

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SİKLONLARDA DİP ÇIKIŞ ÇAPININ AKIŞ
PARAMETRELERİNE ETKİSİNİN DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali KIVANÇ

Enstitü Anabilim Dalı	:	MAKİNE EĞİTİMİ
Tez Danışmanı	:	Yrd. Doç. Dr. Vedat ARI

Ağustos 2006

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SİKLONLARDA DİP ÇIKIŞ ÇAPININ AKIŞ
PARAMETRELERİNE ETKİSİNİN DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali KIVANÇ

Enstitü Anabilim Dalı	:	MAKİNE EĞİTİMİ
-----------------------	---	----------------

Bu tez ... /... /2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı	Üye	Üye

TEŞEKKÜR

Bu konuya beni teŐvik eden tez danıŐmanım deđerli hocam Sn. Yrd.Doç.Dr. Vedat ARI'ya, bana her tűrlű yardımını esirgemeyen deđerli çalıŐma arkadaŐım Ferit FIII'ya deney setindeki siklon yapımında maddi ve iŐçilik olarak bűyűk desteđini gűrdűđűm Duman OTOMOTİV Ltd. Őti'ye hammadde (farin) yardımında bulunan Nuh imento'ya, Partikűl analizlerinde ve endűstrinin ihtiyaçları konusunda fikirleriyle bize ıŐık tutan Nuh imento'ya, TeŐekkűrlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Ağustos 2006

Ali KIVANÇ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLOLAR LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
SİKLON TEORİSİ	3
2.1. Giriş.....	3
2.2 Ters Akışlı Siklon Ayırıcılar.....	3
2.3. Siklon Akışı	4
2.4. Kritik Partikül Çapı	5
2.5. Ayrışma Derecesi, Tutma Verimi.....	9
2.6. Siklon Basınç Kayıpları.....	9
2.7. Siklon Tasarımı.....	10
BÖLÜM 3.	
DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	14
3.1. Deney Düzenegi.....	14
3.2. Deney Programı	28

BÖLÜM 4.	
DENEYSEL SONUÇLAR.....	30
4.1. Siklon Dip Çıkış Çapı 50, 68, 120 mm İçin Parametrik Değişimlerin Karşılaştırılması.....	30
4.1.1. Dalma borusu derinliğinin etkisi.....	30
4.1.2. Siklon giriş hızının etkisi.....	33
4.1.3. Siklona giren toz konsantrasyonunun etkisi.....	36
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ.....	43

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Kesit alanı, m ²
b	: Siklon giriş eni, m
C	: Sürüklenme katsayısı, Siklon oran sabiti, Konsantrasyon, kg/m ³
D	: Çap, m
d	: Partikül çapı, m
E	: Enerji, kJ
F	: Kuvvet, N
H	: Yükseklik, m,
h	: Yükseklik, m
L	: Uzunluk, m
M	: Partikül miktarı, kg
p	: Basınç, N/m ²
R	: Girdap yarıçapı, m
r	: Yarıçap, m
S	: Ayırışma, - Dalma yüksekliği, m
T	: Sıcaklık, K
t	: Sıcaklık, °C
u	: Çevresel hız, m/s
x	: Tanecik çapı, m
W	: Sürüklenme hızı, hız, m/s
v	: Hız, m/s,
\dot{V}	: Debi, m ³ /h
V	: Hacim, m ³
η	: Verim

ζ : Basınç kayıp katsayısı

ρ : Yoğunluk, kg/m³

Δ : Fark

Alt indisler

A : Siklon altı

a,C : Çıkış

c : Siklon

e,G : Giriş

g : Gaz, giriş

i : Dalma borusu çapındaki değer

p : Partikül

T : Toplam

w : Sürüklenme

z : Merkezkaç

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Siklon içindeki gaz hareketleri	4
Şekil 2.2.	Siklonlarda geometrik boyutlar	5
Şekil 2.3.	Gaz ve partikül üzerine etkiyen kuvvetler.....	6
Şekil 2.4.	Ayrıştırma eğrileri ve tasarım boyut oranları.....	12
Şekil 3.1.	Siklon deney düzeneğinin şematik görünümü	14
Şekil 3.2.	Humboldth tipi deney siklonunun boyutları.....	15
Şekil 3.3.	Dozajlama ünitesi detayları.....	16
Şekil 3.4.	Siklon reaktörle ilgili imalat detayları	18
Şekil 3.5.	Deney düzeneğinin genel görünümü	20
Şekil 3.6.	Deney düzeneğinin önden görünümü.....	21
Şekil 3.7.	Yanma odası gözetleme delikleri ve sekonder hava ihtiyaç menfezleri	21
Şekil 3.8.	Pitot tüpü ve termo eleman.....	22
Şekil 3.9.	Kontrol panosu	22
Şekil 3.10.	Basınç transmitterlerinin ve sıcaklık göstergelerinin ön görünümü	23
Şekil 3.11.	Farin dozajlama ünitesi.....	23
Şekil 3.12.	Vantilatöre yol veren frekans invertörü	24

Şekil 3.13.	Deney siklonu	24
Şekil 3.14.	Siklon Dalma boyu Ayarlama Mekanizması	25
Şekil 3.15.	Siklon ve vantilatör Bağlantısı	25
Şekil 3.16.	Siklona bağlı termokupllar	26
Şekil 4.1.	Partiküllü akış için dalma borusu derinliğine göre basınç kayıpları değişimi	31
Şekil 4.2.	Partiküllü akış için dalma borusu derinliğine göre çıkış sıcaklığı değişimi	31
Şekil 4.3.	Partiküllü akış için dalma borusu derinliğine göre tutma verimi değişimi	32
Şekil 4.4.	Partiküllü akış için siklon giriş hızına göre basınç farkı değişimi	33
Şekil 4.5.	Partiküllü akış için siklon giriş hızına göre çıkış sıcaklığı değişimi.....	34
Şekil 4.6.	Partiküllü akış için siklon giriş hızına göre tutma verimi değişimi	35
Şekil 4.7.	Partiküllü akış için siklon giriş konsantrasyonuna göre basınç farkı değişimi	36
Şekil 4.8.	Partiküllü akış için siklon giriş konsantrasyonuna göre çıkış sıcaklığı değişimi	37
Şekil 4.9.	Partiküllü akış için siklon giriş konsantrasyonuna göre tutma verimi değişimi	38

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Partikül boyutları	3
Tablo 2.2.	Yaygın standart siklon tasarımları.....	13
Tablo 3.1.	Dip çıkış çapı 50 mm için deneysel sabitler.....	28
Tablo 3.2.	Dip çıkış çapı 68 mm için deneysel sabitler.....	28
Tablo 3.3.	Dip çıkış çapı 120 mm için deneysel sabitler.....	29

ÖZET

Anahtar Kelimeler: İşlenmemiş Malzeme Konsantrasyonu, Siklon, Partikül, Isı Transferi, Konsantrasyon, Giriş hızı,

Siklon reaktörler birçok üretim tesislerinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Siklon reaktörler, günümüze kadar, ısı geçişi ve akışkanlar dinamiği bakımından yeterince incelenmemiştir. Ayrıca konuyla ilgili verilerin önemli ticari değerlerinin bulunması, bu verilerin literatürde kapsamlı olarak yer almaması gibi bir sonucu doğurmuştur. Özellikle siklon dalma borusu derinliği, gaz giriş sıcaklığı, gaz giriş hızı ve partikül giriş konsantrasyonunun değişimi, siklonun 3 değişik dip çapı için incelenmiştir. Burada dip çapının bahsi geçen parametrelerde mutlak etkisi görülmüştür. Böylece dip çapın siklon tasarımında göz önünde bulundurulması gereken bir büyüklük olduğu deneysel olarak anlaşılmıştır. Bu sonuçlarla ileride alınabilecek teorik bir model için deney sonuçlarının yol gösterici bir fonksiyon icra edeceği ortaya çıkmıştır.

Siklon performansına etkisi olan temel parametreler, boyutsal oranların yanında işletme parametreleri, gaz debisi, gaz giriş/çıkış sıcaklıkları, gaz yoğunluğu, siklondaki basınç düşümü, hammadde konsantrasyonu ve gaz akımının siklondaki hız dağılımı sayılabilir. Siklon yapısı üzerine gerçekleştirilen bir çalışmanın, ısı transferi ve akışkanlar mekaniği prensipleri yardımıyla eş zamanlı olarak detaylı bir şekilde incelenmesi gerektiği aşikârdır.

Bu çalışmada, siklon geometrik özellikleri ile çalışma koşullarının siklon performansı üzerindeki etkilerini incelemek üzere deneyler yapılmıştır. Deneyler için, siklon reaktör olarak Humboldt tipi bir siklon, seçilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, siklon dalma borusu derinliği, gaz giriş sıcaklığı, gaz giriş hızı ve partikül konsantrasyonunun, performans üzerinde önemli etkileri vardır ve bu etkiler siklon tasarımında mutlaka dikkate alınmalıdır. Bununla beraber daha genel sonuçlara varabilmek için çeşitli deney koşullarında ve siklon tipleriyle deneyler yapmaya gereksinim vardır.

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON THE EFFECTS OF A LOWER DIAMETER ON THE FLOW PARAMETERS IN A CYCLONE

SUMMARY

Keywords: raw material concentration, cyclone, particle, heat transfer, concentration, inlet speed.

The most important part of many types of production lines is the rotary kiln. Nevertheless, the cyclones have scarcely been investigated in view of heat transfer and fluid dynamics, up to now. In addition, most data in the field are not available in the open literature due to their commercial values. Cyclone specifications such as inlet gas temperatures, gas flow rate and variations in inlet particle concentration have been especially investigated in terms of three different types of lower diameters. The absolute effect of lower diameter on these diameters in question has been observed. Thus, it has been experimentally proved that the lower diameter is a magnitude which should be highly considered in cyclone designing. In these results, it is revealed that the experimental results would perform a guiding function for a further theoretical model.

The variables which affect the cyclone performance are; hot gas flowrate, inlet/outlet gas temperatures, gas density, pressure drop in the cyclone, geometrical specifications of the cyclone, raw material concentration and the velocity distribution of the gas flow. It is obvious that a study concerning cyclone should be simultaneously elaborated with heat transfer and fluid dynamics principles.

In this work, experiments were conducted to determine the effects of geometrical properties and operating conditions of the cyclone characteristics, on the pre-heater. A type of Humboldt cyclone was used as a cyclone reactor over the experiments. Test results have shown that the parameters mentioned above have a considerable impact on the pre-heater characteristics and must be considered in design considerations. However, for a general conclusion, more detailed studies should be conducted at various test conditions.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Siklon, içinde partikül bulunan bir gaz akımının bir girdaba dönüştürülmesi sonucu meydana gelen merkezkaç kuvveti ile partikülün gazdan ayrılması işleminde kullanılan cihazdır. Siklon optimizasyonu için siklon akışının ve geometrik parametrelerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Siklon ayırıcılar endüstriyel gaz akışlarından parçacık toplamak amacıyla 1800'lerden bu yana kullanılmaktadır. Bu toplayıcıların oynar parçaları yoktur ve çalışma prensibi sisteme giren havanın dönmesiyle oluşturulan merkezkaç kuvvetine dayanır. Gaz girişine ek olarak siklonlarda gaz çıkışı ve toz tahliye yeri de olmalıdır. Bu üç bölgenin farklı konfigürasyonları için çeşitli düzenlemeler mümkündür. Genel düzenlemede teğetsel gaz girişi ve aksenal çıkış vardır ve ters akışlı siklon olarak adlandırılır. Siklonlar endüstriyel toplamada en çok kullanılan yapılardır. Ticari amaçlı siklon 50–50000 m³/sa gaz akış debilerinde çalışır. Çalışma basınç kaybı normal olarak 1 ve 20 cm su seviyelerinde olup diğer yapılara benzerdir ancak yüksek verimli fırçalardan daha azdır.

