



Araştırma Makalesi / Research Article
INVESTIGATION OF CIRCULAR JET FLOWS ADDED A CONICAL MATTER

A. Talat İNAN, Mustafa ATMACA*

Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Göztepe-İSTANBUL

Geliş/Received: 04.09.2006 Kabul/Accepted: 23.01.2007

ABSTRACT

In this study, circular and conical jet flow measurements have been performed. To make conical jet flows, it is settled cone to the end of a pipe. Angles of cone are 6 and 12 degree. Jet flow and free air flow are parallel one another. With data obtained from measurements, velocity and turbulence distribution of flow profiles have been showed. In addition, throughout jet axis, velocity variation and diffusion ratio have been presented as graphics.

Experimental studies have been implemented in low-range, suction type, subsonic wind tunnel. The length of the section is 750 mm and its inlet cross-sectional area is 320x320 mm², outlet cross-sectional area is 336x336 mm². Velocity and turbulence measurements have been carried out via hot wire anemometer which used for detail of gas and liquid flow areas and for investigation of velocity profiles and turbulence characteristics.

Keywords: Conical jet, turbulence, hot wire, wind tunnel.

KONİK CİSİM İLAVELİ DAİRESEL JET AKIŞLARININ İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, önce çevre akışlı dairesel jet akış ölçümleri yapılmış daha sonra da dairesel jet akışı için kullanılan borunun çıkışına 6° ve 12°'lik koniler giydirilerek jet akış deneyleri yapılmıştır. Jet akışı ile serbest hava akımı birbirine paraleldir. Yapılan ölçümler sonucu elde edilen verilerle, akış profilinin hız ve türbülans dağılımları gösterilmiştir. Ayrıca hızlar, boyutsuzlaştırılarak boyutsuz hız dağılımları grafiklerle gösterilmiştir. Yine bunlara ilave olarak, jet eksenli boyunca oluşan hız değişimlerinin ve jet yayılma oranları da grafik halinde gösterilmiştir.

DeneySEL çalışmalar, ses altı düşük hızlı, açık çevrimli ve emişli tip olan hava tüneline yapılmıştır. Hava tüneline test bölgesi, 320x320 mm giriş, 336x336 mm çıkış kesatine ve 750 mm uzunluğa sahip olup deneylerin yapılabileceği büyüklüktedir. Hız ve türbülans ölçümleri, akışkanlar mekaniği araştırmalarında, gaz ve sıvıların akış alanlarının, mikro yapılarının detaylandırılması ile hız profilleri ve türbülans karakteristiklerinin incelenmesinde kullanılan kızgın tel anemometresi ile yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Konik jet, türbülans, sıcak tel, rüzgar tüneli.

1. GİRİŞ

Jet akışları, akışın temel yapısının kolaylıkla incelenebileceği temel akış tiplerinden biridir. Motorlardaki silindirde meydana gelen yanmalarda, kimya ve ilaç sanayi gibi birçok endüstriyel

* Sorumlu Yazar/Corresponding Autor: e-mail/e-ileti: matmaca@marmara.edu.tr, tel: (216) 336 57 70 / 315

Investigation of Circular Jet Flows Added a Conical ...

alanlarda uygulamaları vardır. Başlangıçta ortalama basınç ve hızlar üzerine araştırmalar yapılmıştır. İlk dairesel jet akışları üzerine yapılan araştırmaların çoğu da çevredeki akışkana doğru gelişen serbest jet gelişimi ile ilgilidir. Yapılan araştırmalarda, kızgın tel anemometresi kullanılarak zamana bağlı ölçümler yapılmıştır. Son yıllarda da laser kullanarak daha kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır [1].

Kızgın tel anemometre kullanarak bu konuda daha ayrıntılı araştırmaları Corrsin 1946'da [2], Hinze ve Zijnen 1949'da [3] Albertson ve arkadaşları 1950 yılında yapmışlardır [4]. Wygnanski ve Fiedler, 1969 yılında, serbest jet türbülans yapılarının çeşitli görünüşlerini, kızgın tel anemometre kullanarak göstermiştir [5]. Davies, Fisher [6] ve Bradshaw da aynı konu üzerine benzer çalışmalar yapmıştır [7]. Benzer çalışma, Hussein ve George tarafından da yapılmış [8], Taulbee'de LDA (Laser Doppler Anemometry) kullanarak yapılan çalışmayı yenilemiştir.

Türbülans profillerinin ölçümleri, kızgın tel anemometresinin tanınması ile başlar. Dairesel bir serbest jet için, türbülans değerleri, Corrsin [9] ve diğer araştırmacılar tarafından ölçülmüştür. Wygnanski ve Fiedler [5], dairesel serbest jetler için daha gelişmiş ekipmanlar kullanarak benzer ölçümler yaptılar.

Kızgın tel anemometre kullanarak jet akışları ile ölçümler, Smith ve Huges, Perry ve Tani, Biringen ve Mohammed gibi birçok araştırmacılar tarafından da yapılmıştır [10-14].

