

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GAZBETON ÜRETİMİNDE ATIK BUHARIN BUHAR EJEKTÖRÜ
İLE GERİ KAZANILABİLİRLİĞİ

Sinan Oğuz TERZİ

Danışman
Prof. Dr. Ali ERİŞEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KIRIKKALE 2011

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	2
ÖZET.....	3
ABSTRACT.....	4
TEŞEKKÜR.....	5
SİMGELER DİZİNİ.....	6
FIGÜRLER DİZİNİ.....	6
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	7
GİRİŞ.....	9
1. BUHAR EJEKTÖR KULLANIMI İÇİN SİSTEMİN MODELLENMESİ	10
1.1 Ejektör Tasarımı.....	13
1.2 İdeal Gaz Denklemleri.....	14
1.3 Nozul İçin Hesaplamalar.....	14
1.4 Prosesde Kullanılan Buharın Basınç Değerleri.....	15
1.5 Buhar Kullanım Yüğü.....	17
1.6 Hesaplanan Değerlere Göre Ejektör Boyutları.....	21
2. YURT DIŞINDAKİ GAZBETON FABRİKASINDA ÖRNEK UYGULAMA.....	22
3. GAZBETON ÜRETİMİNDE OTOKLAV ÇALIŞMA KOŞULLARININ İNCELENMESİ	27
3.1 Kürleme İşleminin Başlangıcı: Vakumlama.....	28
3.2 Kürleme İşleminin İkinci Aşaması: Buhar Besleme ve Sabitleme.....	28
3.3 Kürleme İşleminin Bitimi ve Aktarma İşlemi.....	29
3.4 Buhar Ejektörü Uygulamasının Gazbeton Prosesine Uyumluluğunun Tespiti	30
4. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	33
5. KAYNAKLAR.....	35
ÖZGEÇMİŞ.....	36

ÖZET

Buhar ejektörü düşük basınçlı buharı basınçlandırarak tekrar proseste kullanılmasını sağlayan bir ekipmandır. Yüksek basınçlı giriş buharı buhar ejektörü içerisindeki nozulda hızlanır. Belirli bir hızda emme odasına girerken, düşük basınçtaki buharı çekerek onunla emme girişinde karışır. Sonuç olarak oluşan buhar karışımı yakınsak-ıraksak difüzör (dağıtıcı)'e girer. Burada hızı düşer ve kinetik enerji basınç enerjisine dönüşür. Buhar ejektöründen deşarj edilen buhar tekrardan proseste verilir.

Gazbeton üretiminde buhar ejektörü, 2 bar basınçta atmosfere atılan buharın geri kazanımı, 3 adet 22 kW lık vakum pompaları ile yapılan 0,67 barg lik vakum işlemi için, flaş buharın sisteme kazandırılması, kondensin enerjisinden faydalanmak için kullanılabilir.

Bu tez çalışmasında 2 barg lik buharın geri kazanımı buhar ejektörü ile yapılacaktır.

ABSTRACT

Steam ejector is a fluid jet device that enables low-pressure steam to be compressed to a high pressure using the principle of energy conversion. High-pressure motive steam is sped to a very high velocity through a converging diverging nozzle where it meets the slow moving low-pressure steam resulting in entrainment and mixing. This mixed jet is then pushed through a diffuser where the kinetic energy is converted into potential energy.

The steam discharged from the steam ejector is given to the process again.

In AAC production, the steam ejector can be used for recovering the steam which is released into the atmosphere at 2 barg pressure, having flash steam inserted into the system, a 0,67 barg vacuum process that is made with three 22 kW vacuum pumps, deriving a benefit from the power of condens.

On this thesis, recovering of 2 barg steam will be done with a steam ejector.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmamda benden desteklerini esirgemeyen ve sabırlarını en üst seviyesine kadar zorladığım sayın hocam Prof. Dr. Ali Erişen' e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Bugünlere ulaşmamda çok emeđi olan anneme,
her zaman yanımda olan ve desteğini hiç esirgemeyen eşime ve biricik kızıma sevgilerimle...



SİMGELER DİZİNİ

<i>A</i>	<i>Akış kesit alanı, m²</i>
<i>C_f</i>	<i>Akış katsayısı</i>
<i>c_p</i>	<i>Sabit basınçta özgül ısı</i>
<i>c_v</i>	<i>Sabit hacimde özgül ısı</i>
<i>D</i>	<i>Çap, mm</i>
<i>e</i>	<i>Genel ejektör verimlilik faktörü</i>
<i>Ed</i>	<i>Difüzör verimliliği</i>
<i>Em</i>	<i>Karışım verimliliği</i>
<i>En</i>	<i>Nozul verimliliği</i>
<i>H</i>	<i>Entalpi, j/kg</i>
<i>k</i>	<i>Özgül ısı oranı = c_p/c_v</i>
<i>M</i>	<i>Buhar kullanımı için çarpan</i>
<i>M_{sc}</i>	<i>Bir nozuldaki kritik olmayan akış için çarpan</i>
<i>n</i>	<i>Kütlesel molar miktarı, kg/moleküler ağırlık</i>
<i>P</i>	<i>Basınç</i>
<i>P_c</i>	<i>Kritik basınç, bar</i>
<i>Pr</i>	<i>Düşük basınç = P / P_c</i>
<i>bar</i>	<i>Basınç birimi</i>
<i>Q</i>	<i>Volümetrik akış, m³/dak.</i>
<i>R_g</i>	<i>Genel gaz sabiti = 8314 j/K-kmol</i>
<i>SG</i>	<i>Özgül ağırlık, su=1</i>
<i>T</i>	<i>Sıcaklık</i>
<i>T_c</i>	<i>Kritik sıcaklık</i>
<i>Tr</i>	<i>Düşük sıcaklık = T/T_c</i>
<i>U</i>	<i>İç enerji, j/kg</i>
<i>v</i>	<i>Özgül hacim = m³/kg</i>
<i>V</i>	<i>Hız, m/s</i>
<i>w</i>	<i>Kütlesel yoğunluk, kg/m³</i>
<i>W</i>	<i>Kütlesel akış, kg/s</i>
<i>Z</i>	<i>Sıkıştırılabilirlik faktörü</i>

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1 Ejektör çıkışı.....	22
Şekil 2 Ejektör markası.....	23
Şekil 3 Ejektör girişi.....	24
Şekil 4 Ejektör kontrolü.....	25
Şekil 5 Otoklav çıkışından ejektöre giriş kontrolü.....	26
Şekil 6 Kürleme işlemi vana sistemi.....	27
Şekil 7 Otoklavlar.....	28
Şekil 8 Kondens havuzu.....	29
Şekil 9 Otoklav atmosfer bacası.....	30
Şekil 10 Ejektör montaj yeri.....	31
Şekil 11 Ejektör montaj yeri.....	32
Şekil 12 Ejektör montaj yeri.....	32