Siklon ayırıcılar belki de endüstride toz toplamada en çok kullanılan cihazlardır. Bu popülerliliğini basit ve kısa imal sürecinden kaynaklanan düşük bakım ve maliyet masraflarından elde etmiştir. Yapının içinde hareketli parça bulunmamakla birlikte kolay işlenemeyen malzemeleri de kapsayan geniş bir malzeme yelpazesinden imal edilebilirler. Orta derecede basınç düşmesi, kullanım alanlarının genişliği ve verimlilik aralığıyla birlikte tüm bu avantajlar siklonu; katalizör toplaması toz tutması ve birleşik döngülü güç üretimi için her türlü kirletici madde yayınımlarındaki ayırma gereksinimlerini karşılayacak en etkili çözüm kılmaştır. Siklonun gerekli verimliliği sağlayamadığı hallerde elektrostatik çökticiler gibi yüksek verimli toplama cihazları ile birlikte kullanılma avantajı vardır.

Siklon genellikle çapı 5–10 µm' den daha büyük parçalarda yüksek verimde çalışır. Siklon büyük parçacıklar tutulmak istendiğinde toplayıcı olarak da sıkça kullanılır, ayrıca yem sanayiinde, tahıl silolarında, kurutma sistemlerinde, çimento sanayiinde daha verimli bir toplayıcıdan önce örneğin bir elektro-filtreden önce, ve benzeri yerlerde kullanılabilir. Siklon 1000 °C'ın üzerinde çalışabilen toz tutucudur. 0.001–10 MPa arası basınçlarda çalışabilmektedir. Siklon kullanım amacına göre sınıflandırılır; boyutlandırılır ve imal edilir. Maliyetleri düşük, verimleri yüksek olan siklon reaktörlerin geometrileri kullanım amacına göre değişmektedir.

Bu çalışmada, sıcak gaz ve partikül beraber akışı esnasında siklonda meydana gelen fiziksel olayların deneysel olarak incelenmesi hedeflenmiştir. Burada siklon giriş hızı, gaz sıcaklığı, partikül konsantrasyonu, siklon dalma borusu dalma derinliği parametre olarak seçilmiş ve partikül tutma verimi ve siklonda meydana gelen basınç kaybı üzerinde bu parametrelerin etkileri üç değişik dip çapı (D_p) için araştırılmıştır.

Literatürde çeşitli siklon geometrilerine göre tutma verimi ve basınç kaybı ile ilgili çalışmalar bulunmasına rağmen siklon giriş sıcaklığının ve partikül konsantrasyonunun tutma verimine ve basınç kaybına etkisi pek araştırılmamıştır[2]. Bu nedenle çalışma, genel olarak siklon çalışma koşullarının değişmesi durumunda tutma veriminin, basınç kaybının sıcaklıkların nasıl etkilendiği konusunu üç değişik dip çapa göre ele alınmaktadır.

BÖLÜM 2. SIKLON TEORİSİ

2.1. Giriş

Endüstrinin birçok alanında, özellikle kimya ve gıda sanayinde ana akış filesinden partikülleri ayırtmak önemli işlemlerden biridir. Ayırıştırma, partiküllerin boyutlarına göre ve/veya yoğunluk gibi partikül özelliklerine göre sınıflandırılması için yapılmaktadır. Ayırıştırma için birçok cihaz tasarlanmıştır. Ayırıştırılmaya çalışan partiküllerin boyutları Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Partikül boyutları.

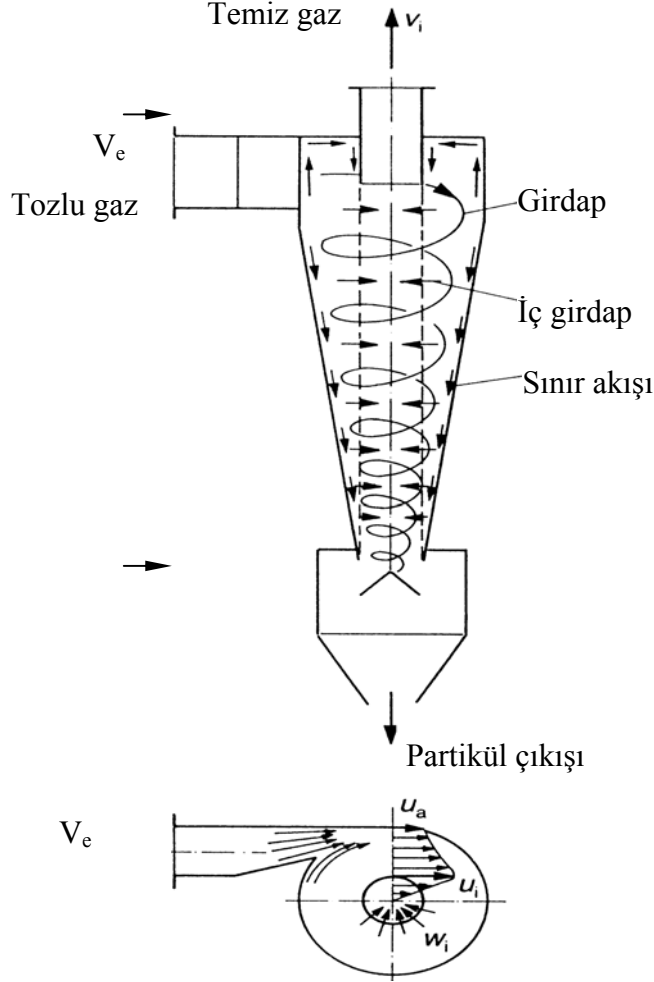
Partikül tipi	Boyutu (μm)
Alg sporu	3 >
Bakteriler	5-30
Elbise dokusu	10 >
İnsan sacı	10 >
İnsan deri dokusu	10 >
Bitki sporu	10-35
Hayvan kılı	35
Polenler	10-100
Sigara dumanı	0.01-100
Toz	0.5-5
Mite	5-10

2.2 Ters Akışlı Siklon Ayırıcılar

Siklon ayırıcılar ana akış filtrelerinden partikül halindeki maddeleri merkezkaç kuvvetler yardımıyla ayıran yapılardır. 1800’lerden günümüze kadar kullanılmaktadırlar. Merkezkaç kuvvet gazın siklona girmesinden sonra döndürülmesiyle oluşturulmaktadır. Birkaç siklon konfigürasyonu olup sınıflandırılmaları giriş ve çıkışlarına göre yapılmaktadır.

2.3. Siklon Akışı

Siklonda içerisinde partikül bulunan gaz akımı, bir girdaba dönüştürülür. Şekil 2.1 de bu tür gaz hareketleri ile ilgili hız profilleri gösterilmiştir.

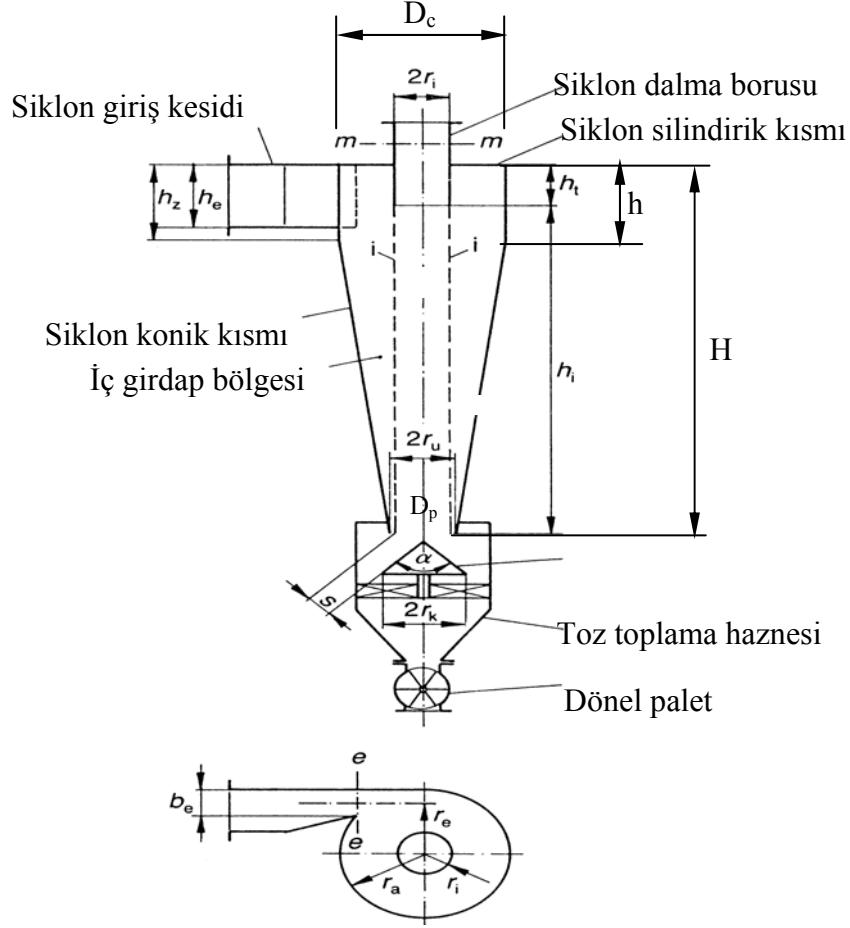


Şekil 2.1. Siklon içindeki gaz hareketleri

Burada siklona partikül yüklü olarak giren gaz akımı, girdap akış kanununa göre hareket eder. Daha sonra merkeze yakın r_i uzaklığında kritik bir hız (u_i) sınırı oluşur. Bu sınırdan sonra akış rijit bir cismin dönüşünde olduğu gibi ikinci bir akış meydana gelmektedir. Bu yüzden akış hızı merkeze doğru sıfırlanan bir şekilde devam eder ve bu akışa iç girdap denir [1].

