



Installazione corretta
Funzionamento
senza errori
Misure rapide
Risultati accurati

Procedure
Fondamenti

Guida per Analisi dell'umidità Fondamentali e applicazioni

METTLER TOLEDO



Indice dei contenuti

1. Introduzione	3
2. Struttura e contenuto	4
3. Determinazione dell'umidità con l'analizzatore di umidità alogeno	
3.1. Principio di misura	5
3.2. Installazione	8
3.2.1. Ubicazione dell'analizzatore di umidità	8
3.2.2. Messa in funzione	11
3.2.3. Funzionamento di routine	13
3.2.4. Gestione del campione	14
3.3. Sviluppo dei metodi e campioni speciali	18
3.3.1. Sviluppo del metodo	19
3.3.2. Campioni speciali	24
3.4. Validazione di un metodo	28
3.5. Esempi di applicazioni	30
4. Confronto tra tecnologie per la determinazione dell'umidità	32
5. Terminologia tecnica	34
6. Indice	38
7. Bibliografia	40



1. Introduzione

L'umidità influisce sulla lavorabilità, la conservazione, l'utilizzo e la qualità di molti prodotti come sostanze farmaceutiche, materie plastiche o alimenti. Per questo la conoscenza e il controllo del contenuto di umidità sono così importanti. La maggior parte delle sostanze ha un contenuto di umidità che consente di lavorarle in modo ottimale e di ottenere così la massima qualità. Inoltre, il contenuto di umidità è un fattore determinante per il prezzo e, per alcuni prodotti, vigono norme di legge che regolano questo parametro (esempio ordinanza sugli alimenti).

Queste disposizioni in materia di umidità devono essere attuate in modo affidabile e rapido per poter eventualmente intervenire tempestivamente nel processo di produzione, evitando interruzioni. Un metodo rapido e preciso è dato dalla misurazione termogravimetrica con l'analizzatore di umidità alogeno, in cui il campione viene pesato e scaldato con una lampada alogena. Il calo ponderale viene rilevato costantemente e l'essiccamento viene portato a termine secondo un criterio definito. Dalla differenza di peso si calcola automaticamente il contenuto di umidità (vedere anche 3.1 "Principio di misura").

Poiché anche altre sostanze, oltre all'acqua, possono volatilizzarsi se riscaldate, in caso di misurazione termogravimetrica il calo ponderale può essere ricondotto non solo ad una perdita di acqua. Per questo nei processi termogravimetrici si parla di contenuto di umidità (vedere il paragrafo 5. "Terminologia tecnica").

2. Struttura e contenuto di questa brochure

La presente guida ha lo scopo di spiegare in modo semplice e comprensibile come avviene la determinazione dell'umidità con un analizzatore di umidità alogeno. Fornisce indicazioni in merito ai punti essenziali per lavorare con questo strumento e supporto per determinare in modo rapido, affidabile e facile questo parametro.

Oltre ad informazioni relative all'installazione, all'ubicazione, alla pulizia e al trattamento dei campioni, questa brochure spiega come individuare le impostazioni ottimali per ogni singolo campione (3.3.1 "Sviluppo del metodo"), per ottenere in modo rapido e semplice i valori di misurazione dell'umidità determinati con un metodo di riferimento (ad esempio essiccatoio ad armadio). Inoltre offre utili suggerimenti su come ottenere risultati eccellenti con campioni speciali come ad esempio liquidi o sostanze che formano una pellicola sulla superficie.

Questa guida include suggerimenti per la validazione dei metodi, alcuni esempi applicativi e un breve confronto tra diverse tecnologie in grado di determinare l'umidità delle sostanze.

3. Determinazione dell'umidità con l'analizzatore di umidità alogeno

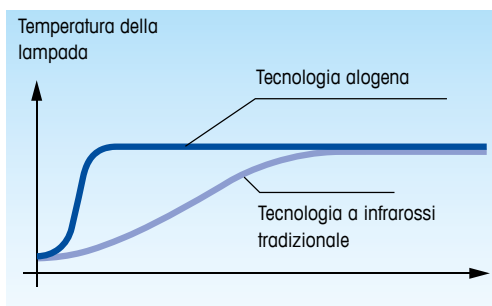
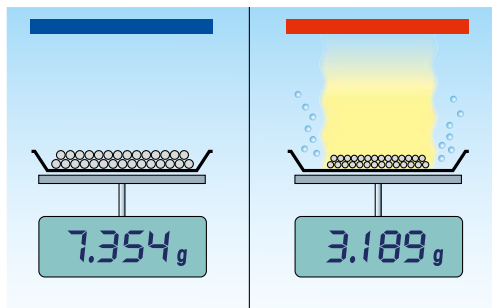
3.1. Principio di misura

Questo paragrafo spiega l'esatto funzionamento della determinazione dell'umidità con l'analizzatore di umidità alogeno. Si tratta essenzialmente del metodo di essiccamento (riscaldamento del campione mediante radiazione termica) e del principio relativo al criterio di spegnimento.

Analizzatore di umidità alogeno

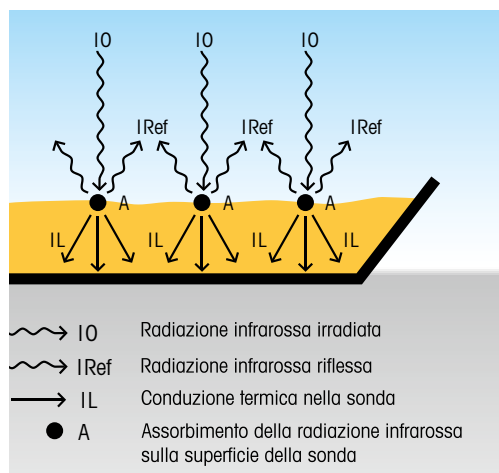
L'analizzatore di umidità alogeno opera secondo il principio termogravimetrico, cioè si misura il peso iniziale del campione, poi una lampada alogena essicca il campione mentre una bilancia integrata misura costantemente il peso del campione. Il calo ponderale viene considerato come contenuto di umidità.

L'essiccamento con la lampada alogena rappresenta un'evoluzione tecnologica del metodo di essiccamento a infrarossi. L'elemento riscaldante è costituito da un tubo di vetro contenente gas alogeno, per cui la massa della lampada alogena è molto bassa rispetto a una lampada a infrarossi convenzionale. Ciò consente di raggiungere rapidamente la potenza di riscaldamento massima ed un'eccezionale regolabilità. Il riflettore placcato oro garantisce una distribuzione ottimale, perché uniforme, della radiazione termica su tutta la superficie del campione. Questo è il presupposto per risultati di misura riproducibili.

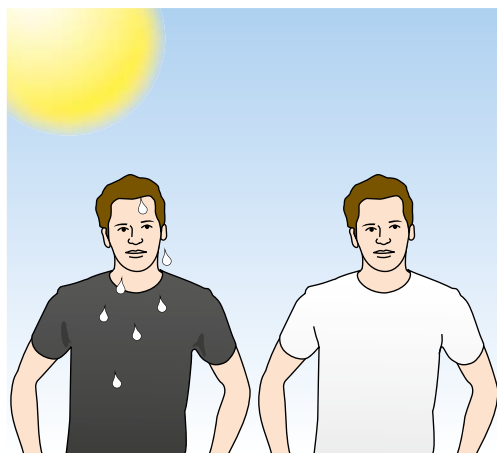


Il processo di essiccamento

Rispetto al tradizionale essiccatoio, in cui il campione viene riscaldato per convezione ed essiccato per un lungo periodo di tempo, con l'analizzatore di umidità alogeno il campione assorbe la radiazione infrarossa (radiazione termica) della lampada alogena. In questo modo il campione si riscalda molto rapidamente.



Le sostanze hanno differenti proprietà di assorbimento, che dipendono principalmente dal colore e dal tipo di materiale. Pertanto è necessario accertarsi che il campione sia granulato in modo omogeneo e uniforme. In genere le superfici lisce e chiare riflettono maggiormente la radiazione infrarossa, assorbono meno energia e il campione si riscalda di meno. Pertanto, le proprietà di assorbimento di un campione influiscono sulla sua effettiva temperatura.



Questo effetto di assorbimento è noto: se si resta esposti al sole con una maglietta nera, si ha molto più caldo rispetto a quando si indossa una maglietta bianca. Quindi per un campione scuro è opportuno scegliere una temperatura di misura leggermente più bassa rispetto ad una sostanza chiara.

