

Czy warto mieć szorstką skórę?

Nie wszyscy przywiązują do tego wagę, ale obroty firm sprzedających puder, podkłady, maseczki *et cetera* dowodzą, że jeżeli już na jakiejś skórze nam zależy, to na gładkiej. Również w sporcie obserwujemy coraz gładzsze kombinezony tam, gdzie zmniejszenie oporu powietrza może zdecydować o kolejności na mecie.

Dlatego nie ma chyba Czytelnika *Delty*, który nie odczuwałby lekkiego niepokoju, biorąc do ręki piłeczkę golfową. Czy na pewno będę wiedział, co odpowiedzieć, gdy zapytają mnie, dlaczego ma ona taką „antygladką” powierzchnię?

Gdyby nie miała wgłębień na powierzchni, to maksymalny zasięg pojedynczego uderzenia byłby mniejszy. Tak przynajmniej wynika z wielokrotnie przeprowadzanych prób. Wgłębienia powodują zmniejszenie oporu powietrza. Tylko dlaczego tak się dzieje?

Zacznijmy od tego, że gdyby powietrze było idealnym, nielepkiem gazem, to poruszająca się w nim kula nie odczuwałaby żadnego oporu. Sprzeczność tego przewidywania z doświadczeniem nazywano jeszcze pod koniec XIX wieku paradoksem d’Alemberta. Rzeczywisty opływ nie jest laminarny. Za piłką pojawia się turbulentny ogon. Opór zależy od tego, jak gruby jest ten ogon, gdyż w nim ciśnienie jest mniejsze niż z przodu, a więc powstaje opór wynikający z różnicy ciśnień. Gdyby opływ był w pełni laminarny (i powietrze nie było lepkie), to za piłką panowałoby takie samo ciśnienie jak przed i opór by nie było. Wgłębienia powodują, że turbulencja pojawia się wcześniej, ale tylko w warstwie przyściennej bezpośrednio przylegającej do powierzchni. Turbulentna warstwa przyścienna ma większą energię i dzięki temu powstawaniu ogona „opóźnia się”, tzn. zmniejsza się jego średnica. Tak więc kosztem niewielkiego wzrostu oporu powierzchniowego otrzymuje się stosunkowo duże zmniejszenie oporu ciśnienia.

Dlaczego więc podobnej metody nie stosuje się w samolotach? Okazuje się, że jeżeli kształt opływającego przez powietrze ciała jest aerodynamiczny, to dominuje opór powierzchniowy, więc wgłębienia nic by nie pomogły.

Jednak nie zawsze jest to prawda. W pracy [1] pokazano, że można opóźnić powstawanie turbulencji w warstwie przyściennej poprzez dodanie do opływającej powierzchni odpowiednio dobranych wypustek.

Eksperyment przeprowadzono z płaską powierzchnią o wymiarach 7 m na 1,2 m w tunelu aerodynamicznym. 80 milimetrów za krawędzią natarcia umieszczono prostopadle do kierunku przepływu rząd 42 cylindrów o wysokości 1,4 mm, średnicy 4,2 mm i wzajemnej odległości 14,7 mm. Następnie, również poprzecznie, umieszczono podłużny głośnik generujący zaburzenie akustyczne i zadymiacz. Obserwowane za pomocą kamery pole o wymiarach $210 \times 168 \text{ mm}^2$ znajdowało się ponad metr dalej wzdłuż strumienia powietrza. Wyniki obserwacji pokazane są na zdjęciach. Zdjęcia (a) i (b) odpowiadają powierzchni pozbawionej cylindrycznych wypustek. Na zdjęciach (c) i (d) wypustki są na całej szerokości, a w ostatnim rzędzie (zdjęcia (e) i (f)) wypustki zajmują górną połowę szerokości. Lewa kolumna (zdjęcia (a), (c) i (e)) odpowiada brakowi akustycznego wymuszenia. Natomiast prawa kolumna pokazuje sytuację z włączonym akustycznym wymuszeniem. Jak widać, nad powierzchnią pozbawioną wypustek (zdjęcie (b) i dolna połowa zdjęcia (f)) przepływ staje się turbulentny, podczas gdy w obecności wypustek (zdjęcie (d) i górna połowa zdjęcia (f)) pozostaje laminarny.

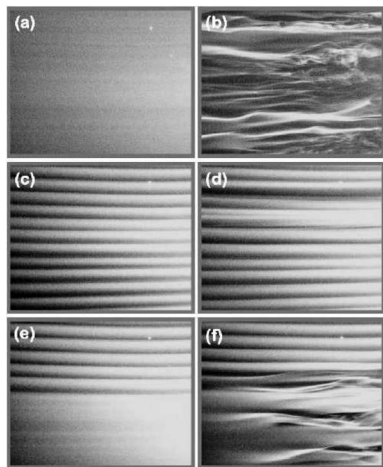
Obserwacje te były wcześniej przewidywane, ale w eksperymencie opisanym w pracy [1] zostały po raz pierwszy wykonane. Jak widać, odpowiednio dobrane nierówności mogą nie tylko powodować powstawanie turbulencji, ale również opóźniać jej powstawanie.

Piotr ZALEWSKI

[1] J.H.M. Fransson, A. Talamelli, L. Brandt i C. Cossu, *Delaying Transition to Turbulence by a Passive Mechanism*, *Phys. Rev. Lett.* **96**(2006)064501



Dym opływający piłkę golfową.



Zdjęcia z tunelu aerodynamicznego [1]. Przepływ z lewej strony na prawą.