2.4. Kritik Partikül Çapı

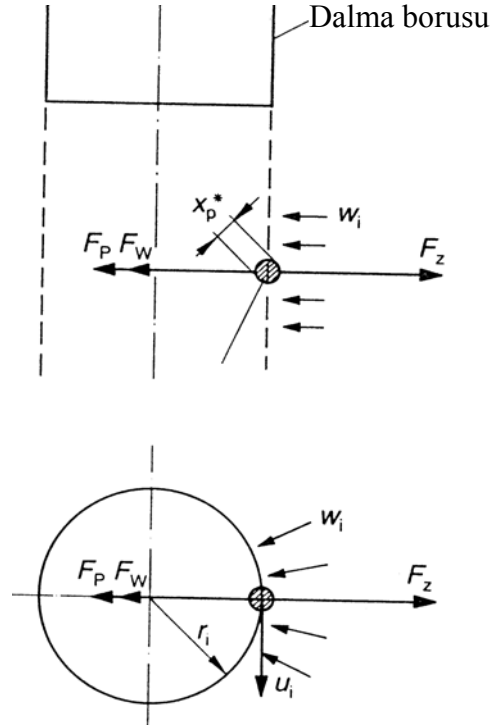
Siklon için kullanılacak temel boyutlar Şekil 2.2' de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Siklonlarda geometrik boyutlar

- D_c = siklon çapı (m)
- h_e = giriş yüksekliği (m)
- b_e = giriş genişliği (m)
- $2r_i$ = gaz çıkış çapı (m)
- h = dairesel siklon yüksekliği (m)
- H = toplam siklon yüksekliği (m)
- $2r_u$ = toz çıkış çapı (m)
- h_t = çıkış dalma derinliği (m)
- D_p = Dip çıkış çapı (m)

Dalma borusunun dış yarıçapı olan (r_i) yörüngesinde bulunan partikül, ayırışma sınırını belirler ve ayırışmanın kritik partikül çapı olarak adlandırılır. Bu çapın üzerindeki partiküller, siklonun dış yüzeylerine savrulur ve siklondan aşağıya sürüklenirken, altındaki çaplar siklonun üst tarafından gazla birlikte siklonu terk ederler.



Şekil 2.3. Gaz ve partikül üzerine etkiyen kuvvetler

Siklonda r_i yörüngesinde dönen bu partikül üzerine aşağıdaki kuvvetler etkir;

Partikül merkezkaç kuvveti;

$$F_z = \rho_p V_p \frac{u_i^2}{r_i} \quad (2.1)$$

ρ_p = Partikül yoğunluğu

V_p = Partikül hacmi

u_i = Çevresel hız

r_i = Dalma borusu yarıçapı

Diğer taraftan partiküle doğru ters gaz akışı nedeniyle sürüklenme kuvveti F_w ,

$$F_w = C_D A_p \frac{\rho_g}{2} w_i^2 \quad (2.2)$$

Etki eder.

C_D = Direnç katsayısı

A_p = Partikül kesit alanı

ρ_g = Gaz yoğunluğu

w_i = Sürüklenme hızı

Gaz debisi \dot{V}_g , dalma borusu altındaki silindirik yüzeyden ($2\pi h_i r_i$) geri döndüğünden, sürüklenme hızı w_i ,

$$w_i = \frac{\dot{V}_g}{2\pi h_i r_i} \quad (2.3)$$

denklemleri ile hesaplanabilir.

\dot{V}_g = gaz debisi (m^3/s)

h_i = Dalma borusu yüksekliği

r_i = Dalma borusu yarı çapı

Bu kuvvetlerden başka, girdap akışında oluşan basınç kuvveti F_p ,

$$F_p = \rho_g V_p \frac{u_i^2}{r_i} \quad (2.4)$$

partikül üzerine etkir.

Böylece bu üç kuvvet yatay düzlemde birbirlerini dengeler.

$$F_z - F_p - F_w = 0 \quad (2.5)$$

Burada C_D direnç katsayısı partikül etrafındaki akışta küresel parçacık için $C_D = 24/Re$ olduğunda (2.5) eşitliğinde yerine yazılırsa siklonda tutulan kritik partikül boyutu x_p^* ;

$$x_p^* = \sqrt{\frac{18\eta_g W_i r_i}{\Delta\rho u_i^2}} \quad (2.6)$$

elde edilir.

Siklonu terk eden gazın hızı v_i , ise

$$v_i = \frac{\dot{V}_i}{A_i} \quad (2.7)$$

olduğundan (2.3), (2.6) ve (2.7) eşitliklerinden yararlanarak

$$x_p^* = 3A_i \frac{V_i}{u_i} \sqrt{\frac{\eta_g}{\pi h_i \Delta\rho \dot{V}_g}} \quad (2.8)$$

olarak elde edilir.

Ancak gerçekte bu partikül kritik çapı x_p^* ile ayrıştırma sağlanamaz. Diğer bir ifade ile, siklonun üst ve alt akışında her çapta partiküle rastlanır.

2.5. Ayırışma Derecesi, Tutma Verimi

Siklon içindeki gerçek akışta kritik partikül çapı, ayırışmanın sınırı olarak elde edilemez. Bunun nedeni genel olarak, ayırışmanın en önemli olduğu dalma borusu altındaki silindirik yüzeyde siklonun derinliğine doğru u_i hızının farklılık göstermesidir. Bu hız değişimi, partikül üzerine farklı kuvvet etkimesine neden olur. Dolayısıyla ayırışan partikül çapı değişir.

Kritik partikül çapının x_p^* , siklonun her akış bölgesinde farklı değer olması, Şekil 2.5 de görüldüğü gibi siklon tipine bağlı olarak farklı ayırışma eğrilerinin ortaya çıkmasına neden olur. Burada ayırışma derecesi $S(x_p)$ söz konusu olan tanecik çapındaki ayırışan kütlenin (ΔM_A), girişteki toplam kütleyle (ΔM_T), oranı olarak

$$S(x_p) = \frac{\Delta M_A}{\Delta M_T} \quad (2.9)$$

ifadesiyle tanımlanır.

2.6. Siklon Basınç Kayıpları

Siklonun içerisinde meydana gelen basınç kayıpları Δp çok önemli olup fan gücünü belirlemektedir. Basınç kayıpları, genel olarak siklon girişinde, ayırışma bölgesinde ve dalma borusunda meydana gelir.

Basınç kaybının hesabı için Fritz [1] aşağıdaki denklemini önermektedir.

$$\Delta p = \xi_T \frac{\rho_g}{2} v_i^2 \quad (2.10)$$

Burada, ρ_g gaz yoğunluğunu v_i dalma borusundaki gaz hızını, ξ_T basınç kayıp katsayısını, göstermektedir.

Shepherd ve Lapple (1939) Yaklaşımına göre basınç kayıplarına etki eden faktörler aşağıdaki gibi sıralanmıştır,[6];

- 1- Siklona giren gazın genişlemesinden kaynaklanan kayıp,
- 2- Siklon içinde dönmeden dolayı kinetik enerji kaybı ,
- 3- Siklon içindeki duvar sürtünme etkilerinden kaynaklanan kayıplar ,
- 4- Çıkış kanalındaki sürtünme yoluyla kayıplar,
- 5- Dönme kinetik enerjisinin basınç enerjisi olarak geri kazanımı.

2.7. Siklon Tasarımı

Yeni bir siklon sistemini tasarlamak veya mevcut bir sistemi iyileştirmek için siklon veriminin ve siklondaki basınç kaybının doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir. Bunun için, gaz akış karakteristikleri ve taneciklerin siklon içindeki hareketiyle ilgili çeşitli varsayımlara bağlı olarak farklı yaklaşımlar vardır. Kritik partikül çapı (x_p^*), ayrıştırma derecesini belirleyen bir faktör olduğu için siklonların boyutları buna göre saptanır ve her siklon tipi için değişik ayrıştırma eğrileri ortaya çıkar,[1]. Şekil 2.4 de değişik siklon geometrileri için x_p^* 'nin değişimi sunulmuştur.

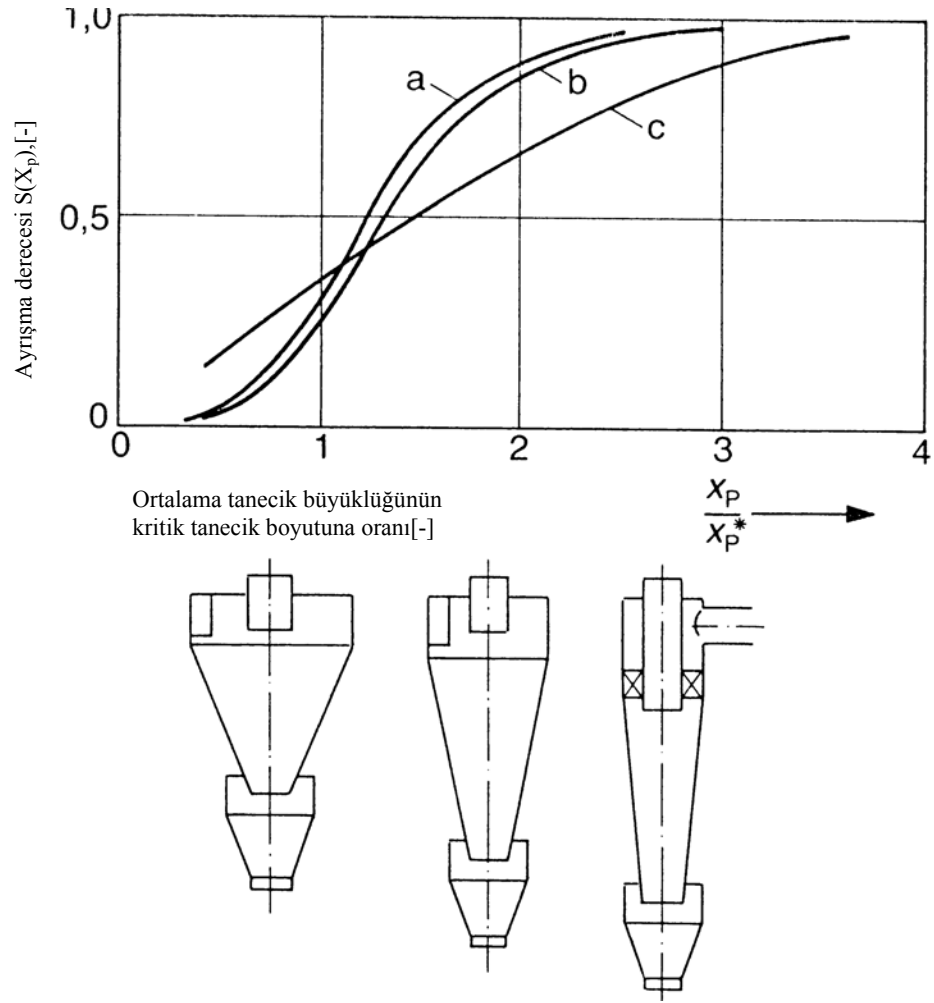
Bu grafikten de anlaşılacağı gibi siklonda tutulması hedeflenen kritik partikül çapı x_p^* , azaldıkça siklonun konik ve silindirik bölümlerinin ve dalma borusu derinliğinin yüksekliği de artar. Bunun sebebi, taşıyıcı akışkanın içindeki partikülü ayırmak için gerekli olan merkezkaç kuvvetinin F_z , kritik partikül çapı x_p^* , azaldıkça azalmasıdır. Bu yüzden siklon çapının azalması gerekmektedir. Bunun tam aksine artan kritik partikül çapında x_p^* , partiküllerin ayırma derecesinin artması için siklon çapının artması ve boyunun da buna bağlı olarak azalması gerekmektedir.