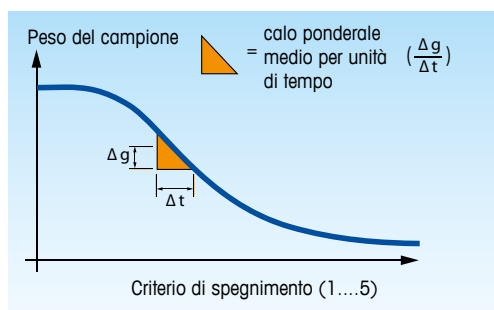
Criterio di spegnimento

Il criterio di spegnimento (AK) stabilisce quando concludere automaticamente la misurazione con l'analizzatore di umidità alogeno e quindi visualizzare il risultato.

L'analizzatore di umidità alogeno offre due diversi criteri di spegnimento: lo spegnimento temporizzato o il calo ponderale per unità di tempo.

La bilancia integrata rileva costantemente la perdita di peso del campione durante l'essiccamento. Quando la perdita di peso (Δg) in un determinato intervallo di tempo (Δt) risulta inferiore a quanto previsto, l'essiccamento viene interrotto sempre allo stesso grado e il risultato viene visualizzato. Sono disponibili 5 criteri di spegnimento predefiniti.

- AK 1 (1 mg/10 s): ideale per rapide misurazioni dell'andamento
- AK 2 (1 mg/20 s): livello intermedio
- AK 3 (1 mg/50 s): impostazione standard, ideale per la maggior parte delle tipologie di campioni
- AK 4 (1 mg/90 s): livello intermedio
- AK 5 (1 mg/140 s): ideale per campioni che essiccano lentamente con scarso contenuto di umidità (ad esempio materie plastiche)



La scelta del criterio di spegnimento influisce sul tempo di misurazione e sull'esattezza della misurazione. L'essiccamento più breve si ottiene con il criterio AK 1, tuttavia in questo caso l'essiccamento spesso non viene portato completamente a termine e la ripetibilità risulta ridotta. Scegliendo il criterio di spegnimento si ottimizza la durata del tempo di misurazione rispetto all'accuratezza richiesta dal risultato.

3.2. Installazione

3.2.1. Ubicazione dell'analizzatore di umidità alogeno

Poichè la misura dell'umidità mediante l'analizzatore di umidità si basa su una pesata altamente accurata, l'esattezza e la ripetibilità dei risultati relativi all'umidità sono strettamente collegate all'ubicazione dello strumento. Rispettare i seguenti punti al fine di permettere all'analizzatore di umidità di operare nelle migliori condizioni:



Tavolo di pesata

- Stabile (tavolo da laboratorio, tavolo in pietra)

Il tavolo di pesata non deve flettersi all'appoggio e deve essere possibilmente privo di vibrazioni.

- Antimagnetico (evitare piani in acciaio)
- Fissaggio unico

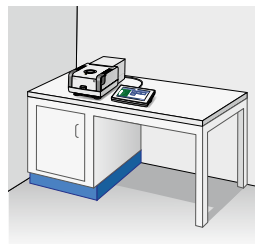
Deve essere posizionato sul pavimento o fissato alla parete. Usando entrambi i fissaggi contemporaneamente si trasmettono vibrazioni sia dalla parete che dal pavimento.

Il tavolo di pesata deve essere stabile, in modo che l'indicazione del peso non vari se ci si appoggia o se si percorre la zona di lavoro.

Area di lavoro

- Priva di vibrazioni
- Priva di correnti d'aria

Posizionare il tavolo di pesata in un angolo della stanza. Gli angoli sono infatti i punti degli edifici che meno risentono delle vibrazioni.

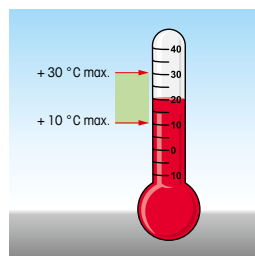


Spazio libero

- Lasciare sufficiente spazio libero intorno allo strumento per evitare accumuli di calore e surriscaldamento (circa 1 m di spazio libero sopra l'analizzatore di umidità).
- Lasciare una distanza sufficiente dal materiale infiammabile.
- Lasciare spazio libero sufficiente da altri strumenti di misura sensibili.

Temperatura

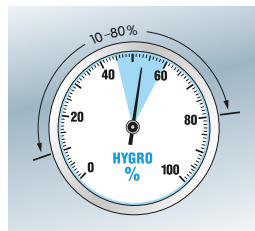
- La temperatura dell'ambiente deve essere mantenuta il più possibile costante
- Non posizionare l'analizzatore di umidità vicino a caloriferi e finestre (radiazione termica).
- La temperatura ambiente deve essere compresa fra 10 °C e 30 °C.

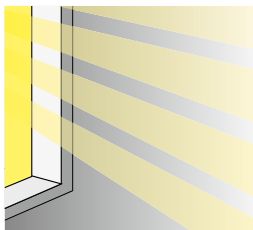


Umidità dell'aria

- L'umidità relativa (% rU) è idealmente compresa tra il 45 e il 60 %.
- Il campo di misura tra il 10 e l'80 % rU non dovrebbe mai essere superato né in eccesso né in difetto.

Alcuni campioni sono fortemente igroscopici, cioè assorbono l'umidità dall'aria circostante. Si consiglia di mantenere l'umidità relativa dell'aria il più possibile costante per ottenere una buona ripetibilità dei risultati.

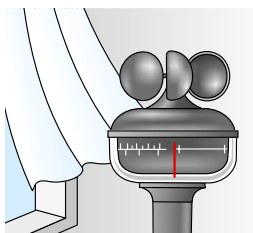




Luce

- Possibilmente posizionare l'analizzatore di umidità contro una parete priva di finestre. L'esposizione diretta ai raggi solari (calore) influenza il risultato della pesata.

Avvertenza: la cella di pesata si trova di fronte all'area dei campioni, che viene riscaldata intensamente dalla lampada alogena, ed è protetta contro il calore da un raffreddamento attivo. Invece, la cella di pesata non è protetta lateralmente dalla radiazione termica e quindi l'esposizione diretta ai raggi del sole può influenzare il risultato della pesata.



Aria

- Posizionare l'analizzatore di umidità lontano dai getti d'aria dei condizionatori o degli strumenti con dispositivi di ventilazione come computer o grandi apparecchiature da laboratorio.
- Possibilmente posizionare l'analizzatore di umidità a debita distanza dai caloriferi. Oltre alle possibili derive termiche, anche le forti correnti d'aria possono causare interferenze.
- Non posizionare l'analizzatore di umidità vicino a una porta.
- Evitare i luoghi molto frequentati (corrente d'aria).
- Se possibile, tenere la finestra chiusa onde evitare correnti d'aria.

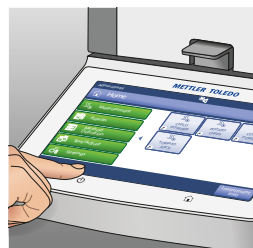
3.2.2. Messa in funzione

Gli analizzatori di umidità alogeni sono strumenti ad alta precisione. Seguendo i suggerimenti qui riportati si potranno ottenere risultati affidabili.

Accensione

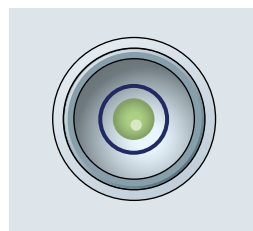
- Non staccare l'analizzatore di umidità dalla rete elettrica, in questo modo nello strumento si creerà un equilibrio termico.
- Per spegnere lo strumento, premere il tasto On/Off. In questo modo l'analizzatore di umidità entra in standby e l'elettronica resta collegata alla corrente elettrica.

Suggerimento: dopo il primo collegamento alla rete elettrica si raccomanda un periodo di acclimatazione di almeno 30 minuti.



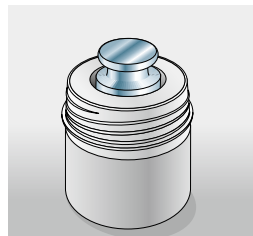
Livellamento

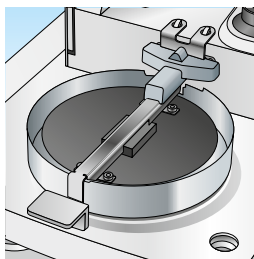
- Orientare l'analizzatore di umidità.
Per il corretto orientamento, lo strumento dispone di piedini e di un controllo del livellamento (livella). Quando la livella si trova al centro, l'apparecchio è orizzontale.
- Verificare che l'apparecchio si trovi in posizione stabile.



Regolazione

- Regolare sempre l'analizzatore di umidità e soprattutto:
 - quando si mette in funzione per la prima volta,
 - dopo aver cambiato il luogo di installazione,
 - a seguito di forti variazioni della temperatura ambiente,
 - dopo il livellamento.
- Regolare l'apparecchio in condizioni di lavoro.