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

DeneySEL çalışmalar, ses altı düşük hızlı, açık çevrimli ve emişli tip olan hava tüneline yapılmıştır. Hava tüneline test bölgesi, 320x320 mm giriş, 336x336 mm çıkış kesitine ve 750 mm uzunluğa sahip olup deneylerin yapılabileceği büyüklüktedir. Akım yönünde çıkış kesitinde küçük bir genişleme olmasının nedeni, test bölmesi boyunca sınır tabakasından ileri gelecek hataların bir ölçüde önlenmesidir.

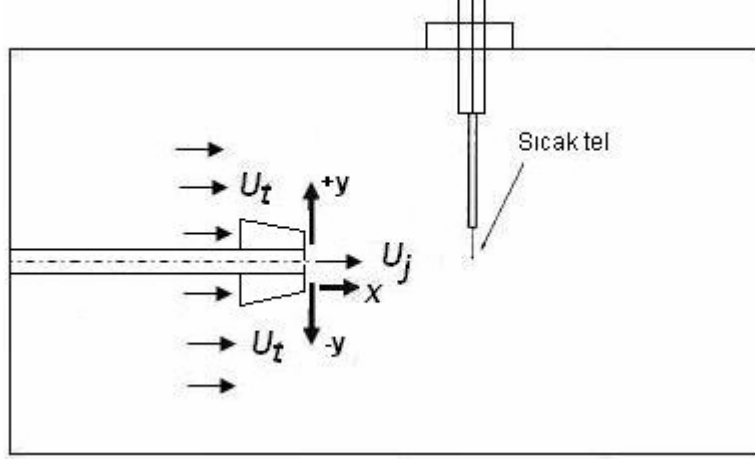
Hız ve türbülans ölçümleri, akışkanlar mekaniği araştırmalarında, gaz ve sıvıların akış alanlarının, mikro yapılarının detaylandırılması ile hız profilleri ve türbülans karakteristiklerinin incelenmesinde kullanılan kızgın tel anemometresi ile yapılmıştır. Yüksek frekanslı türbülanslı hız çalkantılarının ölçümü için kullanılan bu metotla ani hız ölçülür [15]. Sabit sıcaklıklı sıcak tel anemometresinin ölçüm ucu, elektrikle ısıtılan bir telden ibarettir. Akışkan akımı telin soğumasına dolayısıyla direncin azalmasına neden olur. Telin sıcaklığını sabit tutabilmek için gerekli akım ölçülerek hava hızı tayin edilir. Sensör malzemesi platin-tungsten, sensör çapı 5 µm, uzunluğu 1.25 mm ve direnci 3.5 Ω dur. Jet akış ölçümleri için, 1m uzunluğunda ve 8mm çapında çelik boru kullanılmıştır. Daha sonra bu borunun ucuna 21 cm uzunluğunda ve 6° ve 12° eğimi olan konik cisimler giydirilmiştir. Bu boru, rüzgar tüneline giriş ağzından deney odasına kadar uzatılmıştır.

Bu şekilde, deney hazırlıkları oluşturularak Çizelge 1'de gösterilen ölçüm tiplerinde deneyler yapılmıştır.

Çizelge 1. Farklı durumlar için yapılan ölçüm tipleri

Kod	Jet Akışı	Konik Akış	Konik Açısı (derece)	Konum	Jet hızı U _j (m/s)	Tünel hızı U _t (m/s)
A2	Açık	Yok			30	0
D1	Açık	Açık	6	Aynı Hizalı	30	10
D3	Açık	Açık	12	Aynı Hizalı	30	10
D5	Açık	Açık	6	Jet çıkışı, konik çıkışın 2cm gerisinde	30	10
D7	Açık	Açık	12	Jet çıkışı, konik çıkışın 2 cm gerisinde	30	10

Ölçümler için 4 adet ölçüm istasyonu belirlenmiştir. Bunlar; $x/D=0.3$, $x/D=12.5$, $x/D=31.2$ ve $x/D=50$ olmak üzere aksel doğrultuda hem üst akış bölgesinde, hem de alt akış bölgesinde ölçümler yapılmıştır. Deneyler, jet akışının maksimum hızı 30 m/s'de iken tünel hızlarının 10 m/s olduğu durumda yapılmıştır. Şekil 1'de deney odasının önden görünüşü gösterilmiştir.