FIGÜRLER DİZİNİ

Sayfa

Figür 1 Sesüstü akışlarda basınç ve hız değişim analizi.....	11
Figür 2 Alternatif ejektör uygulamaları.....	12
Figür 3 Ejektör aşamaları.....	13
Figür 4 Moleküler ağırlık sürüklenme oran eğrisi (HEI).....	16
Figür 5 Sıcaklık sürüklenme oran eğrisi (HEI).....	17
Figür 6 Ra ₁₆ ejektör için buhar oranı (HEI).....	18
Figür 7 İtici giriş basıncı için çarpan (HEI).....	19
Figür 8 Ejektör boyutları.....	21

GİRİŞ

1990 Yılından bu yana Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş. çatısı altında "Genel Müdürlük" olarak faaliyetlerini sürdüren ; İzmir Işıkkent Gazbeton Tesisleri, 1996 'da üretime geçen Kırıkkale Gazbeton Tesisleri, 15 Nisan 2002 tarihi itibari ile "AKG Yalıtım ve İnşaat Malzemeleri Sanayi ve Ticaret A.Ş." adıyla tüzel kişilik kimliğine kavuşmuştur. 45.000 metrekare açık, 15.000 metrekare kapalı üretim alanına sahip İzmir Tesisleri 'nde yılda 275.000 metreküp, 100.000 metrekare açık, 20.000 metrekare kapalı üretim alanına sahip Kırıkkale Tesisleri'nde yılda 550.000 metreküp gazbeton üretilmektedir

AKG Gazbeton duvar ve yapı malzemeleri - elemanları, "hafif beton" grubunda yer almaktadır. Üretiminde kullanılan ana hammaddeler; kuvarsit, çimento, kireç ve alçıtaşdır. İnce toz kıvamında öğütülen bu malzemelere su ve gözenek oluşturu alüminyum ilave edilerek elde edilen karışım kalıp arabalarına dökülür.

Kesim işleminden çıkan gazbeton, otoklavlara alınarak yaklaşık 12 saat süren, 11 barg basınçlı ve 180°C sıcaklıkta doymuş buhar kürüne tabi tutulur. Buhar küründen çıkan ürünler, kalite kontrol işleminden sonra hafif, gözenekli ve yüksek basınca dayanım özellikleri ile kullanıma hazır olarak piyasaya sunulur.

Gazbeton üretiminde ana maliyet kalemlerinden birini buhar üretim maliyetleri oluşturmaktadır. Otoklavlarda kürlenme işlemi bittikten sonra içerdeki buhar diğer otoklavlara aktarıldıktan sonra 2 bar da atmosfere atılmaktadır. Günde 14 otoklav açıldığı düşünüldüğünde atık buhar miktarı yıllık bazda oldukça yüksektir.

Proseslerde özel çözüm gerektiren uygulamalar proses şartlarının çok iyi bilinmesi ile gerçekleştirilebilir. Bu sebeple sanayi ve üniversite iş birlikleri çok önem kazanmaktadır.

Gazbeton üretiminde buhar ejektörü uygulaması için inceleme yapıldığında otoklav besleme giriş basıncının 15 barg atılan buhar basıncının 2 barg olduğu görülür.

Özellikle otoklav içerisindeki buhar basıncının besleme ile değişiklik göstermesi uygulamayı güçleştirmektedir. Genelde uygulamalarda giriş ve emiş basıncı arasındaki oranın 3 bar civarında olması istenir. Aradaki fark büyüdükçe difüzörde meydana gelen ısınmalar boğazda ilave soğutma ihtiyacı oluşturmaktadır.

Gazbeton üretim prosesini incelediğimizde otoklav işletme koşullarında prosese ait özel uygulamaların olduğu görülür.

1. BUHAR EJEKTÖR KULLANIMI İÇİN SİSTEMİN MODELLENMESİ

Atık buharın geri kazanımında kritik altı akış için ejektör seçimi yapılacak. Vakum değerimizin düşük olması, uygulamanın kritik altı akış için yapılmasına olanak tanımaktadır.

Sıkıştırılabilir akış analizinde mach sayısı parametrelerinden faydalanılır.

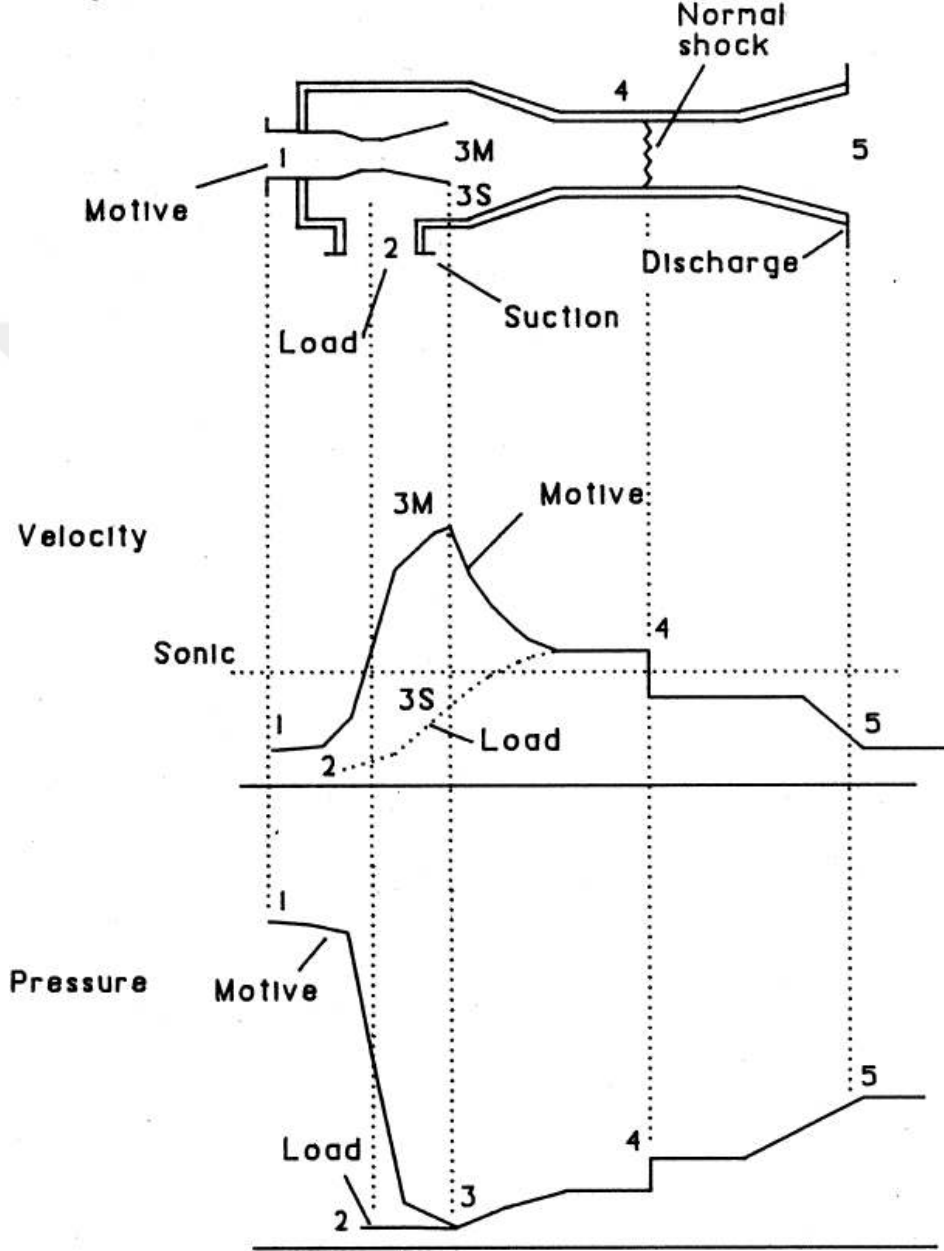
$Ma < 0.3:$	Sıkıştırılmaz akış.
$0.3 < Ma < 0.8:$	Ses altı akış.
$0.8 < Ma < 1.2:$	Transonik akış.
$1.2 < Ma < 3.0:$	Ses üstü akış.
$3.0 < Ma:$	Hipersonik akış.

