

Püskürtülen Huzmede Damlacık Boyutları ve Yakıt-Hava Oranının Ölçülmesi

Yazan : C. E. POLYMEROPOULOS
V. SERNOS

Tercüme : A. Yücel UYAREL *
Combustion and Flame 29, 123 - 131 (1977)

Sürekli bir akış içerisinde püskürtülen gazyağı (kerozen) huzmesinde, damlacık çap dağılımı ve kütleli yakıt-hava karışım oranlarının tayini için Holografi tekniği kullanılmıştır. Yakıt-hava oranının Holografik ölçümü, doğrudan yakıt ve hava oranı ölçmeleriyle iyi bir uygunluk içerisinde olmuştur. Logaritmik dağılım fonksiyonu üst limiti, damlacık çapı değerlerinin uygun bir bağıntısı olarak elde edilmiştir.

GİRİŞ

Püskürtmede parçacık boyutları dağılımının bilinmesi, birçok mühendislik problemlerinde büyük önemi haizdir. Damla boyutunu bilmek önemli olurken; dağılmış faz kütlelerinin, püskürtmedeki sürekli faz külesine oranını bilmek de mühimdir. Sıvı yakıt yanması çalışmaları için (mevcut çalışma ona yöneltilmiştir) huzmedeki yakıt-hava oranı dağılımı kadar damlacığın boyut dağılımının bilinmesi de bir yakıcı performansı çalışması için önemlidir.

Püskürtmede parçacık boyutları ölçümü için uygun bir metod olan, Holografi Tekniği, (1, 2), geniş derinlikte bir saha avantajı temin eder ve bir Holograma kaydedilmesi için geniş bir püskürtme hacmini kabul eder. Sonra, daha geniş analizler için bilgiler yeniden biraraya getirilir. Bir Hologram böylece, huzmedeki parçacık boyutu dağılımı ile birlikte yakıt hava oranını da ölçmeye imkan verir.

Bu makale, bir laboratuvar püskürtme generatörü tarafından üretilen Kerozen-hava püskürtmelerini kullanarak yaptığımız ölçüm çalış-

* Asis. Yük. Müh. S.D.M.M. Akademisi Adapazarı.

malarımızı belirtmektedir. Deneyler yanma olmaksızın yapılmış ve yanma odası çalışmalarında umumiyetle karşılaşılan Sauter ortalama çaplarıyla stokiometrik püskürtmeler civarında yakıt kullanılmıştır. Püskürtme memesinden aşağı doğru olan akış alanının yanma odasında karşılaşılan şartlara benzetilmesi kararlaştırılmıştır. Netice olarak, deneysel sonuçlarımızla, yakıcı dizaynı için uygun veriler elde etmekten ziyade, deneysel tekniğin kullanımı ve geçerliliğini göstermeye niyet edilmiştir. Deneysel aparatlar kullanarak elde edilen ilk sonuçlar Ref. 4'de kaydedildi. Bu makale ile daha önceki çalışma değerleri ve tartışması daha geliştirilmiştir.

DENEYSEL APARATLAR

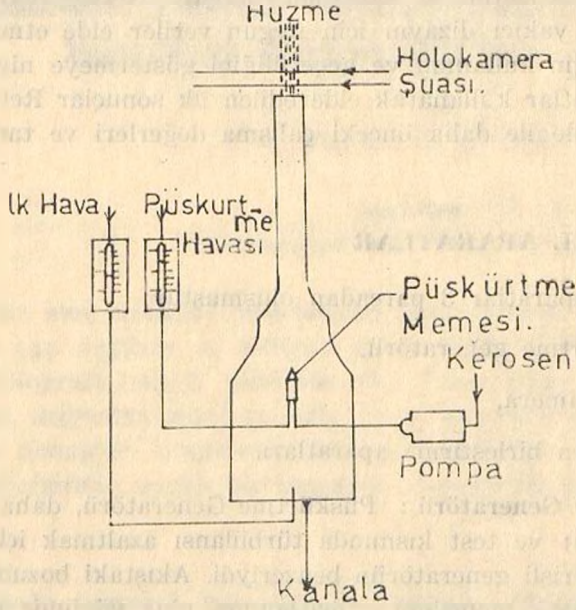
Deneysel aparatlar 3 parçadan oluşmuştur;

- a) püskürtme generatörü,
- b) Holokamera,
- c) Yeniden birleştirme aparatları.

Püskürtme Generatörü : Püskürtme Generatörü, daha önce de kullanılan (Ref. 5) ve test kısmında türbülansı azaltmak için düzeltilmiş, sıvı ve hava girişli generatörün benzeriydi. Akıştaki bozulmaları düzeltmek için yakınsak memelere irtibatlanmış, akış yönünde gittikçe daralan çaplı 3 bölmeden meydana gelmiştir (düşey bölme). Sondaki en küçük çaplı tüp, 41 cm. uzunluk ve 19.5 cm. lik çapa sahiptir. Püskürtme generatörünün toplam yüksekliği 65 cm. dir ve test bölgesinde istenen küçük türbülanslı akış ile damlacıkların tutulması için gereken kafi aerodinamik direnç arasında uygunluk sağlayacak durumdadır. İlk hava beslemesi, rotometre kullanarak ölçüldü ve sonra püskürtme memesine gönderilen havayı ölçmek için 35 kHz. de çalışan ultrasonik (sesüstü) bir rotometre kullanıldı. 19,5 mm. iç çapındaki tüp çıkışında hava sıcaklığını 38°C lik bir maksimumda tutabilecek şekilde, püskürtme ve ilk hava sıcaklıklarını ayarlayabilmek için, su banyolu bir ısı eşanjörü kullanıldı.