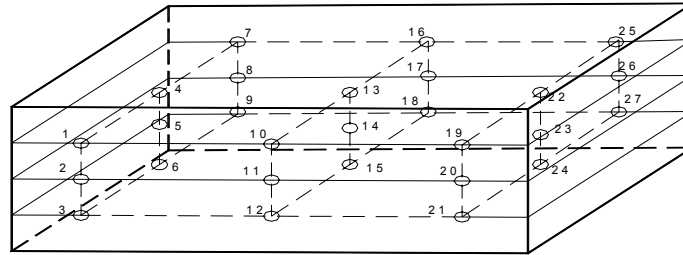


Şekil 1. Deney odasının şematik olarak önden görünüşü

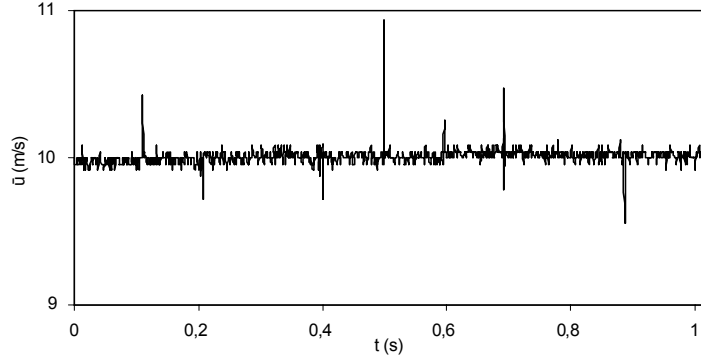
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Hava tünelinin dizaynında yapılacak herhangi bir hata deney odasındaki akımın istenen özellikte olmasını engellemektedir. Dizayn edilen hava tünelinde istenen akım koşullarının sağlanıp sağlanmadığını bilmesi gerektiğinden hava tünelinin deney odasındaki akım üniformluğunun tespit edilmesi gerekmektedir.

Hava tünelinde, deneye başlamadan önce akım karakteristiklerinin tespit edilmesi amacıyla deney odasında üç farklı düzlemde ve 27 noktada hız taraması yapılmıştır. Sonra sırayla deney odasına 10, 20 ve 30 m/s hızlarında hava akışı sağlanarak ölçümler yapılmıştır. Deney odasından alınan noktasal ölçüm yerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Ölçümler 1. noktadan itibaren sırasıyla 27. noktaya kadar alınmıştır. 10 m/s ortalama hızda elde edilen hız değişimleri, Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Deney odası hız taraması yapılan düzlemlerdeki ölçüm alınan noktalar



Şekil 3. 10 m/s ortalama hızda, 14.noktadaki hız çalkantıları

Yapılan ölçümlerde deney odasının türbülans yoğunlukları, hiç akım verilmediği durumlarda %0.5, 10 m/s ortalama hızda %0.6, 20 m/s ortalama hızda %0.7, 30 m/s ortalama hızda %0.4 olarak bulunmuştur. Bu ölçümler, tüneldeki akım karakteristiklerinin uygun olduğunu ve deneysel çalışmalar için yeterli hassasiyette olduğunu göstermektedir.

Burada, tünel hızı 10 (m/s) olduğunda farklı konum ve farklı eğimdeki konik ilaveler, jet akışı için kullanılan borunun çıkışına aynı eksenli olarak yerleştirildi. Jet için kullanılan boru ile konik ilave çıkışının aynı hizalı ve borunun çıkışı, konik ilave çıkışının 2 cm gerisine yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Jet akışını temin için ikinci bir fan sisteminden ve kompresörden yararlanılmıştır. Jet akışı için kullanılan boru, tünelin giriş ağzından deney odasına daldırılmış ve meydana gelebilecek titreşim nedeniyle, akışın bozulmaması için çok ince bir tel ile bağlanan boru, akışı bozmayacak bir şekilde deney odasının duvarına tutturulmuştur.

Tünelde akış verilmediği durumda boyutsuz hız dağılımlarını yaparken hızın boyutsuzlaştırılması, belirli bir istasyonda aksel doğrultudaki ortalama hızların (\bar{u}), jet aksindeki maksimum ortalama hız olan U_{max} 'e bölünmesi ile elde edilmiştir.

Tünelde akış olduğu durumlarda ise hızın boyutsuzlaştırılması, aksel doğrultuda herhangi bir noktadaki hız en düşük hızdan çıkartılıp en yüksek hız ile en düşük hızın farkına bölünerek elde edilmiştir. Jet ağzından itibaren ölçülen x mesafesi, jet çapı ile boyutsuzlaştırılmıştır. Her istasyondaki radyal mesafe ise, jet yarı kalınlığı ile boyutsuzlaştırılmıştır.