Bu tez de yapılan hesaplamalar ses altı akış içindir. Ses üstü akışlarda düfüzör boğazında oluşan şok dalgaları sistemin tasarımını güçleştirmektedir. Buna karşın ses üstü akışlarda sıkıştırma oranı ses altı akışa göre daha fazladır.

Nozul tasarımı da ses altı akışa göre yapılacak ve seçilen değerlerin bu kritik değerler altında kalması sağlanacak.

Hesaplama eğrilerinin çoğu buhar giriş basıncı ile hava veya gas emişine göre yapılmıştır ve verimlilikler karışımlar sonucu oluşan değişimlere göre

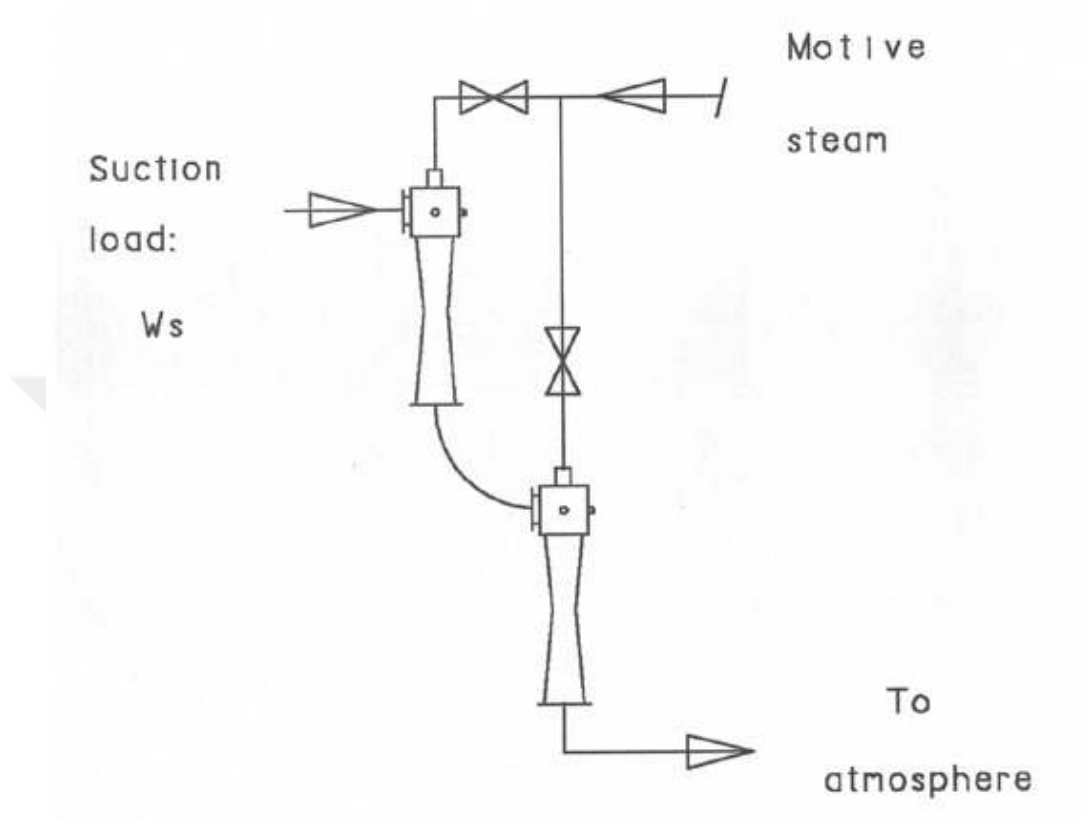
hesaplanmıştır. Bu tez çalışmasında giriş ve emiş buhar olacağından karışımın moleküler ağırlık değişimleri gibi değerleri hesaplamalara yansıtılmayacaktır.



Figür 1 Sesüstü akışlarda basınç ve hız değişim analizi.

Figür 1 de görüldüğü gibi difüzör boğazında oluşan şoklar hızın düşmesine ve basıncın artmasına sebep olmaktadır.

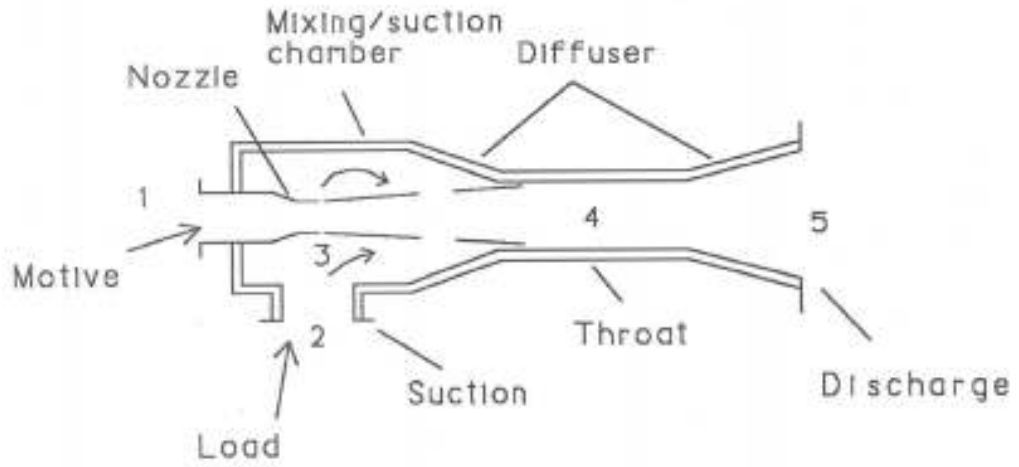
Ejektörler birbirine bağlayarak istenilen vakum değerlerine ulaşılabilir. Bu sebeple tek kademeli iki kademeli üç kademeli ejektör tasarımları yapılır.