Siklon tasarımına başlamak için daha önce (2.9) eşitliğinde $S(x_p)$ ile tanımlanan ayrışma derecesi, kritik partikül çapının x_p^* bu çapın üzerindeki partikül çapına x , oranı olduğundan

$$S(x_p) = \frac{M_A}{M_T} = \frac{x}{x_p^*} = \frac{1}{3A_i \frac{V_i}{u_i} \sqrt{\frac{\eta_g}{\pi h_i \Delta \rho V_g}}} \quad (2.11)$$

ifadesi yazılabilir. Burada ayrışma derecesi için arzu edilen değere göre h_i/r_i saptanmakta, böylece Şekil 2.4 da görülen ayrışma karakteristiğine uygun bir tasarım biçimi elde edilmiş olmaktadır.

Bunlardan başka literatürde, siklon giriş kesitinin ve giriş debisinin dikkate alındığı modeller bulunmaktadır. Bu modellerde çeşitli tipte siklonların kıyaslanmasında kolaylık olması açısından diğer boyutların ana gövde çapına oranları (h_e/D_c , b_e/D_c , $2r_i/D_c$, h_t/D_c , h/D_c , H/D_c ve $2r_u/D_c$) kullanılır. Çeşitli standart siklonlardaki boyut oranları Tablo 2.2 de verilmiştir,[6].



	I	II	III
TASARIM ORANLARI			
r_a / r_i	4	3	2
h_i / r_i	7.5	10	10
b_e / r_i	0.7	0.9	-
h_e / r_i	2.1	3.1	-

Şekil 2.4. Ayırıştırma eğrileri ve tasarım boyut oranları

b_e = Giriş genişliği (m)

h_e = Giriş yüksekliği (m)

r_i = Dalma borusu yarıçapı (m)

r_a = Çıkış çapı (m)

Tablo 2.2. Yaygın standart siklon tasarımları.

Siklon tipi	Kullanım amacı	D_c	h_e/D_c	b_e/D_c	$2r_i/D_c$	h_t/D_c	h/D_c	H/D_c	$2r_u/D_c$
Stairmand	Yüksek verim	1	0.5	0.2	0.5	0.5	1.5	4.0	0.37
Swift	Yüksek verim	1	0.44	0.21	0.4	0.5	1.4	3.9	0.4
Lapple	Genel amaçlı	1	0.5	0.25	0.5	0.62	2.0	4.0	0.25
Swift	Genel amaçlı	1	0.5	0.25	0.5	0.6	1.75	3.75	0.4
Stairmand	Yüksek debi	1	0.75	0.37	0.75	0.87	1.5	4.0	0.37
Swift	Yüksek debi	1	0.8	0.35	0.75	0.85	1.7	3.7	0.4
Leith-Mehta	Genel amaçlı	1	0.43	0.17	0.68	1.2	3.0	5.0	0.37

Tablo 2.2' de verilen çeşitli standart tasarımlar kıyaslandığında, boyut oranlarının siklonun kullanım amacına göre değiştiği görülür. Genel amaçlı standart tasarımlar, yüksek verimli veya yüksek kapasiteli amaçlar için ayrı ayrı oranlar vermektedir. Aynı siklon çapı ve toplam boyu için aynı basınç düşüşünde yüksek verimli siklon oranları kullanılırsa kapasite, yüksek kapasiteli boyut oranları seçildiğinde elde edilecek olanın yarısı olacaktır. Dolayısıyla siklon tasarımı kullanım amacına bağlıdır ve çözümde tek seçenek yoktur. Tüm toz tutma sorunlarını çözecek tek bir siklon tasarım yöntemi henüz bulunmamaktadır.

D_c = siklon çapı (m)

h_e = giriş yüksekliği (m)

b_e = giriş genişliği (m)

$2r_i$ = gaz çıkış çapı (m)

h = dairesel siklon yüksekliği (m)

H = toplam siklon yüksekliği (m)

$2r_u$ = toz çıkış çapı (m)

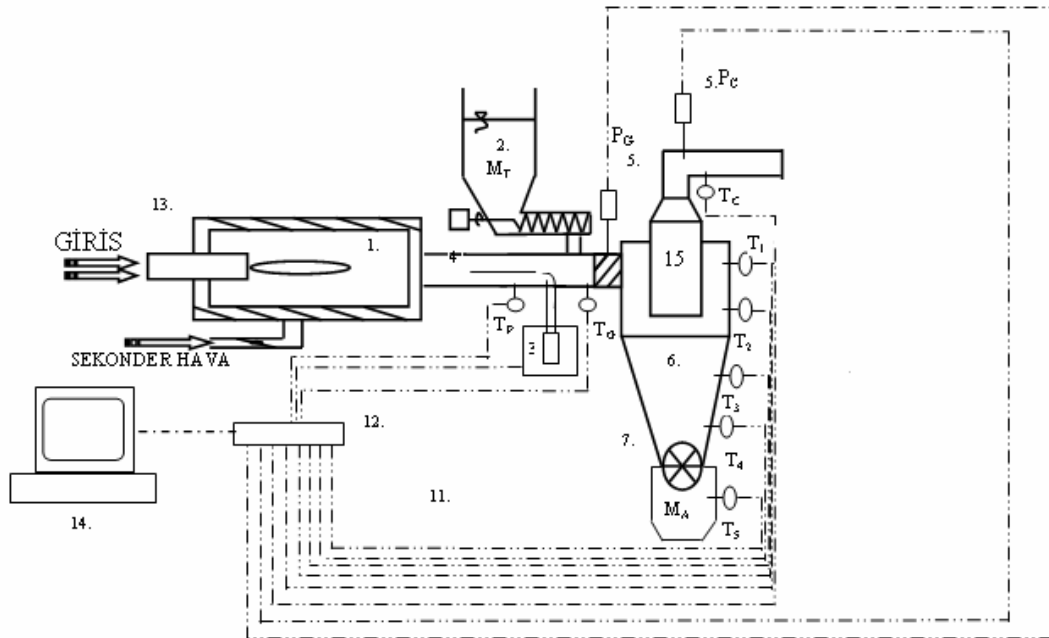
h_t = çıkış dalma derinliği (m)

D_p = Dip çıkış çapı (m)

BÖLÜM 3. DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1. Deney Düzenegi

Bir siklonun basınç kaybı, toz tutma verimi, geometrik parametreleri ve ısı özelliklerinin birbirleri ile ilişkileri incelemek üzere bir deney düzenegi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Deney düzeneginin şematik görünümü Şekil 3.1 de verilmiştir.



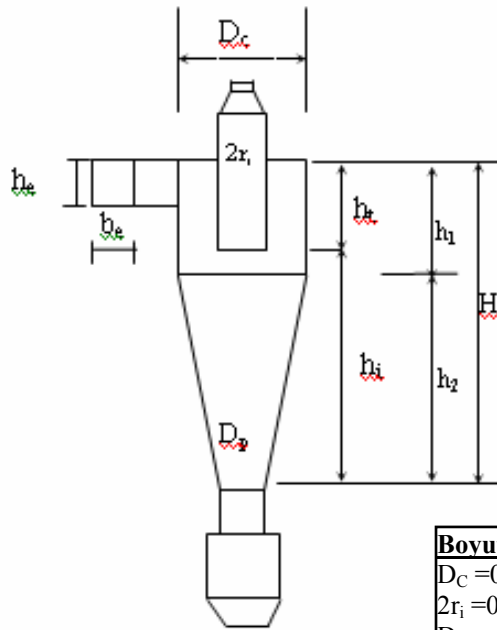
Şekil 3.1. Siklon deney düzeneginin şematik görünümü

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1. Yanma odası | 12. Veri Toplama Kartı |
| 2. Farin dozajlama ünitesi | 13. Brülör |
| 3. Debi ölçer (pitot tüpü, fark basınç transmitteri) | 14. Bilgisayar ve scada programı |
| 4. Boru | 15. Dalma borusu |
| 5. Basınç transmitteri | |
| 6. Ön ısıtıcı siklon reaktör | |
| 7. Dönel palet | |
| 10 Vantilatör | |
| 11 Analog giriş sinyalleri | |

Deney düzeneğinde yanma odasında (1), bir motorin brülörüyle 1100 °C sıcaklığında baca gazı elde edilmekte, bu gazın debisi bir pitot tüpüyle (4) ölçülmektedir. Bir frekans invertörü ile yol verilen çıkış vantilatörüyle debi istenilen seviyede tutulmaktadır (10). Siklona girişte ve çıkışta ayrı ayrı basınçlar birer basınç transmitteriyle ölçülmektedir (5). Siklona giren partikül miktarı, ayrı bir frekans invertörü tarafından bir redüktörlü dozajlama helezonuyla siklona istenilen konsantrasyonda dozajlamaktadır (2). Partiküllü ve partikülsüz yapılan deneylerin tamamında siklon girişinden çıkışına kadar 8 noktadaki sıcaklıklar termokupllar yardımıyla ölçülmektedir ($T_{G,p,1,2,3,4,5,C}$). Ölçülen bütün veriler analog sinyal olarak (11), veri toplama kartında toplanır ve bilgisayarda bir Scada programı tarafından depolanmaktadır(14).

Deney Siklonu

Deneylerde kullanılan siklon reaktör bir Humboldth tasarım modelidir. Bu siklonun şematik görünümü ve boyutları Şekil 3.2 de görülmektedir.



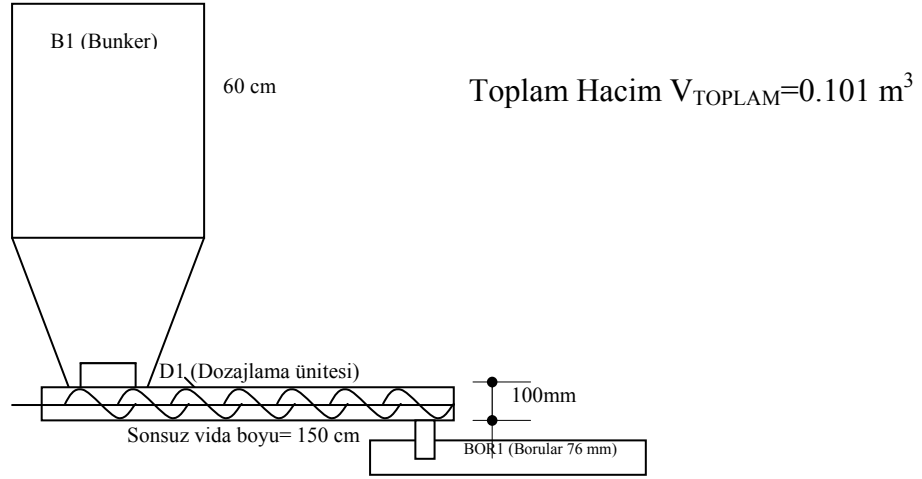
Boyutlar:

$D_C = 0.340$ m	$h_1 = 0.272$ m
$2r_i = 0.126$ m	$h_2 = 0.374$ m
$D_P = 0.050$ m - 0.068 m - 0.120 m	$h_e = 0.05$ m
$H_C = 0.647$ m	$b_e = 0.075$ m
$h_t = 0.0961$ m	$h_i = 0.550$ m

Şekil 3.2. Humboldth tipi deney siklonun boyutları

Farin dozajlama ünitesi

Siklona giren sıcak gaza istenilen oranda farin dozajlamayı sağlayan bu ünite bunker, helezon kovani, redüktörlü motor ve frekans invertörü olmak üzere 4 kısımdan oluşmaktadır. Şekil 3.3 de bunker ve helezon kovanın imalat detayları yer almaktadır.



