



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UTBM

DOMANDA NUMERO	101982900000651
Data Deposito	24/11/1982
Data Pubblicazione	24/05/1984

Priorità	325.258
Nazione Priorità	US
Data Deposito Priorità	27-NOV-81

Titolo

METODO PER MISURARE LA PRESSIONE TOTALE DI UN FLUIDO E SONDA PER
EFFETTUARE TALE MISURAZIONE

DOCUMENTAZIONE RILEGATA

STAMP

24405 A/82

BI - 5496

UFFICIO BREVETTI
RICCARDI & CO. S.R.L.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"METODO PER MISURARE LA PRESSIONE TOTALE DI UN FLUIDO E SONDA PER EFFETTUARE
TALE MISURAZIONE"

della UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
Società dello Stato del Delaware
a HARTFORD, Connecticut (U.S.A.)

Descrizione modificata
(art. 49 D.P.R. n. 338/1979)
istanza dep. il 20-6-84
h

Inventori: Joseph Michael KOKOSZKA, Rocco Michael TOMMASINI

del 209484 NO 1984 N° 24405 A/82

R I A S S U N T O

Una sonda di pressione (26) per misurare la pressione totale in un condotto (16,22) che delimita un percorso di flusso (12) per un mezzo fluido di lavoro viene descritta. La sonda ha una parte di allineamento (32), una parte di rilevamento (34) distanziata dalla parte di allineamento lasciando una camera in pressione (36) tra di essi e passaggi (41) per condurre via il flusso dalla camera in pressione. In una forma di realizzazione particolare il passaggio di transizione (54) si estende tra la camera in pressione ed il passaggio (41). La parte di allineamento ha un primo passaggio (42) diretto verso un secondo passaggio (40) nella parte di rilevamento. La parte di rilevamento ha una parete (38) disposta attorno al secondo passaggio (40). Viene descritto un metodo per rilevare la pressione totale che include le operazioni di: deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro alla sonda di pressione; convertire la pressione totale del flusso deviato in una pressione statica ed in una pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele al primo passaggio; far urtare sostanzialmente tutta la parte deviata del flusso contro la parte di rilevamento nella

regione di parete che delimita la camera in pressione; e misurare la pressione statica del flusso nella regione di parete della camera in pressione per misurare la pressione totale; nonché condurre via tutto il flusso deviato dalla camera in pressione.

TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda la strumentazione per misurare pressioni in un percorso di flusso di un mezzo di lavoro e più particolarmente una sonda di pressione per misurare la pressione totale dei gas che vengono fatti fluire lungo tale percorso di flusso. I vantaggi di questa sonda sono stati dimostrati a numeri di Mach inferiori ad uno e si ritiene che questa sonda possenga un uso vantaggioso a numeri di Mach maggiori di uno.

Nei percorsi di flusso del mezzo di lavoro come si ritrovano nei motori a turbina a gas a flusso assiale, la pressione totale dei gas del mezzo di lavoro in una certa posizione viene misurata misurando la pressione totale con una sonda e convertendo questa pressione misurata in un'uscita analogica con un trasduttore. Una sonda di pressione totale è un tubo di pressione totale di tipo kiel come discusso alla pagina 381 del testo MISURAZIONI MECCANICHE di Beckwith e Buck (Addison-Wesley Publishing Company, Inc. - 1961). Come illustrato in tale testo il tubo keil consiste in un tubo venturi ed un tubo d'urto disposto nel tubo venturi in modo tale che si forma un anello tra il tubo venturi ed il tubo d'urto. Durante il funzionamento del tubo kiel, il flusso passa attraverso l'anello. Il tubo venturi orienta il flusso in modo tale che le linee di corrente del flusso che passa attraverso l'anello sono parallele all'asse del tubo d'urto.

La prestazione del tubo kiel è relativamente insensibile all'angolo formato tra l'asse della sonda e la linea di corrente del flusso in arrivo all'entrata della

sonda di pressione. Per gli scopi di analisi, l'angolo tra la linea di corrente e l'asse della sonda viene suddiviso in un componente di imbardata (angolo di imbardata) ed un componente di beccheggio (angolo di beccheggio) poiché la sonda del tubo kiel é insensibile ad una gamma di angoli di beccheggio e di imbardata, la quantità di errore introdotto dalle variazioni nell'angolo delle linee di corrente in arrivo é trascurabile entro tale gamma. L'accuratezza di un tubo kiel é anche insensibile alla posizione assiale del tubo d'urto rispetto al tubo venturi. Questa insensibilità alla posizione assiale del tubo d'urto evita la necessità di piccole tolleranze durante la fabbricazione del tubo. Tuttavia qualsiasi bloccaggio del flusso che lascia il tubo kiel provoca una rottura delle linee di corrente parallele nell'anello e diminuisce la lunghezza assiale della regione ove esistono le linee di corrente parallele. Poiché le linee di corrente devono essere parallele all'asse del tubo d'urto per l'accuratezza, qualsiasi blocco del flusso che lascia il tubo kiel fa sì che l'accuratezza del tubo kiel diventi sensibile alla posizione assiale del tubo d'urto rispetto al condotto cilindrico.

La sonda di pressione totale mostrata in Fig. 9 (tecnica precedente) é un esempio di una sonda adatta per l'uso nel bordo anteriore di una struttura aerodinamica. Questa sonda di pressione totale non si basa sull'esistenza di linee di corrente parallele che passano attraverso un anello attorno ad un tubo d'urto e perciò può essere installata sul bordo anteriore di una struttura aerodinamica. La sonda é relativamente facile da fabbricare ma mostra più sensibilità agli angoli di bardata e di beccheggio delle linee di corrente del flusso in avvicinamento rispetto a quanto lo siano i tubi di pressione totale di tipo kiel.

Scienziati ed ingegneri stanno lavorando a sviluppare una sonda di pressione che possa essere montata in un condotto o possa essere formata come parte inte-

grale del bordo anteriore di un profilo aerodinamico e che mostri maggiore insensibilità agli angoli di imbardata e di beccheggio del flusso in avvicinamento rispetto a quanto faccia la sonda della tecnica precedente mostrata in Fig. 9 e tuttavia che non sia sensibile alla posizione assiale del sensore d'urto come sono bloccate le sonde a tubo kiel per promuovere l'accuratezza e per facilitare la fabbricazione e l'installazione della sonda nelle condizioni di produzione in serie.

Secondo la presente invenzione una sonda per misurare la pressione totale ha una parte di allineamento, una parte di misurazione distanziata dalla parte di allineamento che lascia una camera in pressione tra di esse ed una parte di sfiato in comunicazione di fluido con la camera in pressione ed una regione all'esterno della sonda per diminuire la sensibilità della sonda ai componenti di imbardata e di beccheggio del flusso e diminuire la sensibilità della sonda al distanziamento tra la parte di misurazione e la parte di allineamento della sonda.

In conformità con la presente invenzione la pressione totale di un percorso di flusso di un mezzo di lavoro viene misurata da una sonda convertendo la pressione totale di una parte della corrente in pressione statica ed in pressione di velocità risultante dalle linee di corrente parallele ad una prima direzione; far urtare la corrente su una parete nella regione di entrata di un sensore; e condurre via la corrente urtata dalla regione del sensore attraverso un passaggio di sfiato;

una caratteristica principale della presente invenzione è una sonda di pressione totale divisa in tre parti e cioè una parte di allineamento, una parte di sensore ed una parte di sfiato. La parte di allineamento ha un passaggio che si estende assialmente. La parte di sensore è distanziata dalla parte di allineamento per formare una camera in pressione tra di esse. La parte di sensore ha una regione di entrata

adiacente alla camera in pressione. Un passaggio di sfiato é in comunicazione di fluido con la camera in pressione e con il percorso di flusso del mezzo di lavoro. In una forma di realizzazione particolare un passaggio di transizione si estende tra la camera in pressione ed il passaggio di sfiato.

Un vantaggio principale della presente invenzione é l'insensibilità delle prestazioni della sonda di pressione agli angoli di imbardata e di beccheggio delle linee di corrente nel percorso di flusso del mezzo di lavoro il che risulta dal convertire le componente non assiali di velocità in pressione statica. Un vantaggio della presente invenzione é l'accuratezza della sonda di pressione totale che risulta dal far urtare la corrente scaricata dalla parte di allineamento contro una parete nella regione di entrata alla parte di sensore. Un altro vantaggio della presente invenzione é l'insensibilità della accuratezza della sonda di pressione alla tolleranza sul distanziamento tra la parte di sensore e la parte di allineamento della sonda.

Altre caratteristiche e vantaggi diverranno chiari dalla descrizione e dalle rivendicazioni e dai disegni annessi che illustrano una forma di realizzazione della invenzione ed in cui:

la Fig. 1 é una vista in sezione trasversale della sezione di turbina di un motore a turbina a gas mostrante una sonda di pressione che é una parte integrale del bordo anteriore di un profilo aerodinamico di statore;

la Fig. 2 é una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 1 in cui la sonda é un pezzo separato di strumentazione;

la Fig. 3 é una vista in pianta dall'alto di una sonda di pressione del tipo mostrato in Fig. 1 od in Fig. 2 parzialmente asportata e sezionata;

la Fig. 4 é una vista in sezione trasversale lungo le linee 4-4 della Fig. 3

con la parte di sensore della sonda mostrata in linee evanescenti;

la Fig. 5 é una vista esplosa parzialmente in sezione trasversale di una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 2 in cui la parte di allineamento é montata internamente alla sonda;

la Fig. 6 é una vista in sezione trasversale della sonda mostrata in Fig. 5 e che é eseguita lungo le linee 6-6 della Fig. 5;

la Fig. 7 é una forma di realizzazione particolare della sonda di pressione mostrata in Fig. 2;

la Fig. 8 é una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 6 mostrante la sonda di pressione montata nel bordo anteriore di un profilo aerodinamico;

la Fig. 9 é una sonda della tecnica precedente del tipo atto ad essere montato nel bordo anteriore di un profilo aerodinamico;

la Fig. 10 é un'illustrazione di un flusso di gas di mezzo di lavoro aventi una linea di corrente S allineata con l'intersezione del piano di imbardata e del piano di beccheggio;

la Fig. 11 é un grafico della pressione totale caratteristica delle sonde mostrate in Fig. 7, Fig. 8 e Fig. 9 mostrante l'errore nella pressione totale per ciascuna sonda come percentuale non dimensionalizzata della pressione dinamica rispetto all'angolo di imbardata in gradi;

la Fig. 12 é un grafico della caratteristica di pressione totale delle sonde mostrate nella Fig. 7, Fig. 8 e Fig. 9 mostrante l'errore nella pressione totale per ciascuna sonda come percentuale non dimensionalizzata della pressione dinamica rispetto all'angolo di beccheggio in gradi; e

la Fig. 13 é una rappresentazione grafica del rapporto della differenza nella

nella pressione statica rispetto alla pressione totale, tracciata rispetto al numero di Mach.

Una forma di realizzazione di motore a turbina a gas viene illustrata nella Fig. 1. Il motore ha una sezione di turbina 10 (di cui viene mostrata una parte) ed un percorso di flusso anulare 12 per i gas del mezzo di lavoro che si estende assialmente attraverso il motore. La sezione di turbina del motore ha un complesso di statore 14 ed un complesso di rotore 16. Il complesso di rotore include un disco di rotore 18 avente una pluralità di pale che si estendono verso l'esterno attraverso il percorso di flusso del mezzo di lavoro come rappresentato dalla singola pala di rotore 20. Il complesso di statore include una carcassa esterna 22 che circonda il percorso di flusso del mezzo di lavoro. Una pluralità di montanti di statore come rappresentati da un singolo montante di scarico 24 si estende verso l'interno dalla carcassa esterna attraverso il percorso di flusso del mezzo di lavoro. Il montante di scarico ha una pluralità di sonde di pressione totale 26 unite integralmente al montante. Ciascuna sonda di pressione totale in comunicazione di fluido con un trasduttore 28 per convertire livelli di pressione statica di una uscita analoga. Un tubo 30 si estende tra la sonda di pressione ed il trasduttore. Niente gas del mezzo di lavoro vengono scaricati dal percorso di flusso del mezzo di lavoro attraverso il trasduttore.

La Fig. 2 è una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione 26 mostrata in Fig. 1, mostrante la sonda come pezzo di strumentazione separato. Le parti della sonda sono asportate per mostrare l'interno della sonda. La sonda include un mezzo per deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro alla sonda di pressione come una parte di allineamento 32. La sonda ha un mezzo per rilevare la pressione statica quale la parte di sensore 34 che è distanziata assialmente dalla parte di allineamento lasciando una camera in pressione 36 tra di esse.

La parte di sensore include una parete 38 ed un passaggio 40 attraverso la parete per rilevare la pressione statica. Il passaggio 40 é in comunicazione di fluido con il tubo 30. Un mezzo per condurre via tutto il fluido deviato dalla sonda in una regione verso l'esterno della sonda di pressione, come il passaggio 41 é in comunicazione di fluido con la camera in pressione. Come mostrato in Fig. 2, la regione all'esterno della sonda di pressione é il percorso di flusso 12 del mezzo di lavoro ad un punto a valle dell'entrata alla parte di allineamento.

La Fig. 3 é una vista in pianta di una sonda di pressione 26 del tipo mostrato in Fig. 1 o in Fig. 2 parzialmente in sezione e parzialmente asportata per mostrare l'interno della sonda. La parte di allineamento della sonda include un mezzo per condurre la parte deviata del flusso in una prima direzione come un primo passaggio 42 che é in comunicazione di fluido con il percorso di flusso 12 del mezzo di lavoro. Il passaggio ha un asse longitudinale A-A. Una parete 44 delimita il passaggio. Viene previsto un mezzo per convertire la pressione totale del flusso in pressione statica ed in pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo le linee di corrente parallele alla prima direzione. Nella forma di realizzazione mostrata il mezzo é un ingresso 46 formato dalla parete 44 del passaggio di allineamento. La parete 44 converge nella direzione a valle e nella regione di ingresso in modo tale che il valore assoluto dell'inclinazione della parete rispetto all'asse del passaggio in un primo punto I_1 nell'ingresso é maggiore del valore assoluto dell'inclinazione della parete nell'ingresso in un secondo punto I_2 a valle del primo punto.

Viene previsto un mezzo per convertire sostanzialmente tutta la pressione dinamica del flusso in pressione statica. Nella forma di realizzazione mostrata, il mezzo é la parte di sensore 34. La parete 38 delimita la camera in pressione che viene mostrata dalla graffa 36. Il secondo passaggio é in comunicazione di

fluido con la camera in pressione e con il tubo 30. La sonda ha almeno un terzo passaggio come passaggi di sfiato indicati dalle graffe 41. Ciascun terzo passaggio ha un ingresso 48 in comunicazione di fluido con l'uscita 50 della camera in pressione. Ciascun terzo passaggio ha un'uscita 52 che fa sì che il passaggio sia in comunicazione di fluido con la regione all'esterno della sonda come il percorso di flusso 12 del mezzo di lavoro o l'esterno del motore. Un passaggio di transizione 54 in corrispondenza di ciascun terzo passaggio 41 si estende tra la camera in pressione e il terzo passaggio. Ciascun passaggio di transizione ha l'uscita 56 ed un'entrata 58. Nella forma di realizzazione mostrata, la sommatoria delle aree di flusso in sezione trasversale delle entrate 58 ai passaggi di transizione è eguale all'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita 50 della camera in pressione. L'area di flusso in sezione trasversale dell'entrata 48 di ciascun terzo passaggio è almeno tanto grande quanto l'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita 56 del passaggio di transizione adiacente.

La Fig. 4 è una vista in sezione trasversale lungo le linee 4-4 della Fig. 3 di una parte della sonda di pressione mostrata in Fig. 3 con la parte di sensore mostrata in linee evanescenti.

La Fig. 5 è una vista esplosa di una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 2 in cui l'esterno della parte di allineamento 32 della sonda è montato internamente alla sonda stessa.

La Fig. 6 è una vista in sezione trasversale della sonda mostrata in Fig. 5. La sonda ha una parte di sensore 34 distanziata dalla parte di allineamento che lascia una camera in pressione tra di esse come mostrato dalla graffa 36. La sonda ha due terzi passaggi come indicato dalle graffe 41. Un passaggio di transizione 54 in corrispondenza di ciascun terzo passaggio si estende tra la camera in pres-

sione e il terzo passaggio. I passaggi di transizione 54 sono in comunicazione di fluido uno con l'altro.

La Fig. 7 é una forma di realizzazione particolare della sonda di pressione mostrata in Fig. 2.

La Fig. 8 é una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 6 mostrante la sonda di pressione montata nel bordo anteriore di un profilo aerodinamico. Una sonda della tecnica precedente viene mostrata in Fig. 9 ed é contrassegnata con tecnica precedente. Le dimensioni delle sonde sono mostrate nella Tabella I qui appresso. Le lunghezze L_1 , L_2 , L_3 ed L_4 sono misurate parallelamente all'asse longitudinale A_1 della parte di allineamento 32 della sonda. I diametri D_1 , D_2 , e D_4 vengono misurati attorno all'asse longitudinale della sonda.