21°C lik oda sıcaklığında yakıt girişiyle yüksek hava sıcaklığında deneyler yapılabilir. Yakıt, değişken akış hızlı bir döner (rotary) pompadan memeye gönderildi. Sonra, damlacık boyut dağılımı gibi, yakıt - hava oranı ve ilk hava ile püskürtme havası hızları pompa çıkış basıncını ayarlayarak tanzim edildi. Ortalama yakıt - hava kütle oranı roto-

metre okumalarından ve tüp çıkışında bir kap kullanarak (plastik) toplanan karışımın ölçülmesinden hesaplandı. Sabit yakıt ve hava beslemesi şartlarında püskürtme dağılımı ve yakıt hava oranı dağılımlarını elde etmek için kerosen ve havanın akış hızları müstakilen ayarlanabildi. Or-



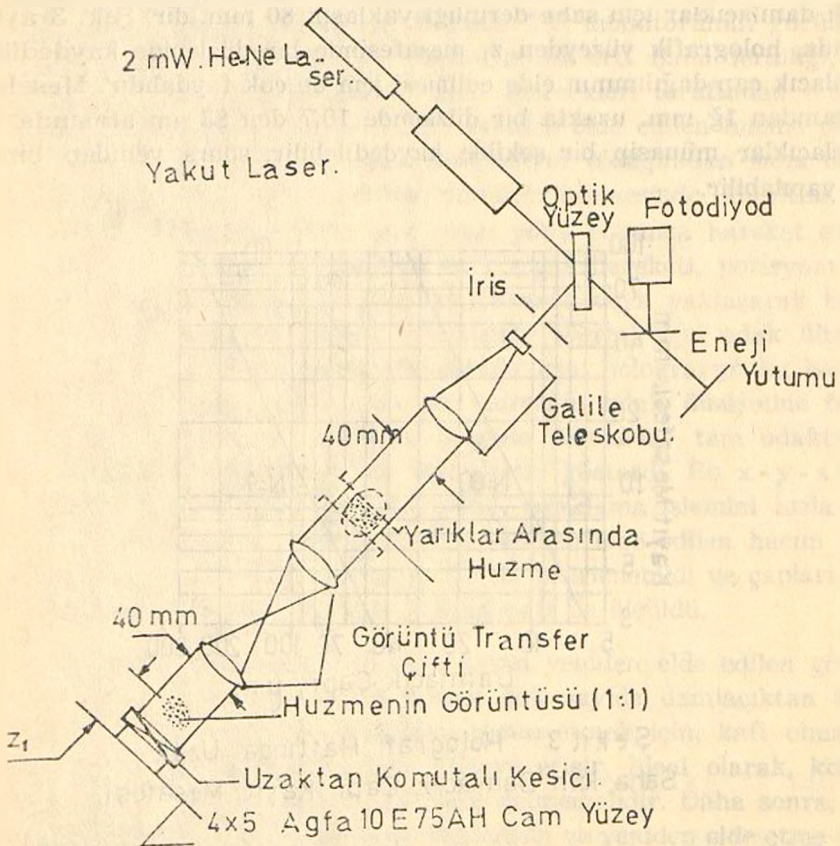
Şekil.1 Püskürtme Generatörü
Şemantik Diyagramı.

talama hızın tüp yarıçapı boyunca dağılımı ve bölmelerdeki hız değişimleri sıcak tel anemometresiyle ölçüldü. Tüp çapına göre akış Re sayısı ortalama 2200, holografik ölçümlerin yapıldığı bölgede türbülans % 5 dolayındaydı. Türbülans, püskürtme memesi içinden akan hava ile karşılaşan püskürtme jeti kararsızlığı (instabilitesi) sebebiyle meydana geldi.

Holokamera : Kullanılan holografik kayıt sistemi şematik olarak Şekil 2 de gösteriliyor. Bu sistem, holografik kalitede ve n. saniyede 1 mm. kalınlığında 20 ışık şoku (titreşimi) üreten Q - anahtar yakut laser'den oluşmuştur. Yakut laser, 20 mW lık bir He - Ne laseri tarafından ayar edildi. Işığın çıkış enerjisi, yalnız bir optik yüzeyde ön yüzey yansımaya ışığı kullanarak indirgendi. Optik yüzeyden ön yüzey yansımaları, bir Galilei teleskopu tarafından 40 mm. çaplı bir paralel şüaya dönüş-

türüldü. Bu şua hüzmeden geçirildi ve huzme içindeki damlacıklar tarafından kırılmaya uğradı. Huzme çapı yaklaşık 20 mm. olduğundan, her hologram bütün hüzme genişliğini kopye etti. Bire - bir bir büyüme ile huzmenin görüntüsünü tekrar elde etmek için 250 mm. odak uzaklıklı bir çift mercek huzmenin arkasına yerleştirildi, (3). Film, istenen ve teklif edilen saha derinliği için, lüzumlu olduğu kadar huzme görüntüsüne yakın olarak yerleştirilebildi.