Jet çıkış hızının 30 (m/s) olduğu ve tünel hızının 10 (m/s) olduğu durumda yapılan ölçümlerdeki aksel hızları, jet yarı kalınlığı (b), içteki borunun çapına göre ve jet yarı kalınlığına göre hesaplanan Reynolds sayıları Çizelge 2 ve 3'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. A2,D1 ve D3 tiplerinde yapılan ölçümlerdeki aksel hızları, jet yarı kalınlıkları ve Reynolds sayıları

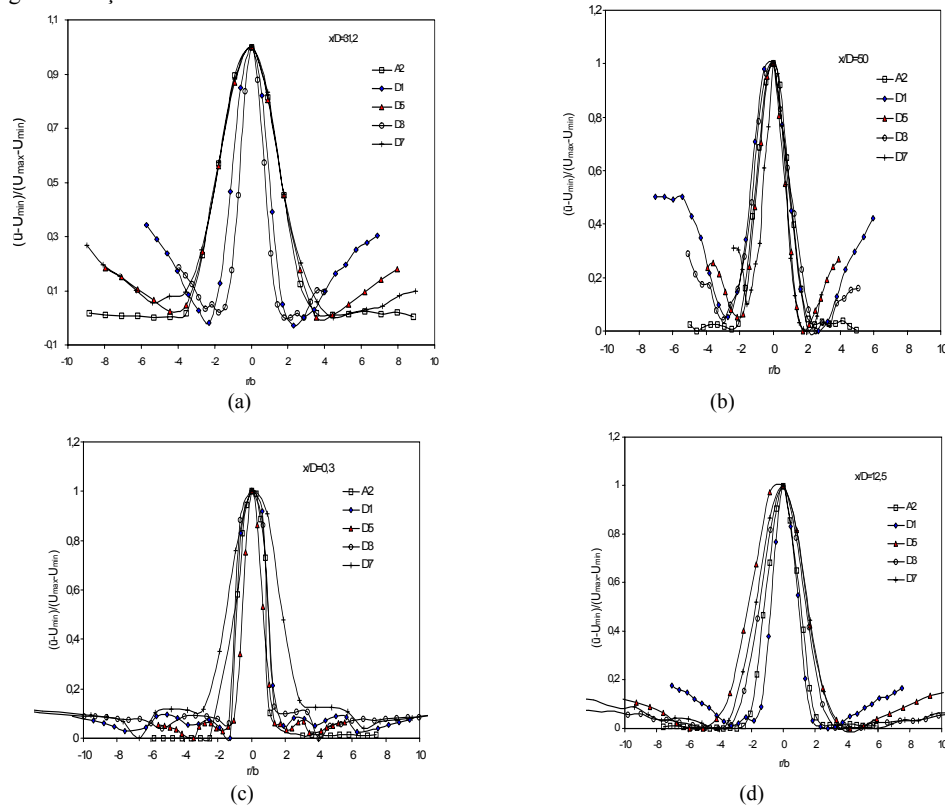
A2					D1				D3			
x/D	U_c (m/s)	b (m)	Re_D	Re_b	U_c (m/s)	b (m)	Re_D	Re_b	U_c (m/s)	b (m)	Re_D	Re_b
0,3	30,04	0,00362	15305	6843	29,44	0,003188	14821	5891	30,04	0,00301	15275	5747
12,5	19,65	0,00476	9897	5894	19,09	0,00642	9613	7710	19,14	0,0061	9637	7359
31,2	14,65	0,00564	7378	5208	14,16	0,00873	7130	7778	12,92	0,01389	6508	11300
50	12,97	0,01204	6532	9832	12,29	0,00924	6191	7152	11,15	0,0118	5835	8289

Çizelge 3. D3,D5 ve D7 tiplerinde yapılan ölçümlerdeki eksen hızları, jet yarı kalınlıkları ve Reynolds sayıları

x/D	D5				D7			
	U_c (m/s)	b (m)	Re_D	Re_b	U_c (m/s)	b (m)	Re_D	Re_b
0.3	29.63	0.006	14917	10796	30.47	0.0021	15340	4007
12.5	15.52	0.004	7815	3478	19.13	0.0035	10031	4225
31.2	13.09	0.006	6591	4663	13.24	0.0056	6663	4842
50	11.44	0.014	5757	10075	11.74	0.0191	5909	14127

