



POLITECNICO DI TORINO

Assenza d'olio nei processi d'essiccamento sotto vuoto con l'impiego della pompa a pistone Italtvacuum.

Una preoccupazione comune nell'utilizzo di pompe da vuoto lubrificate ad olio nei processi di essiccamento sotto vuoto riguarda l'eventuale possibilità di diffusione d'olio dalla pompa all'essiccatore con conseguente contaminazione del prodotto finale. Come discusso in uno studio effettuato dal Politecnico di Torino¹, è possibile stimare quantitativamente il fenomeno, determinando se vi è contaminazione e in quale misura. In questo documento sono riassunti i risultati salienti dello studio sopra citato per la pompa da vuoto Saurus939.

In Figura 1 è mostrato un diagramma schematico di un sistema d'essiccamento sotto vuoto. L'essiccatore è collegato alla pompa da vuoto da una linea contenente un'unità filtrante ed un condensatore. Un flusso gassoso di solvente raggiunge la pompa da vuoto, mentre alcuni vapori di olio lubrificante possono contro-diffondere dalla pompa all'essiccatore. Si è deciso di valutare solamente la portata di olio che contro-diffonde verso il condensatore attraverso la linea t_3 di Figura 1, come se la pompa da vuoto fosse direttamente connessa all'essiccatore e quindi sovrastimando largamente il quantitativo di olio che raggiunge l'essiccatore.

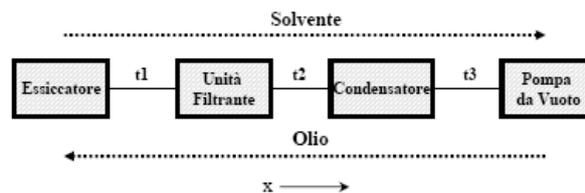


Figura 1: Schema dell'impianto.

Si è considerata per la linea t_3 una lunghezza di 4 m e condizioni di flusso completamente sviluppato. La portata di olio è stata stimata risolvendo un'equazione di trasporto di massa che prende in considerazione l'effetto della diffusione, che porta l'olio ad andare dalla pompa al condensatore, e della convezione, che agisce nella direzione opposta.

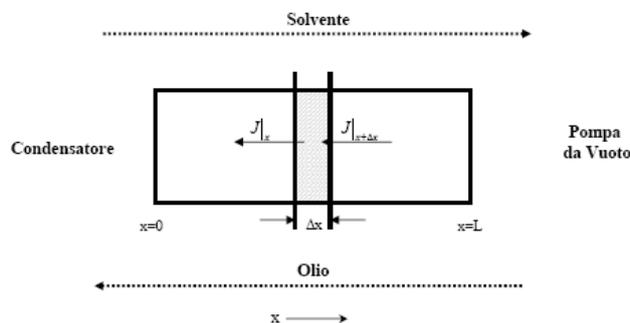


Figura 2: Bilancio di massa sulla linea t_3 .

¹ [Piglione, M.C., Vanni, M. 2009, Stima della contaminazione da olio lubrificante nell'essiccamento sotto vuoto, Politecnico di Torino.](#)



POLITECNICO DI TORINO

Con riferimento alla Figura 2 il bilancio di massa sulla linea t_3 può essere scritto come:

$$vS c|_x - vS c|_{x+\Delta x} + (-J S|_x) + J S|_{x+\Delta x} = 0 \quad (1)$$

dove S , v e c indicano rispettivamente la sezione del tubo, la velocità e la concentrazione dell'olio. I primi due termini dell'equazione (1) rappresentano il trasporto convettivo, mentre gli altri due il trasporto diffusivo, che può essere espresso attraverso la seguente relazione (legge di Fick):

$$J_A = -D \frac{dc_A}{dx} \quad (2)$$

dove D rappresenta la diffusività molecolare o turbolenta, a seconda del regime presente nel condotto, in un sistema binario (olio-vapori di solvente).

Gli essiccatori sotto vuoto possono lavorare con differenti solventi; lo studio è stato focalizzato sull'essiccamento di prodotti contenenti acqua, ma i risultati sarebbero simili considerando altri solventi. A causa della mancanza di informazioni riguardo alla composizione chimica dell'olio lubrificante, per i calcoli si è scelto di utilizzare un idrocarburo con tensione di vapore 0.66 mbar a 110°C: 0.66 mbar è infatti il massimo grado di vuoto ottenibile nella pompa Saurus939 (senza l'impiego di compressori volumetrici root con cui si arriva fino a 0,03 mbar²) e l'olio è quindi caratterizzato da una tensione di vapore di 0.66 mbar o minore.