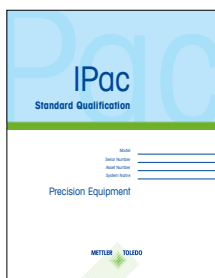




- La frequenza delle regolazioni dipende dai requisiti di qualità e dai rischi di sicurezza.

Avvertenza: regolare l'analizzatore di umidità dopo il periodo di acclimatazione solo quando è freddo (apparecchio e kit di regolazione della temperatura), per esempio al mattino, prima della misurazione iniziale. In questo modo si garantisce che l'apparecchio venga regolato sempre nelle stesse condizioni.

Suggerimento: utilizzare pesi e termometro con certificato di taratura. Solo in questo modo è possibile assicurarsi la tracciabilità degli strumenti di misura.



Validazione degli strumenti

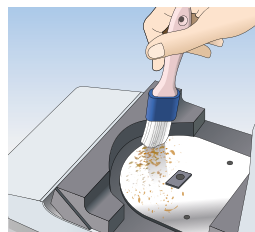
I tecnici dell'assistenza METTLER TOLEDO saranno al vostro fianco lungo tutto il processo di installazione, validazione e configurazione dello strumento. Riceverete un certificato di taratura, le istruzioni per l'uso e i dettagli dei test di routine. Una volta concluso il processo, potrete subito iniziare a utilizzare il vostro analizzatore di umidità per ottenere risultati affidabili.

3.2.3. Funzionamento di routine

Per ottenere risultati accurati, osservare le seguenti indicazioni relative alla pulizia, agli intervalli di taratura e alla manutenzione:

Pulizia dell'analizzatore di umidità

- Mantenere pulito il piatto portacampioni (per esempio con un pennello).
- Pulire il sensore di temperatura e il vetro di protezione del modulo riscaldante se sporchi (per maggiori dettagli vedere le istruzioni d'uso).
- Utilizzare un detergente delicato (ad esempio un detergente per vetri) per pulire lo strumento e il piatto portacampioni.
- Sostituire il riflettore della lampada alogena se lo strato riflettente appare danneggiato.



Intervalli di taratura e di manutenzione

- La taratura periodica (controllo) e l'eventuale regolazione del modulo riscaldante garantiscono una potenza di riscaldamento riproducibile per l'intera durata dell'apparecchio.
- Per garantire risultati ottimali, METTLER TOLEDO presenta SmartCal, un'innovativa sostanza sensibile alla temperatura, con contenuto di umidità noto, per verificare in modo rapido e semplice la funzionalità complessiva dello strumento. Per ulteriori informazioni, fate riferimento alla guida utente per SmartCal.

► www.mt.com/smartcal-userguide

- La manutenzione regolare eseguita dai tecnici dell'assistenza METTLER TOLEDO garantisce alta qualità e risultati accurati.



► www.mt.com/smartcal

Consiglio: l'analizzatore di umidità alogeno HX204 consente di impostare liberamente la temperatura della regolazione fra 80 °C e 200 °C e del test fra 50 °C e 200 °C. In questo modo è possibile verificare la potenza di riscaldamento ad una specifica temperatura di essiccamento (esempio 130 °C).

3.2.4. Trattamento del campione



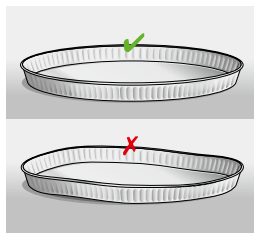
Avvertenze di sicurezza

- Alcuni campioni richiedono precauzioni particolari e possono essere pericolosi per le persone e per gli oggetti. Ciò vale per le sostanze infiammabili, esplosive, tossiche o corrosive o per campioni che emettono tali sostanze durante l'essiccamento o il riscaldamento.
- Non essiccare sostanze infiammabili o esplosive.
In caso di dubbio, utilizzare piccole quantità di campione (max. 1 grammo) a temperature basse.
- Effettuare un'analisi dei rischi (per esempio pericolo di esplosione, infiammabilità, tossicità e corrosività del campione e dei gas liberati durante il riscaldamento).
- Eventualmente lavorare sotto una cappa aspirante (in questo caso effettuare la regolazione sotto la cappa).

Attenzione: la temperatura superficiale della lampada è superiore alla temperatura di misura. I vapori infiammabili potrebbero raggiungerla ed prendere fuoco.

Avvertenza: si noti che in qualsiasi caso l'operatore è l'unico responsabile per danni derivanti dall'impiego di suddette tipologie di campione.

Piatti per campioni



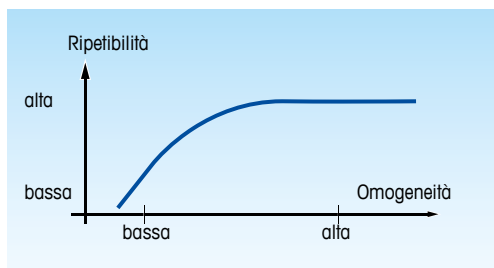
- Per la determinazione dell'umidità utilizzare esclusivamente piatti portacampioni puliti.
- Non utilizzare piatti portacampioni deformati.

Suggerimento: l'utilizzo del piatto in alluminio usa e getta garantisce una misura affidabile senza rischio di contaminazione. Questi piatti sono disponibili anche in versione rinforzata, ideale per campioni che si ritirano durante l'essiccamento e che possono quindi deformare il piatto.

Smaltire i piatti utilizzati in modo appropriato.

Prelievo del campione

Il prelievo del campione influisce fortemente sulla riproducibilità dei risultati di misura:



- Deve essere rappresentativo dell'intera quantità
- Assicurarsi che sia omogeneo (mescolare bene), per esempio mescolare e girare prima l'intera quantità ecc.
- Prelevare una quantità sufficiente di campione
- Assicurarsi che non si verifichi alcuna perdita o assorbimento di umidità durante il prelievo del campione (eseguire il più rapidamente possibile)
- Se non si procede immediatamente alla misurazione: conservare in un contenitore ermetico privo di aria (completamente riempito)

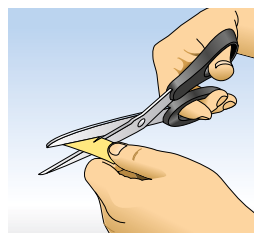


Preparazione del campione

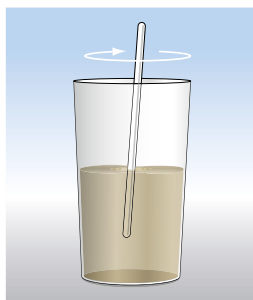
Anche la corretta preparazione del campione dopo la sua acquisizione è fondamentale per ottenere risultati ripetibili e affidabili.

- Assicurarsi che la granulazione (dimensione delle particelle) sia uniforme.
- Se necessario, ampliare la superficie del campione spezzettandolo: ciò consente un rilascio più rapido dell'umidità durante l'essiccamento (diffusione più rapida dell'umidità sulla superficie).
- Il campione non deve riscaldarsi, perchè questo provoca la dispersione di umidità già in fase di preparazione.

Lo sminuzzamento meccanico può essere effettuato per esempio con un mortaio, con un macinino (raffreddato con acqua) o con una lama semplice.



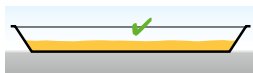
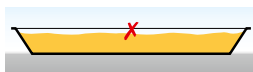
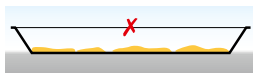
Suggerimento: un ampliamento della superficie e quindi un essiccamento più rapido dei liquidi è possibile utilizzando il nostro filtro in fibra di vetro.



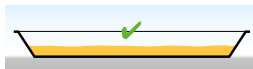
Distribuzione del campione

Una distribuzione uniforme garantisce un'irradiazione omogenea nello strumento di misura, così l'umidità potrà uscire uniformemente dal campione. Ciò garantisce una migliore riproducibilità dei risultati.

- Mescolare accuratamente la quantità parziale prima di distribuirla sul piatto portacampioni.
- Utilizzare sempre la stessa quantità di campione per un'elevata ripetibilità

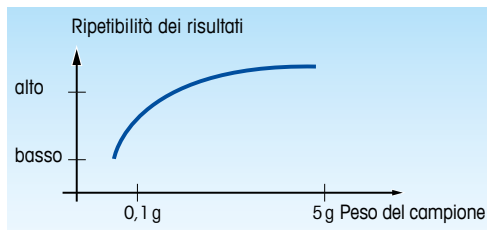
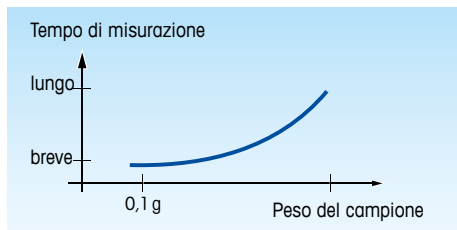


- Utilizzare la corretta quantità di campione. Il piatto dovrebbe essere ricoperto da un sottile strato uniforme di campione su tutta la superficie.