TABELLA I

	Sonda della Fig. 7 <u>mm</u>	Sonda della Fig. 8 <u>mm</u>	Sonda della tecnica precedente (Fig.9) <u>mm</u>
D_1	6,35	5,02	3,05
D_2	2,54	1,78	----
D_3	8,509	2,26	----
D_4	1,02	1,02	1,02
L_1	4,11	6,91	----
L_2	5,08	7,62	1,27
L_3	9,19	6,20	----
L_4	0,711	0,711	----
L_5	6,73	6,60	----
R_1	2,54	1,73	----
α	34°	34°	----
β	20°	38°	----

La Fig. 10 é un'illustrazione di un flusso di gas di mezzo di lavoro avente una linea di corrente S allineata con l'asse longitudinale dell'entrata alla parte

di allineamento della sonda. Il flusso avente linee di corrente ad un angolo rispetto alla linea di corrente 5 allineata con l'asse longitudinale può essere suddiviso in una componente nel piano di imbardata (angolo di imbardata) ed una componente in un piano di beccheggio (angolo di beccheggio) per gli scopi di analizzare le prestazioni della sonda. Il piano di beccheggio si estende tra i gradi zero (0°) e i gradi centottanta (180°) ed il piano di imbardata si estende tra gradi novanta (90°) e gradi meno novanta (-90°).

Durante il funzionamento del motore, i gas del mezzo di lavoro vengono fatti fluire lungo il percorso di flusso anulare 12. Una parte del flusso viene deviata dal percorso di flusso del mezzo di lavoro all'entrata 46 della parte di allineamento 32 della sonda. La parte di allineamento 32 della sonda è atta a convertire la pressione totale del flusso in una pressione statica ed in una pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele al passaggio di allineamento. Come si comprenderà, è teoricamente impossibile convertire tutte le componenti di velocità non parallele (linee di corrente) in pressione statica; tuttavia si ritiene dai dati delle prestazioni che sostanzialmente tutte le componenti (99%) di velocità non parallele vengono convertite in pressione statica. Il flusso viene incanalato lungo il passaggio di allineamento nella direzione del passaggio di allineamento. Una parte della pressione statica viene convertita in pressione dinamica. Il flusso deviato viene scaricato dal passaggio di allineamento e viene diretto attraverso la camera in pressione 36 verso la parte di sensore 34. La parte deviata del flusso viene fatta urtare contro la parte di sensore 34 della sonda. Il flusso viene fatto urtare contro la parete 38 che delimita la camera in pressione e contro il gas disposto nel passaggio 40 per misurare la pressione statica. Poiché il passaggio 40, il tubo

30 e il trasduttore 28 formano una cavità chiusa senza uscita, il gas nel passaggio 40 della parte di sensore agisce come fluido relativamente incompressibile alle velocità del gas entro la sonda. La sonda è atta a far urtare tutta la parte deviata del flusso contro la parete ed il fluido incompressibile nel passaggio e così è atta a creare una pressione di stagnazione nella regione della camera in pressione 36 adiacente alla parete. Come si comprenderà è teoricamente impossibile far urtare l'intera quantità della parte deviata del flusso contro il sensore. Tuttavia sostanzialmente tutta la parte deviata del flusso viene fatta urtare contro la parte di sensore (99%) e nella misura che il flusso non viene fatto urtare ciò introduce un errore nell'accuratezza della sonda. Quando l'errore è relativamente piccolo (meno dell'1% della pressione dinamica della corrente libera) ed è costante sulla gamma di beccheggio e di imbardata, le letture della sonda vengono facilmente compensate attraverso la taratura della sonda stessa. Poiché sostanzialmente tutta la parte deviata del flusso viene fatta urtare contro la parete ed il fluido incompressibile nel passaggio di sensore e si trova a velocità zero nella regione di parete della camera in pressione, la pressione statica del flusso nella regione di parete della camera in pressione è sostanzialmente eguale alla pressione di stagnazione (pressione totale) del flusso. Tutto il flusso deviato e urtato viene condotto via dalla camera in pressione mediante i terzi passaggi 41. I terzi passaggi stabiliscono una differenza nella pressione statica nelle condizioni operative tra l'entrata 46 alla parte di allineamento e l'uscita del terzo passaggio in modo tale che la parte dei gas del mezzo di lavoro che entra nella parte di allineamento viene scaricata via dalla camera in pressione in una regione all'esterno della sonda di pressione quale il percorso di flusso 12 del mezzo di lavoro.

Le caratteristiche di errore di pressione totale per la sonda mostrata in Fig. 7, per la sonda mostrata in Fig. 8 e per la sonda della tecnica precedente mostrata in Fig. 9 vengono tracciate nella Fig. 11 (imbardata) e nella Fig. 12 (beccheggio). L'errore di pressione totale in percentuale non è dimensionalizzato sottraendo dalla pressione totale indicata P_{tp} la pressione totale effettiva P_t e dividendo tale quantità per la pressione totale effettiva P_t del percorso di flusso del mezzo di lavoro meno la pressione statica effettiva P_s del percorso di flusso del mezzo di lavoro $(P_{tp} - P_t) / (P_t - P_s)$.

Come si può vedere dalle Figg. 11 e 12, la sensibilità delle sonde mostrate nelle Figg. 7 ed 8 rispetto all'angolo di imbardata e l'angolo di beccheggio del flusso è diminuita in confronto alla sensibilità della sonda della tecnica precedente mostrata in Fig. 9.

Un vantaggio distinto e particolare delle sonde mostrate nelle Figg. 7 ed 8 è l'insensibilità della sonda alla distanza L_4 attraverso la camera in pressione tra la parte di allineamento 32 e la parte di sensore 34. E' stato trovato attraverso la sperimentazione che le variazioni nella lunghezza L_4 hanno un effetto trascurabile sull'errore di pressione totale della sonda purché la lunghezza sia ad un minimo di due decimi di millimetro (0,2 mm). Al di sotto di due decimi di millimetro (0,2 mm) l'accuratezza viene influenzata e l'errore percentuale totale aumenta considerevolmente. Oltre due decimi di millimetro (0,2 mm) e fino ad una distanza di due millimetri e cinquantaquattro centesimi di millimetro (2,54 mm) l'accuratezza rimane relativamente costante sulla gamma operativa di imbardata e di beccheggio della sonda in cui la sonda è insensibile all'angolo di imbardata e all'angolo di beccheggio delle linee di corrente del flusso in arrivo. Il vantaggio distinto e particolare dell'insensibilità dell'errore alla distanza L_4

é che quando le sonde vengono fabbricate, il distanziamento tra la parte di allineamento e la parte di sensore può avere una tolleranza molto grande. Per esempio la tolleranza potrebbe essere 0,508 mm per una lunghezza L_4 di 1,27 mm. Una tale larga tolleranza sul distanziamento facilita grandemente la produzione in serie della sonda e l'installazione della sonda in condizioni di produzione in massa.

L'interazione di flusso che si verifica entro la camera in pressione della sonda non é nota con certezza; tuttavia si ritiene che la seguente spiegazione sia la spiegazione più plausibile basata sulla sperimentazione che é stata effettuata. Il distanziamento della parte di allineamento della sonda dalla parte di sensore della sonda a meno di 0,2032 mm fa si che il flusso in arrivo consideri la sonda avente le dimensioni mostrate nelle Figg. 7 ed 8 come tubo d'urto e quindi si comporti come una sonda che non ha parte di allineamento nella sonda stessa. Di conseguenza la sensibilità della sonda agli angoli di imbardata e di beccheggio é grandemente aumentata e si avvicina alla sensibilità del tipo della tecnica precedente mostrato in Fig. 9. Si é teorizzato che distanziando la parte di allineamento dalla parte di sensore per una distanza maggiore di 0,2032 mm si evita la formazione di correnti vorticose nel passaggio di transizione 56. Queste correnti vorticose bloccherebbero il flusso dall'uscire dalla camera in pressione e farebbero si che la sonda funzione come fa la sonda della tecnica precedente.

La sperimentazione ha mostrato che le prestazioni soddisfacenti si verificano per le sonde delle Figg. 7 ed 8: quando l'area di flusso in sezione trasversale dell'ingresso del terzo passaggio (di sfiato) é almeno tanto grande come l'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita 56 del passaggio di transizione 56; quando l'area di flusso in sezione trasversale dell'ingresso 58 per i passaggi di

transizione 54 è eguale all'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita 50 della camera in pressione; quando la sommatoria delle aree di flusso minime in sezione trasversale dei terzi passaggi 41 (di sfiato) è almeno il doppio dell'area di flusso minima in sezione trasversale del primo passaggio 42 (di allineamento); e quando il secondo passaggio 40 nella parte di sensore 34 è più piccolo del primo passaggio 42 nella parte di allineamento.

La sonda di pressione mostrata nelle Figg. 7 ed 8 ha un'entrata con imboccatura a campana formata con un raggio R_1 . Si ritiene per le sonde del tipo mostrato nelle Figg. 7 ed 8 che la differenza nella pressione statica di un certo numero di Mach tra l'entrata 46 alla parte di allineamento 32 e l'uscita 52 dal terzo passaggio 41 (di sfiato) è almeno eguale alla differenza nella pressione statica mostrata in Fig. 13 per un dato numero di Mach. Ciò assicura che il flusso che entra nella camera in pressione non interferisca con il flusso che lascia la camera in pressione stessa. La differenza nella pressione statica tra l'ingresso al terzo passaggio e l'uscita al terzo passaggio non è maggiore del dieci per cento (10%) della differenza nella pressione statica tra l'ingresso alla parte di allineamento e l'uscita dal terzo passaggio per assicurare che le correnti vorticosi vengano bloccate dal formarsi all'uscita della camera in pressione.

Benché la presente invenzione è stata mostrata e descritta rispetto a sue forme di realizzazione preferite, si deve comprendere da parte delle persone esperte nella tecnica che varie modifiche ed omissioni nelle forme e nei dettagli di essa possono essere apportati in essa senza discostarsi dallo spirito e dall'ambito dell'invenzione stessa.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per misurare la pressione totale in un condotto che delimita un per-

corso di flusso per un mezzo fluido di lavoro utilizzando una sonda di pressione avente un passaggio di allineamento del flusso estendentesi all'interno della sonda ed una parte di sensore, comprendente le operazioni di: deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro alla sonda di pressione; convertire la pressione totale del flusso deviato nel passaggio di allineamento in una pressione statica ed in una pressione dinamica, in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele al passaggio di allineamento; condurre tutto il flusso dal passaggio di allineamento in una camera in pressione; far urtare sostanzialmente tutta la parte deviata del flusso contro una parte di sensore avente una parete che delimita la camera in pressione per convertire sostanzialmente tutta la pressione di velocità del flusso in pressione statica nella regione di parete nella camera in pressione; misurare la pressione statica del flusso nella regione di parete della camera in pressione; e condurre via tutto il flusso deviato dalla camera in pressione.

2. Metodo per misurare la pressione totale usando una sonda che ha una parte di allineamento avente un primo passaggio disposto nella parte di allineamento attorno ad un asse longitudinale di simmetria, una parte di sensore distanziata dalla parte di allineamento lasciando una camera in pressione tra di esse in comunicazione di fluido con il primo passaggio, ed una parte di sfiato in cui la parte di sfiato é in comunicazione di fluido con la camera in pressione e con il percorso di flusso del mezzo di lavoro, comprendente le operazioni di: deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro al passaggio della parte di allineamento; convertire sostanzialmente tutta la pressione totale del flusso deviato in una pressione statica ed in una pressione dinamica all'ingresso al passaggio di allineamento in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente

parallele al passaggio di allineamento; convertire una parte della pressione statica nel flusso deviato in pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele all'asse longitudinale del passaggio di allineamento; convertire sostanzialmente tutta la pressione di velocità del mezzo fluido di lavoro che lascia il passaggio di allineamento e che entra nella camera in pressione in pressione statica all'entrata della parte di sensore; convertire la pressione statica del mezzo fluido di lavoro in pressione dinamica nella parte di sfiato della sonda in modo tale che la pressione statica della corrente libera è eguale alla pressione statica nella parte di sfiato della sonda in corrispondenza del punto di comunicazione tra la parte di sfiato ed il percorso di flusso del mezzo di lavoro per condurre i gas del mezzo di lavoro dalla camera in pressione nel percorso di flusso del mezzo di lavoro.

3. Metodo secondo la rivendicazione 2 in cui l'operazione di convertire sostanzialmente tutta la pressione dinamica del mezzo di lavoro scaricato dal passaggio di allineamento in pressione statica include l'operazione di dirigere l'intera corrente di gas del mezzo di lavoro scaricati dal passaggio di allineamento verso una parete disposta attorno alla regione di ingresso alla parte di sensore della sonda.

4. Sonda di pressione in comunicazione di fluido con una regione all'esterno della sonda per misurare la pressione totale di un mezzo fluido di lavoro in un percorso di flusso per i gas del mezzo di lavoro che comprende: mezzi per deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro alla sonda di pressione che includono mezzi per condurre la parte deviata del flusso in una prima direzione, e mezzi per convertire la pressione totale del flusso in pressione statica ed in pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso

lungo linee di corrente parallele alla prima direzione; mezzi per rilevare la pressione statica; mezzi per convertire sostanzialmente tutta la pressione dinamica del flusso deviato in pressione statica in una regione adiacente ai mezzi per rilevare la pressione statica; e mezzi per condurre via tutto il flusso deviato dalla sonda nella regione all'esterno della sonda di pressione.

5. Sonda di pressione secondo la rivendicazione 4 in cui la regione all'esterno della sonda di pressione é il percorso di flusso del mezzo di lavoro.

6. Sonda di pressione secondo la rivendicazione 4 in cui la sonda ha una parte di allineamento, una parte di sensore distanziata dalla parte di allineamento lasciando una camera in pressione tra di esse, la parte di sensore avendo una parete che delimita la camera in pressione ed un passaggio attraverso la parete per misurare la pressione statica ed in cui i mezzi per condurre la parte deviata del flusso nella prima direzione é la parte di allineamento della sonda, i mezzi per rilevare la pressione statica sono la parte di sensore della sonda che ha un passaggio per misurare la pressione statica, ed i mezzi per convertire sostanzialmente tutta la pressione dinamica del flusso deviato in pressione statica é la parte di sensore avente una parete disposta attorno al passaggio, la parete essendo distanziata dalla parte di allineamento che lascia la camera in pressione tra di esse.

7. Sonda di pressione per rilevare la pressione totale in un percorso di flusso per gas del mezzo di lavoro, la sonda avendo i gas del mezzo di lavoro che passano attraverso la sonda stessa e che comprende: una parte di allineamento che include un primo passaggio in comunicazione di fluido con il percorso di flusso del mezzo di lavoro, il primo passaggio avendo un asse longitudinale, ed una parete che delimita il passaggio, la parete formando un'entrata che converge nella direzione a valle in modo tale che il valore assoluto dell'inclinazione della parete in

corrispondenza di un primo punto nell'entrata rispetto all'asse longitudinale del passaggio é maggiore rispetto al valore assoluto dell'inclinazione della parete dell'entrata ad un secondo punto a valle del primo punto; una parte di sensore distanziata assialmente dalla parte di allineamento che lascia una camera in pressione tra di esse, la parte di sensore avendo un secondo passaggio orientato in allineamento assiale con il primo passaggio e che é in comunicazione di fluido con la camera in pressione; in cui la sonda ha almeno un terzo passaggio avente un ingresso in comunicazione di fluido con detta camera in pressione ed un'uscita che é adatta al terzo passaggio ad essere in comunicazione di fluido con una regione all'esterno della sonda per stabilire una differenza in pressione statica nelle condizioni operative tra l'entrata alla parte di allineamento e l'uscita del terzo passaggio, in modo tale che la parte dei gas del mezzo di lavoro che entra nella parte di allineamento viene scaricata dal terzo passaggio.

8. Sonda secondo la rivendicazione 7 in cui la parte di allineamento é montata su un profilo aerodinamico stazionario che si estende attraverso il percorso di flusso del mezzo di lavoro e la parte di sensore é montata nel bordo anteriore del profilo aerodinamico.

9. Sonda secondo la rivendicazione 7 in cui la parte di allineamento é montata entro il bordo anteriore di un profilo aerodinamico ed almeno un terzo passaggio si estende attraverso il profilo aerodinamico stesso.

10. Sonda secondo la rivendicazione 7 in cui la regione all'esterno della sonda é il percorso di flusso del mezzo di lavoro.

11. Sonda di pressione secondo la rivendicazione 7 in cui il terzo passaggio ha un ingresso ed in cui la differenza in pressione statica ad un dato numero di Mach tra l'entrata alla parte di allineamento e l'uscita dal terzo passaggio é almeno

eguale alla differenza in pressione statica mostrata in Fig. 13 per il dato numero di Mach ed in cui la differenza in pressione statica tra l'ingresso al terzo passaggio e l'uscita del terzo passaggio non é maggiore del 10% di detta differenza in pressione statica tra l'ingresso alla parte di allineamento e l'uscita dal terzo passaggio.

12. Sonda di pressione secondo la riv. 7 in cui un passaggio di transizione in corrispondenza di ciascun passaggio di sfiato si estende tra la camera in pressione ed il terzo passaggio, il passaggio di transizione avendo un'uscita, il terzo passaggio avendo un'entrata in cui l'area di flusso in sezione trasversale dell'entrata del terzo passaggio é almeno tanto grande quanto l'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita del passaggio di transizione.

13. Sonda di pressione secondo la riv. 12 in cui la camera di pressione ha un'uscita e ciascun passaggio di transizione ha un'entrata in cui la sommatoria totale delle aree di flusso di entrata in sezione trasversale dei passaggi di transizione é eguale all'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita della camera in pressione.