Nella linea t_3 il regime varia da laminare a turbolento in base alla variazione di pressione; basse pressioni corrispondono a regime laminare, mentre il flusso turbolento è caratteristico di pressioni maggiori. Di conseguenza la componente diffusiva del trasporto è calcolata utilizzando la diffusività molecolare nel primo caso e quella turbolenta, calcolata con il modello $k-\epsilon$, nell'altro.

Per la risoluzione dell'equazione di trasporto di massa (1) si sono utilizzate due condizioni limite:

- la concentrazione di olio è stata considerata pari a zero nel condensatore: questa è la condizione peggiore dato che implica massimo grado di trasferimento verso il condensatore
- la pressione parziale dell'olio alla pompa è la sua tensione di vapore (0.66 mbar).

Nello studio si sono considerate tre configurazioni condensatore-essiccatore-pompa da vuoto, che corrispondono a tre differenti modelli della pompa da vuoto Saurus939, rispettivamente VVB, VVC e VVD, con diametri nominali di ingresso di 40, 65 e 80 mm.

Inoltre sono stati considerati diversi gradi di vuoto, così da studiare l'intera gamma di condizioni di lavoro, da 1 a 100 mbar. In queste condizioni le diffusività molecolari e turbolente dell'olio hanno valori dell'ordine di 10^{-3} e 10^{-4} m²/s.

² Anche nel caso d'impiego di compressori volumetrici root i risultati della valutazione non si discostano da quelli ottenuti nel presente studio.



POLITECNICO DI TORINO

Le operazioni di essiccamento hanno tipicamente una durata dell'ordine di un giorno; di conseguenza si è calcolata la massa di olio che raggiunge il condensatore in 24 ore per ogni grado di vuoto.

I valori ottenuti sono assolutamente trascurabili e al di sotto di qualunque livello di rilevanza analitica.

La Tabella 1 mostra i valori ottenuti solo per il caso con $p = 1$ mbar, che è il caso peggiore tra quelli analizzati.

DN (mm)	Pressione (mbar)	μg di olio in 24 ore
40	1	$1 \cdot 10^{-1478}$
65	1	$1 \cdot 10^{-1379}$
80	1	$1 \cdot 10^{-1732}$

Tabella 1: Quantità di olio che raggiunge il condensatore

Se si fosse considerato un componente avente un peso molecolare più basso (ad esempio il propano) e un condotto molto corto (1 m), due condizioni che massimizzano in maniera non realistica il trasporto dovuto alla contro-diffusione, la massa trasferita sarebbe risultata comunque trascurabile, come evidenziato dalla Tabella 2. Questo fatto mostra chiaramente che il flusso di solvente in direzione della pompa da vuoto impedisce effettivamente la contro-diffusione di qualunque componente oleoso verso il condensatore e di conseguenza verso l'essiccatore, anche in presenza di tubazioni di collegamento molto brevi.

DN (mm)	Pressione (mbar)	μg di olio in 24 ore
40	1	$1 \cdot 10^{-147}$
65	1	$1 \cdot 10^{-136}$
80	1	$1 \cdot 10^{-173}$

Tabella 2: Quantitativo di olio a basso peso molecolare trasportato al condensatore, utilizzando una tubazione più corta



POLITECNICO DI TORINO

Sulla base dei risultati ottenuti si può osservare che **IL QUANTITATIVO D'OLIO LUBRIFICANTE CHE RAGGIUNGE IL CONDENSATORE, E DI CONSEGENZA L'ESSICCATORE, PUO' ESSERE TRASCURATO IN TUTI I CASI CONSIDERATI E RISULTA ESSERE MOLTO AL DI SOTTO DI QUALUNQUE SOGLIA DI RILEVABILITA' ANALITICA.**

Inoltre tutte le ipotesi illustrate all'inizio del presente documento erano di tipo conservativo, di conseguenza la quantità di olio ottenuta risulta sovrastimata rispetto a quella reale.

Infine va detto che **LA SCELTA DEL SOLVENTE E DELL'IDROCARBURO CONSIDERATO NON INFLUENZA SIGNIFICATIVAMENTE IL CALCOLO.**

Valutazione della contaminazione da olio lubrificante nell'uso di pompe da vuoto per l'essiccamento Saurus939.