Figür 2 Alternatif ejektör uygulamaları

1.1 Ejektör Tasarımı

Ejektör tasarımı için yapılacak hesaplamalarda HEI (Heat Exchange Ins.) eğrileri kullanılmakta veya ideal gaz yasalarında göre çözümler yapılmaktadır. Nozul ve boğaz da oluşacak hızlar ses altı kritik değerinin altında olacaktır. Sıkıştırma oranı 4:1 olarak alınacaktır. Figür... den de görüleceği üzere buhar hızı nozul çıkışında en üst değerine ulaşacak boğazda hız düşürülecek ve çıkış noktasında hız iyice düşürülmüş olacaktır.



Figür 3 Ejektör aşamaları

Ses altı akış için kritik değer eşitlikleri. Buhar için $k = 1,3$ alındı.

$$\frac{P^*}{P_0} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (1.1)$$

$$\frac{T^*}{T_0} = \left(\frac{2}{k+1} \right) \quad (1.2)$$

$$\frac{\rho^*}{\rho_0} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{1/k-1} \quad (1.3)$$

1.2 İdeal Gaz Denklemleri

$$Pv = ZR_g T \quad (1.4)$$

$$Pv^k = \text{sabit} \quad = P_1 v_1^k = P_2 v_2^k \quad (1.5)$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (1.6)$$

$$C_p = \frac{k}{k-1} \frac{R_g}{MW} \quad (1.7)$$

1.3 Nozul İçin Hesaplamalar

$$(Pv)_1 + U_1 + \frac{V_1^2}{2} = (Pv)_3 + U_3 + \frac{V_3^2}{2} \quad (1.8)$$

$$H = Pv + U$$

$$H_1 + \frac{V_1^2}{2} = H_3 + \frac{V_3^2}{2} \quad (1.9)$$

$$V_3 = [2(H_1 - H_3)]^{0.5} \quad (1.10)$$

$$(H_1 - H_3) = C_p (T_1 - T_3) \text{ den}$$

$$C_p = \frac{k}{k-1} \frac{Rg}{MW} \quad (1.11)$$

$$T_3 = T_1 \left(\frac{P_3}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (1.12)$$

Eşitliği eklenirse,

$$V_3 = \left\{ 2 \left(\frac{k}{k-1} \frac{Rg}{MW} \right) T_1 \left[1 - \left(\frac{P_3}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (1.13)$$

1.4 Prosesde Kullanılan Buharın Basınç Değerleri:

Ejektör giriş basıncı:

$$P_1 = 15 \text{ barg}$$

$$T_1 = 474,6 \text{ K}$$

$$R_g = 8314 \text{ m}^2 / (\text{s}^2 / \text{K})$$

$$MW = 18 \text{ (Su buharının moleküler ağırlığı)}$$

$$\left(\frac{P_3}{P_1} \right) = 0,5457$$

Giriş basınç değerlerine göre eşitlik (1.13) den V_3 nozul çıkış hızı hesaplanırsa;

$$V_3 = \left\{ 2 \left(\frac{1,3}{1,3-1} \frac{8314}{18} \right) 474,6 \left[1 - 0,5457^{\frac{1,3-1}{1,3}} \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$V_3 = 498 \text{ m/sn bulunur.}$$

Bulunan bu değer nozulda kritik altı akış için çıkılabilecek en üst değeri ifade etmektedir.

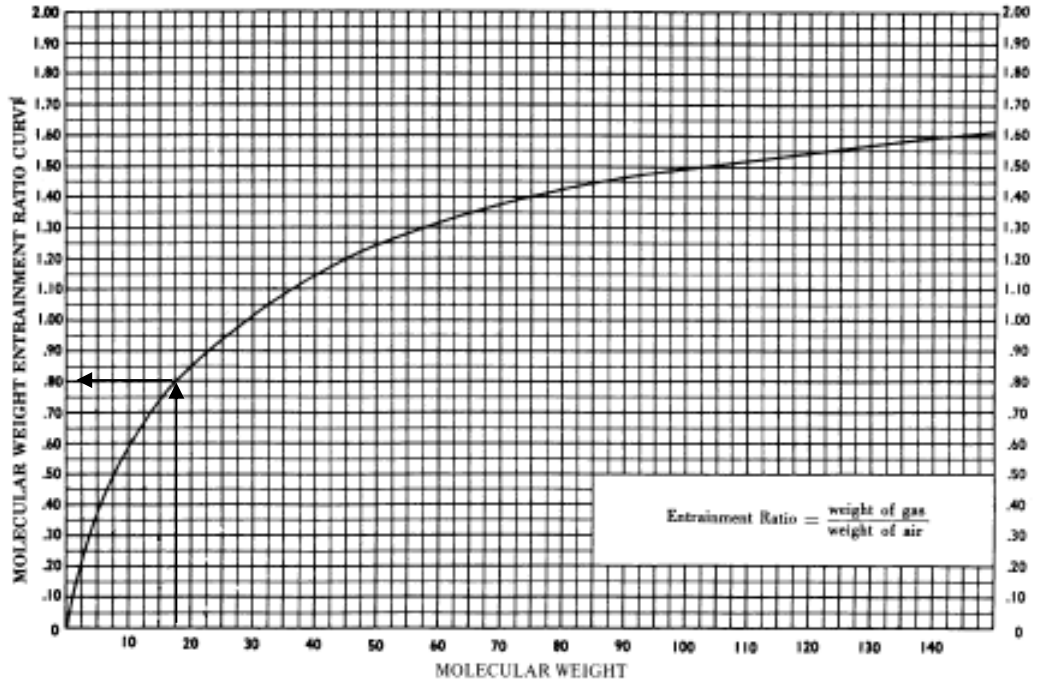
Nozul çapımızı 25,4 mm olarak alırsak nozuldan geçen kütle miktarı eşitlik (1.14) den hesaplanabilir.

Nozul çapına göre geçen kütle miktarı;

