

SELEZIONE DEI CAPILLARI PER LA PRODUZIONE DEI DILUITORI "A CAPILLARI UGUALI"

Nel processo di fabbricazione dei capillari in vetro il diametro interno (foro capillare) ha necessariamente una certa tolleranza e quindi presenta una certa dispersione.

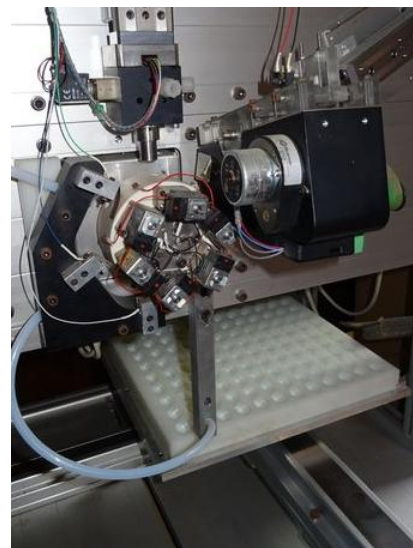
Quando un lotto di capillari è usato come "resistenza calibrata al flusso", la precisione dei flussi indotti è legata alla quarta potenza del diametro e la dispersione dei valori nel lotto cresce notevolmente.

E' sicuramente necessario che la selezione dei capillari destinati ad essere utilizzati in un diluitore "a capillari uguali" sia preceduta da una operazione di classificazione, nella quale i capillari con caratteristiche simili in una certa banda di tolleranza vengono raggruppati in classi separate tra loro.

La prova per la classificazione viene eseguita su ciascun capillare misurando il flusso indotto da una pressione relativa stabile applicata ad un'estremità del capillare.

Inizialmente la prova era manuale, ma a prescindere dai tempi necessari a classificare un migliaio o più di capillari per ogni lotto di acquisto, era soggetta ad errori importanti dovuti al calore trasferito dalle mani dell'operatore all'attrezzo ed al capillare in fase di inserimento (la viscosità dipende dalla temperatura del gas).

A tutt'oggi la pratica manuale è sicuramente abbandonata, ma ancora stiamo usando e cercando di migliorare attrezzi diversi. Questa attività si rende necessaria non tanto frequentemente da obbligarci ad affrontare il problema con decisione, ma resta il fatto che tutti i capillari acquistati vengono classificati e quindi ordinati in classi di "resistenza al flusso" in ordine crescente, e ciascuna classe contiene una gamma di valori con alta probabilità di essere contenuti in una banda ristretta.



Selezione finale, riferita alla produzione di BetaCAP30

La precisione risultante dopo la selezione non è generalmente sufficiente per soddisfare le nostre esigenze (vogliamo utilizzare tutte le potenzialità insite nell'utilizzo dei capillari uguali). Abbiamo quindi realizzato un secondo strumento per la selezione finale nel quale il numero di capillari (e quindi i tempi di selezione) siano più contenuti. Ogni selezione è fatta processando una o poche classi pre-selezionate per dare origine ad un solo diluitore. Lo strumento utilizzato a tale scopo può testare 36 capillari posizionati in una matrice 6x6 con 6 elettrovalvole di ingresso (righe) e 6 elettrovalvole di

scarico (colonne) organizzata quindi in un modo da permettere sia la misura di sotto-matrici di capillari (possibilità utilizzata solo BetaCAP1A100) che la misura di un capillare alla volta. Si nota che, mentre i sei ingressi (righe) sono intercettati da elettrovalvole a due vie (aperto / chiuso), le elettrovalvole di uscita (colonne) sono del tipo a tre vie (collegamento al misuratore / al vent) : la via che collega la colonna al vent è necessaria per depressurizzare le 5 colonne non interessate dalla misura. In assenza di tale depressurizzazione si creerebbero flussi parassiti che partono da tutti capillari sulla riga attiva e si chiudono nella colonna attiva attraversando capillari diversi da quello "in misura", che si trova all'incrocio tra la riga attiva e la colonna attiva. Il flusso che interessa i capillari non "in misura" della riga selezionata, viene invece drenato all'esterno, mantenendo tutte le colonne alla pressione

Be.T.A. Strumentazione S.r.L.

