

Punto di rugiada nell'aria compressa



Domande frequenti

1. Cos'è il punto di rugiada?
2. Qual è la differenza tra punto di rugiada e punto di gelo?
3. Qual è la differenza tra punto di rugiada e punto di rugiada in pressione?
4. Qual è l'effetto della pressione sul punto di rugiada?
5. Perché è importante conoscere il punto di rugiada nell'aria compressa?
6. Qual è l'intervallo tipico delle temperature del punto di rugiada nell'aria compressa?
7. Quali sono gli standard di qualità per l'aria compressa?
8. Come viene misurato in modo affidabile il punto di rugiada nell'aria compressa?
9. Quali sono i segnali che avvisano che un sensore del punto di rugiada è malfunzionante?
10. Con quale frequenza deve essere controllato o calibrato un sensore del punto di rugiada?

1. Cos'è il punto di rugiada?

La temperatura del punto di rugiada è una misura della quantità di vapore acqueo presente in un gas. L'acqua ha la proprietà di poter esistere in forma liquida, solida o gassosa in un'ampia gamma di condizioni. Per comprendere il comportamento del vapore acqueo, è innanzitutto utile considerare il comportamento generale dei gas.

In qualsiasi miscela di gas, la pressione totale del gas è la somma delle pressioni parziali dei gas componenti. Questa è la legge di Dalton ed è rappresentata come segue:

$$P_{\text{totale}} = P_1 + P_2 + P_3 \dots$$

La quantità di qualsiasi gas in una miscela può essere espressa come pressione. I principali componenti dell'aria sono azoto, ossigeno e vapore acqueo, quindi la pressione atmosferica totale è composta dalle pressioni parziali

di questi tre gas. Mentre l'azoto e l'ossigeno sono presenti in concentrazioni stabili, la concentrazione di vapore acqueo è molto variabile e deve essere misurata per essere determinata.

La pressione parziale massima del vapore acqueo è strettamente funzione della temperatura. Ad esempio, a 20°C, la pressione parziale massima del vapore acqueo è 23,5 mbar. Si dice che il valore di 23,5 mbar sia la "pressione di vapore di saturazione" a 20°C. In un ambiente "saturo" a 20°C, l'aggiunta di una maggiore quantità di vapore acqueo provoca la formazione di condensa. Questo fenomeno di condensazione può essere sfruttato per misurare il contenuto di vapore acqueo.

Il gas con concentrazione sconosciuta di vapore acqueo viene fatto passare su una superficie a temperatura controllata. La superficie viene raffreddata fino alla formazione di



Vaisala DRYCAP® Misuratore del punto di rugiada portatile DM70

condensa. La temperatura alla quale si forma la condensa è chiamata "temperatura del punto di rugiada". Poiché esiste una correlazione unica tra la temperatura e la pressione del vapore di saturazione (ricorda, la pressione parziale massima del vapore acqueo, nota anche come pressione del vapore di saturazione, è strettamente una funzione della temperatura), la misurazione della temperatura del punto di rugiada di un gas è una misurazione diretta della pressione parziale del vapore acqueo. Conoscendo la temperatura del punto di rugiada, è possibile calcolare o cercare la corrispondente pressione del vapore di saturazione. La tabella seguente mostra alcuni valori per la temperatura e la corrispondente pressione del vapore di saturazione:

Temperatura °C	Pressione del vapore di saturazione (mbar)
20	23.5
0	6.1
-10	2.8
-20	1.3
-40	0.2

2. Qual è la differenza tra punto di rugiada e punto di gelo?

Il punto di rugiada (Td) è la temperatura alla quale un gas contenente vapore acqueo a pressione costante si satura. Ciò vale per le temperature al di sopra del punto di congelamento, dove le superfici e la condensa sarebbero acqua liquida. Il punto di gelo (Td/f) si riferisce a tale temperatura di saturazione quando è al di sotto del punto di congelamento e la rispettiva superficie sarebbe il ghiaccio. In pratica il gelo tenderebbe a formarsi prima della rugiada liquida in condizioni di gelo.