14. Sonda di pressione secondo la riv. 7 in cui la sommatoria delle aree di flusso in sezione trasversale dei terzi passaggi é almeno il doppio dell'area di flusso minima in sezione trasversale del passaggio di allineamento.

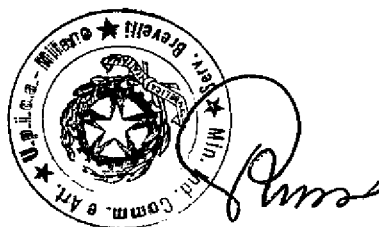
15. Metodo secondo la riv. 7 in cui l'area in sezione trasversale del passaggio in corrispondenza dell'entrata dalla parte di sensore é inferiore al diametro del passaggio nella parte di allineamento in corrispondenza dell'entrata alla camera di pressione.

16. Sonda di pressione secondo le rivendicazioni 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15, in cui l'entrata alla parte di allineamento ha un'imboccatura a forma di campana.

pp. UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION

Società dello Stato del Delaware
UFFICIO BREVETTI
RICCARDI & CO. S.R.L.

- 20 -



Timbro rotondo

Ufficio Brevetti e Marchi degli Stati Uniti

Stanza Ricevimento Posta

27 Novembre 1981

N° 325258

METODO PER MISURARE LA PRESSIONE TOTALE DI UN FLUIDO A SONDA PER EFFETTUARE
TALE MISURAZIONE

DESCRIZIONE

Campo della tecnica

La presente invenzione riguarda la strumentazione per misurare pressioni in un percorso di flusso di un mezzo di lavoro e più particolarmente una sonda di pressione per misurare la pressione totale dei gas che vengono fatti fluire lungo tale percorso di flusso. I vantaggi di questa sonda sono stati dimostrati a numeri di Mach inferiori ad uno e si ritiene che questa sonda possegga un uso vantaggioso a numeri di Mach maggiori di uno.

Fondamento della tecnica

Nei percorsi di flusso del mezzo di lavoro come si ritrovano nei motori a turbina a gas a flusso assiale, la pressione totale dei gas del mezzo di lavoro in una certa posizione viene misurata misurando la pressione totale con una sonda e convertendo questa pressione misurata in un'uscita analogica con un trasduttore. Una sonda di pressione totale è un tubo di pressione totale di tipo kiel come discusso alla pagina 381 del testo MISURAZIONI MECCANICHE di Beckwith e Buck (Addison-Wesley Publishing Company, Inc. - 1961). Come illustrato in tale testo il tubo keil consiste in un tubo venturi ed un tubo d'urto disposto nel tubo venturi in modo tale che si forma un anello tra il tubo venturi ed il tubo d'urto. Durante il funzionamento del tubo kiel, il flusso passa attraverso l'anello. Il tubo venturi orienta il flusso in modo tale che le linee di corrente del flusso che passa attraverso l'anello sono parallele all'asse del tubo d'urto.

La prestazione del tubo kiel è relativamente insensibile all'angolo formato tra l'asse della sonda e la linea di corrente del flusso in arrivo all'entrata della

sonda di pressione. Per gli scopi di analisi, l'angolo tra la linea di corrente e l'asse della sonda viene suddiviso in un componente di imbardata (angolo di imbardata) ed un componente di beccheggio (angolo di beccheggio) poiché la sonda del tubo kiel è insensibile ad una gamma di angoli di beccheggio e di imbardata, la quantità di errore introdotto dalle variazioni nell'angolo delle linee di corrente in arrivo è trascurabile entro tale gamma. L'accuratezza di un tubo kiel è anche insensibile alla posizione assiale del tubo d'urto rispetto al tubo venturi. Questa insensibilità alla posizione assiale del tubo d'urto evita la necessità di piccole tolleranze durante la fabbricazione del tubo. Tuttavia qualsiasi bloccaggio del flusso che lascia il tubo kiel provoca una rottura delle linee di corrente parallele nell'anello e diminuisce la lunghezza assiale della regione ove esistono le linee di corrente parallele. Poiché le linee di corrente devono essere parallele all'asse del tubo d'urto per l'accuratezza, qualsiasi blocco del flusso che lascia il tubo kiel fa sì che l'accuratezza del tubo kiel diventi sensibile alla posizione assiale del tubo d'urto rispetto al condotto cilindrico.

La sonda di pressione totale mostrata in Fig. 9 (tecnica precedente) è un esempio di una sonda adatta per l'uso nel bordo anteriore di una struttura aerodinamica. Questa sonda di pressione totale non si basa sull'esistenza di linee di corrente parallele che passano attraverso un anello attorno ad un tubo d'urto e perciò può essere installata sul bordo anteriore di una struttura aerodinamica. La sonda è relativamente facile da fabbricare ma mostra più sensibilità agli angoli di bardata e di beccheggio delle linee di corrente del flusso in avvicinamento rispetto a quanto lo siano i tubi di pressione totale di tipo kiel.

Scienziati ed ingegneri stanno lavorando a sviluppare una sonda di pressione che possa essere montata in un condotto o possa essere formata come parte inte-

grale del bordo anteriore di un profilo aerodinamico e che mostri maggiore insensibilità agli angoli di imbardata e di beccheggio del flusso in avvicinamento rispetto a quanto faccia la sonda della tecnica precedente mostrata in Fig. 9 e tuttavia che non sia sensibile alla posizione assiale del sensore d'urto come sono bloccate le sonde a tubo kiel per promuovere l'accuratezza e per facilitare la fabbricazione e l'installazione della sonda nelle condizioni di produzione in serie.

Descrizione dell'invenzione

Secondo la presente invenzione una sonda per misurare la pressione totale ha una parte di allineamento, una parte di misurazione distanziata dalla parte di allineamento che lascia una camera in pressione tra di esse ed una parte di sfiato in comunicazione di fluido con la camera in pressione ed una regione all'esterno della sonda per diminuire la sensibilità della sonda ai componenti di imbardata e di beccheggio del flusso e diminuire la sensibilità della sonda al distanziamento tra la parte di misurazione e la parte di allineamento della sonda.

In conformità con la presente invenzione la pressione totale di un percorso di flusso di un mezzo di lavoro viene misurata da una sonda convertendo la pressione totale di una parte della corrente in pressione statica ed in pressione di velocità risultante dalle linee di corrente parallele ad una prima direzione; far urtare la corrente su una parete nella regione di entrata di un sensore; e condurre via la corrente urtata dalla regione del sensore attraverso un passaggio di sfiato;

una caratteristica principale della presente invenzione é una sonda di pressione totale divisa in tre parti e cioè una parte di allineamento, una parte di sensore ed una parte di sfiato. La parte di allineamento ha un passaggio che si estende assialmente. La parte di sensore é distanziata dalla parte di allineamento per formare una camera in pressione tra di esse. La parte di sensore ha una regione di entrata

adiacente alla camera in pressione. Un passaggio di sfiato é in comunicazione di fluido con la camera in pressione e con il percorso di flusso del mezzo di lavoro. In una forma di realizzazione particolare un passaggio di transizione si estende tra la camera in pressione ed il passaggio di sfiato.

Un vantaggio principale della presente invenzione é l'insensibilità delle prestazioni della sonda di pressione agli angoli di imbardata e di beccheggio delle linee di corrente nel percorso di flusso del mezzo di lavoro il che risulta dal convertire le componente non assiali di velocità in pressione statica. Un vantaggio della presente invenzione é l'accuratezza della sonda di pressione totale che risulta dal far urtare la corrente scaricata dalla parte di allineamento contro una parete nella regione di entrata alla parte di sensore. Un altro vantaggio della presente invenzione é l'insensibilità della accuratezza della sonda di pressione alla tolleranza sul distanziamento tra la parte di sensore e la parte di allineamento della sonda.

Altre caratteristiche e vantaggi diverranno chiari dalla descrizione e dalle rivendicazioni e dai disegni annessi che illustrano una forma di realizzazione della invenzione ed in cui:

Breve descrizione dei disegni

la Fig. 1 é una vista in sezione trasversale della sezione di turbina di un motore a turbina a gas mostrandone una sonda di pressione che é una parte integrale del bordo anteriore di un profilo aerodinamico di statore;

la Fig. 2 é una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 1 in cui la sonda é un pezzo separato di strumentazione;

la Fig. 3 é una vista in pianta dall'alto di una sonda di pressione del tipo mostrato in Fig. 1 od in Fig. 2 parzialmente asportata e sezionata;

la Fig. 4 é una vista in sezione trasversale lungo le linee 4-4 della Fig. 3

con la parte di sensore della sonda mostrata in linee evanescenti;

la Fig. 5 é una vista esplosa parzialmente in sezione trasversale di una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 2 in cui la parte di allineamento é montata internamente alla sonda;

la Fig. 6 é una vista in sezione trasversale della sonda mostrata in Fig. 5 e che é eseguita lungo le linee 6-6 della Fig. 5;

la Fig. 7 é una forma di realizzazione particolare della sonda di pressione mostrata in Fig. 2;

la Fig. 8 é una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 6 mostrante la sonda di pressione montata nel bordo anteriore di un profilo aerodinamico;

la Fig. 9 é una sonda della tecnica precedente del tipo atto ad essere montato nel bordo anteriore di un profilo aerodinamico;

la Fig. 10 é un'illustrazione di un flusso di gas di mezzo di lavoro aventi una linea di corrente S allineata con l'intersezione del piano di imbardata e del piano di beccheggio;

la Fig. 11 é un grafico della pressione totale caratteristica delle sonde mostrate in Fig. 7, Fig. 8 e Fig. 9 mostrante l'errore nella pressione totale per ciascuna sonda come percentuale non dimensionalizzata della pressione dinamica rispetto all'angolo di imbardata in gradi; e

la Fig. 12 é un grafico della caratteristica di pressione totale delle sonde mostrate nella Fig. 7, Fig. 8 e Fig. 9 mostrante l'errore nella pressione totale per ciascuna sonda come percentuale non dimensionalizzata della pressione dinamica rispetto all'angolo di beccheggio in gradi.

Una forma di realizzazione di motore a turbina a gas viene illustrata nella Fig. 1.

Il motore ha una sezione di turbina 10 (di cui viene mostrata una parte) ed un percorso di flusso anulare 12 per i gas del mezzo di lavoro che si estende assialmente attraverso il motore. La sezione di turbina del motore ha un complesso di statore 14 ed un complesso di rotore 16. Il complesso di rotore include un disco di rotore 18 avente una pluralità di pale che si estendono verso l'esterno attraverso il percorso di flusso del mezzo di lavoro come rappresentato dalla singola pala di rotore 20. Il complesso di statore include una carcassa esterna 22 che circonda il percorso di flusso del mezzo di lavoro. Una pluralità di montanti di statore come rappresentati da un singolo montante di scarico 24 si estende verso l'interno dalla carcassa esterna attraverso il percorso di flusso del mezzo di lavoro. Il montante di scarico ha una pluralità di sonde di pressione totale 26 unite integralmente al montante. Ciascuna sonda di pressione totale in comunicazione di fluido con un trasduttore 28 per convertire livelli di pressione statica in una uscita analogica. Un tubo 30 si estende tra la sonda di pressione ed il trasduttore. Niente gas del mezzo di lavoro vengono scaricati dal percorso di flusso del mezzo di lavoro attraverso il trasduttore.

La Fig. 2 è una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione 26 mostrata in Fig. 1, mostrante la sonda come pezzo di strumentazione separato. Le parti della sonda sono asportate per mostrare l'interno della sonda. La sonda include un mezzo per deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro alla sonda di pressione come una parte di allineamento 32. La sonda ha un mezzo per rilevare la pressione statica quale la parte di sensore 34 che è distanziata assialmente dalla parte di allineamento lasciando una camera in pressione 36 tra di esse. La parte di sensore include una parete 38 ed un passaggio 40 attraverso la parete per rilevare la pressione statica. Il passaggio 40 è in

comunicazione di fluido con il tubo 30. Un mezzo per condurre via tutto il fluido deviato dalla sonda in una regione verso l'esterno della sonda di pressione, come il passaggio 41 é in comunicazione di fluido con la camera in pressione. Come mostrato in Fig. 2, la regione all'esterno della sonda di pressione é il percorso di flusso 12 del mezzo di lavoro ad un punto a valle dell'entrata alla parte di allineamento.

La Fig. 3 é una vista in pianta di una sonda di pressione 26 del tipo mostrato in Fig. 1 o in Fig. 2 parzialmente in sezione e parzialmente asportata per mostrare l'interno della sonda. La parte di allineamento della sonda include un mezzo per condurre la parte deviata del flusso in una prima direzione come un primo passaggio 42 che é in comunicazione di fluido con il percorso di flusso 12 del mezzo di lavoro. Il passaggio ha un asse longitudinale A_L . Una parete 44 delimita il passaggio. Viene previsto un mezzo per convertire la pressione totale del flusso in pressione statica ed in pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele alla prima direzione. Nella forma di realizzazione mostrata, il mezzo é un ingresso 46 formato dalla parete 44 del passaggio di allineamento. La parete 44 converge nella direzione a valle e nella regione di ingresso in modo tale che il valore assoluto dell'inclinazione della parete rispetto all'asse del passaggio in un primo punto I_1 nell'ingresso é maggiore del valore assoluto dell'inclinazione della parete nell'ingresso in un secondo punto I_2 a valle del primo punto.

Viene previsto un mezzo per convertire sostanzialmente tutta la pressione dinamica del flusso in pressione statica. Nella forma di realizzazione mostrata, il mezzo é la parte di sensore 34. La parete 38 delimita la camera in pressione che viene mostrata dalla graffa 36. Il secondo passaggio é in comunicazione di

fluido con la camera in pressione e con il tubo 30. La sonda ha almeno un terzo passaggio come passaggi di sfiato indicati dalle graffe 41. Ciascun terzo passaggio ha un ingresso 48 in comunicazione di fluido con l'uscita 50 della camera in pressione. Ciascun terzo passaggio ha un'uscita 52 che fa sì che il passaggio sia in comunicazione di fluido con la regione all'esterno della sonda come il percorso di flusso 12 del mezzo di lavoro o l'esterno del motore. Un passaggio di transizione 54 in corrispondenza di ciascun terzo passaggio 41 si estende tra la camera in pressione e il terzo passaggio. Ciascun passaggio di transizione ha l'uscita 56 ed un'entrata 58. Nella forma di realizzazione mostrata, la sommatoria delle aree di flusso in sezione trasversale delle entrate 58 ai passaggi di transizione è eguale all'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita 50 della camera in pressione. L'area di flusso in sezione trasversale dell'entrata 48 di ciascun terzo passaggio è almeno tanto grande quanto l'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita 56 del passaggio di transizione adiacente.

La Fig. 4 è una vista in sezione trasversale lungo le linee 4-4 della Fig. 3 di una parte della sonda di pressione mostrata in Fig. 3 con la parte di sensore mostrata in linee evanescenti.

La Fig. 5 è una vista esplosa di una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 2 in cui l'esterno della parte di allineamento 32 della sonda è montato internamente alla sonda stessa.

La Fig. 6 è una vista in sezione trasversale della sonda mostrata in Fig. 5. La sonda ha una parte di sensore 34 distanziata dalla parte di allineamento che lascia una camera in pressione tra di esse come mostrato dalla graffa 36. La sonda ha due terzi passaggi come indicato dalle graffe 41. Un passaggio di transizione 54 in corrispondenza di ciascun terzo passaggio si estende tra la camera in pres-

sione e il terzo passaggio. I passaggi di transizione 54 sono in comunicazione di fluido uno con l'altro.

La Fig. 7 é una forma di realizzazione particolare della sonda di pressione mostrata in Fig. 2.

La Fig. 8 é una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 6 mostrandone la sonda di pressione montata nel bordo anteriore di un profilo aerodinamico. Una sonda della tecnica precedente viene mostrata in Fig. 9 ed é contrassegnata con tecnica precedente. Le dimensioni delle sonde sono mostrate nella Tabella I qui appresso. Le lunghezze L_1 , L_2 , L_3 ed L_4 sono misurate parallelamente all'asse longitudinale A_1 della parte di allineamento 32 della sonda. I diametri D_1 , D_2 , e D_4 vengono misurati attorno all'asse longitudinale della sonda.

TABELLA I

	Sonda della Fig. 7 <u>mm</u>	Sonda della Fig. 8 <u>mm</u>	Sonda della tecnica precedente (Fig.9) <u>mm</u>
D_1	6,35	5,02	3,05
D_2	2,54	1,78	----
D_3	8,509	2,26	----
D_4	1,02	1,02	1,02
L_1	4,11	6,91	----
L_2	5,08	7,62	1,27
L_3	9,19	6,20	----
L_4	0,711	0,711	----
L_5	6,73	6,60	----
R_1	2,54	1,73	----
α	34°	34°	----
β	20°	38°	----

La Fig. 10 é un'illustrazione di un flusso di gas di mezzo di lavoro avente una linea di corrente S allineata con l'asse longitudinale dell'entrata alla parte

di allineamento della sonda. Il flusso avente linee di corrente ad un angolo rispetto alla linea di corrente S allineata con l'asse longitudinale può essere suddiviso in una componente nel piano di imbardata (angolo di imbardata) ed una componente in un piano di beccheggio (angolo di beccheggio) per gli scopi di analizzare le prestazioni della sonda. Il piano di beccheggio si estende tra i gradi zero (0°) e i gradi centottanta (180°) ed il piano di imbardata si estende tra gradi novanta (90°) e gradi meno novanta (-90°).

