

# Konstrukcja specjalizowanych czujników termooanemometrycznych do systemu pomiarowego

JÓZEF RYSZ

*Instytut Mechaniki Górotworu PAN, ul. Reymonta 27; 30-059 Kraków*

## Streszczenie

W artykule opisano budowę uniwersalnego trójelementowego czujnika termooanemometrycznego. Czujnik spełnia podstawowe wymogi metrologiczne: jest sztywny, umożliwia realizację wielu metod pomiarowych, w niewielkim stopniu zakłóca badany przepływ, optymalizuje stosunek sygnału do szumu.

**Słowa kluczowe:** termooanemometria, czujniki

## 1. Wprowadzenie

Sterowany komputerowo wielokanałowy system pomiarowy umożliwia pracę z czterema elementami czynnymi jednocześnie. Mogą to być druty termooanemometryczne, termometry rezystancyjne lub termopary. Elementy te mogą być zmontowane w jednym lub kilku czujnikach, które zestawia się odpowiednio względem siebie podczas pomiaru.

Czujniki wyposażone w złącze kontaktowe mają szereg zalet w porównaniu z czujnikami zakończonymi przewodem elektrycznym. Znacznie łatwiejszy jest montaż czujnika: ustawianie wsporników, ich szlifowanie i w końcu pomiar położenia elementów czynnych. Mocowanie czujnika ze złączem kontaktowym na stanowisku pomiarowym jest także prostsze i daje mniejsze ryzyko przypadkowego zerwania elementu czynnego.

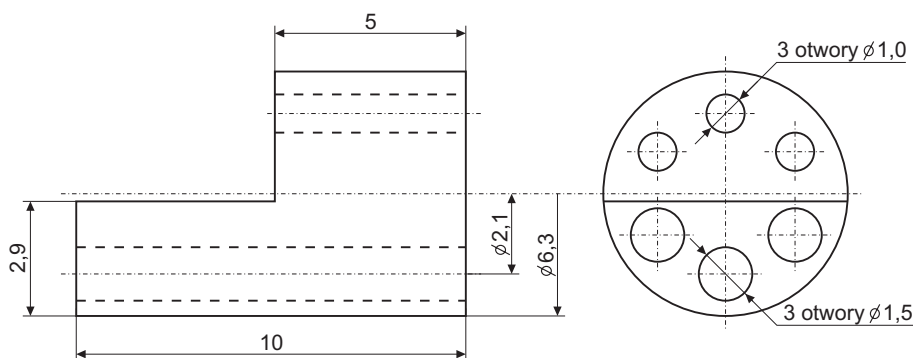
Zasadniczą wadą komercyjnych, wielostykowych złącz kontaktowych jest ich wysoka cena, czasem zbyt duże wymiary oraz podział na gniazdo i wtyk.

## 2. Budowa czujnika

Postanowiono zaprojektować sześciostykowe złącze kontaktowe, którego kształt wymusza jednoznaczne połączenie czujnika i obsadki, izolator złącza i elementy kontaktowe w czujniku i obsadce są identyczne, rura obsadki i korpus czujnika mają grubość nie większą niż 8 mm. Wszystkie prace mechaniczne można wykonać w warsztacie pracowni.

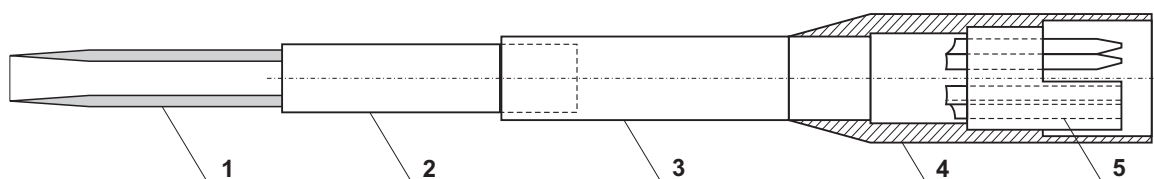
Rysunek 1 przedstawia izolator złącza kontaktowego, który spełnia wyżej wymienione warunki. W teflonowym walcu o średnicy 6.3 mm i wysokości 10 mm na obwodzie koła o średnicy 2.1 mm wywiercono trzy otwory o średnicy 1.5 mm i trzy otwory o średnicy 1.0 mm. Po odpowiednim odcięciu ¼ izolatora, wciśnięciu do otworów cieńszych kołków kontaktowych, a do otworów grubszych tulejek, uzyskuje się złącze, które można zetknąć z drugim złączem w sposób jednoznaczny.

Elementy kontaktowe (kołki i tulejki) uzyskuje się z demontażu komercyjnych złącz wielostykowych typu Canon. Po niezbędnej, prostej obróbce mechanicznej (stoczenie kołków do grubości 1.0 mm i tulejek do grubości 1.5 mm) wciska się te elementy do otworów w izolatorze, a do ich końców lutuje przewody łączące ze wspornikami.