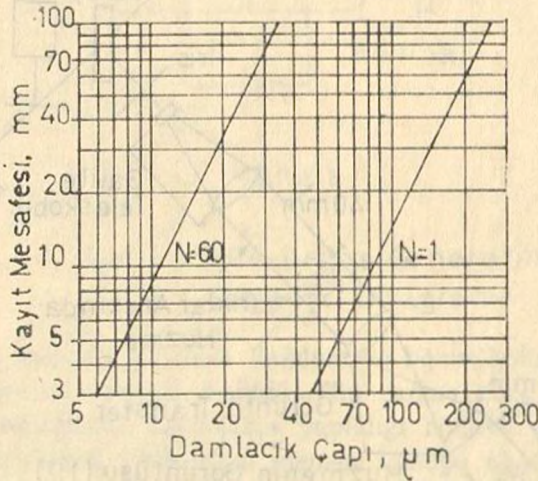
Kullanılan film, Agfa 10E75AH 4×5 in. fotoğraf camı formatındaydı.



Şekil.2 Holokameranın Şematik Diyagramı.

Holografi tekniği akışı, ön dalganın damlacığın 'uzak bölgesi'nde kaydedilmesini gerektirir. Thomson Ref. 1 de deneysel olarak gösterdi

ki; hologram kaydedilmekte olan damlacıktan 1 ile 50 saha uzaklık sayısı arasında yerleştirilmelidir. Bir N saha uzaklık numarası, $\lambda z_1/D^2$ olarak tanımlanır. Burada λ ışığın dalga boyu, z_1 Şek. 2 de gösterilen kayıt numrası, D de damlacık çapıdır. 1 ile 60 saha uzaklık sayısı için kayıt mesafelerinin müsaade edilebilen sayıları Şek. 3 de gösteriliyor. Şek. 3 de iki eğik çizgi arasındaki düşey mesafe, apsis üzerinde işaretlenen çapta bir damla için z_1 in müsaade edilebilen dağılımını temsil ediyor. Bu düşey mesafe zorunlu olarak, o çapta müsaade edilebilen damlacık saha derinliğidir. Şu hususa dikkat etmek önemlidir ki; bu saha derinliği, konvansiyonel optik merceklerle elde edilenden çok daha büyüktür. Mesela; $30 \mu\text{m}$ çaplı damlacıklar için saha derinliği yaklaşık 80 mm. dir. Şek. 3 aynı zamanda, holografik yüzeyden z_1 mesafesinde bir düzlemde kaydedilebilen damlacık çap dağılımının elde edilmesi için de çok faydalıdır. Mesela; hologramdan 1ğ mm. uzakta bir düzlemde 10,7 den 83 μm arasında bütün damlacıklar münasip bir şekilde kaydedilebilir, sonra yeniden birleştirme yapılabilir.



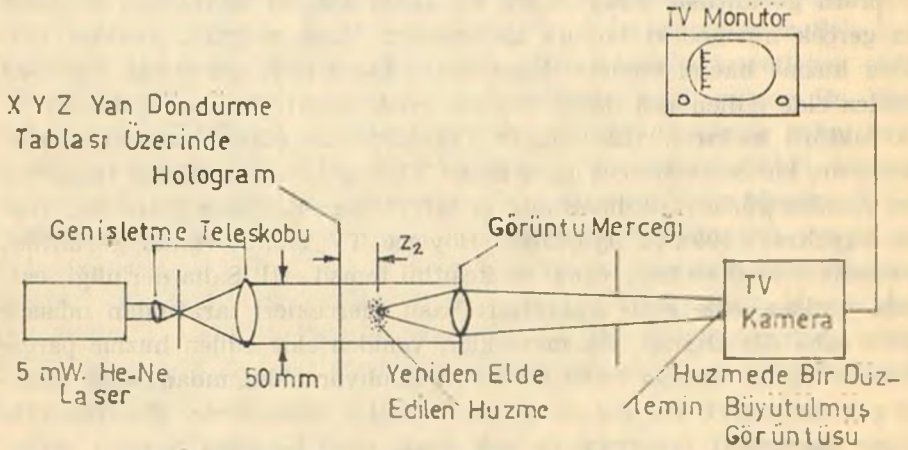
Şekil 3 Holografî Hattında Uzak Saha İçin Damlacık Çapı Kayıt Mesafesi.