Punto di rugiada	Punto di gelo
-0.10 °C	-0.11 °C
-5.00 °C	-5.64 °C
-10.00 °C	-11.23 °C
-20.00 °C	-22.25 °C
-30.00 °C	-33.09 °C
-40.00 °C	-43.74 °C
-50.00 °C	-54.24 °C
-60.00 °C	-64.59 °C
-70.00 °C	-74.88 °C
-80.00 °C	-85.29 °C

La differenza è il risultato della lieve variazione della pressione parziale del vapore acqueo quando è al di sopra dell'acqua o del ghiaccio. Questa variazione viene utilizzata per calcolare i valori che rappresentano i punti di saturazione sopra e sotto lo zero. Quanto più basso è il punto di saturazione sotto lo zero, tanto maggiore è la differenza tra Td e Td/f (vedi grafico).

Un modo semplice per mettere in relazione questa differenza è che quando il punto di rugiada è inferiore a 0°C, il punto di gelo rappresenterebbe la condizione probabile. Gli strumenti Vaisala utilizzano per impostazione predefinita Td/f quando appropriato e possono calcolare ed emettere qualsiasi variabile richiesta dall'applicazione.

3. Qual è la differenza tra punto di rugiada e punto di rugiada in pressione?

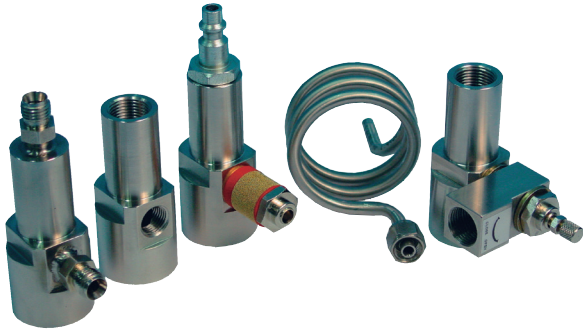
Il termine punto di rugiada in pressione si incontra quando si misura la temperatura del punto di rugiada dei gas a pressioni superiori alla pressione atmosferica. Si riferisce alla temperatura del punto di rugiada di un gas in pressione. Ciò è importante poiché la modifica della pressione di un gas modifica la temperatura del punto di rugiada del gas.

4. Qual è l'effetto della pressione sul punto di rugiada?

Aumentando la pressione di un gas aumenta la temperatura del punto di rugiada del gas. Consideriamo un esempio di aria alla pressione atmosferica di 1013,3 mbar con una temperatura del punto di rugiada di -10°C. Dalla tabella sopra, la pressione parziale del vapore acqueo (indicata dal simbolo "e") è di 2,8 mbar. Se quest'aria viene compressa e la pressione totale raddoppia a 2026,6 mbar, secondo la legge di Dalton, anche la pressione parziale del vapore acqueo (e) viene raddoppiata al valore di 5,6 mbar. La temperatura del punto di rugiada corrispondente a 5,6 mbar è di circa -1°C, quindi è chiaro che aumentando la pressione dell'aria è aumentata anche la temperatura del punto di rugiada dell'aria. Al contrario, l'espansione di un gas compresso alla pressione atmosferica riduce le pressioni parziali di tutti i gas componenti, compreso il vapore acqueo, e quindi diminuisce la temperatura del punto di rugiada del gas. La relazione tra la pressione totale e la pressione parziale del vapore acqueo (e) può essere espressa come segue:

$$P_1/P_2 = e_1/e_2$$

Convertendo la temperatura del punto di rugiada nella corrispondente pressione di vapore di saturazione, è facile calcolare l'effetto della variazione della pressione totale sulla pressione del vapore di saturazione. Il nuovo valore della pressione del vapore di saturazione può quindi essere riconvertito nella corrispondente temperatura del punto di rugiada. Questi calcoli possono essere eseguiti manualmente utilizzando tabelle o da vari tipi di software.



Una varietà di hardware per celle campione, inclusi disconnessioni rapide, bobina di raffreddamento e raccordo a compressione saldato, semplifica l'installazione di un sensore del punto di rugiada in qualsiasi processo.

5. Perché è importante conoscere il punto di rugiada nell'aria compressa?

L'importanza della temperatura del punto di rugiada nell'aria compressa dipende dall'uso previsto dell'aria. In molti casi il punto di rugiada non è critico (compressori portatili per utensili pneumatici, sistemi di riempimento pneumatici per distributori di benzina, ecc.).