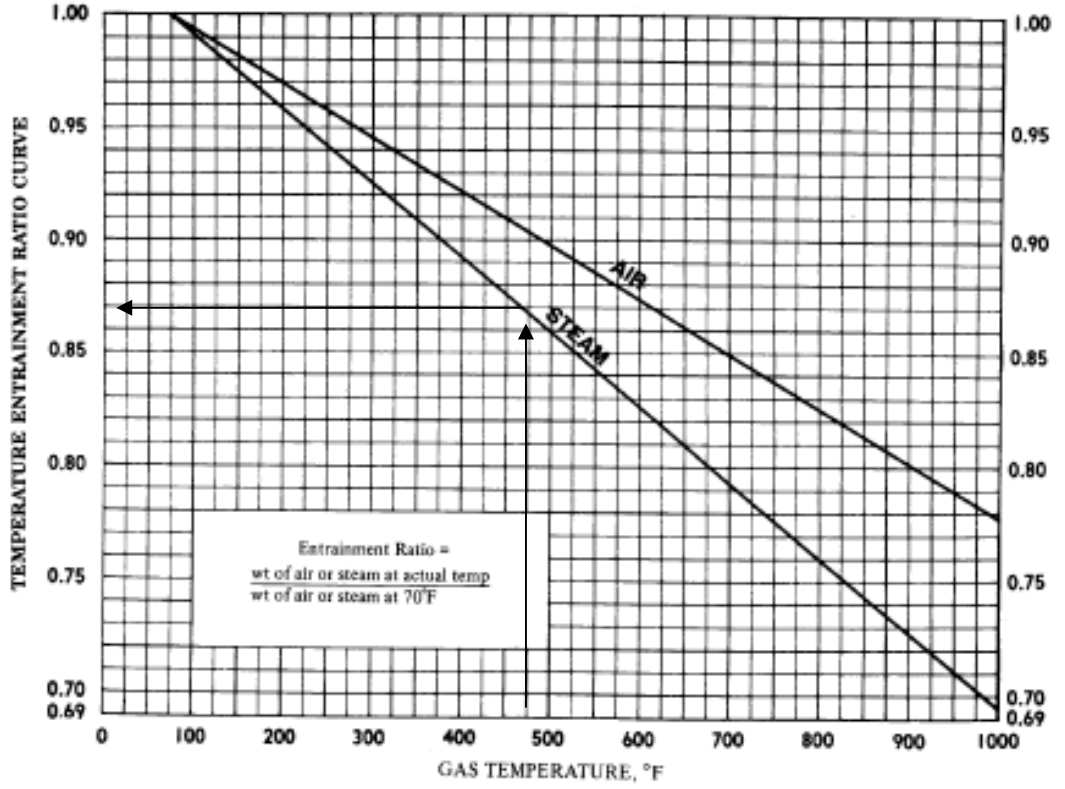
$$W_{steam} = 0,459d^2 P_{ma}^{0,96} \quad (1.14)$$

$$W_{steam} = 0,459 \times 25,4^2 \times 16^{0,96}$$

$$W_{steam} = 4240 \text{ kg / h}$$



Figür 4 Moleküler ağırlık sürüklenme oran eğrisi (HEI)



Figür 5 Sıcaklık sürüklenme oran eğrisi. (HEI)

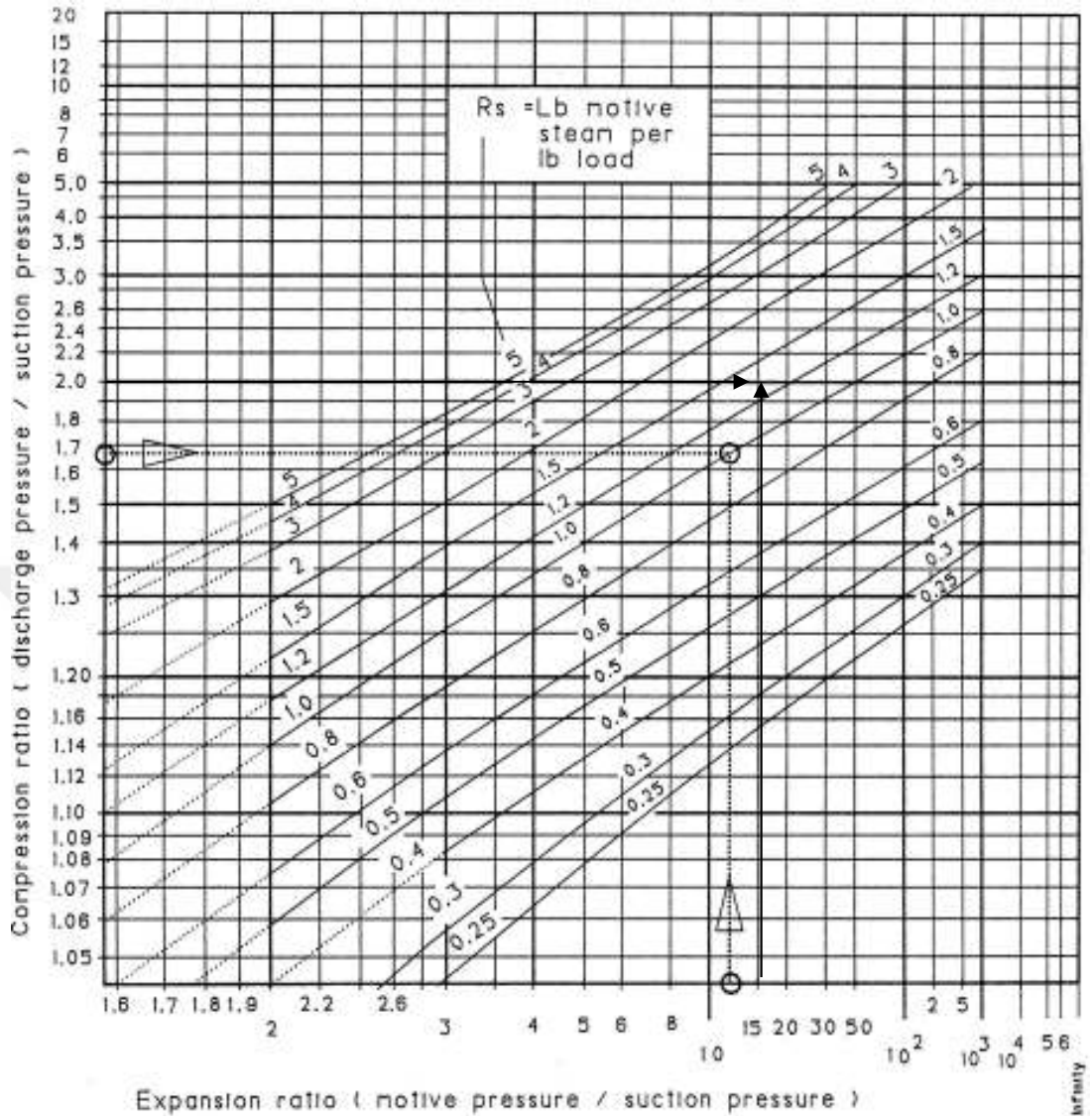
Figür 4 ve Figür 5 den su buharının DAE eşitlikleri bulunur.