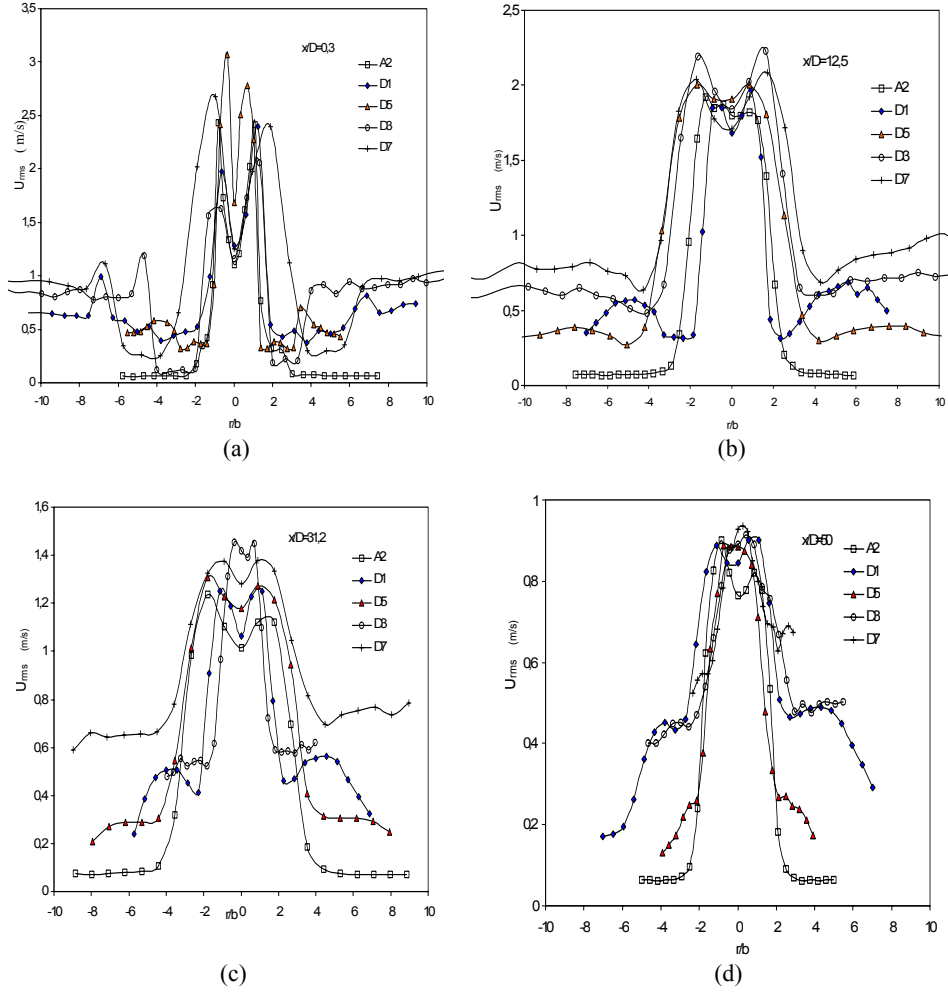
Tünel hızı 10 (m/s), Jet akışı için kullanılan boru çapına göre hesaplanan Reynolds sayısı, Re_D , eksen hızının düşüşüne orantılı bir şekilde düştüğü görülmüştür. Tünel hızı 10 (m/s) olduğunda $x/D=31.2$ 'de jet yarı kalınlığının artmasına rağmen eksen hızı düşük çıktığından, Re_b bu istasyonda da düşük çıkmıştır

Ölçümlerle elde edilen verilerle, boyutsuz hız dağılımları (şekil 4), U_{rms} (Şekil 5) ve ortalama hız dağılımları (şekil 6) tespit edilmiştir. Farklılıkları daha iyi görebilmek ve daha kolay analiz edebilmek için, farklı tipte aynı istasyonda yapılan ölçümler yine aynı grafikte birlikte gösterilmiştir.



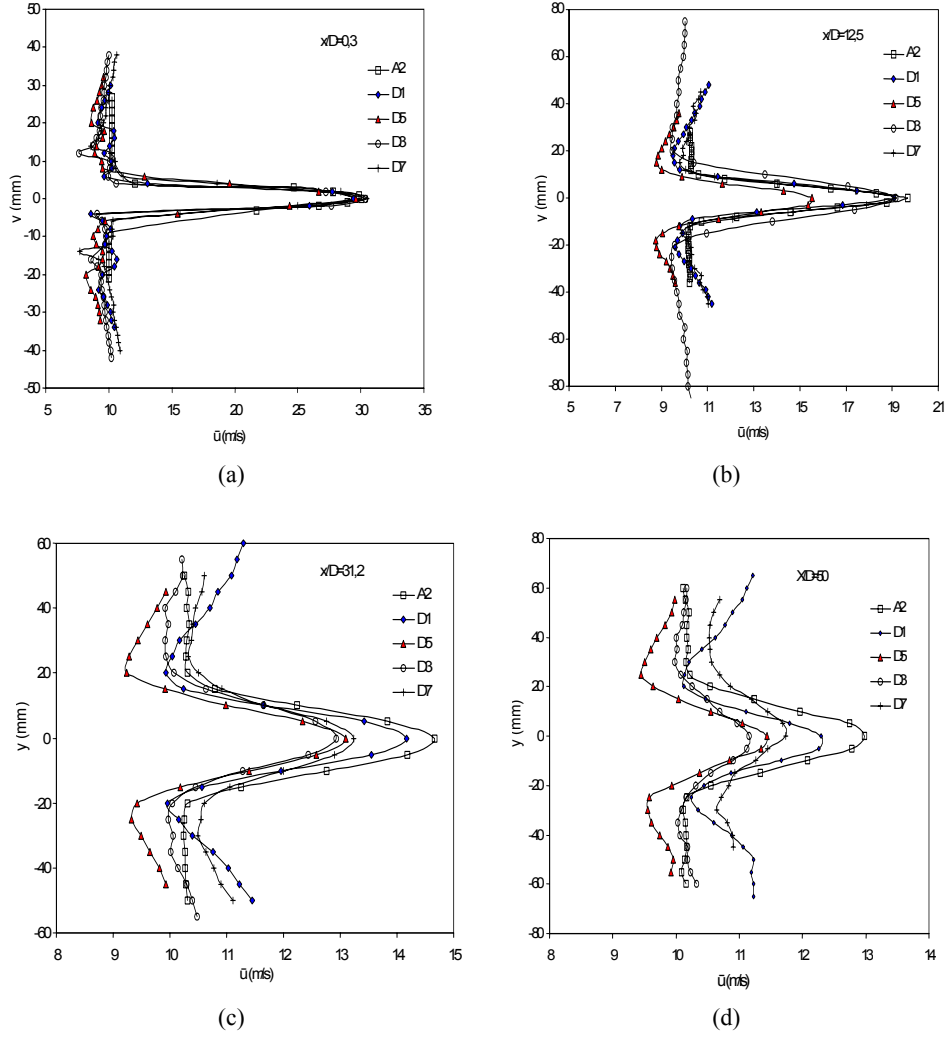
Şekil 4. Tünel hızı 10 (m/s) olduğunda, dairesel jet akışı ile farklı konum ve açılardaki konik ilavelerin akışa açık durumundaki boyutsuz hız dağılımları: (a) $x/D=0.3$, (b) $x/D=12.5$, (c) $x/D=31.2$, (d) $x/D=50$