Yeniden Birleştirme Aparatları : Yeniden elde etme optik sistemi Şek. 4 te gösteriliyor. Bir 5 mW He - Ne laser şuaşı, bir genişletme teleskopu tarafından 50 mm. lik bir paralel şuaşa dönüştürüldü. Hologram 4×5 in. fotoğraf camı bir x - y - z hassas tablosu üzerine yerleştirildi ve bu paralel ışık şuaşı içine koyuldu. Böylece, hologramın arkasında z_2 me-

safesinde huzmenin yeniden gerçek görüntüsü elde edildi. Burada $z_2 = (\lambda_1/\lambda_2)z_1$ ve sırasıyla λ_1 ve λ_2 kaydedilen ve yeniden elde edilen ışığın dalga boylarıdır. Yeniden elde edilen hacim içinde bütün parçacıkların profil görüntüsü, yana doğru bir skala (ölçek) büyütmesi olmadığı için gerçek huzmedeki boyutu ile aynıdır. Buna rağmen, yeniden elde edilen huzme hacmi boyuna doğrultuda, kaydedilen ışık dalga boyunun yeniden elde edilen ışık dalga boyuna oranı kadar, yani λ_1/λ_2 lik bir ölçek faktörü kadar büyütülmüştür. Yeniden elde edilen huzmedeki parçacıkların, bir basit mercekle tarafından TV kamerasının vidicon tüpü üzerine yeniden görüntüsü düşürüldü ve bir TV monitöründe gösterildi. Toplam büyütme '400x'ya ayarlandı. Böylece TV monitörünün görüntüsü huzmenin 1.0×0.89 mm. yanal en kesitini temsil etti. Saha derinliği, esasında yeniden elde etme aparatları basit mercekleri tarafından müsaade edilen saha derinliğidir. Bu mercekler, yeniden elde edilen huzme parçacıklarını büyük oranda büyütmede kullanılıyor olduğundan saha derinliği çok üstünlüğü idi. Bir damlacık, monitör bölmesinde, düzeltme tablosunu üzerindeki hologram ile ışık şua'sı yönü boyunca hareket ettirecek odak içine getirildi. Hologramın bu boyuna hareketi, pozisyonu sabit tutulan görüntü merceklerinden uzaklaşarak veya yaklaşarak bütün yeniden elde edilen hacim içinde sonuçlandı. Mercek için odak düzlemi merceğin önünde sabit bir mesafede olduğu için, hologramın bu boyuna hareketi, yeniden elde edilen hacimde merceğin odak düzlemine farklı yanal yüzeyler getirdi. Ve monitör bölgede (ekranda) tam odakta bu yanal düzlemlerin 1×0.89 mm. lik kısımlarını gösterdi. Bu x - y - z tablosunun uzunlamasına yana çevirme yönü, odaklama işlemini hızlandırmak için motorize edildi. Damlacıkların yeniden elde edilen hacim içindeki yerleri bu x - y - z tablosu pozisyonu ile belirlenebildi ve çapları, TV ekranı üzerinde ayarlı bir dürbün iç taksimatı ile ölçüldü.

Kayıt hacmi içinde damlacıkların sayısı yeniden elde edilen görüntünün kalitesine tesir eder. Eğer huzme çok sayıda damlacıktan oluşmuşsa, gereken referans ön - dalgasını temin etmek için, kafi olmayan miktarda kırılmamış ışık holografik yüzeye erişir. İdeal olarak, komşu iki damlacıktan yansıyan ışık da üst üste gelmemelidir. Daha sonra, sistemin kararı, Şek. 2 deki görüntü merceklerinin ve yeniden elde etme aparatlarının içindeki optik aletlerin kararlılığı kadar, filmin kararlılığına da bağlıdır (1). Bizim sistemimiz için bu kararlılık limiti 4 μ m. civarındadır. Damlacık sayısı artarken, komşu damlacıklardan yansıyan ışık daha çok üst üste gelmeye başlar ve holografik yüzeyde daha az miktarda yansımamış ışık arka plan aydınlatması filme yetişir. Bu şartlar-

da küçük damlacıkların kararlılığı büyük ölçüde temin edilir ama mü-
sade edilebilen boyut dağılımı içinde daha büyük damlacıkların yeniden
elde edilen görüntüleri sadece daha az kesinlikte olur. Holografik düz-



Şekil 4 Yeniden Elde Etme Aparatları.

lem önünde çok sayıda damlacığın bulunması neticesinde, çözülebilen en
küçük damlacık boyutu artar ve daha büyük damlacıkların yeniden el-
de edilen görüntülerini siler.

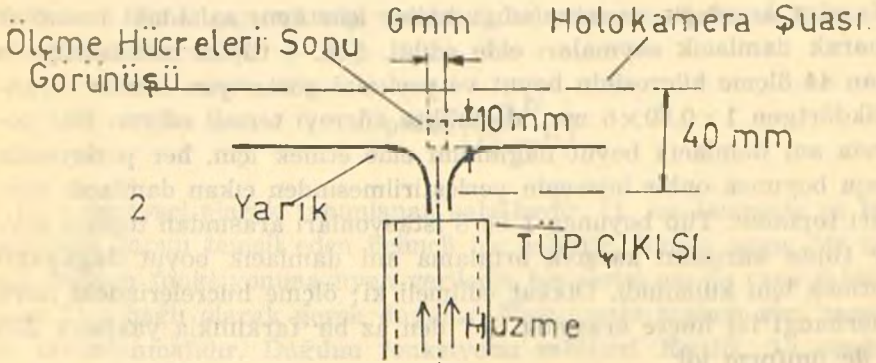
Tablo: 1. Denenen Huzmeler İçin Deneysel Şartlar