Durante il funzionamento del motore, i gas del mezzo di lavoro vengono fatti fluire lungo il percorso di flusso anulare 12. Una parte del flusso viene deviata dal percorso di flusso del mezzo di lavoro all'entrata 46 della parte di allineamento 32 della sonda. La parte di allineamento 32 della sonda è atta a convertire la pressione totale del flusso in una pressione statica ed in una pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele al passaggio di allineamento. Come si comprenderà, è teoricamente impossibile convertire tutte le componenti di velocità non parallele (linee di corrente) in pressione statica; tuttavia si ritiene dai dati delle prestazioni che sostanzialmente tutte le componenti (99%) di velocità non parallele vengono convertite in pressione statica. Il flusso viene incanalato lungo il passaggio di allineamento nella direzione del passaggio di allineamento. Una parte della pressione statica viene convertita in pressione dinamica. Il flusso deviato viene scaricato dal passaggio di allineamento e viene diretto attraverso la camera in pressione 36 verso la parte di sensore 34. La parte deviata del flusso viene fatta urtare contro la parte di sensore 34 della sonda. Il flusso viene fatto urtare contro la parete 38 che delimita la camera in pressione e contro il gas disposto nel passaggio 40 per misurare la pressione statica. Poiché il passaggio 40, il tubo

30 e il trasduttore 28 formano una cavità chiusa senza uscita, il gas nel passaggio 40 della parte di sensore agisce come fluido relativamente incompressibile alle velocità del gas entro la sonda. La sonda è atta a far urtare tutta la parte deviata del flusso contro la parete ed il fluido incompressibile nel passaggio e così è atta a creare una pressione di stagnazione nella regione della camera in pressione 36 adiacente alla parete. Come si comprenderà è teoricamente impossibile far urtare l'intera quantità della parte deviata del flusso contro il sensore. Tuttavia sostanzialmente tutta la parte deviata del flusso viene fatta urtare contro la parte di sensore (99%) e nella misura che il flusso non viene fatto urtare ciò introduce un errore nell'accuratezza della sonda. Quando l'errore è relativamente piccolo (meno dell'1% della pressione dinamica della corrente libera) ed è costante sulla gamma di beccheggio e di imbardata, le letture della sonda vengono facilmente compensate attraverso la taratura della sonda stessa. Poiché sostanzialmente tutta la parte deviata del flusso viene fatta urtare contro la parete ed il fluido incompressibile nel passaggio di sensore e si trova a velocità zero nella regione di parete della camera in pressione, la pressione statica del flusso nella regione di parete della camera in pressione è sostanzialmente eguale alla pressione di stagnazione (pressione totale) del flusso. Tutto il flusso deviato e urtato viene condotto via dalla camera in pressione mediante i terzi passaggi 41. I terzi passaggi stabiliscono una differenza nella pressione statica nelle condizioni operative tra l'entrata 46 alla parte di allineamento e l'uscita del terzo passaggio in modo tale che la parte dei gas del mezzo di lavoro che entra nella parte di allineamento viene scaricata via dalla camera in pressione in una regione all'esterno della sonda di pressione quale il percorso di flusso 12 del mezzo di lavoro.

Le caratteristiche di errore di pressione totale per la sonda mostrata in Fig. 7, per la sonda mostrata in Fig. 8 e per la sonda della tecnica precedente mostrata in Fig. 9 vengono tracciate nella Fig. 11 (imbardata) e nella Fig. 12 (beccheggio). L'errore di pressione totale in percentuale non é dimensionalizzato sottraendo dalla pressione totale indicata P_{tp} la pressione totale effettiva P_t e dividendo tale quantità per la pressione totale effettiva P_t del percorso di flusso del mezzo di lavoro meno la pressione statica effettiva P_s del percorso di flusso del mezzo di lavoro $(P_{tp} - P_t) / (P_t - P_s)$.

Come si può vedere dalle Figg. 11 e 12, la sensibilità delle sonde mostrate nelle Figg. 7 ed 8 rispetto all'angolo di imbardata e l'angolo di beccheggio del flusso é diminuita in confronto alla sensibilità della sonda della tecnica precedente mostrata in Fig. 9.

Un vantaggio distinto e particolare delle sonde mostrate nelle Figg. 7 ed 8 é l'insensibilità della sonda alla distanza L_4 attraverso la camera in pressione tra la parte di allineamento 32 e la parte di sensore 34. E' stato trovato attraverso la sperimentazione che le variazioni nella lunghezza L_4 hanno un effetto trascurabile sull'errore di pressione totale della sonda purché la lunghezza sia ad un minimo di due decimi di millimetro (0,2 mm). Al di sotto di due decimi di millimetro (0,2 mm) l'accuratezza viene influenzata e l'errore percentuale totale aumenta considerevolmente. Oltre due decimi di millimetro (0,2 mm) e fino ad una distanza di due millimetri e cinquantaquattro centesimi di millimetro (2,54 mm) l'accuratezza rimane relativamente costante sulla gamma operativa di imbardata e di beccheggio della sonda in cui la sonda é insensibile all'angolo di imbardata e all'angolo di beccheggio delle linee di corrente del flusso in arrivo . Il vantaggio distinto e particolare dell'insensibilità dell'errore alla distanza L_4

é che quando le sonde vengono fabbricate, il distanziamento tra la parte di allineamento e la parte di sensore può avere una tolleranza molto grande. Per esempio la tolleranza potrebbe essere 0,508 mm per una lunghezza L_4 di 1,27 mm. Una tale larga tolleranza sul distanziamento facilita grandemente la produzione in serie della sonda e l'installazione della sonda in condizioni di produzione in massa.

L'interazione di flusso che si verifica entro la camera in pressione della sonda non é nota con certezza; tuttavia si ritiene che la seguente spiegazione sia la spiegazione più plausibile basata sulla sperimentazione che é stata effettuata. Il distanziamento della parte di allineamento della sonda dalla parte di sensore della sonda a meno di 0,2032 mm fa si che il flusso in arrivo consideri la sonda avente le dimensioni mostrate nelle Figg. 7 ed 8 come tubo d'urto e quindi si comporti come una sonda che non ha parte di allineamento nella sonda stessa. Di conseguenza la sensibilità della sonda agli angoli di imbardata e di beccheggio é grandemente aumentata e si avvicina alla sensibilità del tipo della tecnica precedente mostrato in Fig. 9. Si é teorizzato che distanziando la parte di allineamento dalla parte di sensore per una distanza maggiore di 0,2032 mm si evita la formazione di correnti vorticose nel passaggio di transizione 56. Queste correnti vorticose bloccherebbero il flusso dall'uscire dalla camera in pressione e farebbero si che la sonda funzione come fa la sonda della tecnica precedente.

La sperimentazione ha mostrato che le prestazioni soddisfacenti si verificano per le sonde delle Figg. 7 ed 8: quando l'area di flusso in sezione trasversale dell'ingresso del terzo passaggio (di sfiato) é almeno tanto grande come l'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita 56 del passaggio di transizione 56; quando l'area di flusso in sezione trasversale dell'ingresso 58 per i passaggi di

transizione 54 è eguale all'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita 50 della camera in pressione; quando la sommatoria delle aree di flusso minime in sezione trasversale dei terzi passaggi 41 (di sfiato) è almeno il doppio dell'area di flusso minima in sezione trasversale del primo passaggio 42 (di allineamento); e quando il secondo passaggio 40 nella parte di sensore 34 è più piccolo del primo passaggio 42 nella parte di allineamento.

La sonda di pressione mostrata nelle Figg. 7 ed 8 ha un'entrata con imboccatura a campana formata con un raggio R_1 . Si ritiene per le sonde del tipo mostrato nelle Figg. 7 ed 8 che la differenza nella pressione statica di un certo numero di Mach tra l'entrata 46 alla parte di allineamento 32 e l'uscita 52 dal terzo passaggio 41 (di sfiato) è almeno eguale alla differenza nella pressione statica mostrata in Fig. 13 per un dato numero di Mach. Ciò assicura che il flusso che entra nella camera in pressione non interferisca con il flusso che lascia la camera in pressione stessa. La differenza nella pressione statica tra l'ingresso al terzo passaggio e l'uscita al terzo passaggio non è maggiore del dieci per cento (10%) della differenza nella pressione statica tra l'ingresso alla parte di allineamento e l'uscita dal terzo passaggio per assicurare che le correnti vorticosi vengano bloccate dal formarsi all'uscita della camera in pressione.

Benché la presente invenzione è stata mostrata e descritta rispetto a sue forme di realizzazione preferite, si deve comprendere da parte delle persone esperte nella tecnica che varie modifiche ed omissioni nelle forme e nei dettagli di essa possono essere apportati in essa senza discostarsi dallo spirito e dall'ambito dell'invenzione stessa.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per misurare la pressione totale in un condotto che delimita un per-

corso di flusso per un mezzo fluido di lavoro utilizzando una sonda di pressione avente un passaggio di allineamento del flusso estendentesi all'interno della sonda ed una parte di sensore, comprendente le operazioni di: deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro alla sonda di pressione; convertire la pressione totale del flusso deviato nel passaggio di allineamento in una pressione statica ed in una pressione dinamica, in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele al passaggio di allineamento; condurre tutto il flusso dal passaggio di allineamento in una camera in pressione; far urtare sostanzialmente tutta la parte deviata del flusso contro una parte di sensore avente una parete che delimita la camera in pressione per convertire sostanzialmente tutta la pressione di velocità del flusso in pressione statica nella regione di parete nella camera in pressione; misurare la pressione statica del flusso nella regione di parete della camera in pressione; e condurre via tutto il flusso deviato dalla camera in pressione.

2. Metodo per misurare la pressione totale usando una sonda che ha una parte di allineamento avente un primo passaggio disposto nella parte di allineamento attorno ad un asse longitudinale di simmetria, una parte di sensore distanziata dalla parte di allineamento lasciando una camera in pressione tra di esse in comunicazione di fluido con il primo passaggio, ed una parte di sfiato in cui la parte di sfiato é in comunicazione di fluido con la camera in pressione e con il percorso di flusso del mezzo di lavoro, comprendente le operazioni di: deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro al passaggio della parte di allineamento; convertire sostanzialmente tutta la pressione totale del flusso deviato in una pressione statica ed in una pressione dinamica all'ingresso al passaggio di allineamento in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente

parallele al passaggio di allineamento; convertire una parte della pressione statica nel flusso deviato in pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele all'asse longitudinale del passaggio di allineamento; convertire sostanzialmente tutta la pressione di velocità del mezzo fluido di lavoro che lascia il passaggio di allineamento e che entra nella camera in pressione in pressione statica all'entrata della parte di sensore; convertire la pressione statica del mezzo fluido di lavoro in pressione dinamica nella parte di sfiato della sonda in modo tale che la pressione statica della corrente libera è eguale alla pressione statica nella parte di sfiato della sonda in corrispondenza del punto di comunicazione tra la parte di sfiato ed il percorso di flusso del mezzo di lavoro per condurre i gas del mezzo di lavoro dalla camera in pressione nel percorso di flusso del mezzo di lavoro.

3. Metodo secondo la rivendicazione 2 in cui l'operazione di convertire sostanzialmente tutta la pressione dinamica del mezzo di lavoro scaricato dal passaggio di allineamento in pressione statica include l'operazione di dirigere l'intera corrente di gas del mezzo di lavoro scaricati dal passaggio di allineamento verso una parete disposta attorno alla regione di ingresso alla parte di sensore della sonda.

4. Sonda di pressione in comunicazione di fluido con una regione all'esterno della sonda per misurare la pressione totale di un mezzo fluido di lavoro in un percorso di flusso per i gas del mezzo di lavoro che comprende: mezzi per deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro alla sonda di pressione che includono mezzi per condurre la parte deviata del flusso in una prima direzione, e mezzi per convertire la pressione totale del flusso in pressione statica ed in pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso

lungo linee di corrente parallele alla prima direzione; mezzi per rilevare la pressione statica; mezzi per convertire sostanzialmente tutta la pressione dinamica del flusso deviato in pressione statica in una regione adiacente ai mezzi per rilevare la pressione statica; e mezzi per condurre via tutto il flusso deviato dalla sonda nella regione all'esterno della sonda di pressione.

5. Sonda di pressione secondo la rivendicazione 4 in cui la regione all'esterno della sonda di pressione è il percorso di flusso del mezzo di lavoro.

6. Sonda di pressione secondo la rivendicazione 4 in cui la sonda ha una parte di allineamento, una parte di sensore distanziata dalla parte di allineamento lasciando una camera in pressione tra di esse, la parte di sensore avendo una parete che delimita la camera in pressione ed un passaggio attraverso la parete per misurare la pressione statica ed in cui i mezzi per condurre la parte deviata del flusso nella prima direzione è la parte di allineamento della sonda, i mezzi per rilevare la pressione statica sono la parte di sensore della sonda che ha un passaggio per misurare la pressione statica, ed i mezzi per convertire sostanzialmente tutta la pressione dinamica del flusso deviato in pressione statica è la parte di sensore avente una parete disposta attorno al passaggio, la parete essendo distanziata dalla parte di allineamento che lascia la camera in pressione tra di esse.

7. Sonda di pressione per rilevare la pressione totale in un percorso di flusso per gas del mezzo di lavoro, la sonda avendo i gas del mezzo di lavoro che passano attraverso la sonda stessa e che comprende: una parte di allineamento che include un primo passaggio in comunicazione di fluido con il percorso di flusso del mezzo di lavoro, il primo passaggio avendo un asse longitudinale, ed una parete che delimita il passaggio, la parete formando un'entrata che converge nella direzione a valle in modo tale che il valore assoluto dell'inclinazione della parete in

corrispondenza di un primo punto nell'entrata rispetto all'asse longitudinale del passaggio é maggiore rispetto al valore assoluto dell'inclinazione della parete dell'entrata ad un secondo punto a valle del primo punto; una parte di sensore distanziata assialmente dalla parte di allineamento che lascia una camera in pressione tra di esse, la parte di sensore avendo un secondo passaggio orientato in allineamento assiale con il primo passaggio e che é in comunicazione di fluido con la camera in pressione; in cui la sonda ha almeno un terzo passaggio avente un ingresso in comunicazione di fluido con detta camera in pressione ed un'uscita che é adatta al terzo passaggio ad essere in comunicazione di fluido con una regione all'esterno della sonda per stabilire una differenza in pressione statica nelle condizioni operative tra l'entrata alla parte di allineamento e l'uscita del terzo passaggio, in modo tale che la parte dei gas del mezzo di lavoro che entra nella parte di allineamento viene scaricata dal terzo passaggio.

8. Sonda secondo la rivendicazione 7 in cui la parte di allineamento é montata su un profilo aerodinamico stazionario che si estende attraverso il percorso di flusso del mezzo di lavoro e la parte di sensore é montata nel bordo anteriore del profilo aerodinamico.

9. Sonda secondo la rivendicazione 7 in cui la parte di allineamento é montata entro il bordo anteriore di un profilo aerodinamico ed almeno un terzo passaggio si estende attraverso il profilo aerodinamico stesso.

10. Sonda secondo la rivendicazione 7 in cui la regione all'esterno della sonda é il percorso di flusso del mezzo di lavoro.

11. Sonda di pressione secondo la rivendicazione 7 in cui il terzo passaggio ha un ingresso ed in cui la differenza in pressione statica ad un dato numero di Mach tra l'entrata alla parte di allineamento e l'uscita dal terzo passaggio é almeno

eguale alla differenza in pressione statica mostrata in Fig. 13 per il dato numero di Mach ed in cui la differenza in pressione statica tra l'ingresso al terzo passaggio e l'uscita del terzo passaggio non é maggiore del 10% di detta differenza in pressione statica tra l'ingresso alla parte di allineamento e l'uscita dal terzo passaggio.

12. Sonda di pressione secondo la riv. 7 in cui un passaggio di transizione in corrispondenza di ciascun passaggio di sfiato si estende tra la camera in pressione ed il terzo passaggio, il passaggio di transizione avendo un'uscita, il terzo passaggio avendo un'entrata in cui l'area di flusso in sezione trasversale dell'entrata del terzo passaggio é almeno tanto grande quanto l'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita del passaggio di transizione.

13. Sonda di pressione secondo la riv. 8 in cui la camera di pressione ha un'uscita e ciascun passaggio di transizione ha un'entrata in cui la sommatoria totale delle aree di flusso di entrata in sezione trasversale dei passaggi di transizione é eguale all'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita della camera in pressione.

14. Sonda di pressione secondo la riv. 3 in cui la sommatoria delle aree di flusso in sezione trasversale dei terzi passaggi é almeno il doppio dell'area di flusso minima in sezione trasversale del passaggio di allineamento.

15. Metodo secondo la riv. 3 in cui l'area in sezione trasversale del passaggio in corrispondenza dell'entrata dalla parte di sensore é inferiore al diametro del passaggio nella parte di allineamento in corrispondenza dell'entrata alla camera di pressione.

16. Sonda di pressione secondo le rivendicazioni 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15, in cui l'entrata alla parte di allineamento ha un'imboccatura a forma di campana.

ppv ~~UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION~~

Società dello Stato del Delaware



06226

Al Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato

Ufficio Centrale Brevetti

- Roma -

Oggetto: Domanda di brevetto per invenzione industriale

N°24405 A/82 presentata a Milano il 24 Novembre 1982 a

nome UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION

Con la presente si fa istanza affinché codesto spett.le Ufficio voglia concedere di apportare le seguenti rettifiche ed integrazioni nella descrizione della domanda sopra specificata:

POSTILLA 1 - pag. 6 - riga 24 - Leggasi "..gradi; e la Fig. 13 é una rappresentazione grafica del rapporto della differenza nella pressione statica rispetto alla pressione totale, tracciata rispetto al numero di Mach."