Investigation of Circular Jet Flows Added a Conical ...



Şekil 5. Tünel hızı 10 (m/s) olduğunda, dairesel jet akışı ile farklı konum ve açılardaki konik ilavelerin akışa açık durumundaki U_{rms} dağılımları: (a) $x/D=0.3$, (b) $x/D=12.5$, (c) $x/D=31.2$, (d) $x/D=50$

Şekil 4 'de gösterilen ölçümler, konik ilavenin olmadığı A2 tipi, konik ilavelerin giydirildiği 6° eğimi olan ve konik çıkışı ile jet çıkışının aynı hizalı olduğu D1 ile jet çıkışının konik çıkışının 2 cm gerisine yerleştirildiği D5 tipleridir. Yine 12° eğimi olan ve konik çıkışı ile jet çıkışının aynı hizalı olduğu D3 ile jet çıkışının, konik çıkışın 2 cm gerisine yerleştirildiği D7 tipleridir.



Şekil 6. Tünel hızı 10 (m/s) olduğunda, dairesel jet akışı ile farklı konum ve açılardaki konik ilavelerin akışa açık durumundaki ortalama hız dağılımları: (a) $x/D=0.3$, (b) $x/D=12.5$, (c) $x/D=31.2$, (d) $x/D=50$

Şekil 4. (a)'da, $x/D=0.3$ istasyonunda jet akışı için kullanılan borunun, koninin çıkışının 2 cm gerisine yerleştirildiği durumlar hariç konik ilavelerin içteki jet yayılmasını daralttığı görülmüştür. Bu istasyonda, konik ilavelerin çıkışındaki hızların çevre akış hızından daha yüksek olduğu görülmüştür. Konik ilavelerin eğimine konumuna bağlı olarak çevre akış hızından daha yüksek hızların olduğu ölçümler sırasıyla, D7, D3, D1 ve D5 tipleridir. Reynolds sayıları da çizelge 2 ve 3'de görüldüğü gibi aynı sıraya göre artmaktadır. Şekil 5 (a)'da ise U_{rms} dağılımları gösterilmiştir. Jet eksenindeki en yüksek türbülans değerleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla, D3, D5, D1, D7 ve A2 tipleridir.

Şekil 4. (b)' de görüldüğü gibi, $x/D=12.5$ istasyonunda, konik ilaveler, yalnızca D1 tipinde baskı uygulmuş ve jet akış profilini daraltmıştır. Diğer akış tiplerinde ise konik ilave kullanılmadan yapılan ölçümlere göre oluşturulan akış profillerinden daha geniş yapıda akış profili oluşturmuşlardır. En geniş akış profili D5 tipinde olup sırasıyla D7 ve D3 tiplerinde oluşmuştur. İlk istasyonda konik etki çevre hızından daha fazla hız ürettiyse de bu istasyonda konik etki, jet akış hızının azalmasına neden olmaktadır. Şekil 6 (b)'de gösterildiği gibi en yüksek eksen hızı konik ilave olmadan ölçümü yapılan A2 tipinde oluşmuştur. En düşük eksen hızı ise D5 tipinde olmuştur. Bu istasyonda yapılan ölçümlerdeki U_{rms} dağılımları, Şekil 5 (b)'de gösterilmektedir. Jet eksenindeki en yüksek türbülans değeri D5 tipinde görülmüş ve sırasıyla, D3, A2,D7 ve D1 tiplerine doğru azaldığı tespit edilmiştir. Konik ilavenin yüzeyinde konik yapı nedeniyle oluşan türbülans değeri, konik ilave olmadan yapılan ölçüme göre koninin konum ve eğimine bağlı olarak daha yüksek çıkmıştır. Konik yüzeyden uzaklaştıkça en yüksek türbülans değeri D7 tipinde gözlenmiş ve sırasıyla D3, D1 ve D5 tiplerine doğru azaldığı görülmüştür.