Şekil 3.3. Dozajlama ünitesi detayları

Dozajlama ünitesinde, 0.78 kW lık bir tahrik motorunun devrinin bir frekans invertörüyle daha düşük dozajlama miktarları yüklemeye olanak sağlayacak biçimde değiştirilebilecek şekilde imal edilmiştir.

Debi-ölçer (Pitot tüpü)

Siklona giren sıcak gazların hızını ölçmek için tasarlanmış olan pitot tüpünde basınç farkını ölçmek için FISHER DE 50 marka (0-50 Pa) arasında %0.5 hassasiyetle ölçüm yapabilen ve alınan ölçüm değerlerini 4-20 mA analog sinyallere dönüştürebilen fark basınç transmitteri kullanılmıştır. Ölçülen fark basınç ile (3.1) eşitliği kullanılarak akış hızı, aynı zamanda siklon giriş kesit bilindiğinden akış debisi hesaplanmış olur.

$$v = \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}} \quad (3.1)$$

$$\dot{V} = v.A \quad (3.2)$$

burada akışkan yoğunluğu ρ akış ölçüm noktasındaki sıcaklığa bağlı olarak ayrıca hesaplanmıştır.

Basınç transmitterleri

Siklonun girişinde ve çıkışında birer tane 0-6 mbar aralığında basınç değerlerini %0.5 hassasiyetle ölçebilen ve 4-20 mA analog sinyal verebilen FISHER DE 50 marka basınç transmitterleri kullanılmıştır. Transmitterler sıcak gazdan etkilenmemesi için uzatma borusu ile beraber kullanılmaktadır.

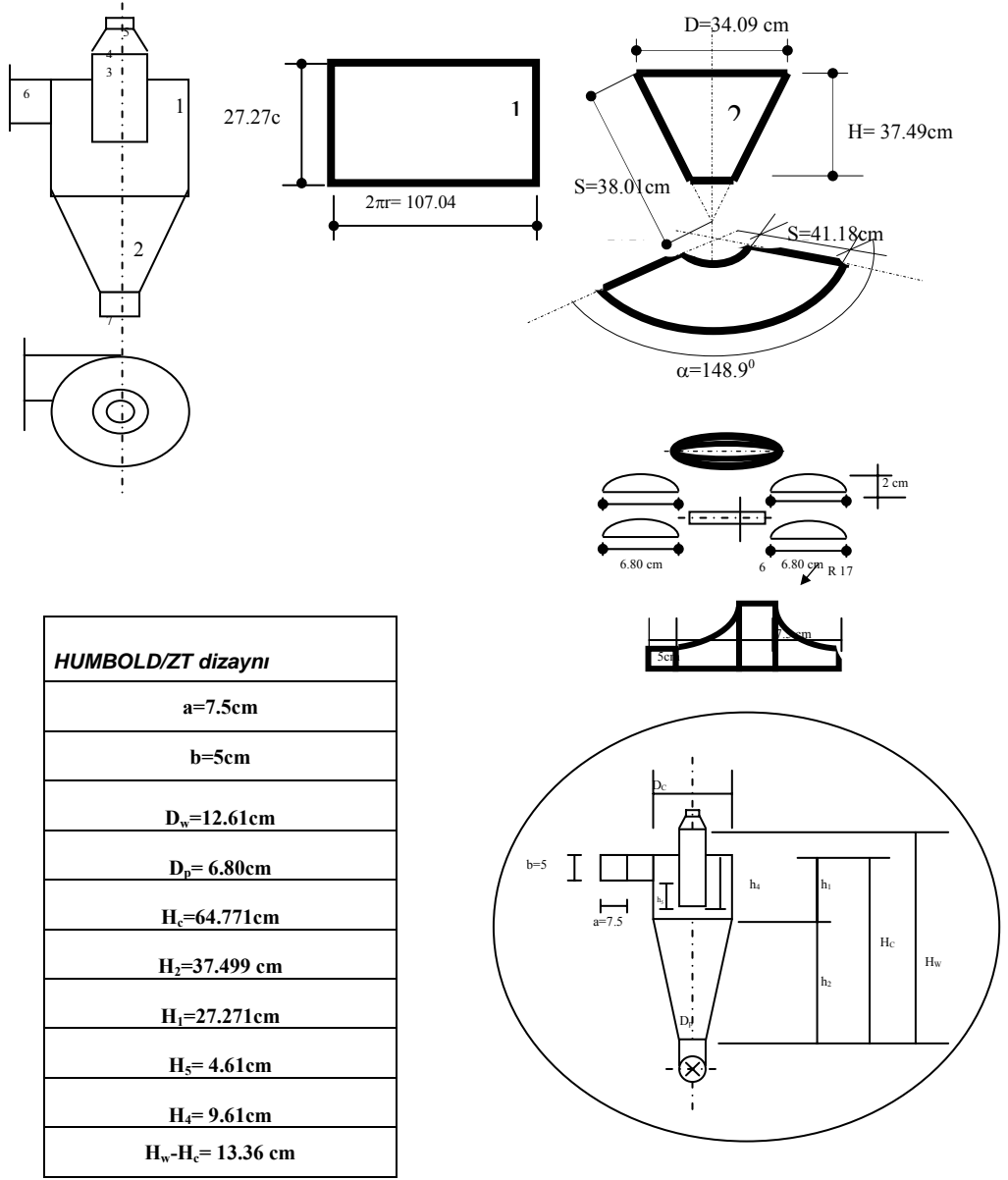
Sıcaklık transmitterleri

Siklona giren gazın akış hızı ölçüm noktasından başlamak üzere siklon çıkışına kadar 8 noktada 0-1100 °C sıcaklığında ölçüm yapabilen termokuplların ürettiği gerilim, FISHER T 11 marka transmitterler aracılığıyla 4-20 mA analog veri sinyaline çevirerek dönüştürücü karta ve dijital sıcaklık göstergelerine göndermektedir.

Vantilatör

Siklonuna giren gazı çeken ve akış hızını, debisini bir frekans invertörüyle kontrol ettiğimiz radyal vantilatör, 39 mmSS lik basınca ve 1.1 kWlık motor gücüne sahiptir.

Siklon Reaktör



Şekil 3.4 Siklon reaktörle ilgili imalat detayları

Şekil 3.4 de imalat detayları verilen siklon reaktör yüksek sıcaklığa dayanıklı sacdan bükülerek imal edilmiştir.

Frekans invertörleri

Gerek vantilatör gerekse dozajlama ünitesi farklı devirlerde eşzamanlı çalışma sözkonusu olamadığından iki ayrı frekans invertörüyle yol almaktadır. Elektrik motorlarına SIEMENS MICROMASTER serisi 5.5 ve 7 kW'lık birer 380V-AC sürücü (invertör) ile yol verilmektedir. Son derece gelişmiş olan bu sürücülerle P000-P971 olarak bir çok parametrenin kontrolü sağlanabilmektedir. Motorlara adapte edilen sürücüler çalışma esnasında motora ait çalışma akımı, gerilimi, frekansı gibi bir çok özelliklerin yanında, motor devri ve nominal momentin yüzdesi olarak motor mili momenti bilgilerini hem analog değer (4-20mA) olarak hemde dijital ekrandan kullanıcıya sunmaktadır.

Deney düzeneğinin ve bazı kısımların resimleri Şekil 3.5-3.16 da toplu halde verilmiştir.



Şekil 3.5. Deney düzeneğinin genel görünümü



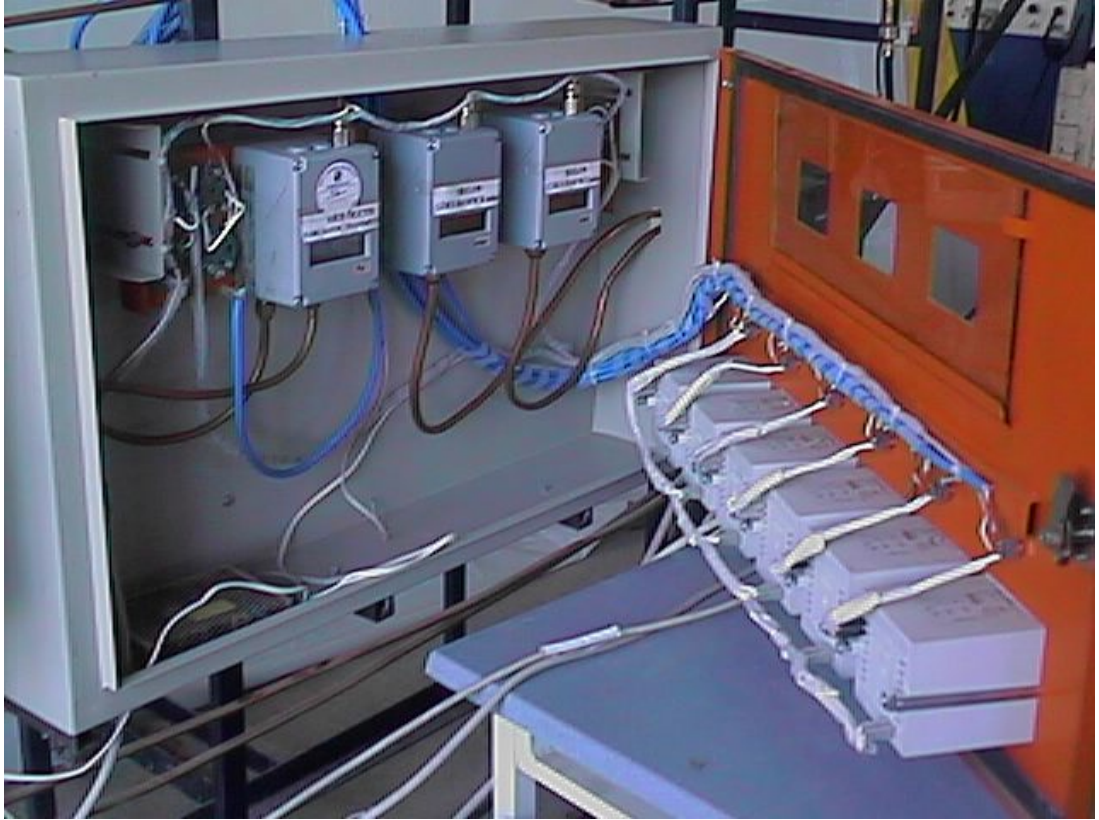
Şekil 3.6. Deney düzeneğinin önden görünümü



