

Czesław OLEŚKOWICZ-POPIEL

Instytut Inżynierii Środowiska

Leon BOGUSŁAWSKI

Inst. Techniki Ciepłej i Silników Spalinowych

Politechnika Poznańska

MOŻLIWOŚCI WIZUALIZACJI PRZEPIYWÓW TECHNIKĄ "DYMIAŁEGO DRUTU"

Streszczenie. W pracy przedstawiono krótki opis aparatury do wizualizacji przepływów techniką "dymiącego drutu" oraz sposób przeprowadzania eksperymentów. W oparciu o własne i obce doświadczenia podano zalety i ograniczenia tej techniki wizualizacji.

1. WSTĘP

Uciążliwe a niekiedy groźne skutki oddziaływania wiatru na obszary zabudowane i budynki powinny być wykrywane podczas badań modelowych w tunelach aerodynamicznych. Wiele niebezpiecznych efektów aerodynamicznych wynika z faktu okresowego generowania się uporządkowanych struktur wirowych, np. obserwowanych od dawna przy opływach ciał oraz wykrytych ostatnio w strugach swobodnych. Wykrywanie i badania tego rodzaju niestacjonarnych przepływów wymaga odpowiednich metod wizualizacji. Stosunkowo prosta technika wizualizacji "dymiącego drutu" wydaje się najodpowiedniejsza do badań niestacjonarnego charakteru makrostruktury przepływu powietrza w strugach swobodnych i przy opływach ciał. Technika ta była użyta z powodzeniem np. do badań płaskiej (1) i okrągłej (2) strugi uderzającej. Technika ta, zaproponowana na początku lat pięćdziesiątych, szerzej wykorzystywana jest dopiero od kilku lat. Przeznaczona jest do stosowania w powietrzu i przypomina technikę "pęcherzyków wodorowych", wykorzystywaną do wizualizacji przepływów w wodzie.

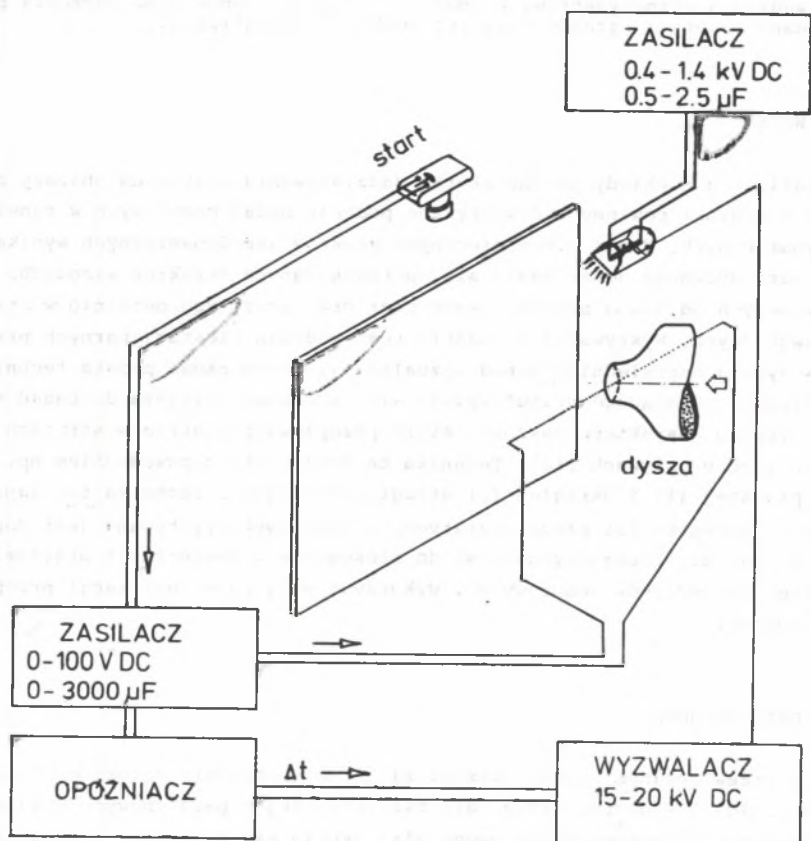
2. OPIS TECHNIKI

W przewidywanym rejonie wizualizacji umieszcza się cienki drut oporowy o średnicy $50 \pm 100 \mu\text{m}$, który jest zwilżany olejem parafinowym. Wskutek działania napięcia powierzchniowego olej skupia się w postaci szeregu równomiernie rozmieszczonych kropelek. Następnie impuls elektryczny, wyzwolony z baterii kondensatorów, powoduje nagłe podgrzanie drutu i odparowanie oleju, który natychmiast kondensuje się w otaczającym powietrzu, tworząc

przez krótką chwilę dobrze widoczne dla "obiektywu fotograficznego" strużki białego dymu.