POSTILLA 2 - pag.20 - riga 11 - rivendicazione 13 - Leggasi "....secondo la riv. 12...." anzichè "...secondo la riv. 8....."

POSTILLA 3 - pag. 20 - riga 15 - rivendicazione 14 - Leggasi "...secondo la riv.7....." anzichè "....secondo la riv. 3...".

POSTILLA 4 - pag. 20 - riga 18 - rivendicazione 15 - Leggasi "..secondo la riv. 7..." anzichè "..secondo la riv. 3..."

A tale scopo si allega: le due pagine della descrizione interessate dalla presente istanza, sulle quali sono riportati i rinvii alle singole postille, in duplice copia; l'allegato A, in duplice copia, delle postille numerate contenenti le correzioni; una copia ex-novo della descrizione con le correzioni già inserite.

Confidando in un benevolo accoglimento dell'istanza stessa, si

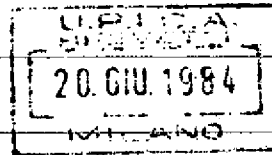
ringrazia e si porgono distinti ossequi.

Milano, 20 Giugno 1984

pp. UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION

Società dello Stato del Delaware

UFFICIO BREVETTI
RICCARDI & CO. S.R.L.



[Handwritten signature]

eguale alla differenza in pressione statica mostrata in Fig. 13 per il dato numero di Mach ed in cui la differenza in pressione statica tra l'ingresso al terzo passaggio e l'uscita del terzo passaggio non é maggiore del 10% di detta differenza in pressione statica tra l'ingresso alla parte di allineamento e l'uscita dal terzo passaggio.

12. Sonda di pressione secondo la riv. 7 in cui un passaggio di transizione in corrispondenza di ciascun passaggio di sfiato si estende tra la camera in pressione ed il terzo passaggio, il passaggio di transizione avendo un'uscita, il terzo passaggio avendo un'entrata in cui l'area di flusso in sezione trasversale dell'entrata del terzo passaggio é almeno tanto grande quanto l'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita del passaggio di transizione.

Vedi postilla 2 a pag. 21 - Allegato A

20 GIU 1984
UFFICIO BREVETTI
RICCARBI & CO. S.R.L.

13. Sonda di pressione secondo la riv. ~~8~~ in cui la camera di pressione ha un'uscita e ciascun passaggio di transizione ha un'entrata in cui la sommatoria totale delle aree di flusso di entrata in sezione trasversale dei passaggi di transizione é eguale

all'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita della camera in pressione.
Vedi postilla 3 a pag. 21 - Allegato A

14. Sonda di pressione secondo la riv. ~~9~~ in cui la sommatoria delle aree di flusso in sezione trasversale dei terzi passaggi é almeno il doppio dell'area di flusso minima in sezione trasversale del passaggio di allineamento.
Vedi postilla 4 a pag. 21 - Allegato A

15. Metodo secondo la riv. ~~10~~ in cui l'area in sezione trasversale del passaggio in corrispondenza dell'entrata dalla parte di sensore é inferiore al diametro del passaggio nella parte di allineamento in corrispondenza dell'entrata alla camera di pressione.

16. Sonda di pressione secondo le rivendicazioni 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15, in cui l'entrata alla parte di allineamento ha un'imboccatura a forma di campana.

pp. UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION

Società dello Stato del Delaware
UFFICIO BREVETTI
RICCARBI & CO. S.R.L.

20 GIU 1984
UFFICIO BREVETTI
RICCARBI & CO. S.R.L.

con la parte di sensore della sonda mostrata in linee evanescenti;

la Fig. 5 é una vista esplosa parzialmente in sezione trasversale di una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 2 in cui la parte di allineamento é montata internamente alla sonda;

la Fig. 6 é una vista in sezione trasversale della sonda mostrata in Fig. 5 e che é eseguita lungo le linee 6-6 della Fig. 5;

la Fig. 7 é una forma di realizzazione particolare della sonda di pressione mostrata in Fig. 2;

la Fig. 8 é una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 6 mostrante la sonda di pressione montata nel bordo anteriore di un profilo aerodinamico;

la Fig. 9 é una sonda della tecnica precedente del tipo atto ad essere montato nel bordo anteriore di un profilo aerodinamico;

la Fig. 10 é un'illustrazione di un flusso di gas di mezzo di lavoro aventi una linea di corrente S allineata con l'intersezione del piano di imbardata e del piano di beccheggio;

la Fig. 11 é un grafico della pressione totale caratteristica delle sonde mostrate in Fig. 7, Fig. 8 e Fig. 9 mostrante l'errore nella pressione totale per ciascuna sonda come percentuale non dimensionalizzata della pressione dinamica rispetto all'angolo di imbardata in gradi; X

la Fig. 12 é un grafico della caratteristica di pressione totale delle sonde mostrate nella Fig. 7, Fig. 8 e Fig. 9 mostrante l'errore nella pressione totale per ciascuna sonda come percentuale non dimensionalizzata della pressione dinamica rispetto all'angolo di beccheggio in gradi X

Vedi Postilla 1 a pag. 1- Allegato A

20 GIU. 1984

UFFICIO BREVETTI
RICCARDI & CO. S.R.L.

Una forma di realizzazione di motore a turbina a gas viene illustrata nella Fig. 1.

ALLEGATO A - Rettifiche alla descrizione della domanda di brevetto N° 24405 A/82
contenute in N° 4 postille, richieste con istanza depositata il 20 Giugno 1984

Postilla 1 - pag. 6 - riga 24

Leggasi "...gradi; e la Fig. 13 é una rappresentazione grafica del rapporto della differenza nella pressione statica rispetto alla pressione totale, tracciata rispetto al numero di Mach."

20 GIU. 1984
UFFICIO BREVETTI
RICCARBI & CO. S.R.L.

Postilla 2 - pag. 20 - riga 11 - rivendicazione 13

Leggasi "..secondo la riv. 12..." anziché "..secondo la riv. 8..."

20 GIU. 1984
UFFICIO BREVETTI
RICCARBI & CO. S.R.L.

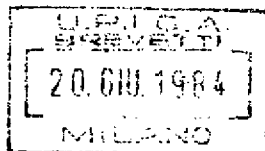
Postilla 3 - pag. 20 - riga 15 - rivendicazione 14

Leggasi "..secondo la riv. 7...." anziché "..secondo la riv. 3..."

20 GIU. 1984
UFFICIO BREVETTI
RICCARBI & CO. S.R.L.

Postilla 4 - pag. 20 - riga 18 - rivendicazione 15

Leggasi "...secondo la riv. 7..." anziché "..secondo la riv. 3..."



20 GIU. 1984
UFFICIO BREVETTI
RICCARBI & CO. S.R.L.



DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"METODO PER MISURARE LA PRESSIONE TOTALE DI UN FLUIDO E SONDA PER EFFETTUARE
TALE MISURAZIONE"

della UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION

Società dello Stato del Delaware

a HARTFORD, Connecticut (U.S.A.)

Inventori: Joseph Michael KOKOSZKA, Rocco Michael TOMMASINI

24 NOV. 1982

.==.==.==.==.==.==.

24405 A/82

R I A S S U N T O

Una sonda di pressione (26) per misurare la pressione totale in un condotto (16,22) che delimita un percorso di flusso (12) per un mezzo fluido di lavoro viene descritta. La sonda ha una parte di allineamento (32), una parte di rilevamento (34) distanziata dalla parte di allineamento lasciando una camera in pressione (36) tra di essi e passaggi (41) per condurre via il flusso dalla camera in pressione. In una forma di realizzazione particolare il passaggio di transizione (54) si estende tra la camera in pressione ed il passaggio (41). La parte di allineamento ha un primo passaggio (42) diretto verso un secondo passaggio (40) nella parte di rilevamento. La parte di rilevamento ha una parete (38) disposta attorno al secondo passaggio (40). Viene descritto un metodo per rilevare la pressione totale che include le operazioni di: deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro alla sonda di pressione; convertire la pressione totale del flusso deviato in una pressione statica ed in una pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele al primo passaggio; far urtare sostanzialmente tutta la parte deviata del flusso contro la parte di rilevamento nella

regione di parete che delimita la camera in pressione; e misurare la pressione statica del flusso nella regione di parete della camera in pressione per misurare la pressione totale; nonché condurre via tutto il flusso deviato dalla camera in pressione.

TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda la strumentazione per misurare pressioni in un percorso di flusso di un mezzo di lavoro e più particolarmente una sonda di pressione per misurare la pressione totale dei gas che vengono fatti fluire lungo tale percorso di flusso. I vantaggi di questa sonda sono stati dimostrati a numeri di Mach inferiori ad uno e si ritiene che questa sonda possegga un uso vantaggioso a numeri di Mach maggiori di uno.

Nei percorsi di flusso del mezzo di lavoro come si ritrovano nei motori a turbina a gas a flusso assiale, la pressione totale dei gas del mezzo di lavoro in una certa posizione viene misurata misurando la pressione totale con una sonda e convertendo questa pressione misurata in un'uscita analogica con un trasduttore. Una sonda di pressione totale è un tubo di pressione totale di tipo kiel come discusso alla pagina 381 del testo MISURAZIONI MECCANICHE di Beckwith e Buck (Addison-Wesley Publishing Company, Inc. - 1961). Come illustrato in tale testo il tubo keil consiste in un tubo venturi ed un tubo d'urto disposto nel tubo venturi in modo tale che si forma un anello tra il tubo venturi ed il tubo d'urto. Durante il funzionamento del tubo kiel, il flusso passa attraverso l'anello. Il tubo venturi orienta il flusso in modo tale che le linee di corrente del flusso che passa attraverso l'anello sono parallele all'asse del tubo d'urto.

La prestazione del tubo kiel è relativamente insensibile all'angolo formato tra l'asse della sonda e la linea di corrente del flusso in arrivo all'entrata della

sonda di pressione. Per gli scopi di analisi, l'angolo tra la linea di corrente e l'asse della sonda viene suddiviso in un componente di imbardata (angolo di imbardata) ed un componente di beccheggio (angolo di beccheggio) poiché la sonda del tubo kiel è insensibile ad una gamma di angoli di beccheggio e di imbardata, la quantità di errore introdotto dalle variazioni nell'angolo delle linee di corrente in arrivo è trascurabile entro tale gamma. L'accuratezza di un tubo kiel è anche insensibile alla posizione assiale del tubo d'urto rispetto al tubo venturi. Questa insensibilità alla posizione assiale del tubo d'urto evita la necessità di piccole tolleranze durante la fabbricazione del tubo. Tuttavia qualsiasi bloccaggio del flusso che lascia il tubo kiel provoca una rottura delle linee di corrente parallele nell'anello e diminuisce la lunghezza assiale della regione ove esistono le linee di corrente parallele. Poiché le linee di corrente devono essere parallele all'asse del tubo d'urto per l'accuratezza, qualsiasi blocco del flusso che lascia il tubo kiel fa sì che l'accuratezza del tubo kiel diventi sensibile alla posizione assiale del tubo d'urto rispetto al condotto cilindrico.

La sonda di pressione totale mostrata in Fig. 9 (tecnica precedente) è un esempio di una sonda adatta per l'uso nel bordo anteriore di una struttura aerodinamica. Questa sonda di pressione totale non si basa sull'esistenza di linee di corrente parallele che passano attraverso un anello attorno ad un tubo d'urto e perciò può essere installata sul bordo anteriore di una struttura aerodinamica. La sonda è relativamente facile da fabbricare ma mostra più sensibilità agli angoli di bardata e di beccheggio delle linee di corrente del flusso in avvicinamento rispetto a quanto lo siano i tubi di pressione totale di tipo kiel.

Scienziati ed ingegneri stanno lavorando a sviluppare una sonda di pressione che possa essere montata in un condotto o possa essere formata come parte inte-

grale del bordo anteriore di un profilo aerodinamico e che mostri maggiore insensibilità agli angoli di imbardata e di beccheggio del flusso in avvicinamento rispetto a quanto faccia la sonda della tecnica precedente mostrata in Fig. 9 e tuttavia che non sia sensibile alla posizione assiale del sensore d'urto come sono bloccate le sonde a tubo kiel per promuovere l'accuratezza e per facilitare la fabbricazione e l'installazione della sonda nelle condizioni di produzione in serie.

Secondo la presente invenzione una sonda per misurare la pressione totale ha una parte di allineamento, una parte di misurazione distanziata dalla parte di allineamento che lascia una camera in pressione tra di esse ed una parte di sfiato in comunicazione di fluido con la camera in pressione ed una regione all'esterno della sonda per diminuire la sensibilità della sonda ai componenti di imbardata e di beccheggio del flusso e diminuire la sensibilità della sonda al distanziamento tra la parte di misurazione e la parte di allineamento della sonda.

In conformità con la presente invenzione la pressione totale di un percorso di flusso di un mezzo di lavoro viene misurata da una sonda convertendo la pressione totale di una parte della corrente in pressione statica ed in pressione di velocità risultante dalle linee di corrente parallele ad una prima direzione; far urtare la corrente su una parete nella regione di entrata di un sensore; e condurre via la corrente urtata dalla regione del sensore attraverso un passaggio di sfiato;

una caratteristica principale della presente invenzione é una sonda di pressione totale divisa in tre parti e cioè una parte di allineamento, una parte di sensore ed una parte di sfiato. La parte di allineamento ha un passaggio che si estende assialmente. La parte di sensore é distanziata dalla parte di allineamento per formare una camera in pressione tra di esse. La parte di sensore ha una regione di entrata

adiacente alla camera in pressione. Un passaggio di sfiato é in comunicazione di fluido con la camera in pressione e con il percorso di flusso del mezzo di lavoro. In una forma di realizzazione particolare un passaggio di transizione si estende tra la camera in pressione ed il passaggio di sfiato.

Un vantaggio principale della presente invenzione é l'insensibilità delle prestazioni della sonda di pressione agli angoli di imbardata e di beccheggio delle linee di corrente nel percorso di flusso del mezzo di lavoro il che risulta dal convertire le componente non assiali di velocità in pressione statica. Un vantaggio della presente invenzione é l'accuratezza della sonda di pressione totale che risulta dal far urtare la corrente scaricata dalla parte di allineamento contro una parete nella regione di entrata alla parte di sensore. Un altro vantaggio della presente invenzione é l'insensibilità della accuratezza della sonda di pressione alla tolleranza sul distanziamento tra la parte di sensore e la parte di allineamento della sonda.

Altre caratteristiche e vantaggi diverranno chiari dalla descrizione e dalle rivendicazioni e dai disegni annessi che illustrano una forma di realizzazione della invenzione ed in cui:

la Fig. 1 é una vista in sezione trasversale della sezione di turbina di un motore a turbina a gas mostrante una sonda di pressione che é una parte integrale del bordo anteriore di un profilo aerodinamico di statore;

la Fig. 2 é una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 1 in cui la sonda é un pezzo separato di strumentazione;

la Fig. 3 é una vista in pianta dall'alto di una sonda di pressione del tipo mostrato in Fig. 1 od in Fig. 2 parzialmente asportata e sezionata;

la Fig. 4 é una vista in sezione trasversale lungo le linee 4-4 della Fig. 3

con la parte di sensore della sonda mostrata in linee evanescenti;

la Fig. 5 é una vista esplosa parzialmente in sezione trasversale di una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 2 in cui la parte di allineamento é montata internamente alla sonda;

la Fig. 6 é una vista in sezione trasversale della sonda mostrata in Fig. 5 e che é eseguita lungo le linee 6-6 della Fig. 5;

la Fig. 7 é una forma di realizzazione particolare della sonda di pressione mostrata in Fig. 2;

la Fig. 8 é una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 6 mostrante la sonda di pressione montata nel bordo anteriore di un profilo aerodinamico;

la Fig. 9 é una sonda della tecnica precedente del tipo atto ad essere montato nel bordo anteriore di un profilo aerodinamico;

la Fig. 10 é un'illustrazione di un flusso di gas di mezzo di lavoro aventi una linea di corrente S allineata con l'intersezione del piano di imbardata e del piano di beccheggio;

la Fig. 11 é un grafico della pressione totale caratteristica delle sonde mostrate in Fig. 7, Fig. 8 e Fig. 9 mostrante l'errore nella pressione totale per ciascuna sonda come percentuale non dimensionalizzata della pressione dinamica rispetto all'angolo di imbardata in gradi; e

la Fig. 12 é un grafico della caratteristica di pressione totale delle sonde mostrate nella Fig. 7, Fig. 8 e Fig. 9 mostrante l'errore nella pressione totale per ciascuna sonda come percentuale non dimensionalizzata della pressione dinamica rispetto all'angolo di beccheggio in gradi.

Una forma di realizzazione di motore a turbina a gas viene illustrata nella Fig. 1.