Şekil 3.7. Yanma odası gözetleme delikleri ve sekonder hava ihtiyaç menfezleri



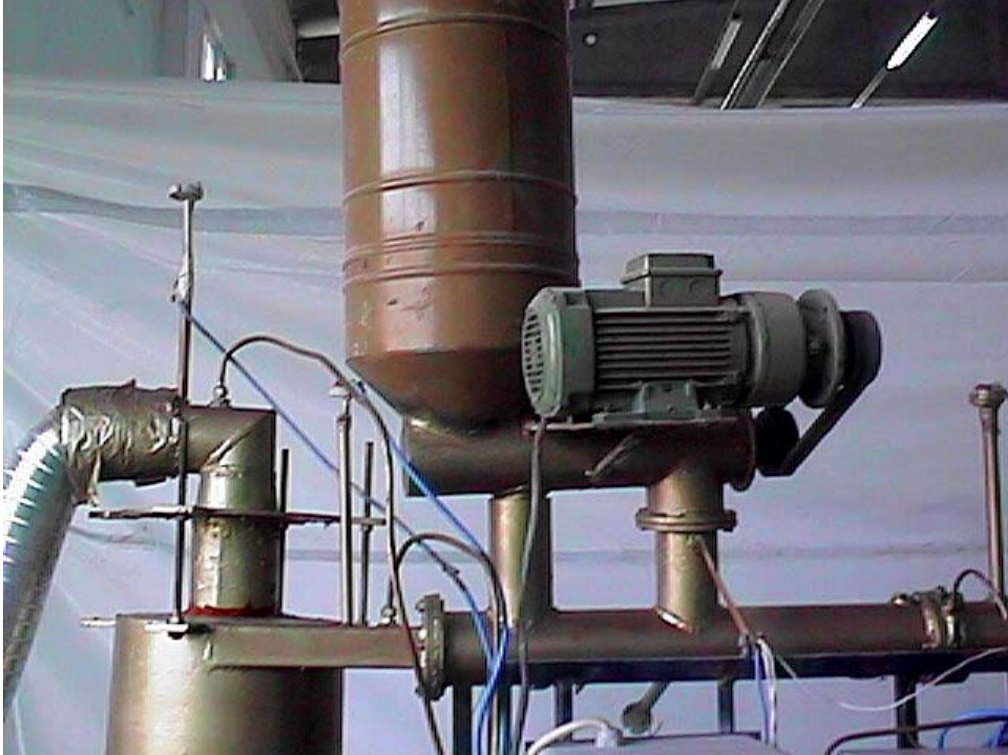
Şekil 3.8. Pitot tüpü ve termo eleman



Şekil 3.9. Kontrol panosu



Şekil 3.10. Basınç transmitterlerinin ve sıcaklık göstergelerinin ön görünümü



Şekil 3.11. Farin dozajlama ünitesi



Şekil 3.12. Vantilatöre yol veren frekans invertörü



Şekil 3.13. Deney siklonu



Şekil 3.14. Siklon Dalma boyu Ayarlama Mekanizması



Şekil 3.15. Siklon ve vantilatör Bağlantısı



Şekil 3.16. Siklona bağılı termokupullar

3.2. Deney Programı

Deney programı 3 ana grupta toplanmaktadır.

İlk olarak, dip çıkış çapı değiştirilen siklon deney setine monte edilir. Dalma borusunun dalma derinliğinin değişimine göre basınç kaybı, çıkış sıcaklığını ve toz tutma verimlerinin değişimini bulmak üzere, ayarlanan her dalma boyunda akış hızı 10,81 m/s olacak şekilde vantilatör devri sabitlenir ve sistemin rejime gelmesi beklenir. Daha sonra sisteme 0.668 kg/m³ konsantrasyonunda farin(kireçtaşı+kil) dozajlanır. Dozajlama sonrasında siklon giriş sıcaklığı sabit bir değere düşene kadar beklenir. Sıcaklığın sabitlendiği belli bir zaman aralığında dozajlama ve deney durdurularak siklon toz toplama bunkerinden alınan ve önısıtmaya tabi tutulmuş farin hassas bir şekilde tartılır. Dozajlamanın miktarına bölünen altta toplanan farin miktarıyla toz tutma verimini verir. Deneyler 8 değişik dalma boyunda tekrarlanarak bu grup deneyler tamamlanır.

İkinci gurup deneylerde hızın değişmesi halinde siklon karakteristikleri ölçülmüştür. (9,56 m/s den 10,91 m/s ye artan) Burada toz konsantrasyonu 0,668 kg/m³ olarak sabit tutulmuştur.

Üçüncü ve son gurup deneylerde ise partikül konsantrasyonunun artırılması durumunda testler tekrarlanmıştır. Bu testlerde siklon giriş hızı sabit tutulmuştur.

Bütün deney guruplarında ölçümlerin tamamını partikülsüz akış için de ayrıca alınmış ve kaydedilmiştir.

Deneylerde kullanılan sabit değerler Tablo 3.1, 3.2. ve 3.3 de yer almaktadır

Tablo 3.1. Dip çıkış çapı 50 mm için deneysel sabitler.

Deney Değişkenleri	Giriş hızı V_G (m/s)	Giriş sıcaklığı T_G ($^{\circ}$ C)	Giriş konsantrasyonu C_F (kg/m ³)	Dalma borusu, Dalma derinliği h_4 (mm)
Dalma borusu derinliği	10,81	250	0,668	Değişiyor 10 ila 220mm
Siklon giriş hızı	Değişiyor	Değişiyor	0,668	96
	9,5 ila 11,5	370 ila 450		
Giriş Konsantrasyonu	10,81	Değişiyor	Değişiyor	96
		350 ile 390	0,190 ila 0,556	

Tablo 3.2. Dip çıkış çapı 68 mm için deneysel sabitler.

Deney Değişkenleri	Giriş hızı V_G (m/s)	Giriş sıcaklığı T_G ($^{\circ}$ C)	Giriş konsantrasyonu C_F (kg/m ³)	Dalma borusu, Dalma derinliği h_4 (mm)
Dalma borusu derinliği	10,81	385	0,668	Değişiyor 10 ila 220mm
Siklon giriş hızı	Değişiyor	Değişiyor	0,668	96
	9,5 ila 11,5	370 ila 450		
Giriş Konsantrasyonu	10,81	Değişiyor	Değişiyor	96
		350 ile 390	0,190 ila 0,556	

Tablo 3.3. Dip çıkış çapı 120 mm için deneysel sabitler.

Deney Değişkenleri	Giriş hızı V_G (m/s)	Giriş sıcaklığı T_G ($^{\circ}$ C)	Giriş konsantrasyonu C_F (kg/m ³)	Dalma borusu, Dalma derinliği h_4 (mm)
Dalma borusu derinliği	10,81	410	0,668	Değişiyor 10 ila 220mm
Siklon giriş hızı	Değişiyor	Değişiyor	0,668	96
	9,5 ila 11,5	102 ila 180		
Giriş Konsantrasyonu	10,81	Değişiyor	Değişiyor	96
		350 ila 390	0,190 ila 0,556	

BÖLÜM 4. DENEYSEL SONUÇLAR

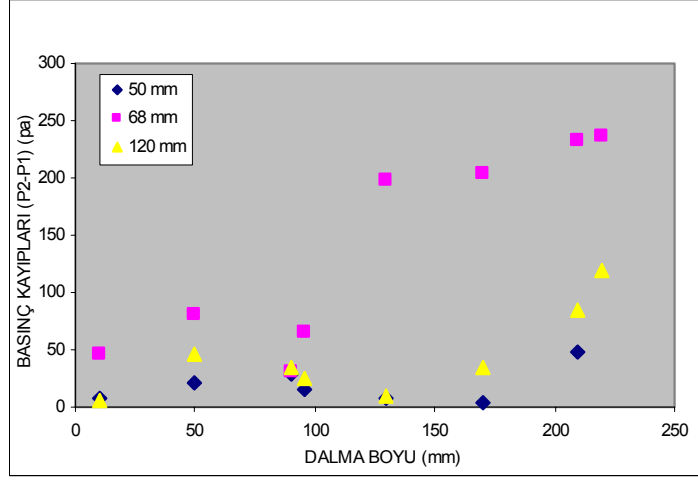
4.1. Siklon Dip Çıkış Çapı Üç Değişik Değer (50, 68, 120 mm) İçin Parametrik Değişimlerin Karşılaştırılması

4.1.1. Dalma borusu derinliğinin etkisi

Siklon çıkışındaki dalma borusunun dalma derinliği yüksek sıcaklıktaki ($T=398$ °C'de) deneylerde 8 değişik boyda seçilmiştir. Dalma boyunun etkisi, aşağıdaki bölümlerde basınç kayıplarına, verime ve siklon çıkış sıcaklığına etkisi ele alınacaktır.

4.1.1.1. Basınç kayıpları

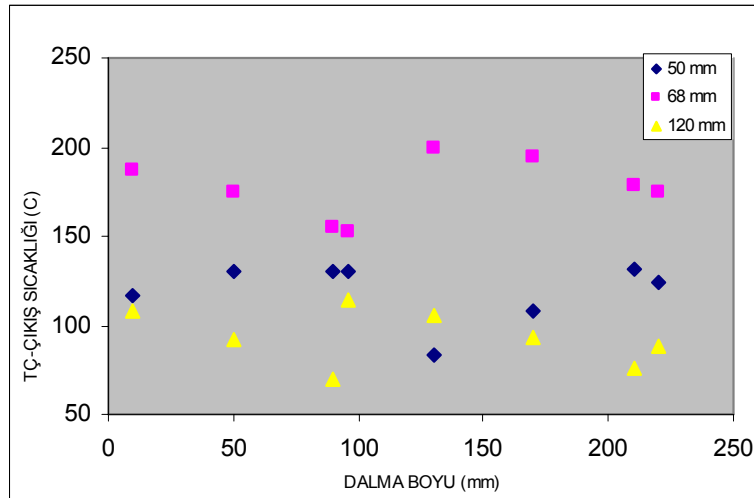
Bu deneylerde dalma boyu (h_4) değiştirilerek, yüksek sıcaklıktaki partikül yüklü gazlarla testler yapılmıştır. Siklon giriş ve çıkış noktaları arasında ölçülen basınç farkı Δp , Şekil 4.1. de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre dalma boyu değişiminde basınç kayıpları dip çapların her biri için artış göstermektedir. Bununla beraber dip çapı 50 mm olan deney siklonunda bu ölçüyü 68 mm çıkardığımızda bu kayıpların mertebesi daha fazla artmakla beraber dip çapı 120 mm ye çıkardığımızda bu değer tekrar 50 mm dip çap için geçerli olan değerlere yaklaşmaktadır. Bu durum bize dip çap parametresinin kritik bir çapa kadar basınç kayıplarında artış eğilimi mutlak değerlerinin 68 mm dip çapa göre azalma eğilimi gösterdiğini ifade etmektedir.