Sede operativa : 28071 Borgolavezzaro (No) - via 4 Novembre, 8 - Tel : 0321 887 712 - Fax : 0321 885 529

Sede legale : 27036 Mortara (Pv) - via L.Goia,16 - Capitale sociale: 12.000 Euro i.v. - C.F/P.IVA n° 01926350180

Inscr. c/o CCIAA di Pavia R.E.A. n° 231667 e R.I. di Pavia. (tutta la corrispondenza va inviata alla sede operativa)

ambiente.

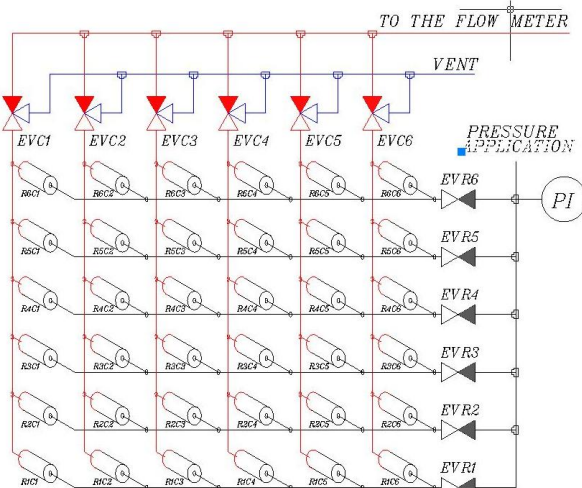
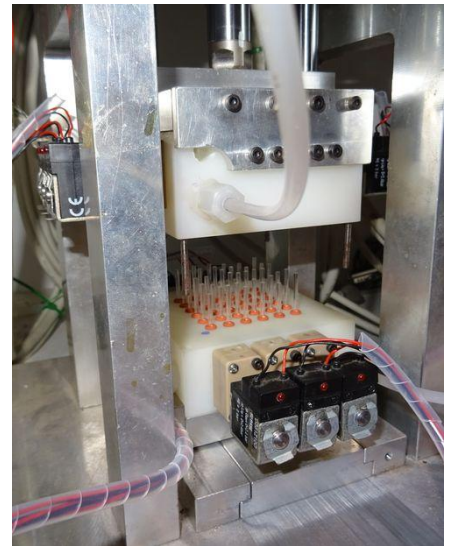
Viene quindi scansionata la matrice per determinare 36 valori, uno per ciascun capillare : viene verificata l'omogeneità del lotto selezionato e, in caso di valori fuori tolleranza, i corrispondenti capillari vengono sostituiti. Se necessario l'operazione viene ripetuta fino alla migliore omogeneità del lotto.

E' utile aggiungere ora qualche elemento alle modalità di esecuzione delle "misure" indicate tra gli apici proprio perchè non sono definibili misure a tutti gli effetti : dovendo determinare "quanto due o più rilevazioni di flusso sono diverse tra loro relativamente a se stesse", è sufficiente rilevare dal sistema di misura dei numeri (anche senza considerarne le unità di misura) che però sappiamo essere proporzionali ai valori di flusso corrispondenti.

$$\frac{Val.1*(1+Dev.rel.1)-Val.1*(1+Dev.rel.2)}{Val.1} = Dev.rel1 - Dev.rel2$$

Il dato che dobbiamo trattare con la massima attenzione è la ripetibilità del rilievo, che include la ripetibilità della pressione applicata al capillare. La conoscenza del Bias, inteso come relazione sistematica tra il numero rilevato e la grandezza applicata al sistema di misura, non aggiunge nulla a quanto ci è necessario per quantificare le differenze relative tra i flussi dei diversi capillari. La risposta del nostro sistema di misura resta quindi, dal punto di vista metrologico, assolutamente ignota.