- Distribuire uniformemente il campione sul piatto (senza cumuli).

Effetto del peso del campione sulla ripetibilità e sulla durata della misurazione:



Un campione di peso troppo grande è soggetto all'evaporazione di maggiore quantità di acqua, prolungando la durata del processo di determinazione dell'umidità. Inoltre, una quantità eccessiva di campione causa una distribuzione non uniforme del calore e quindi risultati meno accurati. Tuttavia, la ripetibilità (deviazione standard maggiore) si abbassa anche quando il peso del campione si riduce:

Deviazione standard con campione da 2 g ¹ :	Max 0,05%
Deviazione standard con campione da 10 g ¹ :	Max 0,01%

¹ Prelevando un campione ideale, la cui umidità può essere separata sempre completamente e senza decomposizione (ad esempio sabbia umida). Le deviazioni dipendono sempre dall'incertezza relativa alla sostanza e dalla ripetibilità garantita dallo strumento (in questo caso HX204). In pratica, le differenze tra i valori di una serie di misurazioni (in caso di campione non ideale) possono essere superiori rispetto ai valori indicati nella tabella.

3.3. Metodi e campioni speciali

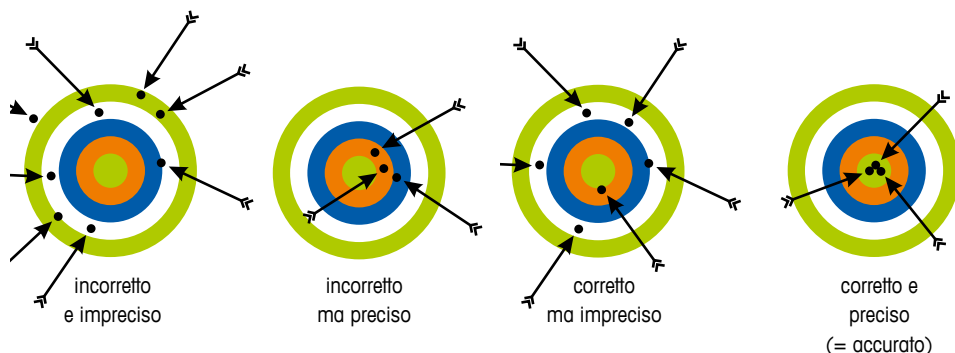
L'analizzatore di umidità alogeno è uno strumento di misurazione di facile utilizzo che consente di determinare il contenuto di umidità dei campioni in modo rapido e semplice. Spesso le sostanze sono soggette a disposizioni di legge, normative di settore o procedure interne all'azienda che stabiliscono i metodi di determinazione del contenuto di umidità. Come processo di riferimento si applica principalmente il metodo dell'essiccatoio ad armadio oppure la titolazione Karl Fischer.

In tal caso, si intendono ottenere con l'analizzatore di umidità alogeno gli stessi risultati del processo di riferimento (oppure si vuole che la deviazione dal valore di riferimento sia nota e riproducibile). A tale scopo si devono adeguare i parametri di impostazione come temperatura di essiccamento, programma di essiccamento (vedere 3.1 "Principio di misurazione"), peso del campione e trattamento del campione. Si tratta del cosiddetto sviluppo del metodo, ove i suddetti parametri descrivono un metodo. Il metodo dipende dal tipo di sostanza. Tuttavia è possibile che uno stesso metodo possa essere applicato a più sostanze.

Il paragrafo seguente descrive come effettuare lo sviluppo del metodo. Inoltre si forniscono informazioni su come trattare campioni speciali per ottenere risultati di misura accurati.

Tuttavia, è possibile non ricorrere ad alcun metodo di riferimento e quindi non disporre di alcun valore di riferimento. L'obiettivo dello sviluppo dei metodi è proprio quello di individuare i parametri che consentono di ottenere risultati di misura ripetibili, che permettano di valutare la qualità del campione.

È possibile ottimizzare le misurazioni da tre punti di vista: correttezza, ripetibilità e rapidità. Il grafico esemplifica i concetti di correttezza, accuratezza e precisione.



3.3.1. Sviluppo del metodo

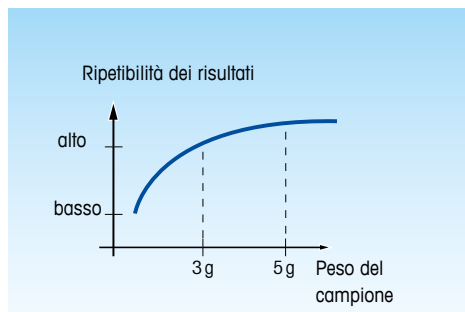
- Osservare i presupposti fondamentali descritti al paragrafo 3.2 “Installazione”.
- Inoltre si raccomanda di eseguire lo sviluppo del metodo in breve tempo. In questo modo si evita che nel frattempo il campione subisca variazioni, influenzando così il risultato della misurazione.
- Sviluppare il metodo se possibile in condizioni di lavoro, sul luogo di installazione dell’analizzatore di umidità.
- Attenersi al metodo di riferimento (in genere forno di essiccazione) per quanto riguarda il prelievo e la preparazione del campione.
- Rispettare il trattamento del campione (vedere par. 3.2.4 “Trattamento del campione”).

1. Prima misurazione: raggiungimento del valore di riferimento

Scegliere tra i metodi disponibili sviluppati specificamente per l’analizzatore di umidità di METTLER TOLEDO. Questi offrono punti di riferimento per impostare adeguatamente la prima misurazione.

- Forse si conosce già un metodo per un campione simile.
- Consultare la banca dati delle applicazioni di METTLER TOLEDO, dove si possono trovare numerosi metodi già esistenti.

Se si trova un campione simile, applicare i parametri del metodo individuato per effettuare la prima misurazione sulla sostanza in questione. Nel caso in cui non si individuino metodi simili, applicare le seguenti impostazioni di base:

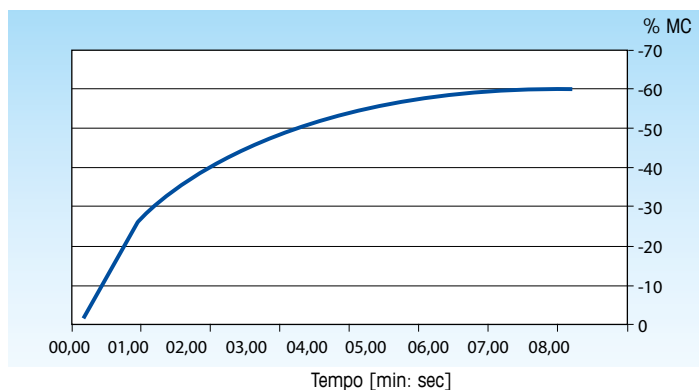


- Essiccamento standard
- Temperatura:
 - 1) temperatura del metodo con essiccatoio ad armadio
 - 2) nel caso in cui non sia disponibile il metodo con essiccatoio ad armadio: campione organico (sensibile alla temperatura): 105°C, campione inorganico (insensibile alla temperatura): 150°C
- Criterio di spegnimento 3 (1 mg/50 s)
- Campione da 3-5 g (distribuito uniformemente sul piatto portacampioni)

Eseguire la prima misurazione e annotarne lo svolgimento.

Suggerimento: osservare le indicazioni valide per campioni speciali, come ad esempio campioni liquidi, al paragrafo 3.3.2 "Campioni speciali" e le avvertenze di sicurezza al paragrafo 3.2.4 "Trattamento dei campioni".

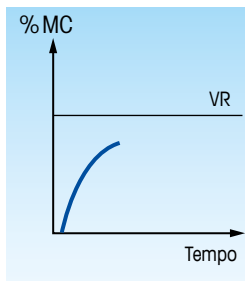
Suggerimento: con gli analizzatori HX204, HS153 e HC103, consultare dati e curve di essiccamento è facilissimo. Grazie alla comoda funzione di esportazione, potrete salvarli in file CSV compatibili con Excel.



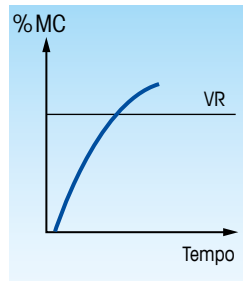
2. Analisi del processo di essiccamento

- Osservare il campione e valutare: una colorazione intensa o la fusione indicano che la temperatura scelta è troppo elevata.
- Rilevare il risultato e osservare la curva di essiccamento per valutare l'andamento dell'essiccamento.