Huzme	Kaba parçacık boyutu sınıflaması	Üst akış hava sıcaklığı (°C)	Reynold Sayısı	F/A
1	Orta	21	2,070	0.054
2	Kaba	21	2,134	0.052
3	Çok kaba	21	2,134	0.075
4	Isınmış hava	38	2,275	0.050

DENEYSSEL İŞLEM

Hologramlar, birkaç farklı ortalama yakıt - hava oranında huzme-
ler kullanarak ve iki farklı üst akış hava sıcaklığı için kaydedildi. Bun-
lar Tablo. 1'de gösteriliyor. Kaba parçacık boyut dağılımı huzmenin göz-
le gözlenmesinden tahmin edildi. F/A tüp çıkışında yakıt - hava oranını
gösteriyor. Huzmede bulunan çok sayıda küçük damlacığın tahlili için,
huzme kısmını laser şuasından uzağa, Şek. 2 ve 5 de gösterildiği gibi akış

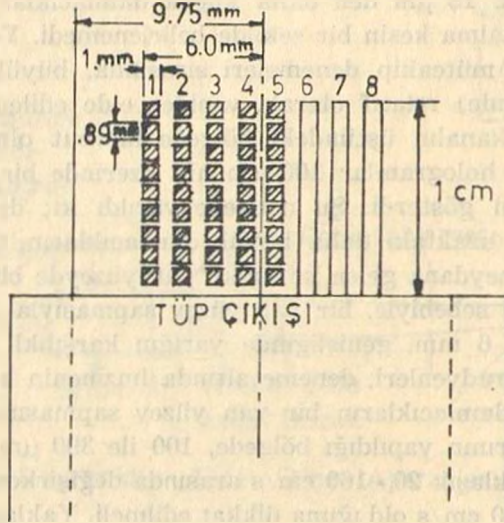
doğrultusuna dik yerleştirilmiş 6 mm. genişlikte iki boyutlu bir kanal kullanarak saptırmak lüzumlu idi. Kanallanan huzmelerin denenmesi için tahlilin 15 μm olduğu bulundu. Mamafih, sadece 20 μm nin üzerindeki damlacıklar sayıldı. 15 μm den daha küçük damlacıklar da elde edildi ama onların çapı daima kesin bir şekilde belirlenemedi. Yeniden elde edilen hologramların müteakip denemeleri sırasında, büyük damlacıkların (100 μm nin üstünde) relatif olarak, yeniden elde edilen hacimde, saymanın çıkarıldığı kanalın üstündeki bölgede mevcut olmadığı bulundu. Mamafih, yarıksız hologramlar 100 μm nin üzerinde bir miktar damlacığın mevcudiyetini gösterdi. Şu neticeye varıldı ki; deneme altındaki huzme hacminden uzaktaki daha büyük damlacıkların, 6 mm. genişlikteki yarık içinde meydana gelen karşılıklı yan yüzeyde büyük kayma gerilmesi gradyenleri sebebiyle, bir yan yüzey sapmasıyla neticelendi. (Şu sonuca varıldı ki; 6 mm. genişliğinde yarığın karşılıklı ürettiği büyük kayma gerilmesi gradyenleri, deneme altında huzmenin hacminden uzaktaki daha büyük damlacıkların bir yan yüzey sapmasında sonulandı.) Damlacık saymalarının yapıldığı bölgede, 100 ile 390 μm arasında damlacığın ana hızı yaklaşık 20 - 160 cm/s arasında değişirken, ortalama akış hızının yaklaşık 250 cm/s olduğuna dikkat edilmeli. Yaklaşık olarak akış hattı boyunca akan küçük damlaların konsantrasyonu yarığın mevcudiyetiyle değiştirilmedi.



Şekil.5 Tüp Çıkışında Yarık Pozisyonu Şematik Diyagramı.

Bunun için, küçük ve büyük boyutlu damlacıklar hakkında bilgi, yarıklı ve yarıksız hallerde alınan aynı huzmenin farklı hologramlarından elde edilen ortalama saymaların süperpozitesiyle elde edildi. Yarıktan geçirilmeyen huzmede mevcut küçük damlacıkların tahlili güç olduğundan,

isteğimizle yarıksız halde sadece 100 μm den büyük damlacıkların sayılması kararlaştırıldı. 100 μm den daha küçük çaplı damlacıklar yalnız yarığın bulunması halinde sayıldı.



Şekil.6 Test Kısmında Ölçme Hücrelerinin Durumu

Yarığın konduğu ve konmadığı haller için aynı sahadaki hacımlar kullanarak damlacık saymaları elde edildi. Şek. 6 tüpün her kenarında bulunan 44 ölçme hücresinin boyut ve yerlerini gösteriyor. Herbir taranmış dikdörtgen $1 \times 0.89 \times 6$ mm. derinlikte hücreyi temsil ediyor. Her pozisyonda ani damlacık boyut dağılımını elde etmek için, her pozisyonda tüp çapı boyunca onbir hücrenin yerleştirilmesinden çıkan damlacık saymaları toplandı. Tüp boyunca 1 ile 8 istasyonları arasından toplam saymalar tüpte karşıdan karşıya ortalama ani damlacık boyut dağılımını elde etmek için kullanıldı. Dikkat edilmeli ki; ölçme hücrelerindeki hava hızı herhangi iki hücre arasında % 7 den az bir farklılıkla yaklaşık 250 cm/s de üniform idi.