Il motore ha una sezione di turbina 10 (di cui viene mostrata una parte) ed un percorso di flusso anulare 12 per i gas del mezzo di lavoro che si estende assialmente attraverso il motore. La sezione di turbina del motore ha un complesso di statore 14 ed un complesso di rotore 16. Il complesso di rotore include un disco di rotore 18 avente una pluralità di pale che si estendono verso l'esterno attraverso il percorso di flusso del mezzo di lavoro come rappresentato dalla singola pala di rotore 20. Il complesso di statore include una carcassa esterna 22 che circoscrive il percorso di flusso del mezzo di lavoro. Una pluralità di montanti di statore come rappresentati da un singolo montante di scarico 24 si estende verso l'interno dalla carcassa esterna attraverso il percorso di flusso del mezzo di lavoro. Il montante di scarico ha una pluralità di sonde di pressione totale 26 unite integralmente al montante. Ciascuna sonda di pressione totale in comunicazione di fluido con un trasduttore 28 per convertire livelli di pressione statica in una uscita analogica. Un tubo 30 si estende tra la sonda di pressione ed il trasduttore. Niente gas del mezzo di lavoro vengono scaricati dal percorso di flusso del mezzo di lavoro attraverso il trasduttore.

La Fig. 2 è una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione 26 mostrata in Fig. 1, mostrante la sonda come pezzo di strumentazione separato. Le parti della sonda sono asportate per mostrare l'interno della sonda. La sonda include un mezzo per deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro alla sonda di pressione come una parte di allineamento 32. La sonda ha un mezzo per rilevare la pressione statica quale la parte di sensore 34 che è distanziata assialmente dalla parte di allineamento lasciando una camera in pressione 36 tra di esse. La parte di sensore include una parete 38 ed un passaggio 40 attraverso la parete per rilevare la pressione statica. Il passaggio 40 è in

comunicazione di fluido con il tubo 30. Un mezzo per condurre via tutto il fluido deviato dalla sonda in una regione verso l'esterno della sonda di pressione, come il passaggio 41 é in comunicazione di fluido con la camera in pressione. Come mostrato in Fig. 2, la regione all'esterno della sonda di pressione é il percorso di flusso 12 del mezzo di lavoro ad un punto a valle dell'entrata alla parte di allineamento.

La Fig. 3 é una vista in pianta di una sonda di pressione 26 del tipo mostrato in Fig. 1 o in Fig. 2 parzialmente in sezione e parzialmente asportata per mostrare l'interno della sonda. La parte di allineamento della sonda include un mezzo per condurre la parte deviated del flusso in una prima direzione come un primo passaggio 42 che é in comunicazione di fluido con il percorso di flusso 12 del mezzo di lavoro. Il passaggio ha un asse longitudinale A_1 . Una parete 44 delimita il passaggio. Viene previsto un mezzo per convertire la pressione totale del flusso in pressione statica ed in pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele alla prima direzione. Nella forma di realizzazione mostrata, il mezzo é un ingresso 46 formato dalla parete 44 del passaggio di allineamento. La parete 44 converge nella direzione a valle e nella regione di ingresso in modo tale che il valore assoluto dell'inclinazione della parete rispetto all'asse del passaggio in un primo punto I_1 nell'ingresso é maggiore del valore assoluto dell'inclinazione della parete nell'ingresso in un secondo punto I_2 a valle del primo punto.

Viene previsto un mezzo per convertire sostanzialmente tutta la pressione dinamica del flusso in pressione statica. Nella forma di realizzazione mostrata, il mezzo é la parte di sensore 34. La parete 38 delimita la camera in pressione che viene mostrata dalla graffa 36. Il secondo passaggio é in comunicazione di

fluido con la camera in pressione e con il tubo 30. La sonda ha almeno un terzo passaggio come passaggi di sfiato indicati dalle graffe 41. Ciascun terzo passaggio ha un ingresso 48 in comunicazione di fluido con l'uscita 50 della camera in pressione. Ciascun terzo passaggio ha un'uscita 52 che fa sì che il passaggio sia in comunicazione di fluido con la regione all'esterno della sonda come il percorso di flusso 12 del mezzo di lavoro o l'esterno del motore. Un passaggio di transizione 54 in corrispondenza di ciascun terzo passaggio 41 si estende tra la camera in pressione e il terzo passaggio. Ciascun passaggio di transizione ha l'uscita 56 ed un'entrata 58. Nella forma di realizzazione mostrata, la sommatoria delle aree di flusso in sezione trasversale delle entrate 58 ai passaggi di transizione è eguale all'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita 50 della camera in pressione. L'area di flusso in sezione trasversale dell'entrata 48 di ciascun terzo passaggio è almeno tanto grande quanto l'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita 56 del passaggio di transizione adiacente.

La Fig. 4 è una vista in sezione trasversale lungo le linee 4-4 della Fig. 3 di una parte della sonda di pressione mostrata in Fig. 3 con la parte di sensore mostrata in linee evanescenti.

La Fig. 5 è una vista esplosa di una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 2 in cui l'esterno della parte di allineamento 32 della sonda è montato internamente alla sonda stessa.

La Fig. 6 è una vista in sezione trasversale della sonda mostrata in Fig. 5. La sonda ha una parte di sensore 34 distanziata dalla parte di allineamento che lascia una camera in pressione tra di esse come mostrato dalla graffa 36. La sonda ha due terzi passaggi come indicato dalle graffe 41. Un passaggio di transizione 54 in corrispondenza di ciascun terzo passaggio si estende tra la camera in pres-

sione e il terzo passaggio. I passaggi di transizione 54 sono in comunicazione di fluido uno con l'altro.

La Fig. 7 é una forma di realizzazione particolare della sonda di pressione mostrata in Fig. 2.

La Fig. 8 é una forma di realizzazione alternativa della sonda di pressione mostrata in Fig. 6 mostrante la sonda di pressione montata nel bordo anteriore di un profilo aerodinamico. Una sonda della tecnica precedente viene mostrata in Fig. 9 ed é contrassegnata con tecnica precedente. Le dimensioni delle sonde sono mostrate nella Tabella I qui appresso. Le lunghezze L_1 , L_2 , L_3 ed L_4 sono misurate parallelamente all'asse longitudinale A_1 della parte di allineamento 32 della sonda. I diametri D_1 , D_2 , e D_4 vengono misurati attorno all'asse longitudinale della sonda.

TABELLA I

	Sonda della Fig. 7 mm	Sonda della Fig. 8 mm	Sonda della tecnica precedente (Fig.9) mm
D_1	6,35	5,02	3,05
D_2	2,54	1,78	----
D_3	8,509	2,26	----
D_4	1,02	1,02	1,02
L_1	4,11	6,91	----
L_2	5,08	7,62	1,27
L_3	9,19	6,20	----
L_4	0,711	0,711	----
L_5	6,73	6,60	----
R_1	2,54	1,73	----
α	34°	34°	----
β	20°	38°	----

La Fig. 10 é un'illustrazione di un flusso di gas di mezzo di lavoro avente una linea di corrente S allineata con l'asse longitudinale dell'entrata alla parte

di allineamento della sonda. Il flusso avente linee di corrente ad un angolo rispetto alla linea di corrente S allineata con l'asse longitudinale può essere suddiviso in una componente nel piano di imbardata (angolo di imbardata) ed una componente in un piano di beccheggio (angolo di beccheggio) per gli scopi di analizzare le prestazioni della sonda. Il piano di beccheggio si estende tra i gradi zero (0°) e i gradi centottanta (180°) ed il piano di imbardata si estende tra gradi novanta (90°) e gradi meno novanta (-90°).

Durante il funzionamento del motore, i gas del mezzo di lavoro vengono fatti fluire lungo il percorso di flusso anulare 12. Una parte del flusso viene deviata dal percorso di flusso del mezzo di lavoro all'entrata 46 della parte di allineamento 32 della sonda. La parte di allineamento 32 della sonda è atta a convertire la pressione totale del flusso in una pressione statica ed in una pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele al passaggio di allineamento. Come si comprenderà, è teoricamente impossibile convertire tutte le componenti di velocità non parallele (linee di corrente) in pressione statica; tuttavia si ritiene dai dati delle prestazioni che sostanzialmente tutte le componenti (99%) di velocità non parallele vengono convertite in pressione statica. Il flusso viene incanalato lungo il passaggio di allineamento nella direzione del passaggio di allineamento. Una parte della pressione statica viene convertita in pressione dinamica. Il flusso deviato viene scaricato dal passaggio di allineamento e viene diretto attraverso la camera in pressione 36 verso la parte di sensore 34. La parte deviata del flusso viene fatta urtare contro la parte di sensore 34 della sonda. Il flusso viene fatto urtare contro la parete 38 che delimita la camera in pressione e contro il gas disposto nel passaggio 40 per misurare la pressione statica. Poiché il passaggio 40, il tubo

30 e il trasduttore 28 formano una cavità chiusa senza uscita, il gas nel passaggio 40 della parte di sensore agisce come fluido relativamente incompressibile alle velocità del gas entro la sonda. La sonda è atta a far urtare tutta la parte deviata del flusso contro la parete ed il fluido incompressibile nel passaggio e così è atta a creare una pressione di stagnazione nella regione della camera in pressione 36 adiacente alla parete. Come si comprenderà è teoricamente impossibile far urtare l'intera quantità della parte deviata del flusso contro il sensore. Tuttavia sostanzialmente tutta la parte deviata del flusso viene fatta urtare contro la parte di sensore (99%) e nella misura che il flusso non viene fatto urtare ciò introduce un errore nell'accuratezza della sonda. Quando l'errore è relativamente piccolo (meno dell'1% della pressione dinamica della corrente libera) ed è costante sulla gamma di beccheggio e di imbardata, le letture della sonda vengono facilmente compensate attraverso la taratura della sonda stessa. Poiché sostanzialmente tutta la parte deviata del flusso viene fatta urtare contro la parete ed il fluido incompressibile nel passaggio di sensore e si trova a velocità zero nella regione di parete della camera in pressione, la pressione statica del flusso nella regione di parete della camera in pressione è sostanzialmente eguale alla pressione di stagnazione (pressione totale) del flusso. Tutto il flusso deviato e urtato viene condotto via dalla camera in pressione mediante i terzi passaggi 41. I terzi passaggi stabiliscono una differenza nella pressione statica nelle condizioni operative tra l'entrata 46 alla parte di allineamento e l'uscita del terzo passaggio in modo tale che la parte dei gas del mezzo di lavoro che entra nella parte di allineamento viene scaricata via dalla camera in pressione in una regione all'esterno della sonda di pressione quale il percorso di flusso 12 del mezzo di lavoro.

Le caratteristiche di errore di pressione totale per la sonda mostrata in Fig. 7, per la sonda mostrata in Fig. 8 e per la sonda della tecnica precedente mostrata in Fig. 9 vengono tracciate nella Fig. 11 (imbardata) e nella Fig. 12 (beccheggio). L'errore di pressione totale in percentuale non é dimensionalizzato sottraendo dalla pressione totale indicata P_{tp} la pressione totale effettiva P_t e dividendo tale quantità per la pressione totale effettiva P_t del percorso di flusso del mezzo di lavoro meno la pressione statica effettiva P_s del percorso di flusso del mezzo di lavoro $(P_{tp} - P_t) / (P_t - P_s)$.

Come si può vedere dalle Figg. 11 e 12, la sensibilità delle sonde mostrate nelle Figg. 7 ed 8 rispetto all'angolo di imbardata e l'angolo di beccheggio del flusso é diminuita in confronto alla sensibilità della sonda della tecnica precedente mostrata in Fig. 9.

Un vantaggio distinto e particolare delle sonde mostrate nelle Figg. 7 ed 8 é l'insensibilità della sonda alla distanza L_4 attraverso la camera in pressione tra la parte di allineamento 32 e la parte di sensore 34. E' stato trovato attraverso la sperimentazione che le variazioni nella lunghezza L_4 hanno un effetto trascurabile sull'errore di pressione totale della sonda purché la lunghezza sia ad un minimo di due decimi di millimetro (0,2 mm). Al di sotto di due decimi di millimetro (0,2 mm) l'accuratezza viene influenzata e l'errore percentuale totale aumenta considerevolmente. Oltre due decimi di millimetro (0,2 mm) e fino ad una distanza di due millimetri e cinquantaquattro centesimi di millimetro (2,54 mm) l'accuratezza rimane relativamente costante sulla gamma operativa di imbardata e di beccheggio della sonda in cui la sonda é insensibile all'angolo di imbardata e all'angolo di beccheggio delle linee di corrente del flusso in arrivo . Il vantaggio distinto e particolare dell'insensibilità dell'errore alla distanza L_4

é che quando le sonde vengono fabbricate, il distanziamento tra la parte di allineamento e la parte di sensore può avere una tolleranza molto grande. Per esempio la tolleranza potrebbe essere 0,508 mm per una lunghezza L_4 di 1,27 mm. Una tale larga tolleranza sul distanziamento facilita grandemente la produzione in serie della sonda e l'installazione della sonda in condizioni di produzione in massa.

L'interazione di flusso che si verifica entro la camera in pressione della sonda non é nota con certezza; tuttavia si ritiene che la seguente spiegazione sia la spiegazione più plausibile basata sulla sperimentazione che é stata effettuata. Il distanziamento della parte di allineamento della sonda dalla parte di sensore della sonda a meno di 0,2032 mm fa si che il flusso in arrivo consideri la sonda avente le dimensioni mostrate nelle Figg. 7 ed 8 come tubo d'urto e quindi si comporti come una sonda che non ha parte di allineamento nella sonda stessa. Di conseguenza la sensibilità della sonda agli angoli di imbardata e di beccheggio é grandemente aumentata e si avvicina alla sensibilità del tipo della tecnica precedente mostrato in Fig. 9. Si é teorizzato che distanziando la parte di allineamento dalla parte di sensore per una distanza maggiore di 0,2032 mm si evita la formazione di correnti vorticosi nel passaggio di transizione 56. Queste correnti vorticosi bloccherebbero il flusso dall'uscire dalla camera in pressione e farebbero si che la sonda funzione come fa la sonda della tecnica precedente.

La sperimentazione ha mostrato che le prestazioni soddisfacenti si verificano per le sonde delle Figg. 7 ed 8: quando l'area di flusso in sezione trasversale dell'ingresso del terzo passaggio (di sfiato) é almeno tanto grande come l'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita 56 del passaggio di transizione 56; quando l'area di flusso in sezione trasversale dell'ingresso 58 per i passaggi di

transizione 54 è eguale all'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita 50 della camera in pressione; quando la sommatoria delle aree di flusso minime in sezione trasversale dei terzi passaggi 41 (di sfiato) è almeno il doppio dell'area di flusso minima in sezione trasversale del primo passaggio 42 (di allineamento); e quando il secondo passaggio 40 nella parte di sensore 34 è più piccolo del primo passaggio 42 nella parte di allineamento.

La sonda di pressione mostrata nelle Figg. 7 ed 8 ha un'entrata con imboccatura a campana formata con un raggio R_1 . Si ritiene per le sonde del tipo mostrato nelle Figg. 7 ed 8 che la differenza nella pressione statica di un certo numero di Mach tra l'entrata 46 alla parte di allineamento 32 e l'uscita 52 dal terzo passaggio 41 (di sfiato) è almeno eguale alla differenza nella pressione statica mostrata in Fig. 13 per un dato numero di Mach. Ciò assicura che il flusso che entra nella camera in pressione non interferisca con il flusso che lascia la camera in pressione stessa. La differenza nella pressione statica tra l'ingresso al terzo passaggio e l'uscita al terzo passaggio non è maggiore del dieci per cento (10%) della differenza nella pressione statica tra l'ingresso alla parte di allineamento e l'uscita dal terzo passaggio per assicurare che le correnti vorticosi vengano bloccate dal formarsi all'uscita della camera in pressione.

Benché la presente invenzione è stata mostrata e descritta rispetto a sue forme di realizzazione preferite, si deve comprendere da parte delle persone esperte nella tecnica che varie modifiche ed omissioni nelle forme e nei dettagli di essa possono essere apportati in essa senza discostarsi dallo spirito e dall'ambito dell'invenzione stessa.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per misurare la pressione totale in un condotto che delimita un per-

corso di flusso per un mezzo fluido di lavoro utilizzando una sonda di pressione avente un passaggio di allineamento del flusso estendentesi all'interno della sonda ed una parte di sensore, comprendente le operazioni di: deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro alla sonda di pressione; convertire la pressione totale del flusso deviato nel passaggio di allineamento in una pressione statica ed in una pressione dinamica, in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele al passaggio di allineamento; condurre tutto il flusso dal passaggio di allineamento in una camera in pressione; far urtare sostanzialmente tutta la parte deviata del flusso contro una parte di sensore avente una parete che delimita la camera in pressione per convertire sostanzialmente tutta la pressione di velocità del flusso in pressione statica nella regione di parete nella camera in pressione; misurare la pressione statica del flusso nella regione di parete della camera in pressione; e condurre via tutto il flusso deviato dalla camera in pressione.