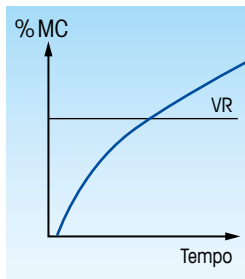
VR = valore di riferimento



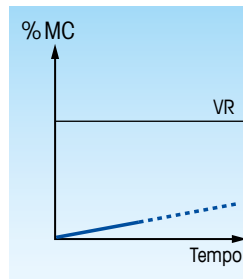
Il valore di riferimento non viene raggiunto: aumentare la temperatura.



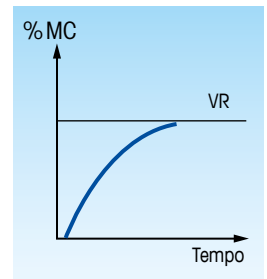
Il valore di riferimento viene superato: abbassare la temperatura.



L'analizzatore di umidità non si spegne. Il criterio di spegnimento non è soddisfatto, in quanto si verificano reazioni di decomposizione: abbassare la temperatura.



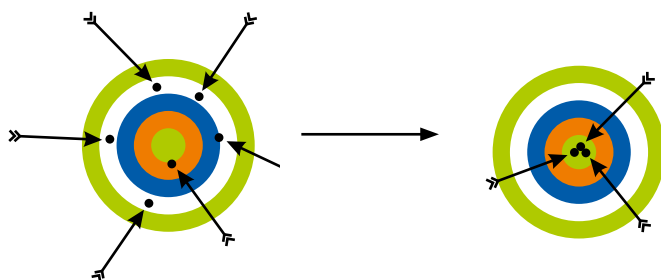
Il criterio di spegnimento non è soddisfatto. La misurazione è stata interrotta in quanto l'umidità non evapora, oppure ne evapora poca e molto lentamente: aumentare la temperatura.



Regolare la temperatura fino a raggiungere il valore di riferimento (correttezza).

Verificare quindi la ripetibilità eseguendo ad esempio tre misurazioni e calcolando il valore medio e la deviazione standard.

3. Ottimizzazione della precisione



- Aumentare la quantità, in particolare in caso di campioni con scarsa umidità.
- Ottimizzare l'acquisizione e la preparazione del campione, prestare particolare attenzione all'omogeneità e alla distribuzione uniforme del campione.
- Impostare il criterio di spegnimento più adeguato (1mg/90 s) oppure 5 (1mg/140s).

4. Ottimizzazione della velocità

Attenendosi alle seguenti indicazioni è possibile ottenere più rapidamente i risultati di misura.

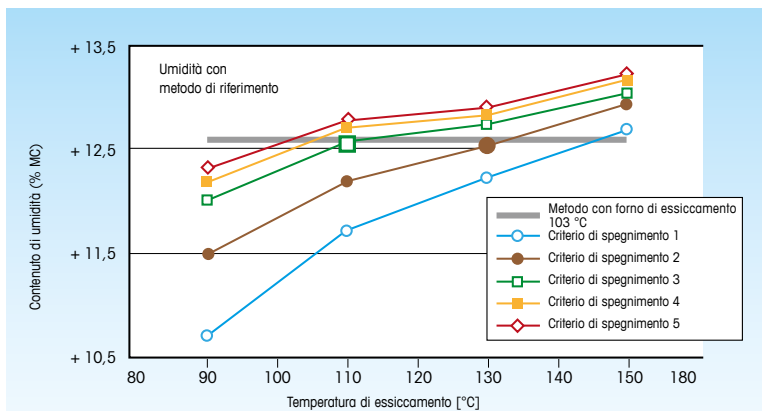
Tuttavia, i suddetti fattori possono influire anche sulla precisione dei risultati.

- Ridurre il peso del campione.
- Ampliare la superficie del campione.
- Utilizzare l'essiccamento rapido se il contenuto di umidità è superiore al 30%.
- L'essiccamento progressivo con HX204 può essere impiegato nello stesso modo dell'essiccamento rapido, ma offre il vantaggio di poter scegliere qualsivoglia temperatura e durata dell'aumento.

Test di misura

I modelli top di gamma HX204 e HS153 permettono di eseguire una misura di prova. Queste funzioni aiutano nella ricerca del criterio di spegnimento

appropriato. Selezionare la temperatura e la quantità di campione da essiccare ed eseguire la misurazione di prova. Sulla curva di essiccamento visualizzata potete controllare direttamente in che momento viene raggiunto ciascun criterio di spegnimento e il relativo risultato di misura. Se si esegue il test di misura a diverse temperature, è possibile determinare un criterio di spegnimento appropriato per una determinata temperatura, con il quale si ottiene il valore di riferimento (vedere grafico).



In questo caso sono state eseguite misurazioni di prova con farina bianca a 4 diverse temperature e sono stati riportati i risultati dei criteri di spegnimento rispetto alla temperatura di essiccamento. Si deve raggiungere il valore di riferimento che risulta dalla determinazione con il forno di essiccamento a 103°C. Si deduce facilmente che 90°C è una temperatura troppo bassa e 150° è una temperatura troppo alta. Le intersezioni tra le cinque curve e la linea di riferimento indicano le possibili impostazioni della combinazione tra temperatura e criterio di spegnimento. Possibili impostazioni sono per esempio 110°C con criterio di spegnimento 3 oppure 130°C con criterio di spegnimento 2. Generalmente, i criteri di spegnimento 3 e 4 offrono risultati con buona riproducibilità, il criterio di spegnimento 2 dovrebbe essere utilizzato solo quando il fattore tempo assume maggiore importanza rispetto alla ripetibilità. Come citato in precedenza, è consigliabile eseguire diverse misure con il metodo selezionato per confermare che la ripetibilità sia adeguata.

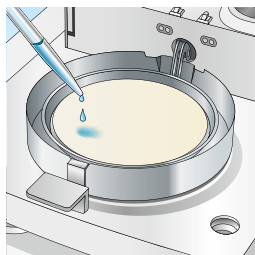
3.3.2. Campioni speciali

Alcuni campioni richiedono un procedimento speciale per poter eseguire una determinazione dell'umidità rapida e corretta. Forniamo alcune indicazioni su come trattare questi campioni al fine di ottimizzare la determinazione dell'umidità.

Campioni di consistenza pastosa, fondenti e contenenti grassi

- Utilizzare il filtro in fibra di vetro per ampliare la superficie del campione.
- Calcolare la tara del filtro insieme al piatto portacampioni e distribuire il campione.

Il liquido contenuto nella sostanza viene distribuito attraverso i capillari del filtro in modo uniforme su tutta la superficie del filtro. In questo modo, la superficie del campione viene ampliata e l'umidità potrà liberarsi in modo più semplice, veloce e completo.



Campioni liquidi e molto umidi

- Utilizzare il filtro in fibra di vetro.
- Calcolare la tara del filtro insieme al piatto portacampioni e distribuire il campione.
- Per i campioni con contenuto di umidità molto elevato ($> 30\%$) è ideale l'essiccamento rapido. La temperatura di riferimento viene superata del 40% per 3 minuti per accelerare il processo di misurazione.
- In alternativa all'essiccamento rapido è possibile utilizzare anche l'essiccamento progressivo (solo HX204). Questo $\checkmark$ di selezionare liberamente la durata dell'aumento della temperatura e il valore della temperatura.

I campioni liquidi formano goccioline sul piatto portacampioni a causa della tensione superficiale. Ciò impedisce un rapido processo di essiccamento, perchè l'evaporazione avviene solo su una ristretta superficie del liquido. Grazie al filtro in fibra di vetro, il campione viene distribuito su una superficie più estesa. Ciò consente spesso di ridurre di oltre la metà il tempo di misura e di ottenere una ripetibilità maggiore.

Campioni con contenuto di umidità molto basso

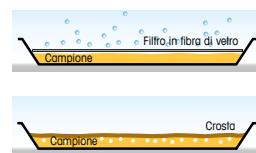
MC<1%

- Utilizzare una quantità di campione sufficientemente grande (ad esempio 20-30 g).
- Se l'umidità si libera molto lentamente applicare il criterio di spegnimento 5 (1mg/140 s).
- Utilizzare una risoluzione elevata (0,1 mg) (solo HX204).
- Applicare la temperatura di standby (solo HX204).
- Preriscaldare il piatto portacampioni per 1 minuto alla temperatura di standby e calcolare la tara solo successivamente. Ciò consente di aumentare la ripetibilità dei risultati.

Sostanze sensibili alla temperatura o che formano una pellicola sulla superficie.

- Selezionare il programma di essiccamento delicato.
- Utilizzare il filtro in fibra di vetro (calcolare la tara del filtro insieme al piatto portacampioni e coprire il campione dall'alto con il filtro).