SONUÇLAR VE MÜZAKERE

Parçacık Boyutları Dağılımı : Her huzme için denenen damlacıklar 4 hologramın bir toplamından sayıldı, ikisi delikli ve ikisi de yarıksız olmak üzere. Yanma problemlerinde ilgilenilen huzmeler, genellikle optik yolla tahlil için çok küçük damlacıklar ihtiva ederler. Bunun sonucu ola-

rak huzmede mevcut bütün nümerik boyut dağılımlarını elde etmek imkansızdır. Diğer taraftan, küçük boyutlu damlacıktaki sıvı hacmi, genellikle toplam sıvı hacminin cüzi bir parçasıdır. Bunun için, hacimleri toplam sıvı hacminin belirli bir kısmı olduğundan, maksimum boyutlu bütün damlacıklar ihtiva edilmek şartıyla, bir hacim (veya kütle) dağılımı tesisi mümkündür. Büyük boyutlarda damlacıkların sayısı nisbeten az olduğundan, ilk veriler $\sqrt{2}$ ile arıımı kadar artan boyut artışları olan katogorilere indirgendi. Tablo 2 de, 20 μm çaplı damlacıklarla başlayan katogorilerin sonuçlarını görülüyor. Her katogorideki damlacık sayısı ve her katogoriye ait iştirak eden sıvı hacmi da aynı tabloda gösteriliyor. Bu indirgemenin bir avantajı şudur; logaritmik ölçekte üniform dağılılan boyut artışlarında ve eğri bir logaritmik dağılım fonksiyonu ile uygun olabilirse verilerin analizinde basitleştirmeler getirir.

Huzmelerde damlacık boyut dağılımını tanımlamak için birkaç değişik fonksiyon kullanıldı. Bunlar Ref. 6'da müzakere edildi. Burada gösterildi ki; huzmelerde damlacık boyut dağılımında Üst - limit Log. - olabilirlik fonksiyon dağılımı en uygun olanıydı. Bu dağılım fonksiyonu aşağıdaki eşitlikle veriliyor.

$$\frac{dv}{dy} = \frac{\delta}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-y^2 \cdot \delta^2} \quad (1)$$

Burada, v bir D çapı altında damlacık boyutlarında bulunan huzme hacmi bölümüdür ve,

$$y = \ln \left(\frac{aD}{D_m - D} \right) \quad (2)$$

δ ve a deneysel olarak tanımlanan sabitlerdir. D_m ise huzmede en büyük damlacık çapını temsil eden üçüncü bir sabittir. Bunun için, bir üst limit dağılım fonksiyonuna uyan verilerin bir serisi ne, üç tane sabite (a , δ , ve D_m) bağlı olarak gerek duyulur. Numunenin toplam sıvı hacmi V_T de tanımlanmalıdır. Dağılım fonksiyonu sabitleri Eşitlik. 1'i aşağıdaki formda yeniden yazarak belirlenebilir.

$$-\ln \left[\frac{D_m - D}{D_m} \cdot \frac{dv}{d(\ln D)} \right] = -\ln \left(\frac{V_T \delta}{\sqrt{\pi}} \right) + \delta^2 \ln^2 \left(\frac{aD}{D_m - D} \right) \quad (3)$$

Burada dV , dD boyut sahasında damlacıktaki sıvı hacmidir. Bunun için Eşitlik. 3'ün sol yanının bir tertibi y^2 ye göre δ^2 eğimli bir doğrudur.

Tablo. 2 deki deneysel verileri kullanarak, a 'nın değişen değerleri için δ ve V_T yi belirlemekte, en küçük kareler metoduna ayar bin lineer gerileme eğrisi kullanıldı. En küçük kareler metodunda a 'nın minimum hatada sonuçlanan değerinin, bir üst limit eğrisi ifadesinde, verilerin en uygun temsilini temin ettiği düşünüldü.