2. Metodo per misurare la pressione totale usando una sonda che ha una parte di allineamento avente un primo passaggio disposto nella parte di allineamento attorno ad un asse longitudinale di simmetria, una parte di sensore distanziata dalla parte di allineamento lasciando una camera in pressione tra di esse in comunicazione di fluido con il primo passaggio, ed una parte di sfiato in cui la parte di sfiato è in comunicazione di fluido con la camera in pressione e con il percorso di flusso del mezzo di lavoro, comprendente le operazioni di: deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro al passaggio della parte di allineamento; convertire sostanzialmente tutta la pressione totale del flusso deviato in una pressione statica ed in una pressione dinamica all'ingresso al passaggio di allineamento in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente

parallele al passaggio di allineamento; convertire una parte della pressione statica nel flusso deviato in pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso lungo linee di corrente parallele all'asse longitudinale del passaggio di allineamento; convertire sostanzialmente tutta la pressione di velocità del mezzo fluido di lavoro che lascia il passaggio di allineamento e che entra nella camera in pressione in pressione statica all'entrata della parte di sensore; convertire la pressione statica del mezzo fluido di lavoro in pressione dinamica nella parte di sfiato della sonda in modo tale che la pressione statica della corrente libera é eguale alla pressione statica nella parte di sfiato della sonda in corrispondenza del punto di comunicazione tra la parte di sfiato ed il percorso di flusso del mezzo di lavoro per condurre i gas del mezzo di lavoro dalla camera in pressione nel percorso di flusso del mezzo di lavoro.

3. Metodo secondo la rivendicazione 2 in cui l'operazione di convertire sostanzialmente tutta la pressione dinamica del mezzo di lavoro scaricato dal passaggio di allineamento in pressione statica include l'operazione di dirigere l'intera corrente di gas del mezzo di lavoro scaricati dal passaggio di allineamento verso una parete disposta attorno alla regione di ingresso alla parte di sensore della sonda.

4. Sonda di pressione in comunicazione di fluido con una regione all'esterno della sonda per misurare la pressione totale di un mezzo fluido di lavoro in un percorso di flusso per i gas del mezzo di lavoro che comprende: mezzi per deviare una parte del flusso dal percorso di flusso del mezzo di lavoro alla sonda di pressione che includono mezzi per condurre la parte deviata del flusso in una prima direzione, e mezzi per convertire la pressione totale del flusso in pressione statica ed in pressione dinamica in cui la pressione dinamica risulta dal flusso

lungo linee di corrente parallele alla prima direzione; mezzi per rilevare la pressione statica; mezzi per convertire sostanzialmente tutta la pressione dinamica del flusso deviato in pressione statica in una regione adiacente ai mezzi per rilevare la pressione statica; e mezzi per condurre via tutto il flusso deviato dalla sonda nella regione all'esterno della sonda di pressione.

5. Sonda di pressione secondo la rivendicazione 4 in cui la regione all'esterno della sonda di pressione é il percorso di flusso del mezzo di lavoro.

6. Sonda di pressione secondo la rivendicazione 4 in cui la sonda ha una parte di allineamento, una parte di sensore distanziata dalla parte di allineamento lasciando una camera in pressione tra di esse, la parte di sensore avendo una parete che delimita la camera in pressione ed un passaggio attraverso la parete per misurare la pressione statica ed in cui i mezzi per condurre la parte deviata del flusso nella prima direzione é la parte di allineamento della sonda, i mezzi per rilevare la pressione statica sono la parte di sensore della sonda che ha un passaggio per misurare la pressione statica, ed i mezzi per convertire sostanzialmente tutta la pressione dinamica del flusso deviato in pressione statica é la parte di sensore avente una parete disposta attorno al passaggio, la parete essendo distanziata dalla parte di allineamento che lascia la camera in pressione tra di esse.

7. Sonda di pressione per rilevare la pressione totale in un percorso di flusso per gas del mezzo di lavoro, la sonda avendo i gas del mezzo di lavoro che passano attraverso la sonda stessa e che comprende: una parte di allineamento che include un primo passaggio in comunicazione di fluido con il percorso di flusso del mezzo di lavoro, il primo passaggio avendo un asse longitudinale, ed una parete che delimita il passaggio, la parete formando un'entrata che converge nella direzione a valle in modo tale che il valore assoluto dell'inclinazione della parete in

corrispondenza di un primo punto nell'entrata rispetto all'asse longitudinale del passaggio é maggiore rispetto al valore assoluto dell'inclinazione della parete dell'entrata ad un secondo punto a valle del primo punto; una parte di sensore distanziata assialmente dalla parte di allineamento che lascia una camera in pressione tra di esse, la parte di sensore avendo un secondo passaggio orientato in allineamento assiale con il primo passaggio e che é in comunicazione di fluido con la camera in pressione; in cui la sonda ha almeno un terzo passaggio avente un ingresso in comunicazione di fluido con detta camera in pressione ed un'uscita che é adatta al terzo passaggio ad essere in comunicazione di fluido con una regione all'esterno della sonda per stabilire una differenza in pressione statica nelle condizioni operative tra l'entrata alla parte di allineamento e l'uscita del terzo passaggio, in modo tale che la parte dei gas del mezzo di lavoro che entra nella parte di allineamento viene scaricata dal terzo passaggio.

8. Sonda secondo la rivendicazione 7 in cui la parte di allineamento é montata su un profilo aerodinamico stazionario che si estende attraverso il percorso di flusso del mezzo di lavoro e la parte di sensore é montata nel bordo anteriore del profilo aerodinamico.

9. Sonda secondo la rivendicazione 7 in cui la parte di allineamento é montata entro il bordo anteriore di un profilo aerodinamico ed almeno un terzo passaggio si estende attraverso il profilo aerodinamico stesso.

10. Sonda secondo la rivendicazione 7 in cui la regione all'esterno della sonda é il percorso di flusso del mezzo di lavoro.

11. Sonda di pressione secondo la rivendicazione 7 in cui il terzo passaggio ha un ingresso ed in cui la differenza in pressione statica ad un dato numero di Mach tra l'entrata alla parte di allineamento e l'uscita dal terzo passaggio é almeno

eguale alla differenza in pressione statica mostrata in Fig. 13 per il dato numero di Mach ed in cui la differenza in pressione statica tra l'ingresso al terzo passaggio e l'uscita del terzo passaggio non é maggiore del 10% di detta differenza in pressione statica tra l'ingresso alla parte di allineamento e l'uscita dal terzo passaggio.

12. Sonda di pressione secondo la riv. 7 in cui un passaggio di transizione in corrispondenza di ciascun passaggio di sfiato si estende tra la camera in pressione ed il terzo passaggio, il passaggio di transizione avendo un'uscita, il terzo passaggio avendo un'entrata in cui l'area di flusso in sezione trasversale dell'entrata del terzo passaggio é almeno tanto grande quanto l'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita del passaggio di transizione.

13. Sonda di pressione secondo la riv. ~~18~~ in cui la camera di pressione ha un'uscita e ciascun passaggio di transizione ha un'entrata in cui la sommatoria totale delle aree di flusso di entrata in sezione trasversale dei passaggi di transizione é eguale all'area di flusso in sezione trasversale dell'uscita della camera in pressione.

14. Sonda di pressione secondo la riv. ~~7~~ in cui la sommatoria delle aree di flusso in sezione trasversale dei terzi passaggi é almeno il doppio dell'area di flusso minima in sezione trasversale del passaggio di allineamento.

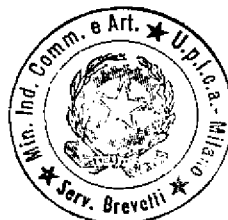
15. Metodo secondo la riv. ~~7~~ in cui l'area in sezione trasversale del passaggio in corrispondenza dell'entrata dalla parte di sensore é inferiore al diametro del passaggio nella parte di allineamento in corrispondenza dell'entrata alla camera di pressione.

16. Sonda di pressione secondo le rivendicazioni 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15, in cui l'entrata alla parte di allineamento ha un'imboccatura a forma di campana.

pp. UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION

Società dello Stato del Delaware
UFFICIO BREVETTI
RICCARDI & CO. S.p.A.

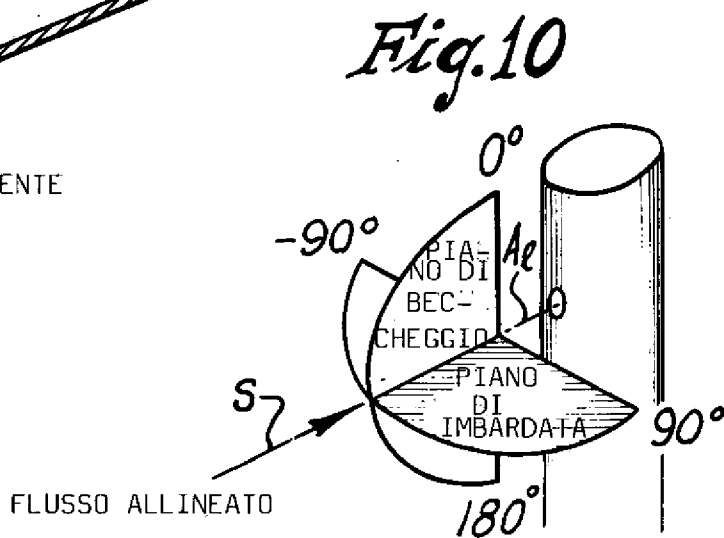
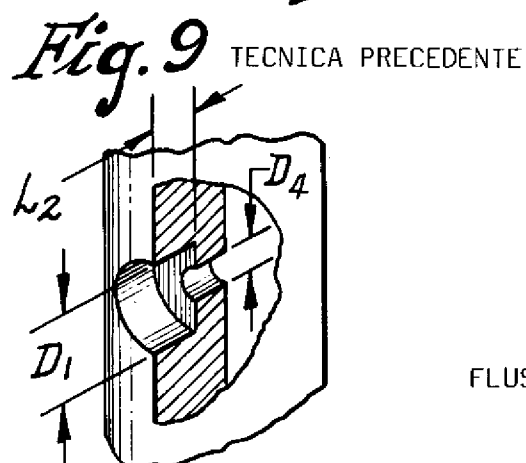
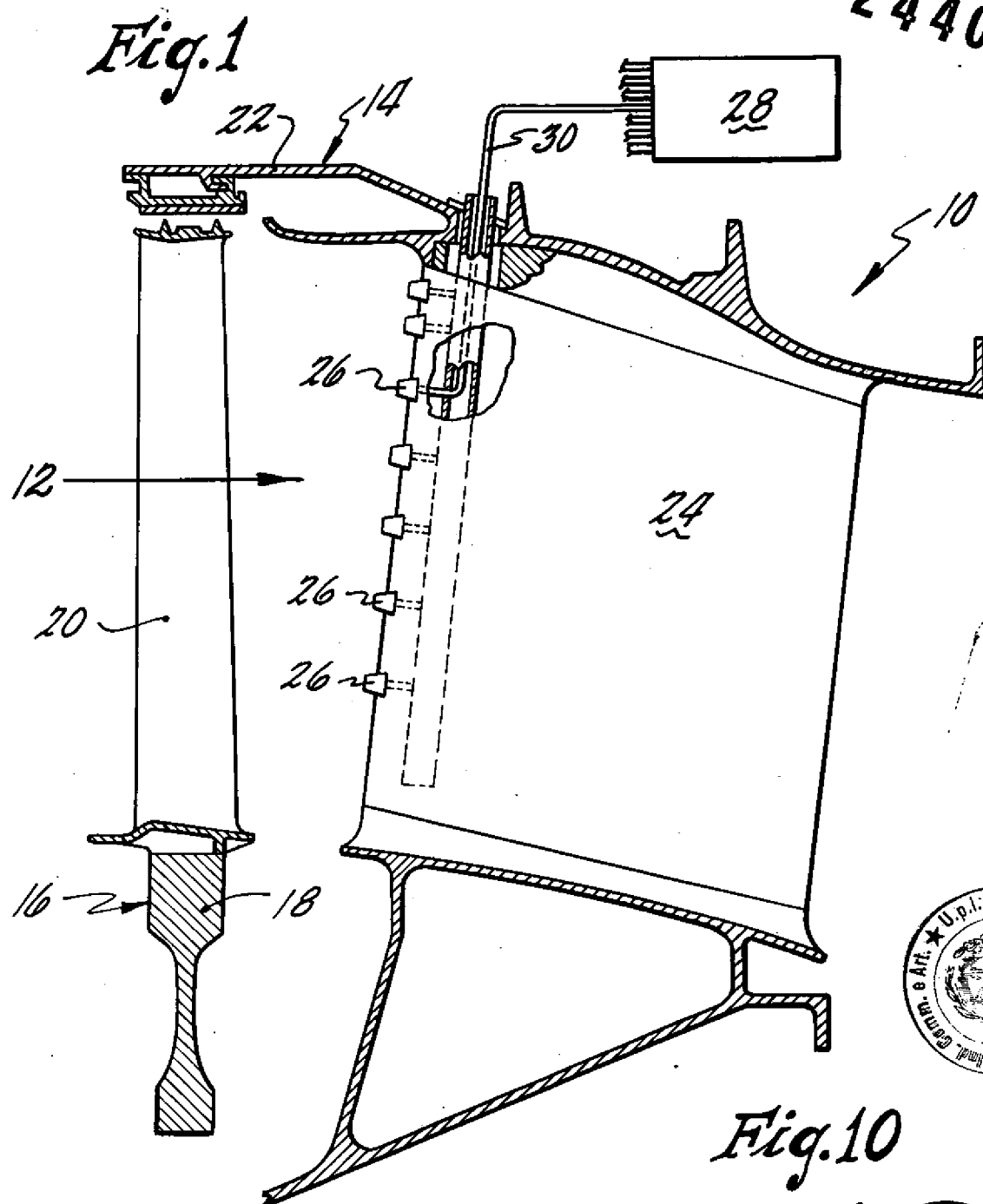
- 20 -



l'Ufficiale Regante
(Idillio Russo)

[Handwritten signature]

24405A/82



pp. UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
Società dello Stato del Delaware

UFFICIO BREVETTI
RICCARDI & CO. S.R.L.

Ufficiale Registrato
(Idoneo Russo)

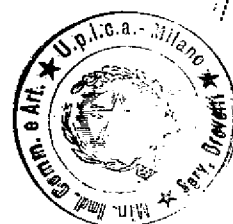


Fig. 2

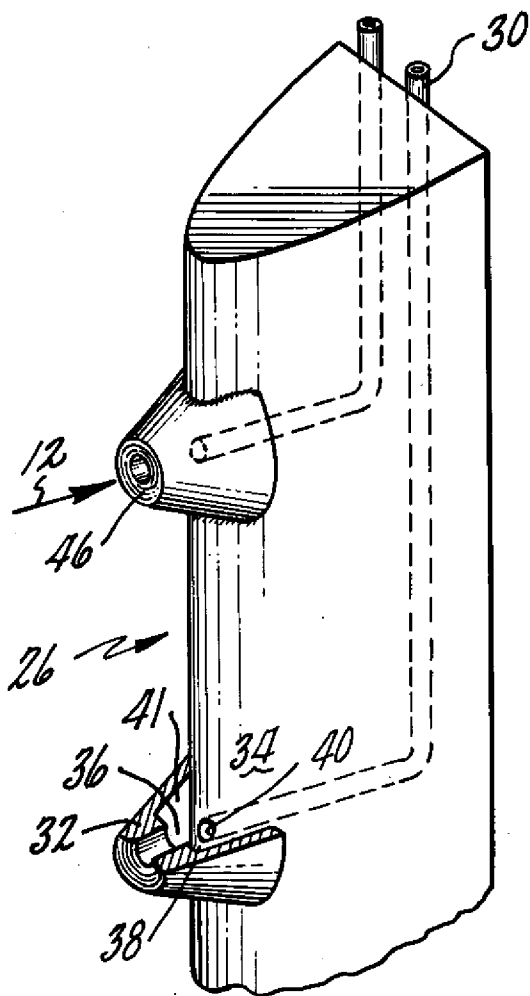


Fig. 3

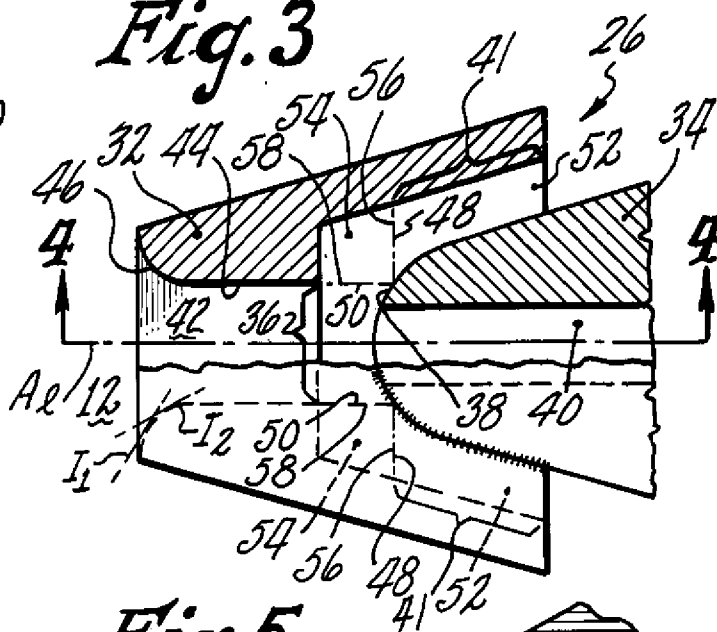


Fig. 5

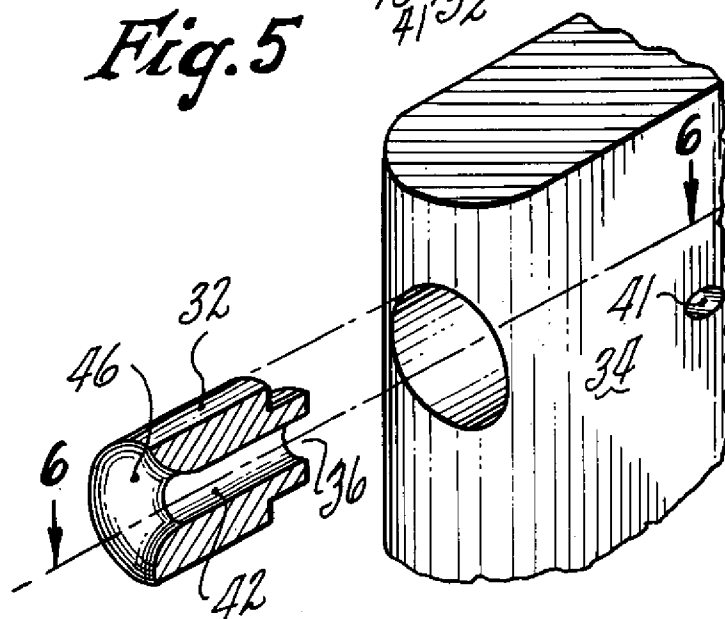


Fig. 4

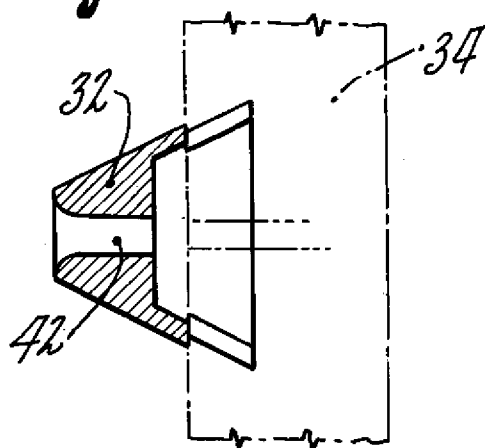
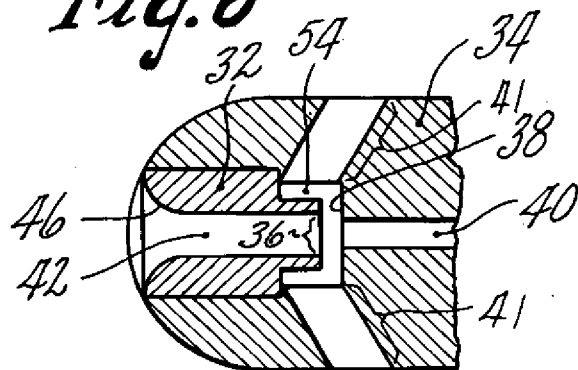


Fig. 6



l'Ufficiale Rogante
(Idillia Russo)

[Signature]

pp. UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
Società dello Stato del Delaware

UFFICIO BREVETTI
RICCARDI & CO. S.R.L.

