
Le sonde pneumatiche a tre fori

Le sonde bidimensionali sono utilizzate per misurare le pressioni totale e statica, l'angolo di yaw ed eventualmente la temperatura totale.

Tali sonde, che indicano la direzione del flusso nel solo piano perpendicolare all'asse della sonda, hanno tre fori di misura. Il foro centrale indica la pressione p_o , e i due fori laterali indicano le pressioni p_s e p_d .

Preferibilmente le misure sono effettuate ruotando la sonda fin quando $p_s=p_d$; in questo modo la direzione del flusso (yaw angle) è indicata dal supporto graduato e la p_o indica, a meno delle limitazioni della sonda, la pressione totale (metodo per azzeramento).

Alternativamente è possibile determinare le variabili di flusso a partire dalle letture delle tre pressioni utilizzando le curve di calibrazione impostando eventualmente un angolo di offset per rientrare nel campo di risposta angolare della sonda (metodo per offset).

Le sonde bidimensionali correntemente usate hanno geometria a spigolo (W), a cilindro (YA), "cobra" (CA e CT), o a prisma (YC).

Sia le sonde prismatiche sia quelle a spigolo possono essere dotate di una termocoppia per la lettura della temperatura totale: in tal caso sono designate come YCT e WT rispettivamente.

Nella seguente figura sono riportate le varie tipologie di sonde bidimensionali:

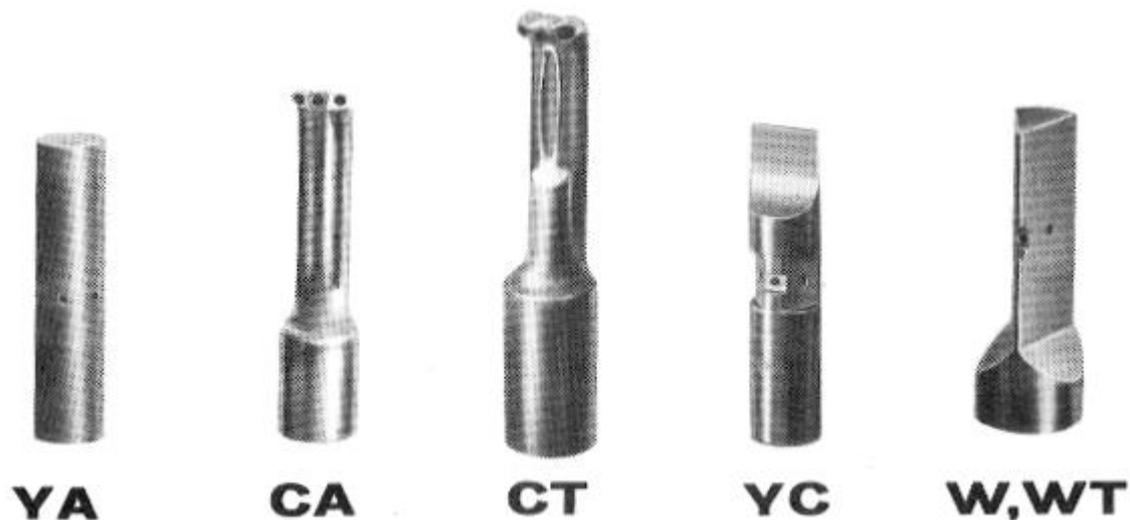


Fig.1 - Tipologie di sonde bidimensionali

Si riportano brevemente le caratteristiche costruttive e i campi di impiego delle sonde bidimensionali sopra citate:

YA : Da usarsi quando si devono misurare solo la pressione totale e l'angolo di yaw; non adatte per la pressione statica e quando si prevedono angoli di pitch superiori a 5° . Utilizzabile per valori di Mach fino a 0.7. L'estremità della sonda si trova a due diametri dai fori.

CA : Adatte per misure di pressione totale e dell'angolo di yaw per Mach non superiori a 0.7. Non consigliate per misure di pressione statica e per angoli di pitch superiori a 5°. Più accurate per traverse nello strato limite rispetto alle YA.

CT : Come le CA con l'aggiunta di una termocoppia per misurare la temperatura totale.

YC : Adatta per misure di pressione totale e statica e dell'angolo di yaw. Insensibili ad angoli di pitch fino a 20°. Utilizzabili per Mach non superiori a 0.7. L'estremità si trova a due diametri dai fori.

YCT : Uguali alle YC ad eccetto del fatto che sulla testa è presente una termocoppia per la misura della temperatura totale.

W : Misurano la pressione statica e totale e l'angolo di yaw. Insensibili ad angoli di pitch fino a 30° ed utilizzabili per Mach fino a 0.7. L'estremità si trova a due diametri dai fori.

WT : Come le W salvo la presenza all'interno della testa di una termocoppia per la misura della temperatura totale con fori di ingresso ed uscita separati.