Şekil 4.1. Partiküllü akış için dalma borusu derinliğine göre basınç kayıpları değişimi

4.1.1.2. Çıkış sıcaklığı

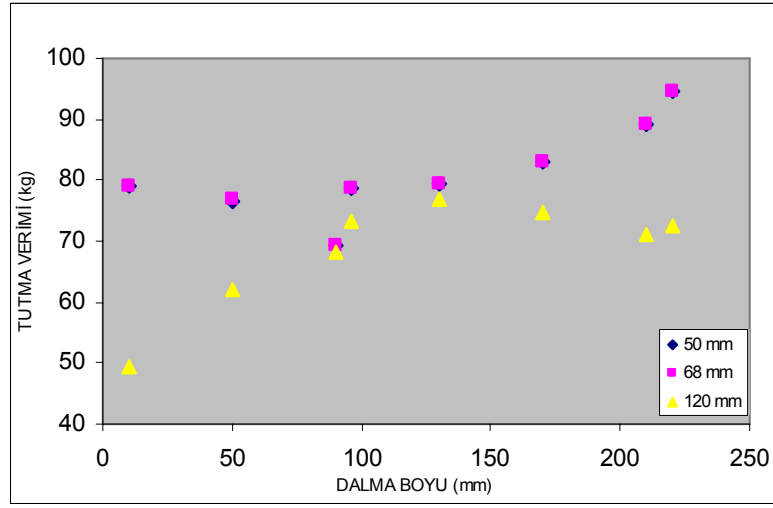
Şekil 4.2.'de siklon dip çıkış çapı 68 mm için siklon çıkış sıcaklığı T_c 'de önemli değişiklik gözlenmekle beraber siklon dip çıkış çap 50 mm ve 120 mm olan deney siklonunda çıkış sıcaklığı azalma eğilimi olduğu yapılan deneylerde anlaşılmıştır. Ayrıca sıcaklık değerlerinin büyüklükleri dip çap 120 mm için en alt seviyeye düşmüş dip çapın 68 mm kritik çapında çıkış sıcaklığı diğer dip çaplardaki çıkış sıcaklığından uzaklaşmıştır. Bu değişim bize dip çapın azalışında belli bir kritik değere ulaşıncaya kadar önce arttığını daha sonra azalıp en büyük çapın çıkış sıcaklığına yaklaştığını göstermektedir.



Şekil 4.2. Partiküllü akış için dalma borusu derinliğine göre çıkış sıcaklığı değişimi

4.1.1.3. Tutma verimi

Şekil 4.3. göre dalma boyu değişiminde tutma verimi her üç dip çapa sahip siklonda'da artış göstermektedir. Bu artış dalma boyu değişiminin mutlak olarak arttığını açıkça göstermektedir. Bu artış siklon dip çapının azalmasıyla daha' da artmaktadır. Ayrıca bu değişimin ısı transferiyle önemli bir ilişkisi vardır. Çıkış sıcaklığı artışıdaki eğilimin tutma verimindeki eğilimle benzerlik arz etmektedir. Buda çift fazlı akışkanın sıcaklığının tutma verimine etkisi açıkça gözlenmektedir.



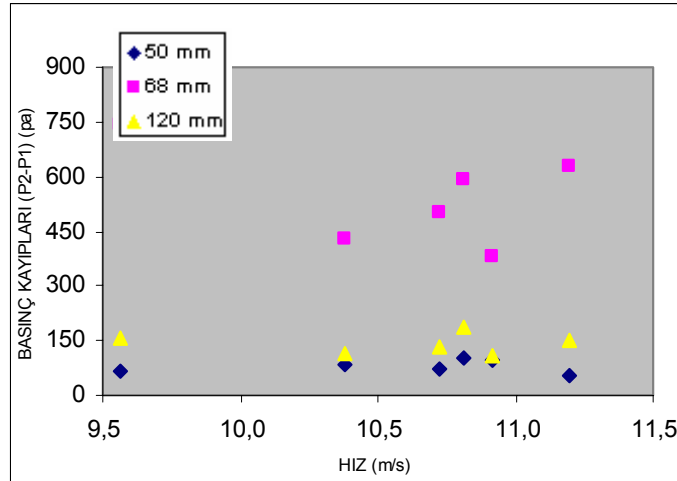
Şekil 4.3. Partiküllü akış için dalma borusu derinliğine göre tutma verimi değişimi

4.1.2. Siklon giriş hızının etkisi

Siklona giren hızı yüksek sıcaklıktaki ($T=398\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de) deneylerde değişik hızda denenmiştir. Siklon giriş hızının etkisi, aşağıdaki bölümlerde basınç kayıplarına, siklon çıkış sıcaklığına ve verime etkisi ele alınacaktır.

4.1.2.1. Basınç kayıpları

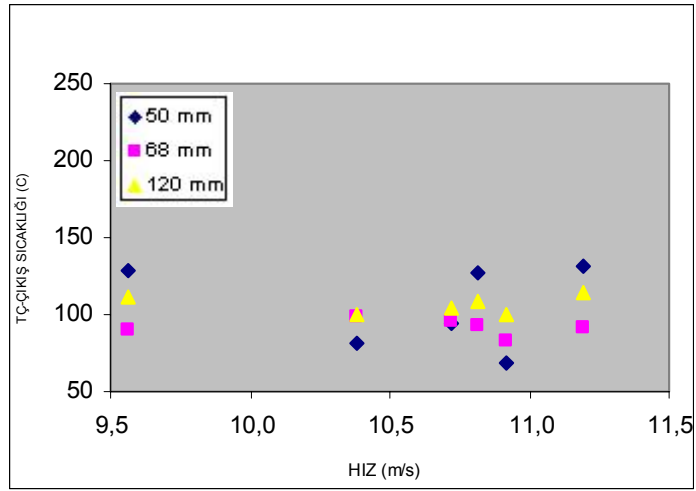
Siklona giren partiküllü akışkanın hızı arttığında her üç dip çapa ait siklonda basınç kayıpları farklılık göstermektedir. Bununla beraber dip çapı 50 mm olan deney siklonunda bu ölçüyü 68 mm ye çıkardığımızda bu kayıpların değişimi önce azalmakta sonra artmaktadır mutlak değerler olarak basınç farkı 50 mm dış dip çapa ait deney siklonundan çok daha fazla olmaktadır. bu durumu siklon dip çapının kritik bir noktada farklı bir seyir izlemektedir. dip çapı 120 mm ye çıkardığımızda basınç kayıpları tekrar tekrar 50 mm dip çapa sahip siklonun basınç kayıplarına mutlak değerler itibariyle yaklaşmaktadır. Şekil 4.4 de bu değişimler görülmektedir. Ayrıca 68 ve 120 mm lik dip çaplara ait deney siklonlarında mertebeleri değişmekle beraber basınç kayıpkarı önce azalmakta sonra artmaktadır.50 mm dip çapta bu değişim azalma yönünde görülmektedir.



Şekil 4.4. Partiküllü akış için siklon giriş hızına göre basınç farkı değişimi

4.1.2.2. Çıkış sıcaklığı

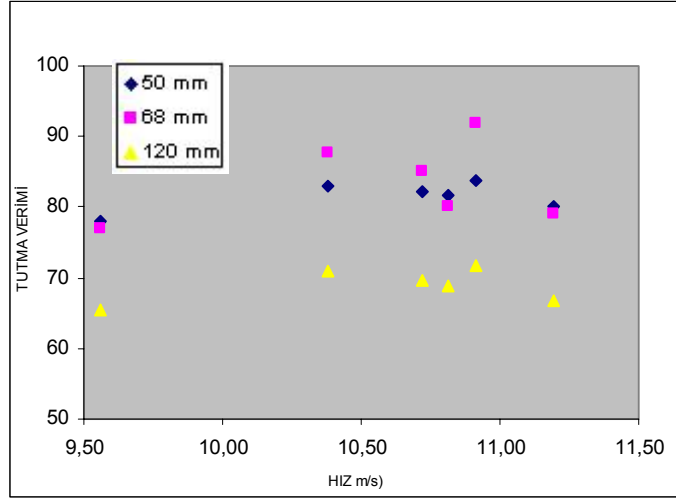
Siklona giren partiküllü akışkanın hızı arttığında her üç dip çapa ait siklonda çıkış sıcaklığı artmaktadır. Buda siklonda partikül kalış zamanının ve girdap sayısının hız arttıkça azaldığını böylece ısı transferinin tam gerçekleşmeden siklonu terk ettiğini göstermektedir. Ayrıca çıkış sıcaklığının optimum olduğu dip çap 68 mm olduğu Şekil 4.5. anlaşılmıştır.



Şekil 4.5. Partiküllü akış için siklon giriş hızına göre çıkış sıcaklığı değişimi

4.1.2.3. Tutma verimi

Şekil 4.6. göre siklon giriş hızı değişiminde tutma verimi her üç dip çapa sahip siklonda'da farklıdır. Bu farklılık siklon giriş hızı değişiminin tutma verimine etki ettiğini mutlak olarak etki ettiğini açıkça göstermektedir. siklon dip çapının 50 mm olduğunda tutma veriminde fazla bir değişim olmamaktadır fakat siklon dip çapı 68 mm olduğunda verim artmaktadır yalnız siklon dip çapı 120 mm olduğunda tutma verimi düşmektedir. Burada siklon dip çapı arttıkça tutma veriminin azaldığı görülmektedir. Dip çap miktarı artırıldıkça tutma verimi merteye olarak azalmakta fakat hız artırıldıkça verim artmaktadır. tutma verimi partikül üzerine etkiyen basınç kuvveti ve yüklenme kuvvetinin etkisini azaltmakta bu yüzden tutma verimi merteye olarak düşmektedir.

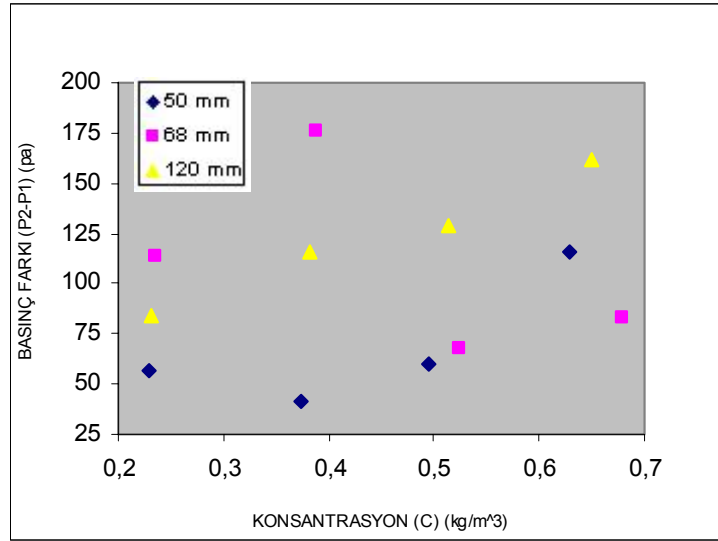


Şekil 4.6. Partiküllü akış için siklon giriş hızına göre tutma verimi değişimi

4.1.3. Siklona giren toz konsantrasyonunun etkisi

4.1.3.1. Basınç kayıpları

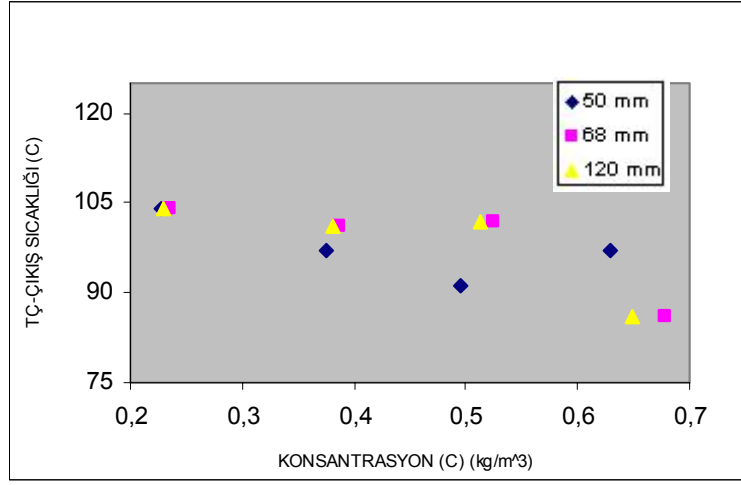
Siklona giren partikül miktarı arttığında her üç dip çapa ait siklonda basınç kayıpları farklılık göstermektedir. Bununla beraber dip çapı 50 mm olan deney siklonunda bu ölçüyü 68 mm çıkardığımızda bu kayıpların mertebesi ters olmaktadır burada siklon dip çapının 68 mm nin kritik bir değeri olduğu gözlemlenmiştir. Dip çapı 120 mm ye çıkardığımızda bu değer tekrar 50 mm dip çap için geçerli olan değişim şekline uyum sağlamaktadır. Bu durum bize dip çap parametresinin kritik bir çapa kadar basınç kayıplarında artış eğilimi göstererek daha sonrada dip çapı 50 mm' lik siklonun basınç kayıplarına yaklaştığını Şekil 4.7. ifade etmektedir.



