^2$$

Örnek 4- Emniyet Ventili %10 aşırı basınçta $K_{dr}=0,5$ olarak sertifikalandırılacaktır.

Kazan karşı basıncı = 11,2 bar_e
 Ayar basıncı = 11,2 bar_e
 Geri basınç = Atmosferik
 Yoğunluk = 925 kg/m³
 İstenen kapasite = 5000 kg/h
 Su sıcaklığı = 50 °C
 Kazan kapasitesi = 3300 kW
 $P_o = 11,2 \cdot 1,1 + 1 = 13,32 \text{ bar}_a$
 Gerekli akış alanı

$$A = \frac{Q_m}{1,61 \cdot K_{dr} \cdot \sqrt{\rho \cdot (P_o - P_b)}} = \frac{5000}{1,61 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{925 \cdot (13,32 - 1)}} = 58,18 \text{ mm}^2$$

İki Fazlı Akışlar

Çok bileşenli karışımlar için ortalama veriler alınır. Akış, düzgün kabul edilir. Uygulamadaki sınırlar içinde kalınması önerilir.

Buharlaştırma (Flashing) Akış:

Metot aşağıdaki a ve b şartlarından biri veya her ikisi de gerçekleşirse doğru sonuç verir.

- a- Akışkanın aşırı sıcaklığı, sıvının termodinamik kritik sıcaklığından % 90 düşükse,

$$T_r < T_{aşırı} / T_c < 0,5$$

- b- Akışkanın aşırı basıncı, sıvının termodinamik kritik basıncından % 90 düşükse,

$$P_r < P_{aşırı} / P_c < 0,5$$

$T_{aşırı}$ Boşaltma sırasındaki maksimum sıcaklık (K)

$P_{aşırı}$ Boşaltma sırasındaki maksimum birikmiş basınç veya biraz düşüğü (Pa)

Eğer T_r ve P_r yukarıdaki a ve b sınırlarından büyükse veriler hızla değişir ve kabul edilemez yanırlara neden olurlar. Bu durumda T_r ve P_r yerine T_c ve P_c alınır.

Karışımlar için Flashing akışlar

Bu metot çok bileşenli flashing için kullanılır. Kimyasal olarak benzer olan bu bileşenlerin doyma sıcaklıkları, i ve j bileşenler olmak üzere $T_{i,buharlaşma} - T_{j,buharlaşma} < 100^\circ\text{C}$ için geçerlidir. ($T_{i,buharlaşma} > T_{j,buharlaşma}$ kabul.)

Erimiş gazlar

Önemli miktarda gaz azot ve hidrojen gibi yüksek basınçlı gazlar, sıvı içinde erimiş ise, metot boşaltma sırasında doğrudan doğruya uygulanamaz. Bu karışımlarda değerler değişir. Örneğin karışımların termodinamik kritik değerleri, bileşenlerin değerlerinden çok farklıdır. Bu doyma eğrisinde değişikliğe neden olur. Diğer değerler de karışımın yoğunluğu, viskozitesi, buharlaşma entalpisi v.b. etkilenir ve değişirler. Hatta az miktardaki erimiş gazlar, karışımın basınç düşümüne neden olur. Bu durumda bu gazlar serbest hale geçerler. Sonuçta kütleel debide sıvı akışına göre bir düşme olur.

Gazların ortaya çıkışı göz önüne alınmak istenirse gaz eşitlikleri kullanmak mümkündür veya gaz çıkışı ihmal edilebilir.

SONUÇ

Sanayinin geniş bir alanında kullanılan bu ventiller, çok hassas cihazlar olup, tasarımı, testi, seçimi, kontrolü ve montajı emniyetli çalışma için çok önemlidir.

Emniyet ventili boyutlandırılması, geri basıncın kritik basıncın altında veya eşit olması (kritik akış), kritik basıncın üstünde olması (alt kritik akış), viskoz akış, iki fazlı akış gibi akış rejimlerine bağlıdır.

Emniyet Ventilleri, tasarımı ve testleri uygulamalı termodinamik kapmasamında elle alınması gereken cihazlardır.

KAYNAKLAR

- [1] BS EN ISO 4126-1:2004 Safety devices for protection against excessive pressure, Part 1: Safety valves
BS EN ISO 4126-2:2003, Part 2: Bursting disc safety devices –
BS EN ISO 4126-3:2006 Part 3: Safety valves and bursting disc safety devices in combination (ISO 4126-3:2006)
BS EN ISO 4126-4:2004 Part 4: Pilot operated safety valves
BS EN ISO 4126-5:2004 Part 5: Controlled safety pressure relief systems (CSPRS)
BS EN ISO 4126-6:2003 Part 6: Application, selection and installation of bursting disc safety devices
BS EN ISO 4126-7:2004 Part 7: Common data
BS ISO 4126-9:2008 Part 9: Application and installation of safety devices excluding stand-alone bursting disc safety devices
BS ISO 4126-10:2010 Part 10: Sizing of safety valves for gas/liquid two-phase flow
Draft BS ISO 4126-1 : 2009 Safety devices for protection against excessive pressure — Part 1: Safety valves
Draft BS ISO 4126-5 : 2009 Safety devices for protection against excessive pressure Part 5: Controlled safety pressure relief systems (CSPRS)
- [2] LESER <http://www.leser.com/>

- [3] ÇENGEL Y.A., BOLES M.A. Türkçesi DERBENTLİ T.; Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Literatür, 1996.
- [4] DEMTA, Mekanik Tesisat Elkitabı, İstanbul, 1997

ÖZGEÇMİŞLER

Şükrü AYDEMİR

İ.T.Ü. 1961 Makina Fakültesi, Isı Bölümü mezunu, Alarko, Erna firmalarında çalışmış olup şu anda DEMTA San. ve Tic. Ttd. Şti.'de tasarım mühendisi olarak çalışmaktadır.

İ. Cem PARMAKSIZOĞLU

1975 İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Kuvvet-Isı Kolunu, 1977 İTÜ Makina Fakültesi, Enerji kolunu bitirmiştir. 1985 yılında İTÜ Makina Fakültesinden Doktor unvanı almış, 1989 yılında Doçent ve 2005 yılında Profesör olmuştur. Kısa ve uzun süreli olarak Sulzer (A.G.) İsviçre ve U.C. Lawrence Berkeley Laboratory'de çalışmıştır. İTÜ Makina Fakültesinde CAD-CAM Merkezi Müdürlüğü görevinde bulunmuştur. Halen İTÜ Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Termodinamik ve Isı Tekniği Alanında Profesör olarak çalışmaktadır. MMO/352/5 nolu Kalorifer Tesisatı kitabının yazarlarından biridir.