A meno di altre specifiche, tutte le precedenti sonde sono realizzate in acciaio inossidabile resistente alla corrosione brasato con argento o, per impieghi ad alta temperatura e diametri dello stelo non troppo piccoli, saldato.

Viene sotto riportato lo schema della geometria e dei collegamenti ai manometri per le sonde
a tre fori

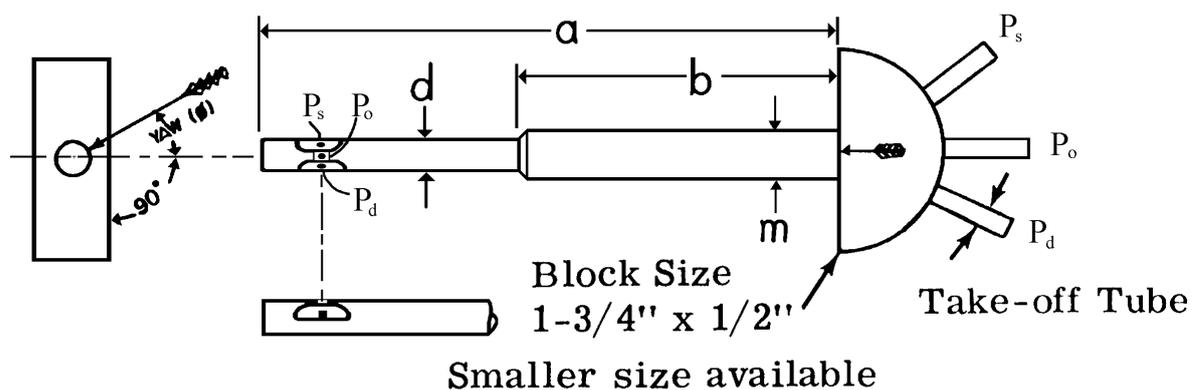


Fig.2 - Geometria di una sonda bidimensionale

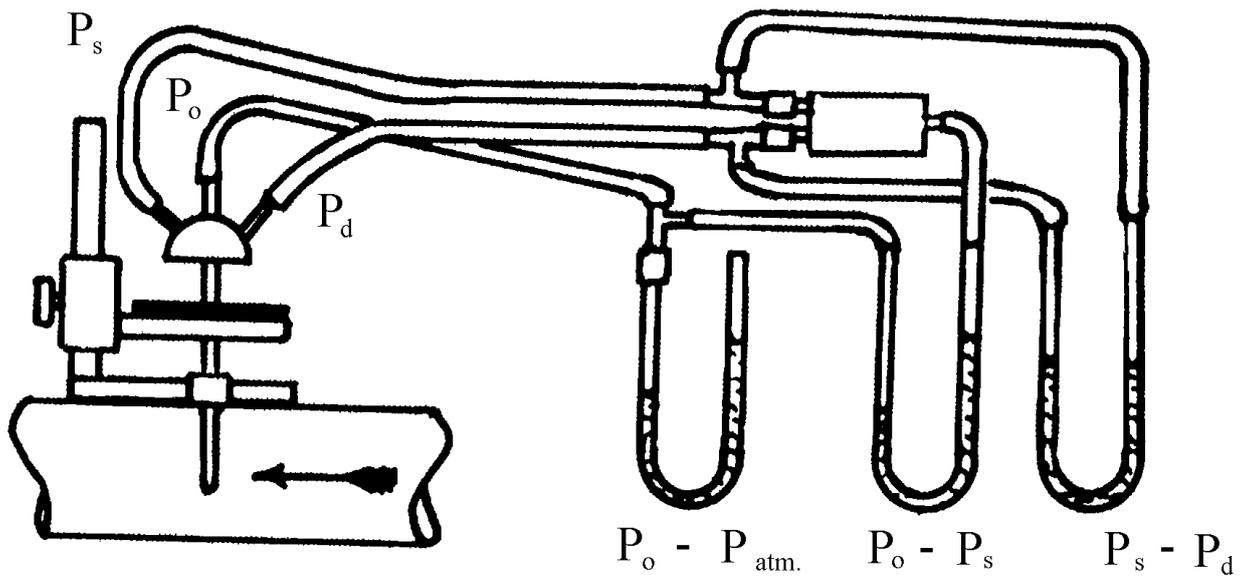


Fig.3 - Schema di montaggio e dei collegamenti ai manometri

Tutte queste sonde necessitano di una calibrazione individuale da effettuarsi in galleria del vento mediante la determinazione di tre coefficienti al variare dell'angolo di yaw.