Pojemność kondensatorów i napięcie efektywne należy dobierać odpowiednio w zależności od zastosowanego drutu i prędkości opływu. Gdy napięcie i ładunek elektryczny są zbyt duże, następuje silne przegrzanie drutu i zrzućenie nieodparowanych kropelek oleju. Czas generacji dymu może być regulowany przez zmianę pojemności bloku kondensatorów i oporności elektrycznej.

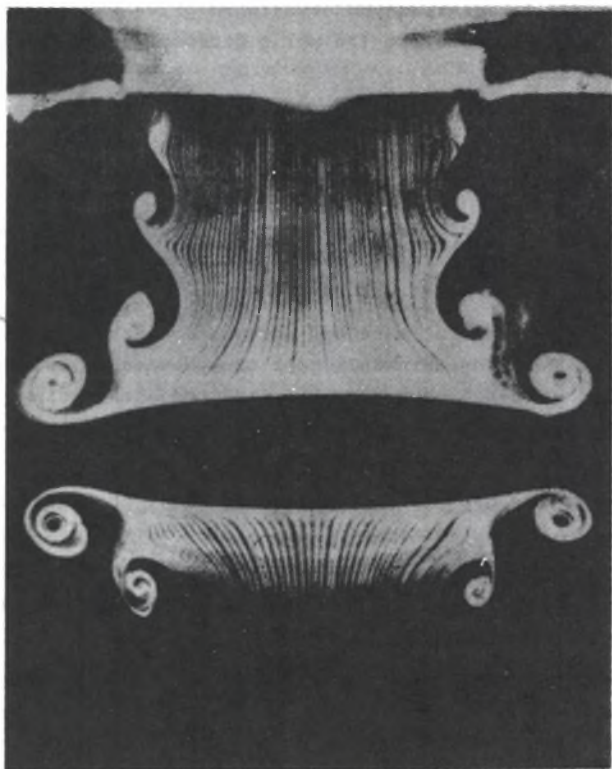
Przykład realizacji techniki "dymiącego drutu" w zastosowaniu do wizualizacji strugi swobodnej wysyłanej przez dyszę pokazano schematycznie na rys. 1. W momencie, gdy powstałe po impulsie elektrycznym strużki dymu odpowiednio zwizualizują obraz przepływu (w przypadku przepływów niestacjonarnych będą widoczne tzw. "linie wysnute"), wykonywane jest zdjęcie fotograficzne. Jeśli eksperyment wykonywany jest w ciemności, czas ekspozycji



Rys. 1. Schemat aparatury do wizualizacji przepływu techniką "dymiącego drutu"

Fig. 1. Diagram of equipment for flow visualization by the smoking wire technique

fotografowanego obrazu równoważny jest czasowi trwania błysku lampy błyskowej. Moment błysku musi być wtedy precyzyjnie dobierany względem chwili impulsu elektrycznego ("start" na rys. 1) i realizacja odpowiedniego opóźnienia Δt odbywa się za pomocą specjalnego programowanego "opóźniacza" czasu. Dzięki temu, że czas trwania błysku nawet amatorskich lamp błyskowych jest stosunkowo krótki (może wynosić np. ok. $1/40\ 000$ sek - w przypadku amatorskich lamp z wbudowanym "komputerem" oraz ok. $1\ \mu\text{sek}$ - w przypadku specjalnych lamp błyskowych), nie ma potrzeby stosowania drogiej aparatury fotograficznej.



