

DISPERSIÓN Y SEDIMENTACIÓN DE PEQUEÑAS PARTÍCULAS EN TURBULENCIA HOMOGÉNEA

Proyecto Fin de Carrera presentado por:
Ignacio Merello de Miguel

Tutor del proyecto:
Dr. Javier Dávila Martín

DEP. DE INGENIERÍA ENERGÉTICA Y MECÁNICA DE LOS
FLUIDOS
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Sevilla, Septiembre de 2005

Agradecimientos

Este trabajo habría sido imposible de realizar sin el manifiesto apoyo de ciertas personas, que han conseguido sacar de un completo ignorante sobre los electrosprays a una persona capaz de montar un sistema de inyección múltiple, darse infinidad de descargas con las fuentes de alimentación en los ensayos, entender que había cosas que no sabía que existían, ver lo complejo que es ajustar un láser de un color, no sorprenderse porque el láser de dos colores sea aún más complicado, instalar y usar un S.O. Linux (seguiré mi evangelización), quedarse atónito por la dificultad que entraña un trabajo de investigación, tener por seguro que durante una temporada no quiere oír hablar de gotitas y por supuesto de ser por fin INGENIERO INDUSTRIAL.

Estas personas son JAVIER DÁVILA por su dedicación, tiempo, aguante de llamadas algún que otro domingo y por supuesto por guiarme en todo momento, incluso en temas no relacionados con el trabajo. Sus "esto está muy bien" ayudaron en ciertos momentos críticos a que la investigación no se quedara huérfana.

A Manuel y Álvaro, porque ellos aportaron mucha experiencia y paciencia al hora de investigar. En temas de electrospray poca gente sabe tanto como Álvaro y lo deja patente sin alardear.

A Manuel González porque sus gritos son todo un incentivo de orden en el laboratorio (aunque luego hagamos lo que queramos) y a todos los compañeros del laboratorio con los que he tenido más o menos trato porque se trabaja muy bien ahí (aunque mucho de mi trabajo lo hice en otro laboratorio o por las tardes cuando pocos quedábamos).

Por último mencionar a Gordillo, Saborid, que han sido mis profesores de la temible asignatura de fluidos e "Ignacio Linux" porque de una manera u otra me han ayudado aunque no sepan en qué o cuando.

Los familiares y amigos no los incluyo porque son muchos, pero saben que les agradezco que me apoyen en los momentos en los que me pongo más tenso y desagradable ¿Siempre?, no, no creo.

Resumen

El presente estudio ha pretendido desde el comienzo crear de manera sencilla un sistema de inyección para el estudio de la deposición de partículas en un flujo turbulento, isótropo y homogéneo. Se trata eminentemente de un proyecto de investigación y como tal no siempre se encuentran todos los resultados esperados. A pesar de ello, se ha conseguido avanzar en el camino señalado, con lo cual si sirve de guía para una posterior continuación con el estudio, ya estará ampliamente justificado el esfuerzo.

El documento comienza proporcionando una primera toma de contacto con el mundo de las partículas en suspensión. En éste punto se realiza un resumen de los estudios más significativos sobre la materia, intentándose explicar teorías como la de las trayectorias cruzadas e hipótesis como la de los vórtices horizontales.

Más tarde se estudian todos los dispositivos que han entrado en juego, incluyendo las diferentes modificaciones que han sufrido durante todo el proceso. Estos dispositivos han sido en su mayoría diseñados en el propio laboratorio del Grupo de Fluidos de la Universidad de Sevilla.

En el capítulo siguiente, se describe todo el proceso que se ha llevado a cabo de una manera lo más cronológica posible y sin intención de aburrir al lector. Aquí nos centramos en los logros y fracasos que se han obtenido en el trabajo. Por ejemplo se ha conseguido un buen inyector de partículas que funciona mediante aire a presión y electrospray, y es capaz, bajo ciertas condiciones de introducir un flujo de partículas muy monodisperso. Aparte se han conseguido seleccionar dos líquidos que son capaces de con una buena dispersión estadística barrer el espectro de tamaños deseado desde un principio ($10 \mu\text{m}$ - $100 \mu\text{m}$).

Por último se hace encuentra un apartado de resultados y conclusiones, donde se amplía este apartado, y se promueven soluciones alternativas, fallos e imposibilidades.

Vamos allá.

Índice general

1. Antecedentes	1
1.1. Interés científico	1
1.2. Preámbulo	2
1.3. Efecto de las trayectorias cruzadas o "crossing-trajectories effect"	3
1.4. La inestabilidad como origen de la turbulencia	5
1.5. Objetivos	6
2. Fundamentos teóricos	8
2.1. La turbulencia homogénea	8
2.1.1. Formulación estadística de las ecuaciones de Navier-Stokes. Las ecuaciones de Reynolds.	8
2.1.2. Resolución del problema de cierre	10
2.2. Fundamentos del Electrospray	11
2.2.1. Explicación práctica	12
2.2.2. Tamaños de Partículas Trabajando con Electrospray	12
2.3. La acumulación y velocidad de sedimentación de partículas pesadas	15

3. Montaje experimental	21
3.1. Descripción de los equipos	22
3.1.1. Depósito.	22
3.1.2. Líneas.	24
3.1.3. Inyector	25
3.1.4. Parrilla.	28
3.1.5. Descarga.	30
3.1.6. Otros dispositivos.	32
4. Experimentación	41
4.1. El electrospray de una sola línea	41
4.2. Líquidos seleccionados	43
4.3. Regulación del multi-inyector	46
4.4. Pruebas con el multi-inyector	47
4.5. Pruebas con la parrilla	50
4.6. El paso a la toma de datos.	51
4.7. Primeras medidas con el láser Coherent	51
4.7.1. Regulación del láser	52
4.7.2. Primera disposición óptica	53
4.7.3. Probando la nueva parrilla	55
4.8. Segunda disposición óptica	56
4.9. Última configuración óptica	58
5. Conclusiones finales	60
5.1. Construcción de equipos	60

ÍNDICE GENERAL

v

5.2. Equipos no idóneos	61
5.3. Experimentos realizados	61
5.4. Resultados obtenidos y futuras ampliaciones.	62