24405 A/82

Fig. 7

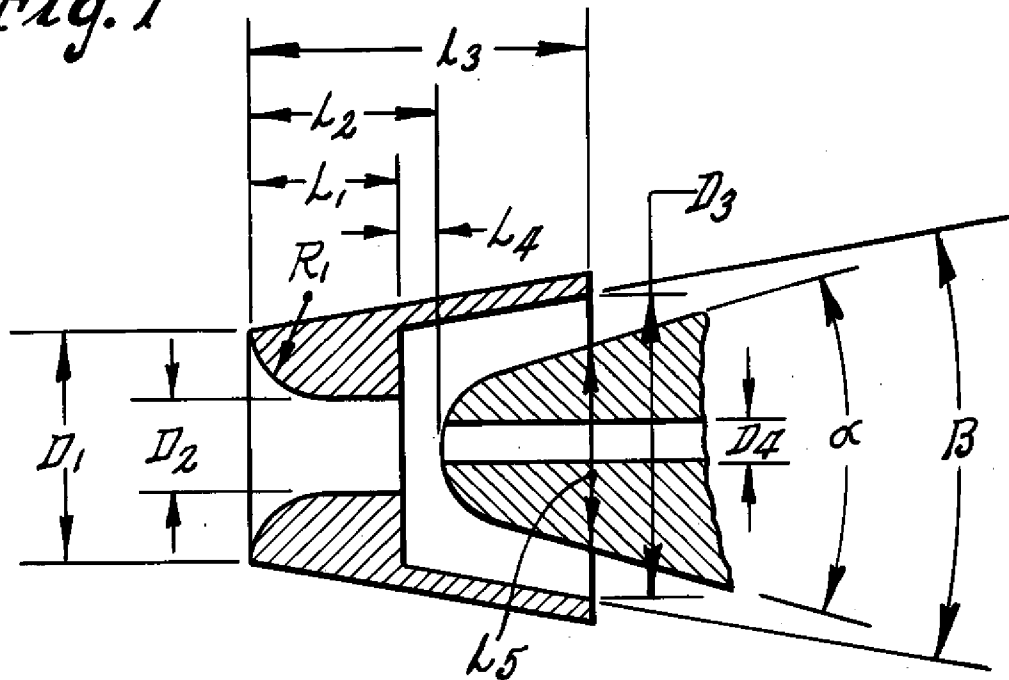
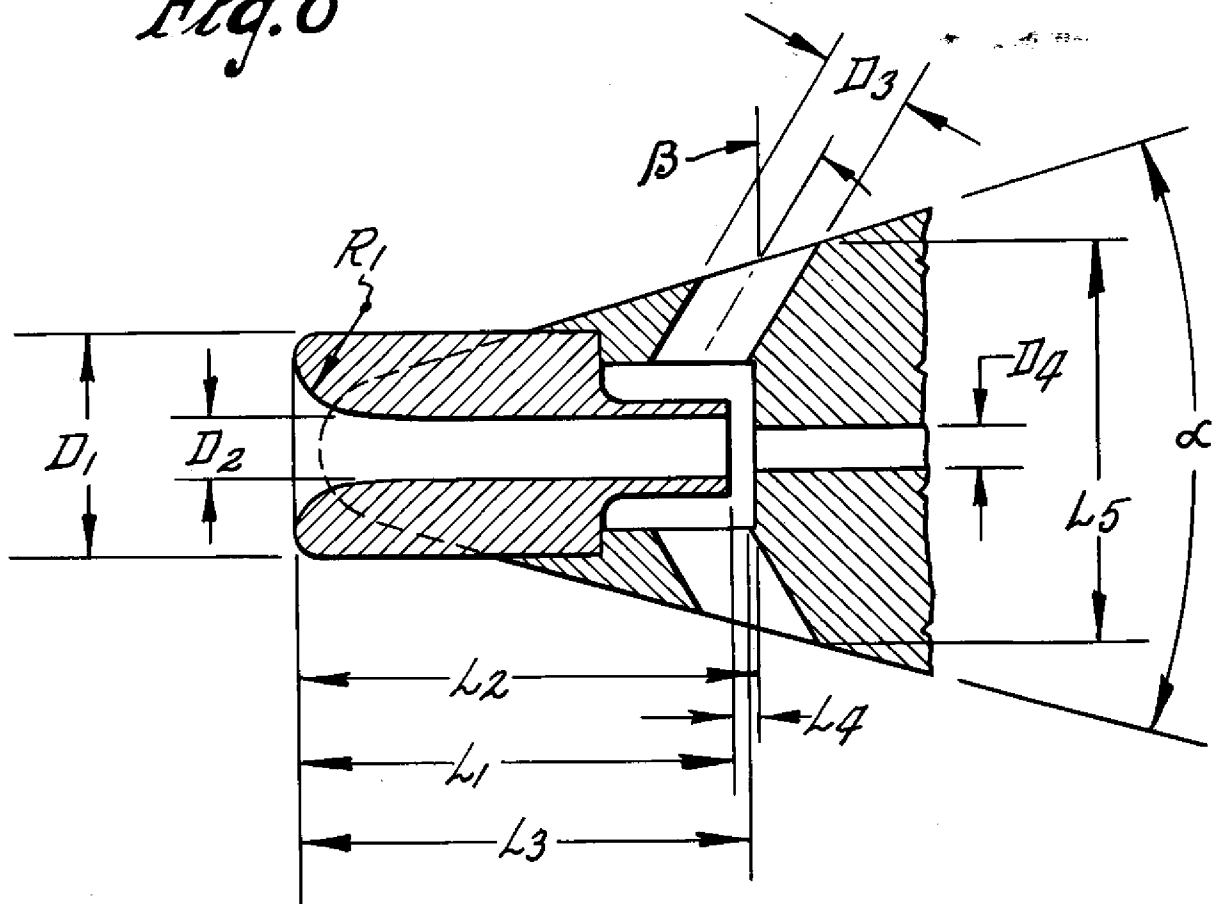
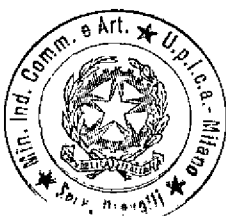


Fig. 8



pp. UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
Società dello Stato del Delaware



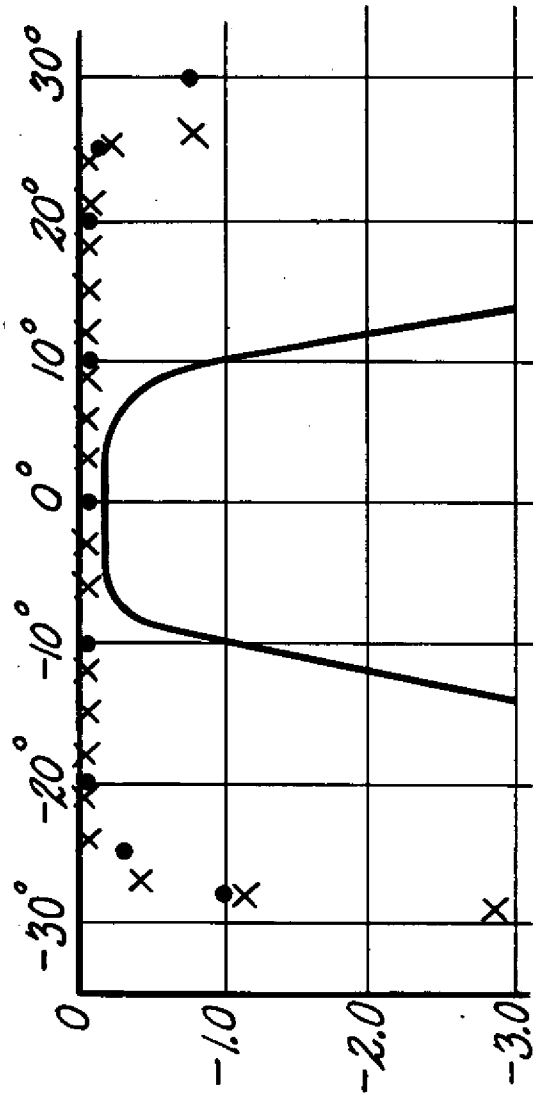
l'Ufficiale Rogante
(Idillio Rosso)

UFFICIO BREVETTI
RICCARDI & CO. S.R.L.

24405A/82

Fig. 11

CARATTERISTICHE DI PRESSIONE TOTALE
ANGOLO DI IMBARDATA - GRADI



ERRORE DI PRESSIONE TOTALE %

$$\frac{P_t - P_t}{P_t - P_s} \times 100$$

SONDA DELLA

• FIG. 7

X FIG. 8

- FIG. 9

pp. UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
Società dello Stato del Delaware

UFFICIO BREVETTI

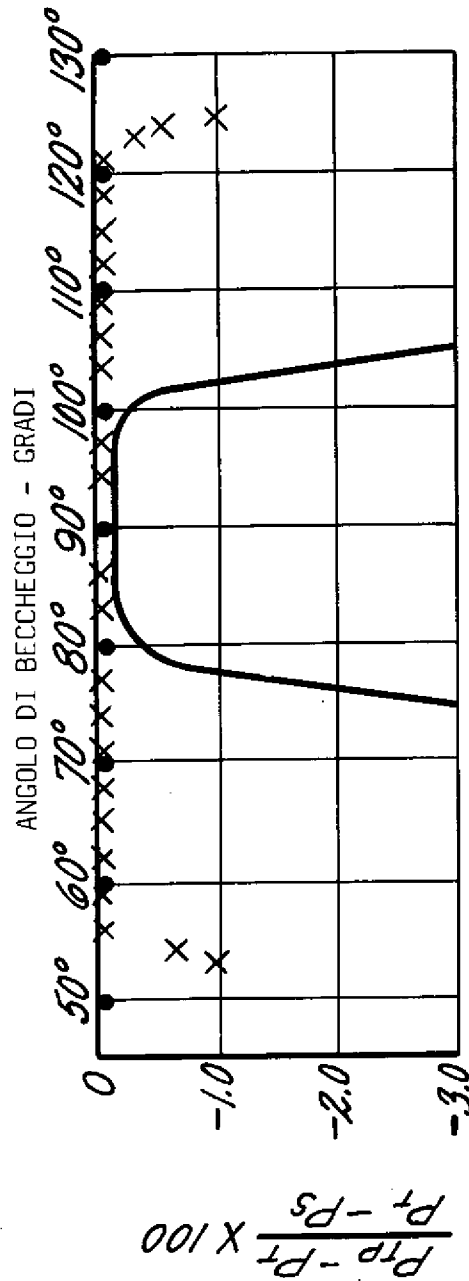
RICCARDI & CO. S.R.L.



l'Ufficiale Rogante
(Idillio Russo)

24405A/82

Fig. 12



SONDA DELLA

• FIG. 7

x FIG. 8

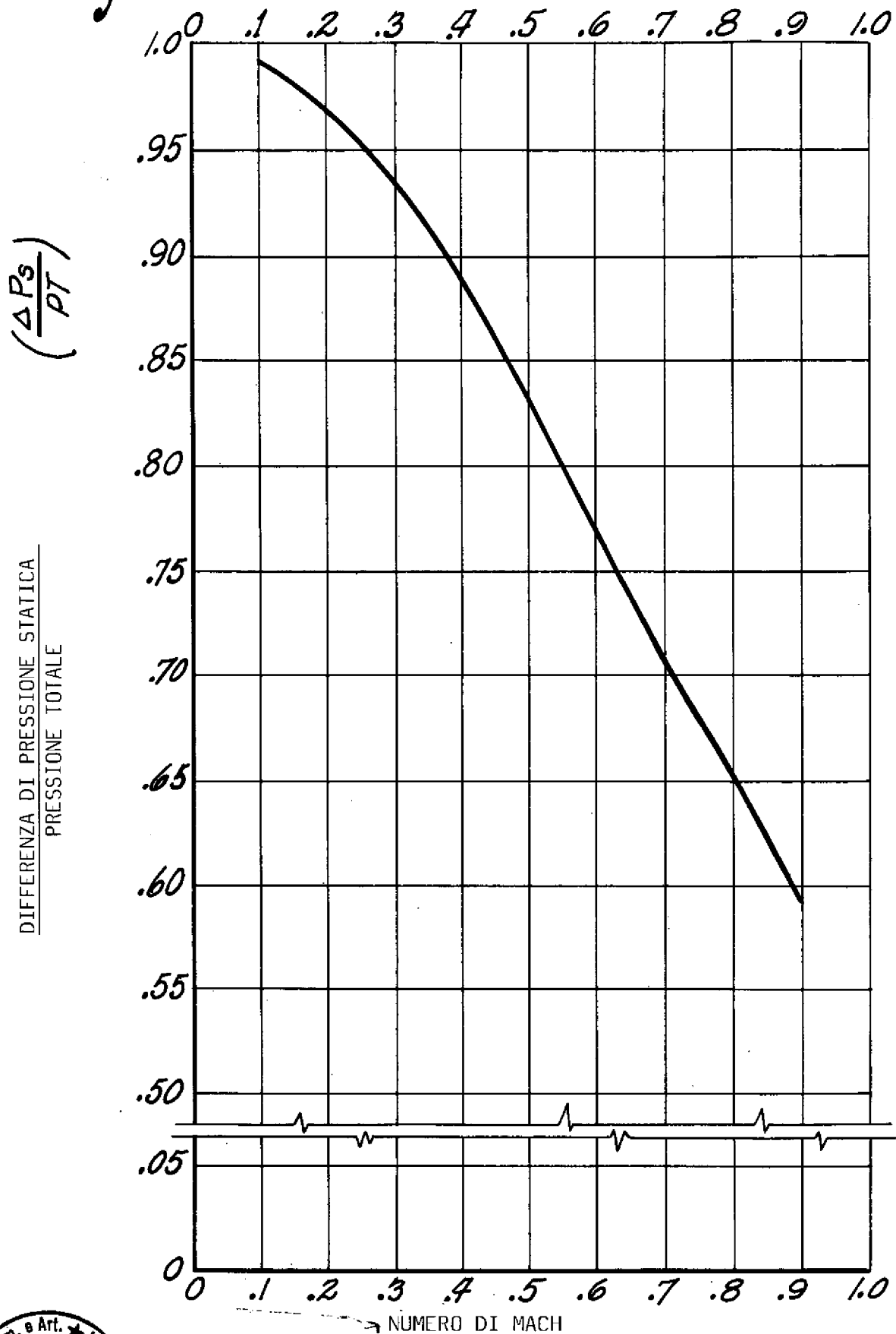
- FIG. 9

ERRORE DI PRESSIONE TOTALE %

l'Ufficiale Rogante
(Idillio Russo)pp.UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
Società dello Stato del DelawareUFFICIO BREVETTI
RICCARDI & CO. S.R.L.

24405 A/82

Fig. 13



l'Ufficiale Rogante
(Idillio Russo)

pp. UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
Società dello Stato del Delaware

UFFICIO BREVETTI
RICCARDI & CO. S.R.L.