



Application Note AN-PAN-1011

Analisi online del numero di assorbimento del permanganato (PAN)

Il caprolattame, un precursore vitale del Nylon 6, è ampiamente utilizzato nella produzione di varie fibre industriali, tessili e plastiche. Mantenere una purezza costante del caprolattame è essenziale per garantire la qualità di questi prodotti finiti. L'analisi del numero di assorbimento del permanganato (PAN) funge da indicatore chiave della purezza del caprolattame

all'interno del processo di produzione, in conformità agli standard ISO 8660.

Questa Application Note di processo descrive il monitoraggio diretto h24, 7 giorni su 7, del numero di assorbimento del permanganato (PAN) come misura della purezza del caprolattame nel processo corrispondente.

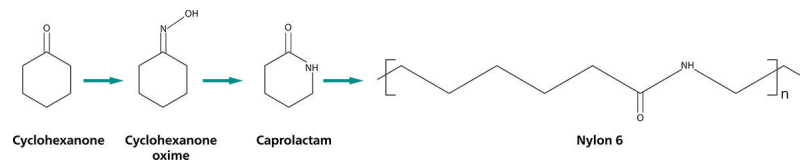
INTRODUZIONE

Nel 2023, la capacità di produzione globale di caprolattame era di circa 9 milioni di tonnellate [1], la maggior parte delle quali destinate alla produzione di nylon 6 che viene utilizzato principalmente per produrre fibre per abbigliamento, tappeti e scopi industriali. Circa il 30% del Nylon 6 prodotto viene utilizzato per la produzione di resina [1].

Il caprolattame è prodotto principalmente da cicloesano, cicloesano o toluene. Il processo industriale dominante prevede la conversione del cicloesano in cicloesano ossima, seguito dalla

trasposizione di Beckmann per produrre caprolattame con un'efficienza quasi del 98% [2].

La trasposizione di Beckmann standard del settore utilizza acido solforico (o oleum) come catalizzatore per trasformare la cicloesano ossima in caprolattame (**Reazione 1**). Tuttavia, questo metodo genera solfato di ammonio come sottoprodotto. Sebbene prezioso per la produzione di fertilizzanti, il suo impatto ambientale ha portato a restrizioni in alcune regioni.



Reaction 1. Meccanismo di reazione dal cicloesano per formare nylon 6.

Mantenere la qualità del caprolattame è fondamentale per le sue applicazioni a valle come la produzione di nylon 6. Ciò può essere ottenuto utilizzando un test specifico: l'analisi del numero di assorbimento del permanganato (PAN).

Questa procedura standardizzata, dettagliata in riferimenti internazionali come ISO 8660, misura la presenza di impurità ossidabili all'interno del campione di caprolattame.

Essenzialmente, l'analisi PAN misura la stabilità del caprolattame valutando la sua reazione con il permanganato di potassio. Valori PAN inferiori indicano un campione di caprolattame più puro, che porta alla produzione di Nylon 6 di migliore qualità.

L'analisi di laboratorio tradizionale che utilizza il campionamento manuale è un'opzione praticabile,

ma presenta alcuni inconvenienti. La natura dispendiosa in termini di tempo di questo approccio non tiene conto delle variazioni del processo in tempo reale. L'analisi simultanea di più flussi di processo richiede molto lavoro e l'uso dell'acido solforico introduce problemi di sicurezza nell'ambiente di laboratorio.

Alla luce di queste limitazioni, gli analizzatori di processo online come il 2060 TI Process Analyser (**Figura 2**) sono emersi come la soluzione preferita. Questo analizzatore di processo presenta una tecnologia all'avanguardia e offre un'analisi continua e ad alta precisione delle impurità del caprolattame, garantendo la produzione costante di Nylon 6 di alta qualità.

APPLICAZIONE

Le impurità ossidabili vengono monitorate nel caprolattame secondo ISO 8660 per scopi online, con misurazioni colorimetriche precise a tempo e temperatura controllate. Metrohm Process Analytics offre una soluzione di analizzatore di processo multiparametrico per misurare con precisione il PAN online secondo ISO 8660: il **2060 TI Process Analyzer** (Figura 2).



Figure 2. 2060 TI Process Analyzer è adatto per il monitoraggio del PAN durante la produzione di caprolattame.