Il campione da essiccare viene coperto con il filtro in fibra di vetro e quindi protetto dai raggi infrarossi allo scopo di impedire la combustione. Si ottiene così un riscaldamento delicato del campione. L'impiego dell'essiccamento delicato (riscaldamento lento fino alla temperatura di riferimento) rafforza questo effetto. Si suggerisce questo tipo di processo anche per sostanze che formano pellicole o croste, in quanto la pellicola o la crosta impediscono l'evaporazione dell'umidità. Coprendo il campione con il filtro in fibra di vetro e ricorrendo all'essiccamento delicato, si previene la formazione di crosta.



Campioni zuccherini

- Selezionare una temperatura moderata, molti campioni ad alto contenuto di zucchero caramellizzano (a partire da circa 110°C) sulla superficie, impedendo così il rilascio di umidità.
- Applicare l'essiccamento delicato.
- Distribuire uno strato sottile di campione.

Campioni con componenti volatili

- Lavorare con l'avviamento manuale.
- Eventualmente ricorrere all'essiccamento delicato.
- Se i vapori sono tossici, eseguire un'analisi dei rischi e lavorare sotto una cappa di aspirazione.
- Se i campioni o i vapori sono leggermente infiammabili, eseguire un'analisi dei rischi ed eventualmente evitare l'essiccamento con l'analizzatore di umidità alogeno.
- Uniformare la preparazione del campione (il tempo di pesata iniziale fino all'avvio della misurazione deve essere sempre lo stesso) per aumentare la ripetibilità.

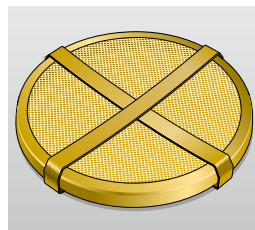
I campioni volatili contenenti solventi (attenersi alle avvertenze di sicurezza, vedere il paragrafo 3.2.4 “Trattamento dei campioni”), possono perdere peso già prima di avviare l'essiccamento, compromettendo il risultato. Per questo il campione dovrebbe essere preparato sempre alla stessa velocità, in modo che la deviazione dovuta alla preparazione del campione possa rimanere più bassa possibile.

Inoltre, il riscaldamento rapido, e quindi un'evaporazione veloce del campione, possono causare la formazione di condensa sotto al piatto portacampioni. Con l'avviamento manuale o l'essiccamento delicato è possibile ridurre l'elevata condensazione di vapori volatili.

Campioni voluminosi o che si gonfiano

- Utilizzare il piatto per campioni tessili voluminosi (HA-CAGE).

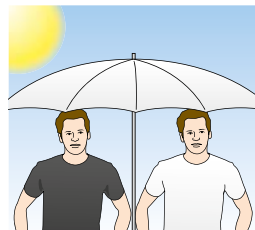
I campioni che si gonfiano o voluminosi, come materiale tessile, possono determinare risultati errati qualora urtino le parti circostanti dell'analizzatore di umidità alogeno. Per essiccare questo tipo di campioni si suggerisce di utilizzare la gabbia per campioni.



Campioni di colore non uniforme

- Coprire il campione con il filtro in fibra di vetro.

A seconda delle diverse proprietà di assorbimento, il campione si riscalda in modo non uniforme. Il filtro in fibra di vetro garantisce un riscaldamento uniforme.



Granulato di materiale plastico

- Risoluzione elevata (0,1 mg, solo HX204)
- Temperatura di standby (100 °C)
- Ritardo SOC: 5 min
- Criterio di spegnimento 5
- Peso iniziale 30 g
- Riscaldare il piatto portacampioni di alluminio per 1 minuto alla temperatura di standby, quindi pesare la tara.

Le lavorazioni del granulato plastico (ad esempio lo stampaggio a iniezione) richiedono in genere un contenuto di umidità molto basso (ad esempio 0,1%). Pertanto è necessario un peso iniziale di almeno 30 g per ottenere una buona ripetibilità. L'essiccamento progressivo viene utilizzato perchè la plastica perde umidità molto lentamente. Durante i 5 minuti della prima fase, il campione viene scaldato senza l'attivazione del criterio di spegnimento. La seconda fase non è necessaria ed è infatti impostata su 0 minuti. Il criterio di spegnimento viene attivato solo dopo queste due prime fasi. Grazie all'essiccamento progressivo si evita l'interruzione prematura della misurazione.

3.4. Validazione di un metodo

Nel caso in cui si debba dimostrare che l'analizzatore di umidità alogeno offra gli stessi risultati del metodo di riferimento, le seguenti indicazioni possono rivelarsi utili. L'esempio dell'etilcellulosa offre un possibile metodo di riferimento. A seconda del settore, i requisiti di validazione possono essere diversi.

1.) Si esegue uno sviluppo dei metodi e si individuano i parametri con cui si può misurare il corretto contenuto di umidità del campione. Ciò significa che si ottengono risultati corretti, ma anche precisi, in relazione al metodo di riferimento (in questo caso: essiccatoio ad armadio).

	Metodo con forno di essiccamento a norma USP/Ph. Eur	Analizzatori di umidità alogeni
Peso del campione	1g	1g
Temperatura	105°C	105°C
Programma di essiccamento	-	Standard
Criterio di spegnimento	-	5
Contenuto di umidità		
(Valore medio, n = 6)	1,68%	1,68%
Deviazione standard	0,01 %	0,03%

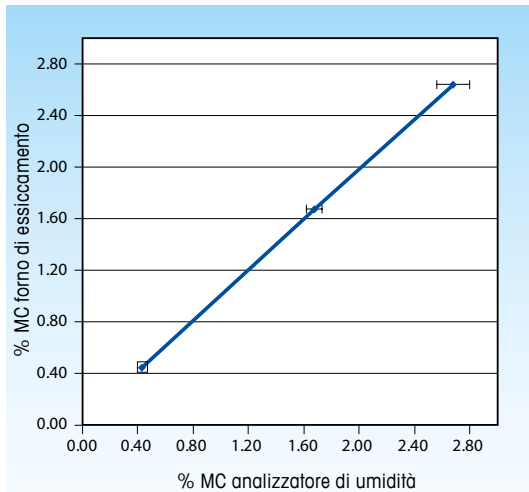
2.) Ora verificare la linearità per un determinato intervallo.

Si desidera dimostrare che l'analizzatore di umidità alogeno dà gli stessi valori del metodo di riferimento, anche se la sostanza ha un contenuto di umidità diverso rispetto a quello usato per lo sviluppo del metodo.

A questo scopo condizionare per esempio due ulteriori contenuti di umidità del campione. In questo esempio, essicare l'etilcellulosa ad un contenuto di umidità dello 0,4% e umidificare fino ad un contenuto di umidità del 2,6%.

Ora misurare il contenuto di umidità di entrambi i campioni condizionati, sia con il metodo di riferimento che con il metodo sviluppato per l'analizzatore di umidità alogeno. Determinare i valori medi e le deviazioni standard dei risultati di entrambi i processi e valutare se i risultati rientrano nelle tolleranze prefissate. Si può elaborare un grafico come quello sottostante.

Il grafico di validazione mostra chiaramente che i risultati della misura di umidità corrispondono perfettamente ai valori ottenuti con il forno di essiccazione. Tuttavia, i risultati si ottengono ad una velocità 10 volte superiore.



3.5. Esempi applicativi

I nostri esperti delle applicazioni hanno realizzato numerosi metodi predefiniti per la determinazione dell'umidità, utilizzabili sugli analizzatori METTLER TOLEDO per un'ampia gamma di campioni nel settore alimentare, farmaceutico, delle plastiche e altro ancora. I metodi sono certificati e garantiscono gli stessi risultati di un forno di essiccamento o di un titolatore Karl Fischer. Il database delle applicazioni online consente di cercare e trovare il metodo che meglio si adatta alle vostre esigenze.

Per ciascun metodo nel database, riceverete:

1. Scheda tecnica in formato PDF con i dettagli delle impostazioni. A pagina 2 è riportata la curva di essiccamento e il confronto fra i risultati ottenuti.
2. Un file XML per caricare i parametri del metodo sull'analizzatore di umidità tramite porta USB in modo semplice e rapido(modelli HX204, HS153 e HC103).

 www.mt.com/moisture-methods

Exemplary Drying Curve

Moisture Determination

Coffee, ground

Sample Description

Analysis	Moisture Content
Sample	Coffee, ground
Sample Characterization	Powder of ground coffee beans

Method Parameters

	Halogen Moisture Analyzer	Drying Oven
Instrument model	HB43-S	Convection Oven
Sample weight	3 g	5 g
Temperature	120 °C	103 °C
Drying time	SOC (~5 min)	360 min
Drying program	Standard	Not applicable
Switch-off criterion (SOC)	3 (1 mg/50 s)	Not applicable
Sample preparation and procedure	Stir sample, use spatula to distribute evenly on the sample pan.	Dry weighing container with cover in oven (103 °C, 1 h), allow to cool in desiccator, weigh. Stir sample, add to container, weigh. Dry in oven (5 h), allow to cool down to room temperature in desiccator, weigh. Dry sample again in oven (1 h), cool in desiccator, weigh.
Comments		

METTLER TOLEDO

4. Confronto tra tecnologie per la determinazione dell'umidità

Per determinare il contenuto di umidità sono stati sviluppati diversi processi di misura. La seguente tabella presenta una gamma di tecniche tipiche e descrive i vantaggi e gli svantaggi.