Rys. 2. Przykład zwizualizowanej okrągłej strugi powietrza uderzającej prostopadle w płaską ściankę z widoczną strukturą generujących się wirów toroidalnych (wg 2): $D = 50\ \text{mm}$; $H/D = 1,2$; $Re_D = 5000$; emiter strugi: dysza Witoszyńskiego

Fig. 2. An example of visualization of the round air stream striking perpendicularly against the flat film wall with evident structure of generating toroidal turbulents

3. PRZEBIEG EKSPERYMENTU

Przebieg eksperymentu prześledzimy na przykładzie wizualizacji uderzającej okrągłej strugi swobodnej wysyłanej przez dyszę Witoszyńskiego o średnicy $D = 50$ mm. W odległości $1,2 D$ umieszczona była płyta z czarnego szkła organicznego. Drut wolframowy o średnicy $70 \mu\text{m}$ i długości ok. 30 cm był rozpięty na dwóch miedzianych wspornikach tuż przy wylocie z dyszy. W tle zwizualizowanego obrazu przepływu umieszczona była również płyta z czarnego szkła organicznego. Eksperyment odbywał się w lekko zaciemnionym pomieszczeniu. Moment otwarcia migawki ($\frac{1}{30}$ lub $\frac{1}{60}$ sek) był praktycznie początkiem generowania się strużek dymu i wyprzedzał moment "odpalenia" lampy błyskowej o dobierane drogą prób opóźnienie Δt , wynoszące kilka setnych sekundy. Wysoką jakość zdjęć fotograficznych uzyskiwano przez zastosowanie drobnoziarnistego filmu czarno-białego (36 mm) o czułości do 30 DIN oraz kontrastowego wywoływacza.

4. ZAKOŃCZENIE

Wykorzystując własne doświadczenia oraz informacje zawarte w literaturze ustalono następujące zalecenia i ograniczenia wizualizacji przepływów techniką "dymiącego drutu":

- a) Technika "dymiącego drutu" może być stosowana w zakresie prędkości od 0,1 do 20 m/s. Dolne ograniczenie jest spowodowane pojawianiem się wpływu konwekcji naturalnej podgrzewanego impulsem elektrycznym drutu oporowego. Górne ograniczenie wynika ze zbyt niskiej koncentracji dymu unoszonego przez przepływające powietrze.
- b) Powyżej temperatury ok. 120°C proces kondensacji odparowanego oleju jest zbyt słaby, aby dać wyraźnie widoczne strużki dymu.
- c) Należy zwrócić uwagę na to, aby zbyt nagłe i silne wydłużenie termiczne drutu nie spowodowało wibracji lub jego przesunięcia i stracenia kropel nieodparowanego oleju.
- d) Jakość otrzymanych fotografii wizualizowanych obrazów zależy silnie od stopnia doskonałości wyeliminowania "refleksów" tła "widocznego" dla obiektywu aparatu fotograficznego. Zaleca się "ulożenie" tła w cieniu światła lampy błyskowej. Dobre wyniki uzyskano również lokując w tle płyty z czarnego szkła organicznego pod takim kątem, aby odbite od niej światło lampy błyskowej nie "wracało" do obiektywu fotograficznego.

Wizualizacja przepływu techniką "dymiącego drutu" może znaleźć zastosowanie przy badaniu opływu elementów urządzeń przepływowych (np. wymienników ciepła, urządzeń wentylacyjnych) oraz opływu modeli obiektów budowlanych i konfiguracji terenu. Szczególnie interesujące wyniki będzie można uzyskać

przy studiowaniu generujących się w przepływach periodycznych wirów, tzw. uporządkowanych struktur wirowych.

LITERATURA

- [1] Yokobori S., Kasagi N., Hirata M.: Characteristic behaviour of turbulence in the stagnation region of a two-dimensional submerged jet impinging normally on a flat plate. Presented at the 1st Int. Symposium on Turbulent Shear Flows, Pennsylvania, 1977.
- [2] Popiel C.O., Trass O.: The effect of ordered structure of turbulence on momentum, heat and mass transfer of impinging round jets. HEAT TRANSFER 1982. Proc. 7th Int. Heat Transfer Conference, Vol. VI, 141-146, Munchen, 1982.

ВОЗМОЖНОСТЬ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОТОКОВ МЕТОДОМ "ДЫМЯЩЕЙ ПРОВОЛОКИ"

Резюме

В работе дано краткое описание аппаратуры для визуализации потоков методом "дымящей проволоки" а также способ проведения экспериментов. На основе собственных и чужих опытов приведены достоинства и ограничения оговариваемого метода.

APPLICATION OF "SMOKE WIRE" FLOW VISUALIZATION TECHNIQUE

Summary

In this communication a short description of apparatus and experimental procedure of "smoke wire" flow visualization technique is presented. The advantages and limitations of this technique are also specified.