Una grande attenzione viene invece dedicata alle verifiche e correzioni di tutto ciò che agisce sulla ripetibilità : derive del misuratore e del valore di pressione applicata. Al capillare in posizione R1C1 (prima riga, prima colonna) è attribuita la qualifica di "riferimento interno" : il valore di pressione (ignoto) applicato viene incrementato finchè il numero che rappresenta il flusso raggiunge un valore della voluta consistenza. Questa è nell'ordine di 300,0...400,0, che consente di apprezzare il primo decimale con oscillazione tipica di ±1 che corrisponde al ± 0,2...0,3% del numero stesso.



La matrice viene scansionata rilevando in sequenza i "flussi" sui 6 capillari (sei righe) di una colonna, per poi continuare con i 6 capillari della seconda colonna, e così via fino alla sesta colonna, sesta riga.

Il "flusso" del capillare di riferimento viene controllato ogni 6 "misure", insieme al valore della pressione applicata. Questa scelta è motivata da due fatti :

a) spostandosi lungo la colonna, il flusso erogato dal regolatore di entrata è costante : quello che cambia è solo la proporzione tra il flusso indirizzato al misuratore ed il flusso indirizzato in vent. Erogando un flusso costante il regolatore di pressione è decisamente stabile e, nel tempo di 6 "misure" (le 6 righe) la deriva del misuratore è trascurabile (avendo inizialmente atteso un tempo di stabilizzazione per tutto il sistema).

b) passando alla colonna successiva, vengono alimentati 6 capillari diversi che, per quanto omogenei, potranno assorbire un flusso leggermente diverso : questa differenza è sufficiente a influire sulla pressione applicata. Inoltre, nel tempo di scansione di più colonne si può cominciare a manifestare una deriva del sistema di misura che è opportuno correggere.

Al termine della scansione di ciascuna riga, viene quindi selezionato il capillare di riferimento in pos.R1C1 verificando se la "misura" corrisponde al valore iniziale : se necessario si modifica il valore della pressione applicata per ripristinare le condizioni iniziali. Potrà stupire che si agisca sulla pressione quando non è noto se la deriva è dovuta al misuratore o alla regolazione di pressione : è

sufficiente che la "misura" del capillare di riferimento torni al valore iniziale, perchè tutti gli altri possano continuare ad essere confrontati efficacemente con esso. La minima variazione di sensibilità del misuratore (ammesso che sia rilevabile) ha effetti trascurabili e solo sull'entità delle deviazioni rilevate (parliamo di decimali% di decimali%).

Passando alla colonna successiva, la pressione applicata può avere una immediata variazione : va ripristinato in valore di pressione rilevato al termine della "taratura" con il capillare di riferimento.

Ciascuno dei 36 capillari della matrice di prova viene quindi caratterizzato da un valore proporzionale al flusso rilevato a parità di pressione applicata. La prova viene ripetuta tre volte (Colonne A, B, C) e dei tre valori corrispondenti a ciascun capillare vengono mediati i due più vicini tra loro.


Il valore più "anomalo" viene scartato perchè l'anomalia potrebbe essere anche dovuta ad un errore di trascrizione, che inserito in media potrebbe avere effetti falsi e non trascurabili.

I valori medi del flusso "misurato", da colonna F vengono riportati in colonna J e le coordinate corrispondenti da colonna A a colonna I. Le due colonne I e F vengono ordinate per flussi crescenti.

Viene individuato un valore di flusso "misurato" prossimo al valore medio dei flussi e in colonna K viene indicata la differenza tra il corrispondente valore misurato e il valore individuato.

La colonna K conterrà quindi gli scostamenti di ciascuna "misura" rispetto al valore medio delle "misure" : una buona parte sarà negativa ed un'altra sarà positiva.