Tablo : 2. Test Edilen Dört Huzme İçin Damlacık Verileri

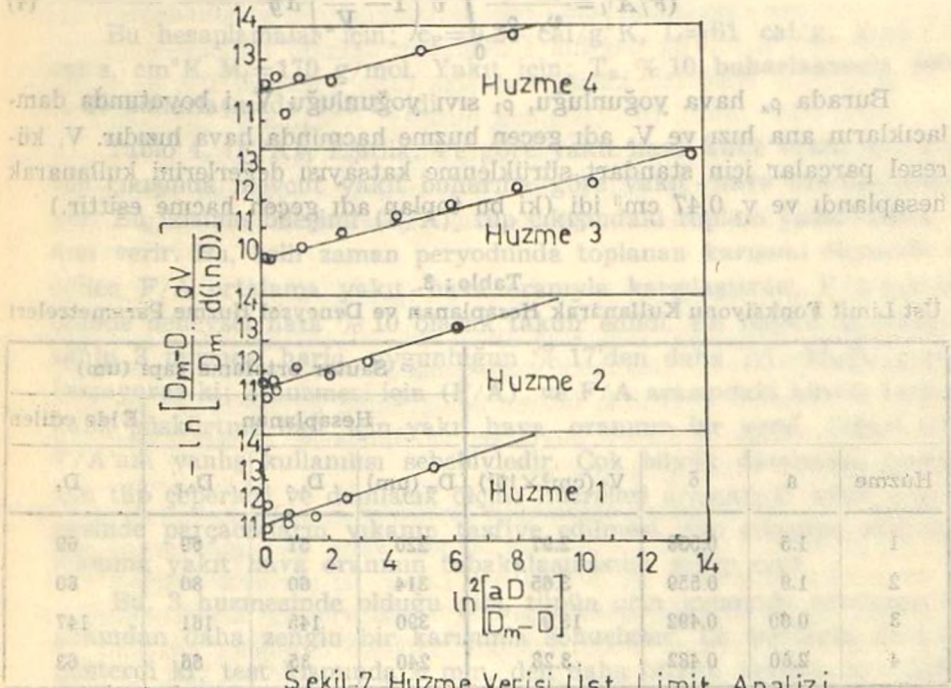
Boyut dağılımı ve log ortalama çap (μm)	Ortalama damlacık sayısı ^a				Sıvı hacmi ^b ($\text{cm}^3/10''$)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
20.28—28.28 (20.02)	202	210	177	241	1.52	1.61	1.28	1.70
28.28—40.00 (33.97)	148	137	92	97	2.82	2.46	1.93	1.80
40.00—56.57 (48.47)	59	31	51	36	3.06	2.12	3.03	1.97
56.57—80.00 (96.09)	16	35	36	16	2.72	4.81	5.20	2.72
80.00—113.14 (135.89)	12.5	15	19	10	6.77	7.15	8.54	2.91
113.14—160.00 (135.89)	4.5	5	10	4	8.62	5.51	15.15	6.42
160.00—226.27 (192.18)	1	3	7	1.0	4.63	8.19	31.51	3.59
226.27—320.00 (271.78)		0.5	4.25	0.5		3.96	46.67	2.40
320.00—452.55 (384.37)			1.5				36.90	

^a Her huzme için dört hologramdan (ikisi yarıık mevcut ve ikisi de yarııksız) elde edilen huzme hacminin 0.47 cm^3 'ü başına ortalama damlacık sayısı.

^b Huzmenin her 0.47 cm^3 ü için ortalama sıvı hacmi.

Dikkat edilmeli ki; damlacık sayılarından hesaplanan V_T sıvı hacmi, lineer gerileme eğrisine göre hesaplanan V_T değeriyle emecburen uygun düşmez. Yani, (a) $20 \mu\text{m}$ nin altındaki damlacıklar için deneysel bilgi eksikliği ve (b) Test bölgesinde, türbülansın tesiriyle damlacık sayısı yoğunluğunun geçici değişmelerinin, verilen boyut sahasında damlacık sayımlarının değişmesinde sonuçlanabilmesi sebebiyledir

Şekil. 7, deneysel verileri ve Eşitlik. 3'ü kullanarak, üst limit fonksiyonlarına göre bir düzenlemeyi gösteriyor. Deneysel eğrilerle veriler arasındaki uygunluk memnuniyet verici olarak gösteriyor ki; bu şekilde elde edilen üst Limit fonksiyonu verilerin makul bir temsilini temin eder. Tablo 3, veriler ve her huzme için dağılım fonksiyonlarından elde edilen D_m Sauter ortalama çapı gibi; a , δ , D_m ve D_T değerlerini de gösteriyor.



Şekil.7 Huzme Verisi Üst Limit Analizi.

Verilerden doğrudan elde edilen D_m değeri, dağılım fonksiyonundan hesaplanan ve $20 \mu\text{m}$ den daha büyük damlacıkları içine alan $D_{m,1}$ değerleriyle (uygunluk yönünden) mukayese edilir. Tablo 3'de hesaplanan $D_{m,1}$ değeri bütün damlacık boyutlarını ihtiva eder ve direk olarak test edilen huzmelerin önceden söylenen Sauter ortalama çaplarıdır.

Yakıt - Hava Oranı Ölçmeleri : Deneysel tanımlanan boyut dağılımı, tüp çıkışında ölçülen hız dağılımı ile beraber kullanılarak yakıt - hava kütle oranını hesaplamak mümkündür. Bu hesaplamayı yapabilmek için damlacıklarla gaz arasında kayma hızını hesaba katmak lüzumludur. Ayrıca, püskürtme generatörü içinde buharlaşan yakıtı da hesaba katmak gerekir. Bu şekilde elde edilen yakıt - hava oranı, püskürtme generatö-

rü çıkışında belli zaman periyodunda biriken karışımı ölçerek elde edilenle karşılaştırılabilir.