$x/D=31.2$ istasyonu için boyutsuz hız dağılımı, Şekil 4 (c)'de, U_{rms} dağılımı, şekil 5 (c)'de ve ortalama hız dağılımı şekil 6 (c)'de gösterilmiştir. Konik ilavenin konumundan dolayı D1 tipinde içteki jet yayılma genişliğine baskı devam etmiş ve jet akış profilini daraltmıştır. Aynı hizalı olmayan yani jet akışı için kullanılan borunun konik ilavenin 2 cm gerisine yerleştirildiği durumda ise u istasyonda baskı görülmemiş ve jet yayılmasına etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Konik yapının eğimine bağlı olarak konik yüzeye yaklaştıkça hız düşmekte buna karşılık yüzeyden uzaklaştıkça çevre hızına doğru yaklaştığı gözlenmiştir. Bu istasyonda yapılan ölçümlerde, jet eksenindeki en yüksek hız, A2 tipinde görülmüş ve sırasıyla D1,D7,D5 ve D3 tipine doğru hızın düştüğü görülmüştür. Bunun nedeni ise konik yapının eğiminden kaynaklanan çevre hız düşümünün kayma gerilmesini arttırdığı ve başlangıçta konik akış profilinin içteki jet akışına baskı uygulamasındandır. Bu istasyonda yapılan ölçümlerde, eksenlerde bulunan Reynolds sayısı ise çizelge 2 ve 3'de görülmektedir. Yine bu istasyonda yapılan ölçümlerde türbülans dağılımlarında en yüksek türbülans jet yarı kalınlıklarındadır. U_{rms} dağılımlarında görüldüğü gibi eksenindeki en düşük türbülans sırasıyla A2,D1,D5,D7 ve D3 tiplerinde olmuştur.

$x/D=50$ istasyonunda, boyutsuz hız dağılımı, şekil V.9 (b)'de, U_{rms} dağılımı, şekil 5 (d)'de ve ortalama hız dağılımı ise şekil 6 (d)'de gösterilmiştir. D5 ve D7 tiplerinin yayılma genişliğinin konumu nedeniyle diğer tiplere nazaran daha az olduğu görülmektedir. Bu istasyonda yapılan ölçümlerde ölçüm tiplerinin çevre akışı ile olan ilişkisi de koniklik açılara bağlı olarak konik yüzeye yaklaştıkça hızın düştüğü ve konik yüzeyden uzaklaştıkça çevre hızına yaklaştığı görülmektedir. Akış profillerinin de eksenindeki hız düşümüne göre genişlediği görülmüştür. Eksendeki hızın diğer istasyondaki eksen hızlarından düşük olması nedeniyle de Reynolds sayıları (Jet için kullanılan boru çapına göre hesaplanan), bütün tiplerde doğrusal olarak daha düşük çıkmaktadır. U_{rms} dağılımlarında ise jet etkisinin azalması nedeniyle A2 tipinin dışındaki bütün tiplerde türbülans değerlerinin birbirine yakın değerler olduğu görülmektedir.

Eksendeki türbülansların yarı kalınlıklara göre daha düşük olduğu ve jet sınırlarının dışında ise en düşük seviyede olduğu görülmektedir

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada önce dairesel jet akış deneyleri daha sonra konik ilaveli jet deneyleri yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

$x/D= 0.3$ istasyonunda aynı hizalı konumda konik ilaveler, içteki jet akış yapısına baskı uygulmuş fakat jet çıkışının, konik ilave çıkışının 2 cm gerisine yerleştirildiği durumda baskı yapmadığı ve jet yayılma genişliğini daraltmadığı görülmüştür. Ayrıca bu istasyonda, çekirdek bölgesinde konik ilaveler, çevre akış hızından daha yüksek hız temin etmiştir.

$x/D=12.5$ istasyonunda konik ilave yalnızca D1 tipinde baskısını devam ettirmiş ve akış profilini daraltmıştır. Diğer tiplerde ise baskının kalktığı hatta konik ilave kullanılmadan yapılan ölçümlere göre akış profillerinin daha geniş yapıda olduğu görülmüştür. En geniş akış profilini

D5 tipi oluşturmuştur. Sırasıyla D7 ve D3 tiplerinde akış profillerinin D5'e göre daha dar olduğu görülmüştür. Bu istasyonda eksenindeki en yüksek türbülans değerini, D5 tipinde çıkmıştır. Diğer tiplerde, sırasıyla D3, D7 ve D1 tiplerine doğru türbülans değerleri D5'e göre azalmıştır. Konik ilave yüzeylerinde en yüksek türbülans değerleri, koniklik açığına bağlı olarak en yüksek D7 tipinde görülmüş ve D3, D1 ve D5 tiplerine doğru azalmıştır.