Ora può iniziare la selezione dei capillari per comporre i gruppi (da 1, 2, 4, 8, 15 capillari) che costituiscono il diluitore BetaCAP30.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q		
																		
<i>solo diluitori di gas, ma</i>																		
SELEZIONE CAPILLARI NUDI												PER GRUPPI DA 60-B			Per CAP60		S/N	22/08/2018
												Lato B						
Posiz.	Mis.A	Mis.B	Mis.C	Anomalo escluso	Media vicini	Deviaz. max.	Posiz. ordinata	Deviaz. da Media	Gruppo destinaz.			Q.tà da selezion.	Scostam. totale	Q.tà selezionata				
11	358,60	358,60	358,60	358,60	358,60	0,000	13	349,30	-5,70	15		1	0,00000	1				
12	350,90	351,60	351,10	351,60	351,00	0,057	12	351,00	-4,00	15	Gruppo da	2	0,00000	2				
13	349,20	349,30	349,30	349,20	349,30	0,000	34	351,50	-3,50	8	Gruppo da	4	0,00000	4				
14	351,70	351,90	352,00	351,70	352,00	0,028	21	351,60	-3,40	15	Gruppo da	8	0,00000	8				
15	351,40	351,90	351,80	351,40	351,90	0,028	15	351,90	-3,10	15	Gruppo da	15	0,00000	15				
16	351,90	352,10	352,50	352,50	352,00	0,057	14	352,00	-3,00	15	Gruppo da							
21	352,00	351,50	351,60	352,00	351,60	0,028	16	352,00	-3,00	15								
22	351,60	351,90	352,00	351,60	352,00	0,028	22	352,00	-3,00	15								
23	354,10	354,20	354,40	354,40	354,20	0,028	23	354,20	-0,80	4								
24	354,10	354,30	354,40	354,10	354,40	0,028	25	354,20	-0,80	4								
25	353,80	354,10	354,20	353,80	354,20	0,028	31	354,30	-0,70	8								
26	354,60	354,90	355,10	354,60	355,00	0,056	33	354,30	-0,70	8								
31	354,70	354,30	354,30	354,70	354,30	0,000	24	354,40	-0,60	2								
32	355,10	355,50	355,40	355,10	355,50	0,028	26	355,00	0,00	1								
33	354,20	354,30	354,50	354,50	354,30	0,028	35	355,30	0,30	8								
34	351,40	351,50	351,70	351,70	351,50	0,028	32	355,50	0,50	8								
35	354,80	355,20	355,40	354,80	355,30	0,056	41	355,50	0,50	4								
36	355,50	355,70	356,10	356,10	355,60	0,056	36	355,60	0,60	2								
41	355,40	355,50	355,60	355,60	355,50	0,028	45	356,10	1,10	4								
42	355,60	356,30	356,10	355,60	356,20	0,056	42	356,20	1,20	8								
43	357,20	357,40	357,60	357,60	357,30	0,056	51	356,40	1,40	8								
44	356,50	356,90	357,00	356,50	357,00	0,028	53	356,50	1,50	8								
45	355,70	356,10	356,10	355,70	356,10	0,000	56	356,90	1,90	15								
46	356,60	356,90	357,20	356,60	357,10	0,084	61	356,90	1,90									
51	356,30	356,10	356,40	356,10	356,40	0,028	44	357,00	2,00									
52	356,60	357,00	357,10	356,60	357,10	0,028	46	357,10	2,10									
53	356,40	356,60	356,80	356,80	356,50	0,056	52	357,10	2,10									
54	357,20	357,40	357,60	357,60	357,30	0,056	43	357,30	2,30									
55	357,40	357,80	357,80	357,40	357,80	0,000	54	357,30	2,30	15								
56	356,50	356,80	357,00	356,50	356,90	0,056	63	357,70	2,70									
61	356,90	356,90	357,10	357,10	356,90	0,000	55	357,80	2,80	15								
62	357,30	358,00	357,90	357,30	358,00	0,028	62	358,00	3,00	15								
63	357,60	357,70	357,80	357,80	357,70	0,028	64	358,30	3,30	15								
64	358,00	358,20	358,30	358,00	358,30	0,028	11	358,60	3,60	15								
65	359,20	359,40	359,50	359,20	359,50	0,028	66	358,80	3,80	15								
66	358,60	358,90	359,30	359,30	358,80	0,084	65	359,50	4,50	15								
						Max dev%	0,084	Media :	355,3639			367,4	Centro					