	Forno di essiccamento*	Essiccamento a infrarossi	Essiccamento alogeno*	Essiccamento a microonde	
Processo	Termogravimetria	Termogravimetria	Termogravimetria	Termogravimetria	
Principio di misurazione	Riscaldamento del campione mediante convezione. Determinazione del peso prima e dopo l'essiccamento.	Riscaldamento tramite assorbimento di radiazione infrarossa di un irradiatore metallico. Determinazione costante del peso durante l'essiccamento.	Riscaldamento tramite assorbimento di radiazione infrarossa di una lampada alogena. Determinazione costante del peso durante l'essiccamento.	Riscaldamento mediante assorbimento di microonde. Determinazione del peso prima e dopo l'essiccamento.	
Vantaggi	• Spesso usato come metodo di riferimento • Distribuzione uniforme del calore sul campione • Consente di analizzare contemporaneamente più campioni • Utilizzo di grandi quantità di campione	• Tempo di misurazione breve (tipicamente 5 -15 min) • Utilizzo di grandi quantità di campione • Facile manipolazione • Strumento compatto	• Buona regolazione della temperatura • Distribuzione uniforme del calore sul campione • Eccezionale avviamento a freddo/caldo • Misurazione rapida (tipicamente 3 -10 min) • Utilizzo di grandi quantità di campione • Facile manipolazione • Strumento compatto	• Molto rapido (tipicamente 2 – 5 min) • Utilizzo di grandi quantità di campione	
Svantaggi	• Tempo di determinazione molto lungo (ore) • Altre sostanze oltre all'acqua possono evaporare • Soggetto a errori in quanto complesso da gestire	• Altre sostanze oltre all'acqua possono evaporare • Cattiva regolabilità	• Altre sostanze oltre all'acqua possono evaporare	• Non adatto a sostanze con scarsa umidità • Controllo moderato della temperatura • Altre sostanze oltre all'acqua possono evaporare	

Titolazione Karl Fischer*	Iodossido di calcio	Spettroscopia a microonde	Spettroscopia a infrarossi	Rifrattometria*
Chimica	Chimica	Spettroscopia	Spettroscopia	Ottica
Lo iodio viene titolato e utilizzato in presenza di acqua. Il consumo di iodio è proporzionale al contenuto di acqua nel campione.	In presenza di acqua viene liberato idrogeno. La quantità di idrogeno è proporzionale alla quantità di acqua e può essere misurata come variazione di pressione oppure mediante un elettrodo ad idrogeno.	Misurazione dell'assorbimento/riflessione di una radiazione a microonde	Misurazione dell'assorbimento/riflessione di una radiazione infrarossa	Misurazione dell'indice di rifrazione
• Processo di riferimento • Determinazione accurata del contenuto d'acqua • Ideale per basso contenuto di umidità	• Determinazione accurata del contenuto d'acqua • Discretamente rapido (15 – 30 min)	• Tempo di misurazione molto breve (inferiore a 1 min) • Possibilità di misurazione online	• Tempo di misurazione molto breve (inferiore a 1 min) • Possibilità di misurazione on-line	• Procedimento rapido • Basso consumo • Portatile
• Reagenti e laboratorio necessari • Processo in chimica umida (è necessario personale qualificato)	• Soggetto a errori • È necessario un reagente	• Necessità di taratura per specifiche sostanze	• Necessità di taratura per specifiche sostanze • Solo misurazione dell'umidità superficiale • A seconda della temperatura e del tipo di grana	• Adatta solo per poche sostanze (per esempio soluzioni zuccherine)

* Per questo procedimento METTLER TOLEDO fornisce la strumentazione appropriata.

5. Terminologia tecnica

Umidità (contenuto di umidità): Nel processo termogravimetrico, l'umidità di un materiale interessa tutte le sostanze che volatilizzano se riscaldate e quindi contribuiscono al calo ponderale del materiale. Oltre all'acqua, si può trattare anche di alcol o prodotti di decomposizione. Con i metodi di misurazione termogravimetrica non si fa distinzione tra acqua e componenti volatili.

Contenuto secco: percentuale della componente solida di una miscela composta da sostanze solide e liquide rispetto alla massa totale della miscela.

Termogravimetria/determinazione termogravimetrica dell'umidità: i processi termogravimetrici sono metodi di pesatura ed essiccamento in cui i campioni vengono essiccati fino al raggiungimento della costanza della massa. La variazione della massa è interpretata come umidità dispersa.

Avvertenza: se le sostanze contengono altre componenti liquide oltre all'acqua, il risultato della misurazione non deve essere definito come contenuto d'acqua. Se si conosce il contenuto d'acqua di un certo campione, è possibile determinare questo valore con una procedura termogravimetrica scegliendo i parametri di essiccamento appropriati.

Processo di riferimento: processo di misurazione per la determinazione del contenuto di umidità che consente di risalire agli standard. A seconda del processo di riferimento è possibile misurare diverse componenti (acqua, altre sostanze volatili).

Processo con essiccatoio ad armadio: metodo termogravimetrico per la determinazione del contenuto di umidità di un campione. Questo viene essiccato per un determinato periodo di tempo a temperatura costante nell'essiccatoio ad armadio. Dalla differenza di peso prima e dopo l'essiccamento si calcola il contenuto di umidità in percentuale. Per motivi storici, questo procedimento è spesso parte della legislazione.

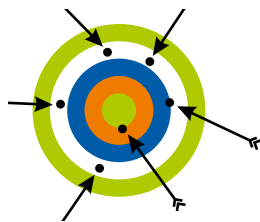
Grado di essiccamento: il grado di essiccamento di un campione si definisce come la perdita di peso (Δ g) durante un'unità di tempo stabilita (criteri di spegnimento) partendo dallo stesso peso iniziale.

¹⁾ USP United States Pharmacopeia: calo all'essiccamento [USP<731>]

Metodo: un metodo definisce il procedimento per ottenere un risultato corretto. Esso comprende tutti i passaggi necessari, come impostazione dello strumento, scelta dei parametri di misura, preparazione e distribuzione del campione.

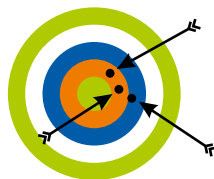
(Raggi) infrarossi: i raggi infrarossi sono onde elettromagnetiche (da 780 nm a 1 mm) che sullo spettro luminoso si trovano immediatamente dopo la luce visibile (380-780 nm). L'occhio umano non è in grado di vedere questi raggi, ma li percepisce come calore.

Correttezza: concetto qualitativo inteso come giudizio della deviazione sistematica delle misurazioni. Indica la corrispondenza esistente tra il valore atteso (valore medio) di una serie di valori di misura e il valore reale dell'oggetto della misurazione ([ISO²⁾ 5725] 3.7).



Osservazione: la correttezza può essere valutata solo se sono disponibili diversi valori di misura e un valore di riferimento corretto riconosciuto.

Precisione: concetto qualitativo inteso come valutazione della variazione media delle misurazioni. Indica il grado di corrispondenza reciproca tra valori di misurazione indipendenti ottenuti a condizioni prestabilite ([ISO 5725] 3.12). La precisione dipende solo dalla distribuzione delle deviazioni casuali e non è correlata al reale valore della variabile di misurazione.



Esempio: la capacità di uno strumento di misurazione di fornire valori a bassa deviazione.

Osservazione: precisione può essere valutata solo se sono disponibili diversi valori di misurazione.

Ripetibilità: indica il grado di corrispondenza tra i risultati di misurazioni consecutive, eseguite alle stesse condizioni di misurazione.

La serie di misurazioni deve essere effettuata dallo stesso operatore, seguendo lo stesso procedimento, nella stessa posizione sullo stesso piano di carico (piatto portacampioni), nello stesso luogo di installazione, in condizioni ambientali costanti e senza interruzioni. La deviazione standard della serie di misurazioni

²⁾ ISO International Standards Organization

è una misura adeguata per indicare il valore della ripetibilità. La misura della ripetibilità non è una proprietà data dall'analizzatore di umidità. La ripetibilità dipende anche dalle condizioni ambientali (correnti d'aria, oscillazioni della temperatura, vibrazioni), dal campione e dalla regolarità della sua preparazione.