Şekil 4.7. Partiküllü akış için siklon giriş konsantrasyonuna göre basınç farkı değişimi

4.1.3.2. Çıkış sıcaklığı

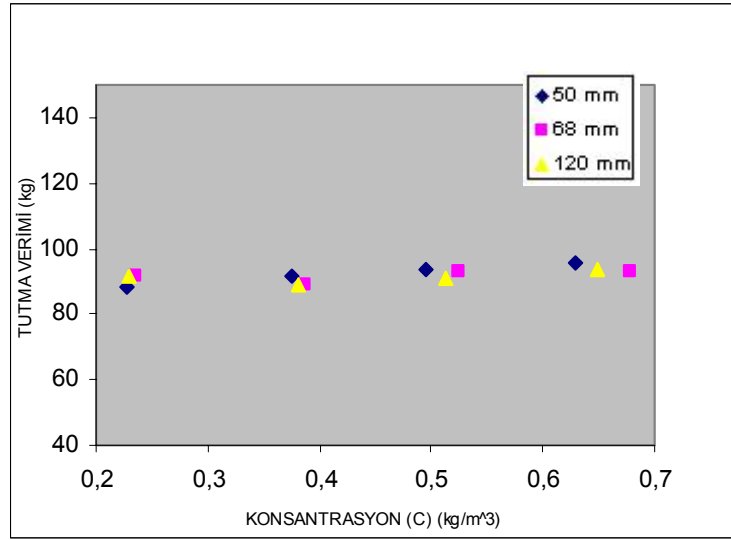
Siklona giren partikül miktarı arttığında her üç dip çapa ait siklonda çıkış sıcaklığı azalmaktadır. Buda siklonda partikül kalış zamanının ve girdap zamanını azaldığını böylece ısı transferinin tam gerçekleşmeden siklonu terk ettiğini göstermektedir. Ayrıca çıkış sıcaklığının optimum olduğu dip çap 120 mm olduğu Şekil 4.8. anlaşılmıştır.



Şekil 4.8. Partiküllü akış için siklon giriş konsantrasyonuna göre çıkış sıcaklığı değişimi

4.1.3.3. Tutma verimi

Şekil 4.9. göre siklona giren partikül miktarı tutma verimine her üç dip çapa sahip siklonda'da birbirine yakındır. Bu yakınlık siklon giren partikül değişiminin mutlak olarak etki ettiğini açıkça göstermektedir. Bu siklon dip çapının 50 mm olduğunda tutma veriminde fazla bir değişim olmamaktadır bunun yanında siklon dip çapı 68 mm olduğunda verim artmaktadır. Siklon dip çapı 120 mm olduğunda tutma verimi bu dip çap tada artmıştır. Her üç çap tada farklı oranda verim artmıştır.



Şekil 4.9. Partiküllü akış için siklon giriş konsantrasyonuna göre tutma verimi değişimi

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

1. Bir siklon reaktör değişik sıcaklıklarda, gaz giriş hızlarında, toz konsantrasyonlarında ve dalma borusunun değişik dalma derinliklerinde test edilerek, çift fazlı akış için basınç kayıpları, basınç kayıp katsayıları, toz tutma verimleri, çıkış sıcaklıkları incelenmiştir.

2. Dalma borusu dalma derinliği

Dalma borusu dalma derinliği; Siklon çıkışındaki dalma borusunun dalma derinliği yüksek sıcaklıktaki deneylerde 8 değişik boyda seçilmiştir. Dalma boyunun etkisi, basınç kayıplarına, verime ve siklon çıkış sıcaklığına etkisi ele alınmıştır. Siklon akışında geometrik boyutların basınç kayıpları ve tutma verimi üzerindeki etkileri çok önemlidir. Bunlardan siklon dalma borusu dalma boyu arttıkça basınç kayıpları ve tutma verimi artmaktadır. Dalma boyu arttıkça girdap akışının dönme sayısı fazlaşmakta, dolayısıyla akış yolu artmakta böylece basınç kayıpları artmaktadır.

Çıkış sıcaklığı; Dalma boyu değişiminde çıkış sıcaklığı 50 mm dip çap için önce azalmakta sonra artmaktadır, 68 mm dip çap için çıkış sıcaklığı artış göstermektedir. Dip çap değerini daha'da artırdığımızda bu değişimin azalma yönünde olduğu sonucunu vermektedir. Bu durum dip çapın artışının ısı transferini iyileştirdiğini göstermektedir fakat bu iyileşme dip çapın belli bir kritik noktaya kadar böyle olmadığını bu kritik noktadan sonra iyileşeceğini anlatmaktadır

2. Giriş hızı

Siklona giren hızı yüksek sıcaklıktaki deneylerde değişik hızda denenmiştir. Siklon giriş hızının etkisi, basınç kayıplarına, siklon çıkış sıcaklığına ve verime etkisi ele alınmıştır.

Siklon giriş hızı değişiminde tutma verimi her üç dip çapa sahip siklonda'da aynı değildir. Bu farklılık siklon giriş hızı değişiminin mutlak olarak etki ettiğini açıkça göstermektedir. Bu siklon dip çapının 50 mm olduğunda tutma veriminde fazla bir değişim olmamaktadır fakat siklon dip çapı 68 mm olduğunda verim artmaktadır yalnız siklon dip çapı 120 mm olduğunda tutma verimi düşmektedir. Burada siklon dip çapı arttıkça tutma veriminin azaldığı görülmektedir. Siklona giren toz konsantrasyonunun sabit tutulduğu halde, siklon giriş hızı artırıldığında, basınç kayıpları artmaktadır. Burada girdap dönme sayısının artması basınç kaybının artmasının başlıca sebebinin teşkil etmektedir.

3. Konsantrasyon

Siklona giren partikül miktarı arttığında her üç dip çapa ait siklonda basınç kayıpları farklılık göstermektedir. Bununla beraber dip çapı 50 mm olan deney siklonunda bu ölçüyü 68 mm çıkardığımızda bu kayıpların mertebesi ters olmaktadır bu durumu siklon dip çapının kritik değeri olduğunu göstermektedir dip çapı 120 mm ye çıkardığımızda bu değer tekrar 50 mm dip çap için geçerli olan değerlere yaklaşmaktadır. Bu durum bize dip çap parametresinin kritik bir çapa kadar basınç kayıplarında artış eğilimi göstererek daha sonrada dip çapı 50 mm' lik siklonun basınç kayıplarına yaklaştığını ifade etmektedir.

Siklondan sabit gaz debisi geçerken toz konsantrasyonunun artırılmasıyla basınç kayıplarının ve tutma veriminin azaldığı deneysel olarak saptanmıştır. Burada artan çıkış sıcaklığı çıkış yoğunluğunu ve hızını düşürmekte, böylece basınç kayıplarını azaltmaktadır. Yapılan bu çalışmada siklon kademelerinin hangisinde, giriş parametrelerinin, basınç kayıpları, toz tutma verimleri ve ısı geçişine etkisinin nasıl olacağı deneysel olarak bulmak mümkün olmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] FRITZ, W., KERN, H., "Reinigung Von Abgasen", Vogel Buchverlag, 1992.
- [2] VEDAT, ARI, "Siklonlarda dalma borusu derinliği, giriş hızı, giriş sıcaklığı ve konsantrasyonun değişimi", 1999.
- [3] BOHNET, M. "Influence of the Gas Temperature on the Separation Efficiency of Aerocyclones", Chemical Engineering and Processing, Vol:34, pp.151-156, 1995.
- [4] RAMACHANDRAN, G., RAYNOR, PC., LEITH D., "Collection Efficiency and Pressure Drop for a Rotary Flow Cyclone", Filtration & Separation, Vol:31, pp.631-636, 1994.
- [5] HOFFMANN, AC., DEJONGE, R., ARENDS, H., and HANRATS, C., "Evidence of the Natural Vortex Length and Its Effect on the Separation Efficiency of Gas Cyclones", Filtration & Separation, Vol:32, pp.799-804, 1995.
- [6] KALAFATOĐLU, E., "Siklon Tasarımı ve Sonuđ Raporu", TÜBİTAK MAM GEBZE.
- [7] VEDERNIKOV, VB., "Dust Collecting Efficiency of a Cyclone as a Function of Gas Velocity", Russian Journal of Applied Chemistry, Vol:68, pp.760-762, 1995.
- [8] BOHNET, M., MORWEISER, M., "Modern Design of Aerocyclones", Advanced Powder Technology, Vol:8, pp.137-161, 1997.
- [9] KARPOV, SV., SABUROV, EN., "Optimization of Geometric Parameters for Cyclone Separators", Theoretical Foundations of Chemical Engineering, Vol:32, pp.7-12, 1998.
- [10] ZHU, YF., LEE, KW., "Experimental Study on Small Cyclones Operating at High Flowrates", Vol:30, pp.1303-1315, 1999.
- [11] FRASER, SM., RAZEK, AMA., "Computational and Experimental Investigations in a Cyclone Dust Separator", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part E- Journal of Process Mechanical Engineering,

Vol:211, pp: 247-257, 1997.

- [12] BAKARI, M.I. and HAMDULLAHPUR, F., “ Optimization of the Overall Performance of Cyclone Separators”, Second Trabzon International Energy and the Environment Symposium, pp.501-503, Trabzon, 1998.
- [13] HEUMANN, W.L., ” Cyclone Separators a Family Affair”, Chemical Engineering, Vol:98, pp.118, 1991.
- [14] AMREIN, L.D., ” Tips for Selecting Highly Efficient Cyclones ”, Chemical Engineering, Vol:102, pp.123-128, 1995.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında NİŐDE' nin ULUKIŐLA ilçesinin Aktoprak köyünde dünyaya geldi.
İlk ve orta öğretimini Adana' da tamamladı. 1999 yılında Sakarya Üniversitesi
Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv öğretmenliği kazandı. 2003 yılında mezun
olduktan sonra aynı yıl Sakarya üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine eğitimi
bölümünde Yüksek lisansa başladı.

Halen aynı enstitü bölümünde lisansüstü çalışmalarını devam ettirmektedir.