a) il gruppo da 1 capillare conterrà uno dei capillari che nella colonna K corrisponde ad uno zero (valore di flusso "Misurato" pari al valore assunto come medio)

b) il gruppo da 2 capillari conterrà due capillari che in colonna K corrispondono a numeri uguali ma di segno opposto : uno è scarso e l'altro abbondante per la stessa quantità rispetto al capillare singolo selezionato. Quello che conta è che, a parità di pressione applicata, il flusso indotto nel gruppo da due capillari sia doppio di quello indotto nel capillare singolo.

c, d...) i gruppi di ordine superiore, saranno composti allo stesso modo, scegliendo generalmente metà dei capillari necessari scarsi e l'altra metà abbondanti in modo che la somma delle deviazioni si annulli.

Le scelte vengono formalizzate scrivendo il numero dei capillari costituenti il gruppo in corrispondenza di ogni capillare scelto

Le caselle di colonna P e Q, analizzando il contenuto delle colonne K e L assistono l'operatore controllando che le quantità selezionate corrispondano a quanto necessario sia in termini di consistenza numerica che di bilancio delle deviazioni.

La parte più importante di questa procedura riguarda la scelta dei capillari da inserire nei gruppi più piccoli (1, 2, massimo 4 capillari), mentre per i gruppi che contengono 8 o 15 capillari l'accuratezza della selezione è comunque esagerata : stiamo gestendo deviazioni assolute nell'ordine dell'1 per mille per il singolo capillare, che si combinano con le leggi della statistica per i gruppi più consistenti, ma in termini relativi vanno riportate a flussi 8 o 15 volte maggiori !

Conoscendo i valori di deviazione tra le misure più vicine (indice di ripetibilità) è preferibile non

utilizzare nella selezione specifica (6 capillari avanzano comunque) i capillari corrispondenti alle deviazioni superiori, o alla peggio utilizzarli per comporre i gruppi più numerosi.

A costruzione ultimata, ogni esemplare prodotto, se richiesto dal Cliente, viene sottoposto alla prova metrologica : Società accreditate per misure di flusso e pressione, nei campi di misura necessari allo scopo, eseguono le misure necessarie a rendere il prodotto fiscalmente utilizzabile in ambienti accreditati (LAT).

Nella fattispecie del diluatore BetaCAP30, vengono eseguite 7 prove nelle quali, impostando in sequenza diluizioni 0:30, 1:30, 2:30, 4:30, 8:30, 15:30, 30:30, vengono misurati il flusso entrante al raccordo TG1 (gas da diluire) ed il flusso uscente (diluato). Il rapporto tra le due misure corrisponde al rapporto di diluizione e vengono calcolate le deviazioni come differenza tra la diluizione misurata come rapporto dei flussi e la diluizione impostata come rapporto numerico di capillari (N/30).

In assenza di perdite significative ($TG1=0$ per diluizione 0:30 e $TG0=0$ per diluizione 30:30) i flussi misurati in corrispondenza dei 5 rapporti principali (quelli che vedono interessato da TG1 un solo gruppo di capillari alla volta) caratterizzano la risposta sistematica del diluatore in tutti i suoi modi di funzionamento (31 rapporti di diluizione tra 0 e 100%), che corrispondono alle diverse combinazioni dei 5 modi principali.