Mevcut sıvı hacmine göre yakıt hava oranı, aşağıdaki bağıntıyı entegre ederek nümerik bir değerle elde edildi.

$$(F/A)_1 = \frac{\rho_l V_T}{v_s \cdot \rho_a} \int_0^{\infty} v \left(1 - \frac{V_i}{V_a}\right) dy \quad (4)$$

Burada ρ_a hava yoğunluğu, ρ_l sıvı yoğunluğu V_i i boyutunda damlacıkların ana hızı ve V_a adı geçen huzme hacminde hava hızıdır. V_i küresel parçalar için standart sürüklenme katsayısı değerlerini kullanarak hesaplandı ve v_s 0.47 cm³ idi (ki bu toplan adı geçen hacme eşittir.)

Tablo: 3.

Üst Limit Fonksiyonu Kullanarak Hesaplanan ve Deneysel Huzme Parametreleri

Huzme	a	δ	V_T (cm ³ × 10 ³)	Sauter ortalama çapı (um)			
				Hesaplanan			Elde edilen
				D_m (um)	$D_{a,c}$	$D_{o,r}$	
1	1.5	0.558	2.97	220	51	69	69
2	1.9	0.559	3.65	314	60	80	80
3	0.60	0.492	13.9	390	145	161	147
4	2.00	0.482	3.28	240	35	66	63

Tablo 4. Denenen Huzmeler İçin Tahmini Yakıt - Hava Oranı

Huzme	$(F/A)_1$	$(F/A)_v$	$(F/A)_c$	(F/A)
1	0.041	0.005	0.046	0.054
2	0.047	0.003	0.050	0.059
3	0.13	ihmal edilebilir	0.13	0.075
4	0.032	0.032	0.057	0.050

Huzmeden buharlaşma, kimyasal reaksiyonsuz ve sabit gaz sıcaklıklı hale uygun olarak Ref. (8) de tanımlanan korunum denkleminin,

75 cm. lik püskürtme generatörü boyu üzerine adım - adım entegre metodunun kullanılmasına imkan verdi. Gaz cereyanı içinde başlangıçta yakıt konsantrasyonu sıfır kabul edildi. Tüp dışında son konsantrasyon, yakıt buharlaşma miktarını tahmin için kullanıldı. Huzmelerin D., başlangıç damlacık çapında tek dağılımda olduğu kabul edildi ve her huzme için başlangıçta sıvının yakıt doyma miktarı (F/A) değerinin ölçülmesinden hesaplandı.

Bu hesaplamalar için; $c_p=0.24$ cal/g°K, $L=61$ cal/g, $k=6 \times 10^{-3}$ cal/s, cm°K $M_f=170$ g mol. Yakıt için; T_n % 10 buharlaşmada 460°K, % 20 buharlaşmada 488°K idi.

Tablo 4, (F/A)₁ Eşitlik. 4'e göre yakıt hava kütle oranı ve (F/A)₂ tüp çıkışında mevcut yakıt buharına göre yakıt - hava oranını gösteriyor. Bu ikisinin bileşimi (F/A)₃ tüp çıkışındaki toplam yakıt - hava oranını verir. B₁, belli zaman periyodunda toplanan karışımı ölçmekle elde edilen F/A ortalama yakıt - hava oranıyla karşılaştırılır. F/A'nın ölçümünde deneysel hata % 10 olarak takdir edildi. En büyük damlacıklara sahip 3 huzmesi hariç, uygunluğun % 17'den daha iyi olduğu görülür. İnanıyoruz ki; 3 huzmesi için (F/A)₂ ve F/A arasındaki büyük fark, çok kaba püskürtme hali için yakıt hava oranının bir yerel değeri olarak F/A'nın yanlış kullanılışı sebebiyledir. Çok büyük damlacıklı huzmeler için tüp çeperleri ve damlacık ölçme hücreleri arasındaki kesik akış bölgesinde parçacıkların yıkanıp tasfiye edilmesi, tüp çıkışının mühim bir kısmına yakıt hava oranının tabakalaşmasına sebep olur.

Bu, 3 huzmesinde olduğu gibi, tüpün orta kısmında ortalama karışımından daha zengin bir karışımla sonuçlanır. İlk verilerin denenmesi gösterdi ki; test kısmında 6 mm. den daha büyük yarıçap için 230 µm den daha büyük damlacık ihmal edilebilir bir miktarda vardı. Bu buluşu kullanarak ve 230 µm den daha büyük damlacıklarda, 3 huzmesi için sıvı hacminin % 54 ü olduğunu düşünerek, (Eşitlik. 1) tüp çıkışında 0.093 lük bir yaklaşık ortalama efektif yakıt - hava oranı hesaplamak mümkündür. Bu, Tablo 4'deki ölçülen 0.075 lik F/A değeriyle mukayese edilebilir olduğundan, huzme içinde üniform olmayan bir karışım gücünün mevcudiyetini gösterir. (F/A)₂ değeri gibi, ölçülen hız profili de bu hesaplama için kullanıldı. Yıkayıp tasfiye etme tesiri, damlacık boyutunun 3 huzmesindekinden makul miktarda daha küçük olduğu yerde denenene diğer ölçme hücreleri için ihmal edilebilirdi. Bunun için, holografi tekniğinin test edilen bütün huzmeler için makul doğrulukta yakıt - hava oranı verdiği (vereceği) görünüyor. (En azından küçük damlacıklar için huzmenin toplanıp biriktirilmesiyle elde edilenler kadar doğrudur.)