$$\text{Buhar DAE} = \frac{4240}{0,80 \times 0,87} = 6092 \text{ kg/h DAE}$$

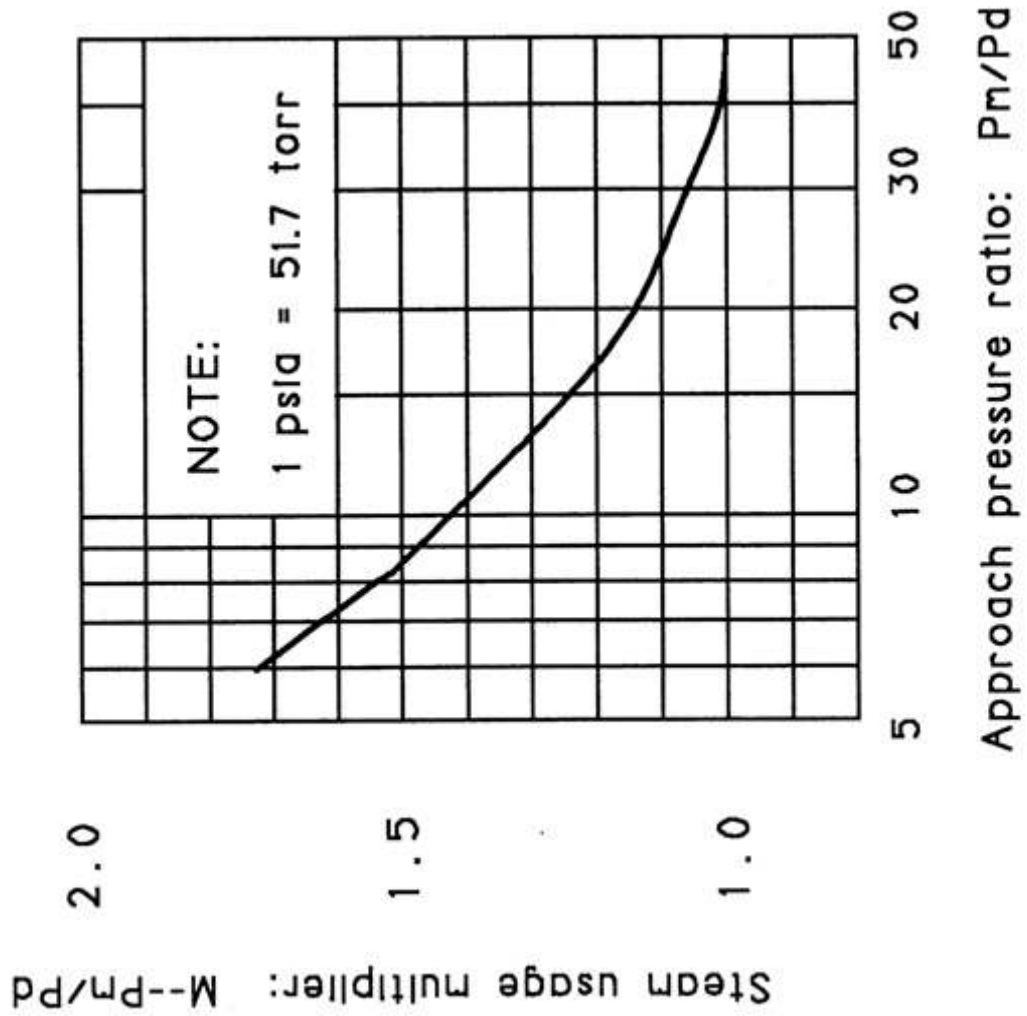
1.5 Buhar Kullanım Yüğü

Bir ejektörün buhar kullanım yükünü bilmek için, yük gaz DAE gaz yükünü bilmemiz gerekir, tasarım noktasında emme ve basma basınçları, giriş buhar basıncı, kademe, boştaki için kararlı olup olmadığı gibi bu varsayılanları tek bir denkeleme bağlarsak. Giriş basıncı 16 bara, Çıkış basıncı 2 bara, Emiş basıncı 1 bara.

$$R_a = (R_{a,165} \text{ MPm MPm/Pd Mstab Mpd-0 }) \text{ Msize}$$



Figur 6 Ra₁₆ ejektör için buhar oranı



Figür 7 İtici giriş basıncı için çarpan

$R_a = \text{kg giriş buharı} / \text{kg buhar yükü}$,

$$R_{a16} = 1,25$$

$$M_{Pm} = 1,45$$

$$M_{Pm/Pd} = 1,55$$

$$M_{size} = 1$$

Otoklavdan alınması gereken buhar miktarı 1000 kg/h

$$R_a = 1,25 \times 1,45 \times 1,55 \times 1 = 2,80 \text{ kg/kg DAE}$$

$$W_1 = 1000 \times 2,80 = 2800 \text{ kg/h giriş buharına ihtiyaç vardır.}$$

25,4 mm nozul çapına gore hesapladığımız kritik altı ejektör kapasitesi 6092 kg/h DAE olduğuna gore 2800 kg/h lik kapasiteyi seçilen ejektör rahatlıkla karşılayabilmektedir.

Boğaz çapının hesabı;

$$D_4 = 1,23 \left(\frac{W_5}{P_5} \right)^{1/2} \quad (1.15)$$

$$D_4 = 1,23 \times (2800/2)^{0,5}$$

$$D_4 = 47 \text{ mm.}$$

Ejektör emiş çapının hesabı;

$$D_2 = 0,054 \left(\frac{W_{DAE}}{P_{2a}} \right)^{1/2}$$

$$D_2 = 1,37 \left(\frac{2800}{1} \right)^{1/2} = 72,5 \text{ mm}$$

Ejektör ıkış çapının hesabı;

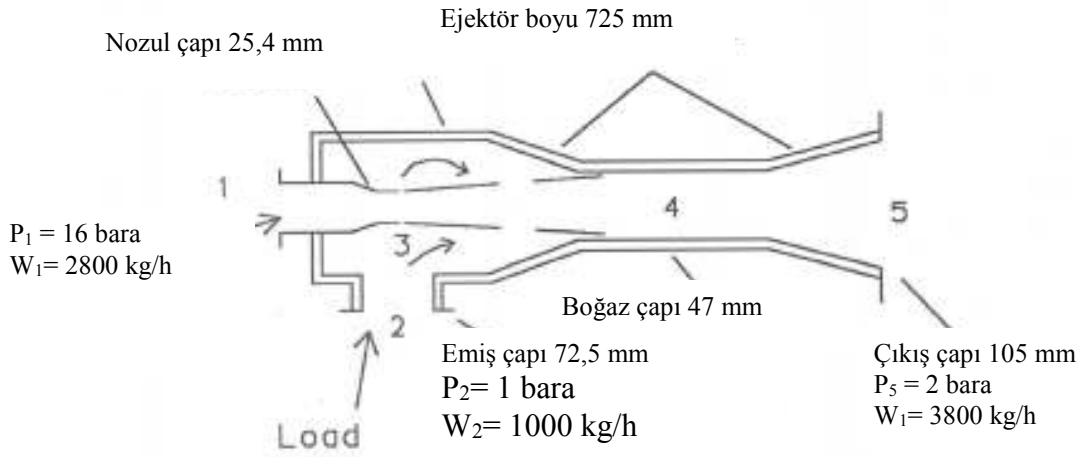
$$\frac{D_5}{D_2} = 1,23 \left(\frac{W_5 P_2}{W_2 P_5} \right)^{1/2}$$

$$\frac{D_5}{72,5} = 1,23 \left(\frac{2800 \cdot 1}{1000 \cdot 2} \right)^{1/2} = 105 \text{ mm}$$

Ejektör uzunluğu genelde emiş çapının 10 katı kadardır. Bu durumda ejektör uzunluğu;

$$L = 72,5 \times 10 = 725 \text{ mm alınabilir.}$$

1.6 Hesaplanan Değerlere Göre Ejektör Boyutları:



Figür 8 Ejektör boyutları

2 YURT DIŞINDAKİ GAZBETON FABRİKASINDA ÖRNEK UYGULAMA

Kullanılan buhar ejektörü boyutları

$P_1 = 16$ bara

$P_2 = 1,67$ bara

Nozul çapı = 25,4 mm

$D_4 = 50$ mm

$D_5 = 150$ mm

$L = 1750$ mm



Şekil 1 Ejektör çıkışı



Şekil 2 Ejektör markası



Şekil 3 Ejektör girişi



Şekil 4 Ejektör kontrolü



Şekil 5 Otoklav çıkışından ejektöre giriş kontrolü

3 GAZBETON ÜRETİMİNDE OTOKLAV ÇALIŞMA KOŞULLARININ İNCELENMESİ

Gazbeton üretiminde otoklavlar gazbeton yapısının oluşturulduğu son aşamadır. Bu aşamadan sonra çıkan ürün paketlemeye gönderilmektedir.