$x/D= 31.2$ istasyonunda, D1 tipindeki ölçümlerde baskının devam ettiği görülmüştür. Bu istasyonda jet eksenindeki en yüksek hız, konik ilave kullanılmadan yapılan A2 tipinde görülmüş, sırasıyla D1, D7, D5 ve D3'e doğru hızın düştüğü görülmüştür. Eksendeki en düşük türbülans değeri A2 tipinde görülmüş ve hız düşümündeki sıraya göre türbülans değerleri artmıştır.

$x/D= 50$ istasyonunda D5 ve D7 tiplerinde yayılma genişliği diğer tiplere nazaran daha az olmuştur. Bu istasyonda eksenindeki hız düşümüne bağlı olarak akış profillerinin genişlediği de görülmektedir.

SEMBOLLER

b	: Jet yarı kalınlığı (m)
D	: Jet çıkış ağzı çapı (m)
Re_b	: Jet yarı kalınlığına göre hesaplanan Reynolds sayısı
Re_D	: Boru çapına göre hesaplanan Reynolds sayısı
\bar{u}	: Ortalama hız (m/s)
U_e	: Jet eksen hızı (m/s)
U_j	: Jet çıkış hızı (m/s)
U_{max}	: Radyal doğrultudaki maksimum hız (m/s)
U_{min}	: Radyal doğrultudaki minimum hız (m/s)
u_{rms}	: Çalkantı hızının mutlak değeri (m/s)
U_t	: Tünel akış hızı (m/s)
x	: Jet ağzından itibaren ölçülen mesafe (m.)

KAYNAKLAR

- [1] İnan, A.T., “Çok Amaçlı Düşük Hız-Subsonic Hava Tüneli Dizaynı ve Türbülans Ölçümleri”, Doktora tezi, İstanbul, 2002.
- [2] Corrsin, S.: “Investigation of Flow in an Axially Symetric Heated Jet of Air, N.A.C.A., Wartime Report, W-94,1946.
- [3] Hizne, J.O.; Zijen, V.H.; B. E.: “Trasfer of Heat and Matter in The Turbulent Mixing Zone of an Axially Symetric Jet”, Appl. Sci Res., Section A, Vol. 1, 435-461, 1949.
- [4] Albertson, M.L.; Jensen, Y.B.; Roose, H.: “Diffusion of Submerged Jest”, Pro.Am.Soc.Civil Eng. , Vol. 38, 577-612, 1950.
- [5] Wygnanski, I.; Fiedler, H.: “Some Measurements in the Self-Preserving Jet” , J. Fuild Mech., Vol. 38, 577 – 612. 1969.
- [6] Davies, P. O.; Fisher, M.S.: “Heat Transfer From Electrically Heated cylinders” , Proc. Roy. Soc. A 280 , 468 – 476, 1964.
- [7] Bradshaw, P.; , ”Experimental fluid mechanics” , pergamon Press. 1964.
- [8] Hussein, H.J.; George, W. K.: “Measurement of Small Scale Turbulence in an Axisymmetric Jet Ussing Moving Hot – Wires” , Proc. Seventh. Symp. On Turbulent Shear Flow. Stanford University, 7 – 30, Feb. 1989.
- [9] Corrsin , S.: “Further Experments on te Flow and Heat Transfer in a Heated Turbulent Air Jet” , NACA Wartime , Report W – 94, 1942.
- [10] Smith, D. J.: “Turbulence Measremens in a Jet in Co – Flowing Free Stream” , MSc. Thesis, Univ. Of Manchester. U. K. 1975.

Investigation of Circular Jet Flows Added a Conical ...

- [11] Smith, D. J.; Hughes, T.: "Some Measurements in a turbulent circular Jet in the presence of a Co – Flowing Free Stream", *Aeronautical Quarterly*, Vol. xxviii, p.185, 1977.
- [12] Perry, A. E.; Tan, D. K. M.: "Simple three – Dimensional Vortex Motions in Co – Flowing Jet and Wakes", *J. Fluid Mech.*, Vol. 141,197 – 231, 1984.
- [13] Biringen, S.: "An Experimental Investigation of a Turbulent Round Jet in a Co – Flowing Airstreams", Winter Annual Meeting, California – December 7 – 12, 1986.
- [14] Mohamed, M. S.: "Experimental and Theoretical Investigations of Turbulent Jets in Co – Flowing streams", Ph. D. Thesis, Dept. of Mect. Eng., London University, U. K. 1987.
- [15] Yavuzkurt, S.; Atashie, S.; Tayfun, A.: "Hot – Wire Anemometry, A Method for the Measurement of High Frequency Turbulent Temperature Fluctuations" , Pennsylvania State University. USA 1999.

Pdf Source: [Sigma](#)