I coefficienti di calibrazione impiegati sono

$$C_b = \frac{P_d - P_s}{P_t - P} \qquad C_{pt} = \frac{P_o - P_t}{P_t - P}$$

$$C_{ps} = \frac{\frac{P_s + P_d}{2} - P}{P_t - P}$$

che comportano una procedura iterativa nella riduzione dei dati sperimentali, oppure:

$$C_{bl} = \frac{P_d - P_s}{P_o - \frac{P_s + P_d}{2}} \qquad C_{ptl} = \frac{P_o - \frac{P_s + P_d}{2}}{P_t - P}$$

$$C_{psl} = \frac{P_o - P_t}{P_t - P}$$

per i quali la procedura di riduzione risulta diretta.

Le pressioni p_t e p devono essere rilevate mediante uno strumento di riferimento, ad esempio un tubo di Pitot oppure, disponendo della curva di calibrazione del tunnel,

ricavando la pressione totale dalla lettura della pressione atmosferica, e la pressione statica con prese di parete.

La geometria della sonda risulta da un compromesso tra sensibilità direzionale e campo di risposta angolare: per ottenere buone sensibilità occorre una ridotta inclinazione delle superfici rispetto al flusso; ciò compromette però l'estensione della risposta angolare.

Vengono sotto riportate, a titolo esemplificativo, tipiche curve di calibrazione di sonde cobra utilizzate presso il D.E.F. :

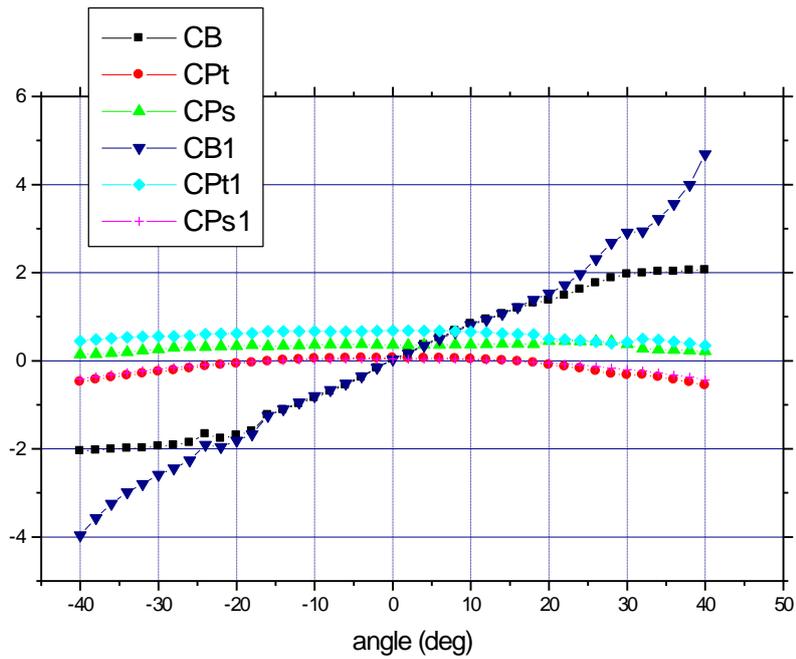


Fig.4 - Curve di calibrazione di una sonda cobra_np_g

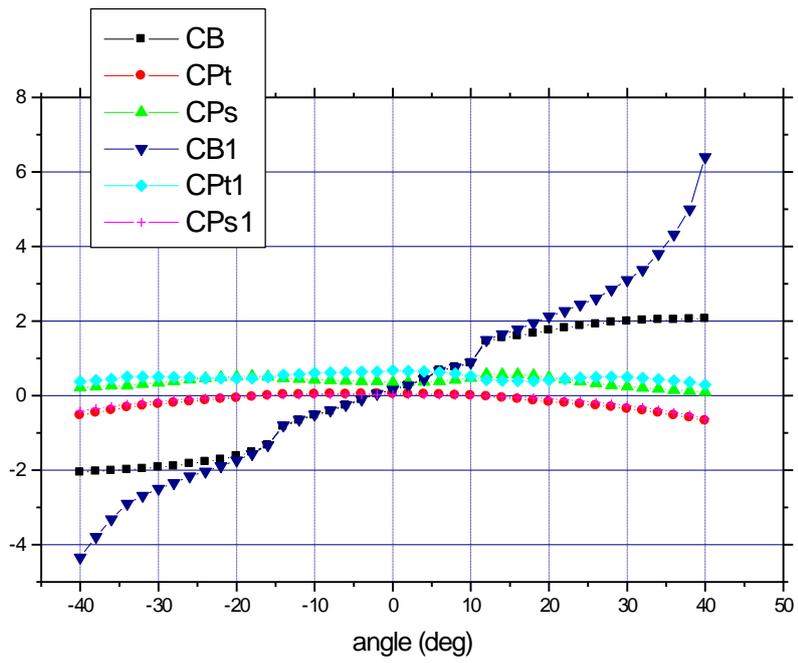


Fig.5 - Curve di calibrazione di una sonda cobra_np_h