Tabella 1. Intervallo tipico riscontrato per il numero di assorbimento del permanganato nel processo di produzione del caprolattame.

Parameter	Range
PAN	0–35

NOTE

Poiché il caprolattame assorbe l'umidità, è fondamentale anche l'utilizzo di una tecnica affidabile per la determinazione del contenuto di acqua. Il 2060 The NIR Analyzer di Metrohm Process Analytics si distingue come un'eccellente soluzione in questo senso. Fornisce misurazioni accurate del contenuto di acqua in pochi secondi, elimina la necessità di

preparare il campione e non genera rifiuti chimici. Sono possibili altre applicazioni online a seconda del processo di produzione, tra cui NH_4OH , NH_4NO_2 , SO_3^{2-} , alcalinità, umidità, ferro, acidità alta/bassa nel cicloesano (Anolon), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$, H_3PO_4 e altri componenti correlati

CONCLUSIONE

Il monitoraggio online continuo del PAN nel caprolattame è essenziale per ottimizzare la produzione a valle del Nylon 6. Il Metrohm Process Analyser 2060 TI Process Analyser fornisce analisi PAN precise e in tempo reale. Ciò migliora l'efficienza,

riduce i costi e migliora la qualità del prodotto. La sua versatilità consente il monitoraggio simultaneo di più parametri di processo per un controllo completo del processo.

RIFERIMENTI

1. *Caprolactam Market Size, Share Analysis and Industry Forecast*. Prismane Consulting.
<https://prismaneconsulting.com/report/market-reports/global-caprolactam-market-study-report-2016-2032/23> (accessed 2025-12-03).
2. Ritz, J.; Fuchs, H.; Kieczka, H.; et al. Caprolactam. In *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*; Wiley-VCH, Ed.; Wiley, 2011.
DOI:10.1002/14356007.a05_031.pub2

APPLICATION NOTES CORRELATE

AN-PAN-1041 Monitoraggio in linea del contenuto di isocianato libero (%NCO) nel poliuretano

AN-NIR-077 Analisi dell'umidità nel caprolattame

VANTAGGI PER L'ANALISI DEI PROCESSI ONLINE

- Diagnostica completamente automatizzata: allarmi automatici per quando i campioni non rientrano nei parametri delle specifiche.
- Garantire la conformità agli standard globali.
- Evita costi inutili misurando più parametri contemporaneamente nel flusso del processo.
- Controllo migliorato sul processo di produzione del caprolattame, consentendo la messa a punto per purezza ed efficienza ottimali.
- Ambiente di lavoro più sicuro per i dipendenti (nessuna manipolazione di H_2SO_4).



CONTACT

Metrohm Italiana Srl
Via G. Di Vittorio, 5
21040 Origgio (VA)

info@metrohm.it

CONFIGURAZIONE



2060 Process Analyzer

Il 2060 Process Analyzer è un analizzatore chimico per via umida online adatto a innumerevoli applicazioni. Questo analizzatore di processo prevede un nuovo concetto di modularità che consiste in una piattaforma centrale, chiamata «armadio di base».

L'armadio di base è composto da due parti. La parte superiore contiene uno schermo tattile e un PC industriale. La parte inferiore contiene una parte flessibile a umido in cui è alloggiato l'hardware per l'analisi effettiva. Se la capacità di base della parte a umido non è sufficiente a risolvere le sfide delle vostre analisi, è possibile aggiungere all'armadio di base fino a quattro ulteriori armadi con parte a umido per garantire uno spazio sufficiente a risolvere le sfide anche delle applicazioni più impegnative. Gli armadi aggiuntivi possono essere configurati in modo tale da combinare ciascun armadio con parte a umido con un armadio per reagente con rilevamento del livello (non a contatto) integrato, in modo da migliorare il tempo di funzionamento dell'analizzatore.

Il 2060 Process Analyzer permette di eseguire diverse tecniche chimiche per via umida: titolazione, titolazione Karl Fischer, fotometria, misurazione diretta e metodi di aggiunta standard.

Per soddisfare tutti i requisiti del progetto (o tutte le vostre esigenze), sono disponibili sistemi di condizionamento del campione, a garanzia di una soluzione per analisi robusta. Possiamo offrire qualunque sistema di condizionamento del campione, ad esempio sistemi di raffreddamento o riscaldamento, degassificazione e riduzione della pressione, filtraggio e tanto altro.