Rys. 1. Izolator czujnika

Zmontowany czujnik przedstawia rysunek 2. Podstawą konstrukcji jest ceramiczna 6-cio otworowa rurka ceramiczna **2** o grubości 4.5 mm i długości 25 mm. Do otworów rurki wkleja się odpowiednio zaostrzone wsporniki **1**, grube końce pokrywa się lakierem izolującym, po czym rurkę ceramiczną **2** wkleja się do rurki stalowej **3** o grubości 5 mm i długości 30 mm. Przed wklejeniem do rurki ceramicznej wsporniki należy odpowiednio powyginać a ich końce ustawić w przestrzeni tak, aby mogły zrealizować wymagany pomiar, np. wyznaczenie wektora prędkości, wzorcowanie tunelu przy pomocy fal cieplnych itp. Do wolnych końców wsporników przylutowuje się odpowiednio elementy stykowe złącza kontaktowego **5**, po czym rurki z izolatorem wtyka się do korpusu czujnika **4**. Komorę korpusu, w której znajdują się połączenia wsporników i elementów stykowych należy starannie wypełnić klejem.



Rys. 2. Szkic czujnika

Zaletą konstrukcji tego czujnika jest prostota, duża sztywność, możliwość kontroli wymiarów i współosiowości elementów w czasie kolejnych etapów montażu. Zasadniczą wadą jest duża rezystancja wsporników wykonanych z drutu stalowego o średnicy 0.6 mm. W wykonanych czujnikach wynosi ona ok. 0.8  $\Omega$ , co stanowi ok. 10% wartości rezystancji czujnika termooanemometrycznego. Tak duża rezystancja wsporników zmniejsza wartość użyteczną sygnału. Stal zastąpiono więc metalem znacznie lepiej przewodzącym prąd. Do końców drutu z bazy berylowego o grubości 0.68 mm przylutowano zaostriżony odcinek drutu stalowego o grubości 0.3 mm i długości 9 mm. Rezystancja wsporników tych czujników wynosi 0.1  $\Omega$ .

Elementy czynne czujnika przeznaczonego do pomiaru prędkości w oparciu o fale cieplne są płaskoległe, równoległe, odległe od elementu środkowego o 3.0 mm i 5.46 mm. Drut nawierzchniowy jest źródłem fali temperaturowej, dwa pozostałe są termometrami rezystancyjnymi.

Wykonano kilka czujników, w których trzy elementy czynne (drut wolframowy o grubości 5  $\mu\text{m}$  pokryty warstwą platyny) są płaskoległe a druty zewnętrzne odległe są od drutu środkowego o 0.2 mm i 0.4 mm. Drut środkowy może pełnić rolę źródła (nadajnika) fali temperaturowej, druty zewnętrzne zaś termometrów rezystancyjnych o małej stałej czasowej. Z rozważań teoretycznych [1] wynika, że dla przepływów laminarnych spełniony jest związek:

$$v = \frac{\kappa}{x} \ln \frac{T_1}{T_2}$$

gdzie:

- $v$  – prędkość powietrza;
- $T_1$  i  $T_2$  – amplituda temperatury;
- $x$  – odległość nadajnik-termometr.

Ze wzoru wynika, że czujnikiem, w którym termometry leżą w tej samej odległości  $x$  od nadajnika można zmierzyć wartość prędkości i określić jej zwrot. Dawne badania wykazały, że charakterystyki kątowe czujnika przy obrocie dookoła osi czujnika i dookoła nadajnika są dokładnie sinusoidalne. Prezentowany system komputerowy jest znacznie wygodniejszy w pracy niż układ analogowy zbudowany ponad 20 lat temu przez dra Stasickiego. Dwa czujniki ustawione ortogonalnie względem siebie umożliwiają pomiar wektora prędkości z dokładnością niemożliwą do uzyskania przy pomiarach innymi metodami.

Zaznaczyć należy (jako przestrożę dla czytelników), że przewody łączące poszczególne elementy czynne z anemometrem cyfrowym muszą być osobno ekranowane. Generowane cyfrowo sygnały zmienne o niskiej częstotliwości realizowane są przez silne impulsy, które przenoszą się z przewodów zasilających nadajnik na przewody łączące z termometrami.

## Literatura

- [1] Stasicki B., Rysz J.: *Low velocity anemometer*, Arch. Górn., Vol. 24, 427-437, 1979.

### Construction of measurement system specialized hot-wire probes

#### Abstract

In this paper the construction of universal three-elements hot-wire probe is described. This probe perform standard metrological requirements: is stiff, enables realization of plenty of measurement methods and generated low interferences with tested flow. In addition signal/noise ratio in this probe is optimized.

**Keywords:** thermoanemometry, sensors (probes)

Recenzent: Prof. dr hab. inż. *Andrzej Z. Smolarski*, Instytut Mechaniki Górotworu PAN