Otoklav içerisinde yapılan işleme kürleme adını veriyoruz. Kürleme işlemi; atmosfer basıncında başlayan eksi basınçta inilen ve tekrar artı basınçta çıkılan toplamda 11 saatlik bir süreçten oluşmaktadır.



Şekil 6 Kürleme işlemi vana sistemi



Şekil 7 Otoklavlar

3.1 Kütleme İşleminin Başlangıcı: Vakumlama

Vakumlama 15 dakikalık bir işlem sürecinden oluşmakta ve 15 dakikalık bir süreçte tekrar 0 barg çıkılmaktadır. Otoklav içerisine konulan yaş malzeme otoklav kapakları kapatıldıktan sonra atmosfer basıncından $-0,63$ barg basınca kadar inilir tekrar yavaş bir buhar beslemesi ile 0 barg basınca çıkarılır. Artı basınca çıkmak için gerekli olan buhar açılmak için bekleyen işlem süreci tamamlanan diğer otoklavdan aktarılarak sağlanmaktadır.

3.2 Kütleme İşleminin İkinci Aşaması: Buhar Besleme ve Sabitleme

0 barg basınçtaki otoklav içerisine buhar kazanından direk besleme yapılarak bir buçuk saatlik süreç içerisinde otoklav içerisindeki basınç 11 barg basınca çıkarılır.

Açılmayı bekleyen başka otoklav var ise eğer besleme için ihtiyaç olan buhar bu otoklavdan aktarılarak alınır. Sabitleme basıncı olan 11 barg basınca çıkıldıktan sonra 7,5 saat boyunca bu basınçta bekletilerek kütleme işlemi tamamlanır. 3 barg basınçta yapılan kova testinde atılan kondens miktarının 3.500 kg/h olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 8 Kondens havuzu

3.3 Kütleme İşleminin Bitimi ve Aktarma İşlemi

Kütleme işlemi biten otoklav 11 barg basınçtaki buharını başka bir otoklava aktarmak için bekletilir. Vakumlama işlemi biten diğer bir otoklava basınçlar eşitlenene kadar aktarma işlemine devam edilir. Bu işlem kütleme işlemi biten otoklavın basıncı 2 barg olana kadar devam eder. Bu basınçtan sonra içerideki buhar atmosfere bırakılarak otoklav açılmaya hazır hale getirilir.



Şekil 9 Otoklav atmosfer bacası

3.4 Buhar Ejektörü Uygulamasının Gazbeton Prosesine Uyumluluğunun Tespiti

Gazbeton üretiminde kullanılan buhar kazanının buhar üretim miktarı 12500 kg/h dir. Üç vardiya üretimde günde 14 otoklav kürlemesi yapılmaktadır. İşlemi biten otoklav birinci aktarım için bekletilmekte ve kürleme sırası gelen otoklava aktarılmaktadır. Aktarma yapılan otoklavın basıncı 2 barg ye düşene kadar diğer otoklavlara aktarma işlemine devam edilir. Aktarma işlemi biten otoklavın kalan buharı 2 barg de atmosfere atılır.

Ana buhar kolektöründen direkt kazandan besleme hattı ve 11 barg lik sabitleme hattı çıkmaktadır. İki hattın çapları 150 mm dir. Kürleme işleminin ilk beslemesi otoklava kazandan yapılır. Basınç 11 barg ye ulaştığında otoklavın beslemesine sabitleme hattından devam edilir.

Gazbeton kürlenme işlemine başlanmadan önce 15 dk lık süreçte üç adet vakum pompası ile -0,65 barg ye vakumlanır. Bu vakumlama işleminden sonra yine 15 dk içerisinde 0 barg ye çıkartılır. Bu aşamadan sonra 1 saatte otoklav basıncı 11 barg ye çıkartılır.

Otoklavların buhar besleme, vakumlama, aktarma, atmosfer, sabitleme işlemleri vana grubu ile kontrol edilmektedir. Vanalar 5 hatta bağlanmakta her otoklav ayrı bir besleme hattı ile beslenmektedir.

Buhar ejektörü besleme hattı üzerine konulacak ve ana hatta bypasslı olacaktır. Kontrol için ejektörün emişine pnömatik kontrollü vana ve öncesine elle açılıp kapanan ilave bir vana daha konacaktır. Ejektörün emiş girişi atmosfer hattına bağlanacak ve çıkışı aktarma hattına girecektir. Böylece kazandan besleme yapılırken atık buhar sisteme kazandırılabilir.



Şekil 10 Ejektör montaj yeri

Şekil 10 da görüldüğü gibi sarı vana vakumlama, mavi vana atmosfer, pembe vana aktarma, beyaz vana kazandan besleme, sol taraftaki kırmızı vana sabitleme, ortadaki kırmızı vana otoklava gidiş vanasıdır.



Şekil 11 Ejektör montaj yeri

Şekilde görüldüğü gibi 1 numaralı hat ejektörün emiş hattı olacak ve 2 numaralı hat aktarma hattına giriş ejektörün çıkış hattı olacak.



Şekil 12 Ejektör montaj yeri

Şekil 12 de 1 nolu besleme bypass hattı üzerine ejektör montajı yapılacak.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan hesaplamalar ışığında ejektör kullanımının otoklavdan atılan atık buharın geri kazanılabileceğini göstermektedir. Hesaplama yapılırken HEI eğrilerinden ve ejektör hesabı için kullanılan özel formüllerden faydalanılmıştır. Örneğin denklem 1.13 kullanılarak hesaplanan hız değerini hava için yaptığımızda yeni sonuç

$$\frac{\rho_3}{\rho_1} = \left(\frac{P_1}{P_3} \right)^{1/k}$$

$$\rho_3 = 0,124 \left(\frac{16}{0,5457} \right)^{1/1,3} = 1,667 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

HEI standartında kullanılan değerler DAE eşitliğine çevrildiğinden Figür 4 de buhar için çevrime oranı 0,80 kullanılırsa; $\rho_3 = 1,667 / 0,80 = 2,084$ alınır.