In alcuni casi, il punto di rugiada è importante solo perché i tubi che trasportano l'aria sono esposti a temperature di congelamento, dove un punto di rugiada elevato potrebbe causare il congelamento e il blocco dei tubi. In molte fabbriche moderne, l'aria compressa viene utilizzata per azionare una varietà di apparecchiature, alcune delle quali potrebbero non funzionare correttamente se si forma condensa sulle parti interne. Alcuni processi sensibili all'acqua (ad es. verniciatura a spruzzo) che richiedono aria compressa possono avere specifiche di essiccazione distinte. Infine, i processi medici e farmaceutici possono trattare il vapore acqueo e altri gas come contaminanti, richiedendo un livello di purezza molto elevato.

6. Qual è l'intervallo tipico delle temperature del punto di rugiada nell'aria compressa?

Le temperature del punto di rugiada nell'aria compressa vanno dall'ambiente fino a -80°C , a volte inferiori in casi speciali. I sistemi di compressione senza capacità di essiccazione dell'aria tendono a produrre aria compressa satura a temperatura ambiente. I sistemi con essiccatori a refrigerazione fanno passare l'aria compressa attraverso una sorta di scambiatore di calore raffreddato, provocando la condensazione dell'acqua dal flusso d'aria. Questi sistemi producono tipicamente aria con un punto di rugiada non inferiore a 5°C . I sistemi di essiccazione ad adsorbimento assorbono il vapore acqueo dal flusso d'aria e possono produrre aria con un punto di rugiada di -40°C e, se necessario, più secca.

ANSI/ISA-7.0.01-1996 per l'aria strumentale.

Qualità Classe	Particella Misura (μm)	Punto di rugiada $^{\circ}\text{C}$	Contenuto di olio (mg/m^3)
1	0.1	-70	0.01
2	1	-40	0.1
3	5	-20	1
4	15	3	5
5	40	7	25
6	-	10	-

7. Quali sono gli standard di qualità per l'aria compressa?

ISO8573.1 è uno standard internazionale che specifica la qualità dell'aria compressa. La norma definisce i limiti per tre categorie di qualità dell'aria:

- Dimensione massima delle particelle per eventuali particelle rimanenti
- Temperatura massima consentita del punto di rugiada
- Contenuto massimo di olio residuo

Ad ogni categoria è assegnato un numero di classe di qualità compreso tra 1 e 6 secondo i valori di riferimento riportati nella tabella sottostante. Ad esempio, un sistema conforme a ISO8573.1 e classificato per la classe 1.1.1 fornirà aria con un punto di rugiada non superiore a -70°C . Tutte le particelle rimanenti nell'aria saranno di $0,1 \mu\text{m}$ o inferiori e il contenuto massimo di olio sarà di $0,01 \text{ mg}/\text{m}^3$. Esistono altri standard per la qualità dell'aria compressa, come ANSI/ISA- 7.0.01-1996 per l'aria strumentale.

8. Come viene misurato in modo affidabile il punto di rugiada nell'aria compressa?

Alcuni principi di misurazione del punto di rugiada si applicano a tutti i tipi di strumenti, indipendentemente dal produttore:

- Selezionare uno strumento con l'intervallo di misurazione corretto: alcuni strumenti sono adatti per misurare punti di rugiada elevati ma non punti di rugiada bassi. Allo stesso modo, alcuni strumenti sono adatti a punti di rugiada molto bassi ma risultano compromessi se esposti a punti di rugiada elevati.
- Comprendere le caratteristiche di pressione dello strumento del punto di rugiada: Alcuni strumenti non sono adatti per l'uso alla pressione di processo. Possono essere installati per misurare l'aria compressa dopo che è stata espansa alla pressione atmosferica, ma il valore del punto di rugiada

misurato dovrà essere corretto se il punto di rugiada in pressione è il parametro di misurazione desiderato.

- Installare il sensore correttamente: seguire le istruzioni del produttore. Non installare sensori del punto di rugiada all'estremità di stub o altri componenti di tubi "senza uscita" dove non c'è flusso d'aria.