Valore medio:

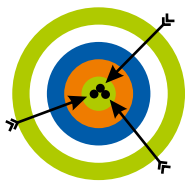
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i = i-esimo risultato della serie di misurazioni

n : numero delle misurazioni, in genere 10

Come misura della ripetibilità si adotta la deviazione standard.

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$



Accuratezza: concetto qualitativo che indica quanto si avvicinano i risultati di indagine al valore di riferimento, ove quest'ultimo, a seconda di quanto stabilito o concordato, corrisponde al valore reale, corretto o atteso [DIN³⁾ 55350-13]. Per le misurazioni ripetute, l'accuratezza presuppone correttezza e precisione. Per le singole misurazioni tale presupposto non ha validità assoluta.

Riproducibilità: indica l'avvicinamento tra i valori di misurazione della stessa unità di misura, ove le singole misurazioni sono state condotte in condizioni diverse (da indicare), per esempio per quanto riguarda

- processo di misurazione
- osservatore
- dispositivo di misurazione
- luogo di misurazione
- condizioni di applicazione
- ora

³⁾ DIN Istituto tedesco per la standardizzazione

Qualificazione (qualificazione dell'apparecchiatura, Equipment Qualification):

controllo e documentazione del fatto che l'apparecchio e la tecnica impiegata siano adatti allo scopo previsto. Il concetto di Equipment Qualification (EQ) comprende i seguenti elementi: Design Qualification (DQ), Installation Qualification (IQ), Operational Qualification (OQ), Performance Qualification (PQ) e Maintenance Qualification (MQ).

DQ: definizione dei requisiti relativi alle specifiche tecniche dell'apparecchio e alla documentazione del processo decisionale.

IQ: documentazione e garanzia che l'apparecchio fornito soddisfa le specifiche tecniche richieste, che è installato correttamente e che l'ambiente è adatto al suo funzionamento.

OQ: documentazione del funzionamento dell'apparecchio conformemente alle specifiche fissate.

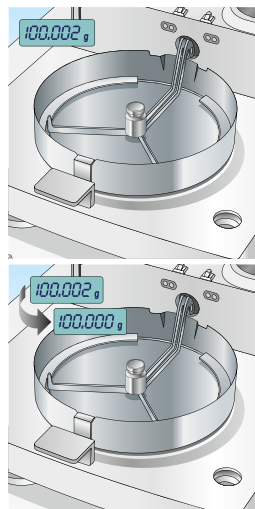
PQ: documentazione del fatto che l'apparecchio soddisfa i requisiti e le specifiche nel funzionamento di routine.

MQ: descrizione e documentazione di tutte le misure necessarie per la manutenzione pianificata, la taratura periodica, la pulizia dello strumento e la formazione dell'operatore.

Validazione: la fornitura delle prove e della relativa documentazione che attesta che un apparecchio (o un metodo) offre le prestazioni previste.

Taratura (verifica): verifica della deviazione tra valore di misurazione e valore reale dell'unità di misura a condizioni prefissate senza apportare alcuna modifica (regolazione)

Regolazione: impostazione dell'apparecchio di misurazione in modo che il valore di misurazione sia corretto: prima si verifica la deviazione tra il valore di misurazione e il valore reale (taratura), poi si effettua l'opportuna correzione.



6. Indice

A

Acquisizione del campione 15, 19, 22
Area di lavoro 9
Assorbimento 6, 32
Avvertenze di sicurezza 14, 20, 26

C

Combustione 25
Contenuto di umidità 3, 5, 16, 25, 34
Contenuto secco 34
Correttezza 18, 35, 36
Criterio di di spegnimento 7, 22
Curva di essiccamento 20, 21

D

Decomposizione 21, 34
Distribuzione del campione 16, 25, 35

E

Esempi di applicazione 3, 2
Essiccamento a infrarossi 5, 32
Essiccamento a lampada alogena 3, 6
Essiccamento a microonde 32

F

Filtro in fibra di vetro 15, 24, 25, 27
Forno di essiccamento 4, 6, 18, 19, 20, 28, 32, 34

G

Grado di essiccamento 7, 34

I

Idrossido di calcio 33
Installazione 8, 19, 37
IPac 12

L

LabX 20
Liquidi 15, 24
Livellamento 11
Luce 10

M

Manutenzione 13, 37
Metodo 18, 19, 28, 35

P

Piatto portacampioni 14
Precisione 18, 22, 35
Processo di riferimento 4, 18, 19, 32, 34
Pulizia 13, 37

Q

Qualificazione 12, 37
Quantità di campione 7, 14, 16, 17, 22

R

Radiazione alogena 3, 5

Radiazione infrarossa 5, 6, 35

Regolazione 11, 13, 37

Rifrattometria 33

S

Spettroscopia a infrarossi 33

Spettroscopia a microonde 33

Sviluppo del metodo 18, 19, 28

T

Taratura 12, 13, 37

Tavolo di pesata 8

Temperatura 6, 9, 14, 18, 20, 23

Termogravimetria 3, 5, 32, 34

Test di misurazione 22

Titolazione Karl Fischer 33, 34

Trattamento del campione 14, 18, 19

U

Umidità dell'aria 9

V

Validazione 28, 37

Validazione del metodo 28

7. Bibliografia

Berliner M. A., Feuchtemessung, VEB Verlag Berlin, 1980

Krahl T., Schnellbestimmer für Materialfeuchte und Wassergehalt, Goltze, Göttingen, 1994

Lück W., Feuchtigkeit. Grundlagen, Messung, Regelung, Oldenbourg Verlag, München, 1964

Nater R., Reichmuth A., Schwartz R., Borys M., Zervos P., Wägelexikon, Springer Verlag 2008

Schubnell M., Methodenentwicklung in der thermischen Analyse: Teil 1,
UserCom 1/2005, METTLER TOLEDO, 2005

Schubnell M., Methodenentwicklung in der thermischen Analyse: Teil 2,
UserCom 2/2005, METTLER TOLEDO, 2005

Wagner M., Bestimmung der Adsorption/Desorption von Feuchtigkeit und pharmazeutischen Substanzen,
UserCom 1/2005, METTLER TOLEDO, 2005

Wernecke R., Industrielle Feuchtemessung, Wiley, Weinheim, 2003

Schweizerisches Lebensmittelbuch, Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Lebensmittelsicherheit, Bern

Wägefibel, Richtiges Wägen mit Laborwaagen, METTLER TOLEDO, 2008

Methoden der Feuchtegehaltsbestimmung, METTLER TOLEDO, 2002

Validation of Titration Methods, METTLER TOLEDO, 1997

Guidelines for Result Check, Method Validation and Instrument Certification, METTLER TOLEDO, 1997

8. Accessori



HX204/HS153/HC103/HE73/HE53	Codice	Quantità
Manipolazione dei campioni		
Piatto portacampioni in alluminio	13865	80
Piatto portacampioni in alluminio professionale (ultraresistente)	11113863	80
Gabbia in tessuto per campioni voluminosi (HA-CAGE)	214695	1
Filtri in fibra di vetro	214464	100
Stampante		
Stampante P-56RUE	30094673	
Stampante RS-P25 con interfaccia RS232	11124300	
Carta per stampante (per P25)	72456	5 rotoli
Carta per stampante (autoadesiva)	11600388	3 rotoli
Nastro stampante, nero	65975	2
Gestione qualità		
Kit di taratura della temperatura certificato HX/HS/HC	30020851	
Kit di taratura della temperatura certificato HE	30134141	
Sostanza di verifica cSmartCal (certificata, set da 24)	30005791	
Sostanza di verifica cSmartCal (certificata, set da 12)	30005793	
Sostanza di verifica SmartCal (set da 24)	30005790	
Sostanza di verifica SmartCal (set da 12)	30005792	
StarterPac cSmartCal (tutti gli accessori, i protocolli e 12 test)	30005918	
Peso di prova certificato da 100 g (HX/HS/HC)	11119531	
Peso di prova certificato da 50 g (HE)	11119460	
Accessori		
Capottina protettiva per terminale HX/HS	30003957	1
Supporto per terminale HX/HS	30018474	1
Filtro antipolvere HX/HS	30020838	50
Supporto per stampante HX/HS	30066692	1
Alloggiamento filtro polvere HC/HE	30216118	
Filtro antipolvere HC/HE	11113883	50

Mettler-Toledo GmbH

Laboratory Weighing

Im Langacher 44

CH-8606 Greifensee, Svizzera

Tel. +41-44-944 22 11

Fax +41-44-944 30 60

Soggetto a modifiche tecniche

© 02/2017 Mettler-Toledo GmbH

11796099C

Global MarCom 2208 00/MB

www.mt.com/moisture

Per ulteriori informazioni



* 1 1 7 9 6 0 9 9 *