DAE için kullanılan denklemde yerine konulursa;

$$W_3 = C_\varphi \left(\frac{A_3 V_3}{\rho_3} \right)$$

HEI için İngiliz birim sistemi kullanıldığından:

$$W_3 = 0,97 \left(\frac{(3,1416/4)(1/12)^2 498 \times 3,28}{2,084 \times 16} \right)$$

$$W_3 = 0,26 \text{ ft} / \text{sn} = 936,78 \text{ pph} \text{ (HEI standartlarında bu değer 956 pph dır.)}$$

Örnekte görüldüğü gibi kullandığımız özel formüller HEI diyagramları için geçerli olan sonuçları bize vermektedir.

Bulunan sonuçları değerlendirecek olursak; 25,4 mm nozuldan geçecek buhar miktarı 4240 kg/h bunun DAE karşılığı 6092 kg/h.

Atmosfer edilecek otoklavda 2 bar buhar bulunmakta. Bunun toplam kütleli karşılığın 250 kg / h alırsak bu işlemin 15 dk. İçerisinde yapılması gerektiğinden toplam emiş miktarımızı 1000 kg / h alabiliriz. Yapılan hesaplamalarda ejektörün ihtiyaç olduğu giriş buhar miktarı gerekli çarpanlar kullanıldıktan sonra 2800 kg/h olarak hesaplanmıştır. Bunun DAE karşılığı miktarı 2800 kg/h olarak hesaplanmıştır. Bu duruma göre 6092 kg/h kapasiteli ejektör ile rahatlıkla sistemin çalıştırılabileceği görülmektedir.

Sistemin kurulumu için Şekil 10-11-12 den de uygun yer besleme hattı üzerindeki bypass hattıdır.

Vana gurubunda otoklav giden hatlar ayrı ayrı çıkmaktadır. Atmosfer hattına tüm otklavlardan gelen buhar giriş vanaları ile tek bir hatta alınmakta. Diğer besleme, sabitleme, aktarma hatları da aynı düzenle çalıştırılmaktadır.

DN 150 lik vanadan geçen buhar miktarı 12500 kg/h olarak hesaplanabilir. Bizim ihtiyacımız olan en büyük akış değeri 4240 kg/h olduğu hesaplanmıştı bu durumda giriş hat çapı DN 50 mm olarak seçilebilir. Giriş hattına nozuldan önce pnömatik kontrollü otomatik vana ve öncesine el ile açılacak bir vana konacaktır.

Vakumlanmış otoklava 4240 kg/h buhar gönderilirken 250 kg/h de atmosfere atılacak olan buhar gönderilecektir. Bu durumda kazan yükü 250 kg/h daha düşürülmüş olacaktır.

Buhar maliyet hesabı:

Günlük buhar kullanım miktarı 140 ton / gün

Günlük doğalgaz miktarı 11539 m³

Doğalgaz birim fiyatı 65 Kr / m³

Geri kazanılan buhar miktarı 3500 kg / gün

Elektrik birim fiyatı 15 Kr / kwh

Irmak pompaları 38,5 Kwh / gün

Su arıtma 175 Kwh / gün

Kazan besli pompası 140 Kwh / gün

Kimyasal maliyeti 54 TL / gün

Doğalgaz tüketiminden elde edilen tasarruf değeri = 187,50 TL / gün

Elektrik tüketiminden elde edilen tasarruf değeri = 53 TL / gün

Kimyasal maliyeti = 54 TL / gün

Toplam Aylık Tasarruf Değeri = 7657 TL / ay.

5. KAYNAKLAR

1. Chaging Liao, Gas ejector modeling for design and analysis.
2. Thomas David Harman, Ejector Heat Pump Analysis, Waste heat recovery in data centers.
3. Ganesh Mohan, "Optimal dimensionless design and analysis of jet ejectors as compressors and thrust augmenters". Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University. (May. 2006)
4. Somsak Watanawanavet, " Optimazation of a high-efficiency jet ejector by computational fluid Dynamics software". (May. 2005)
5. Emile C. Foisy, Malcolm T. Mumittrick, " Energy comparison vacuum pumps v.s. steam ejectors". P. E. Nash Engineering Company Houston, Texas. (April 1982)
6. You-Ming Chen, Chung-Yung Sun, " Experimental study of the performance Characteristics of a Steam-Ejector Refrigeration System". National Taiwan Universty. Elsevier Science Inc. (1997)
7. Rahmi Ünal, Özer Aydın " Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) Yöntemi ile Gaz Atomizasyon Nozulu Modellenmesi". Dumlupınar Üniversitesi. (Temmuz 2008)
8. Chapter2 Fluid Flow Original Research Article - Applied Process Design for
9. Chemical & Petrochemical Plants, Volume 1, 1995, Pages 52-159
10. Fluid Flow - Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants (Fourth Edition), 2007, Pages 133-302 A. Kayode Coker
11. JetwordsSteam Jet Ejectors for the Process Industries – Robert P. Power
12. İbrahim Üçgül, " Soğuk depolama için güneş enerjili ejectör uygulamasının termodinamik çevresel ve ekonomik analizleri". Süleyman Demirel Üniv. (Mart 2009)
13. C.T. HSU, "İnvestigation of an ejector heat pump by analytical methods". University of Tennese. (July 1984)
14. K.P. Huang, E. Kiselowski, " An investigation of the thrust augmentation of jet ejectors". USA Avlabs Technical Report 67-8. (April 1967)

ÖZGEÇMİŞ

SİNAN OĞUZ TERZİ

Doğum Yılı:	1974
Yazışma Adresi:	Cimpor Yibitaş Çimento Fab.
Telefon:	0354 557 21 50
e-posta:	sinano@cimpor.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Ülke	Üniversite	Fakülte/Enstitü	Öğrenim Alanı	Derece	Mezuniyet Tarihi
Türkiye	Fırat	Mühendislik	Makine Lisans	2.4	1997
Türkiye	Kırıkkale	Mühendislik	Makine Yüksek lisans		Devam Ediyor

AKADEMİK/MESLEKTE DENEYİM

Kurum/Kuruluş	Ülke	Şehir	Bölüm	Görev Türü	Görev Dönemi
Medikar	Türkiye	Ankara	Proje	Uygulama	1997
Delta Sağlık Hiz.	Türkiye	İstanbul	Proje	Danışmanlık	1999-2000
Yıldırım Müh.	Türkiye	İstanbul	Yönetim	Uygulama	2000
Çimentoaş A.Ş.	Türkiye	Kırıkkale	Satınalma	Satınalma Elemanı	2000-2002
AKG Yalıtım A.Ş.	Türkiye	Kırıkkale	Satınalma	Satınalma Sorumlusu	2002-2004
AKG Yalıtım A.Ş.	Türkiye	Kırıkkale	Bakım	Bakım ve GeliştirmeŞefi	2004-2008
Cimpor Yibitaş Çimento Fab.	Türkiye	Yozgat	Bakım Planlama Müd.	Makine Bakım Şefi	2010- Halen çalışıyor

UZMANLIK ALANLARI

Uzmanlık Alanları
Enerji,Enerji Geri Kazanım Sistemleri,Bakım

02.05.2011