Vaisala produce una famiglia di strumenti ideali per misurare la temperatura del punto di rugiada nell'aria compressa. La tecnologia dei sensori DRYCAP[®] fornisce misurazioni rapide del punto di rugiada dalla temperatura ambiente fino a -80°C con una precisione di $\pm 2^\circ\text{C}$ sull'intero intervallo. Oltre ai principi generali sopra indicati, è necessario considerare quanto segue quando si seleziona e si installa uno strumento per il punto di rugiada Vaisala:

- A. La migliore installazione per un sensore del punto di rugiada isola il sensore dalla linea dell'aria compressa. Ciò si ottiene installando il sensore in una "cella campione" e collegando la cella a una "T" nella linea dell'aria compressa nel punto di interesse. Una piccola quantità di aria compressa viene quindi scaricata oltre il sensore. La cella deve essere in acciaio inossidabile e collegata alla "T" con tubi (1/4" o 6 mm). È utile installare una valvola di isolamento tra la cella e la linea dell'aria. Ciò consente una facile installazione e rimozione del sensore.
- B. È necessario un dispositivo di regolazione del flusso per controllare il flusso d'aria oltre il sensore. La portata desiderata è solamente 1 slpm (2 scfh). Il dispositivo di regolazione può essere una vite di tenuta o una valvola. Per misurare il punto di rugiada in pressione, il dispositivo di regolazione è installato a valle del sensore in modo che all'apertura della valvola di isolamento il sensore si trovi alla pressione di processo. Per misurare il punto di rugiada a pressione atmosferica, il dispositivo di regolazione deve essere installato a monte del sensore del punto di rugiada.
- C. Non superare la portata consigliata. Quando si misura il punto di rugiada in pressione, una portata eccessiva comporterà una caduta di pressione locale attorno al sensore. Poiché la temperatura del punto di rugiada è sensibile alla pressione, ciò determinerà un errore nella misurazione imprecisa.

- D. Il miglior materiale per i tubi è l'acciaio inossidabile (SS). I tubi non metallici possono assorbire e desorbire il vapore acqueo, creando un ritardo nella risposta di misurazione. Se non sono disponibili tubi in acciaio inossidabile, considerare l'utilizzo di PTFE o altri materiali che non assorbono l'acqua. Evitare l'uso di tubi di plastica trasparente o tubi di gomma gialla.
- E. È possibile ridurre i costi di installazione per strumenti di misura del punto di rugiada permanenti installando il sensore direttamente nella linea dell'aria compressa. In questi casi è importante scegliere una posizione in cui il sensore abbia un flusso d'aria adeguato e dove la temperatura dell'aria compressa sia pari o vicina a quella ambiente

9. Quali sono i segni rivelatori di un sensore del punto di rugiada malfunzionante?

- Uno strumento che visualizza sempre un valore, come se l'uscita o il display fossero bloccati.
- Uno strumento che legge sempre il valore più basso possibile.
- Uno strumento irregolare, che cambia rapidamente o casualmente in un'ampia gamma di valori.
- Uno strumento che visualizza valori del punto di rugiada corrispondenti a secchezza o umidità impossibili.

10. Con quale frequenza deve essere controllato o calibrato un sensore del punto di rugiada?

È meglio seguire le raccomandazioni del produttore. Vaisala suggerisce un intervallo di calibrazione di uno o due anni, a seconda dello strumento. A volte è sufficiente un semplice controllo sul campo con uno strumento portatile calibrato per verificare il corretto funzionamento di altri strumenti. Vaisala fornisce informazioni dettagliate sulla calibrazione nella guida utente disponibile per ogni strumento. In caso di dubbi sulle prestazioni degli strumenti per il punto di rugiada, è consigliabile controllarne la calibrazione.

Per ulteriori informazioni sugli strumenti di misurazione del punto di rugiada Vaisala per aria compressa, visitare www.vaisala.com/compressedair.

VAISALA

Contattaci su
www.vaisala.com/contactus

www.vaisala.com



Per ulteriori informazioni, eseguire la scansione del codice

Rif. B210991IT-C ©Vaisala 2022

Questo materiale è soggetto alle leggi sul copyright e i diritti di copyright sono detenuti da Vaisala e dai singoli partner. Tutti i diritti riservati. Eventuali loghi e nomi di prodotti sono marchi commerciali di proprietà di Vaisala e dei singoli partner. È vietata la riproduzione, il trasferimento, la distribuzione o la conservazione delle informazioni contenute nella presente brochure senza previo consenso scritto di Vaisala. Tutte le specifiche, incluse quelle tecniche, sono soggette a modifica senza preavviso.