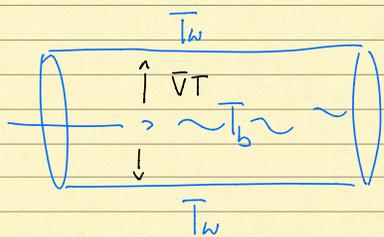


DEPOSIZIONE DI CERE (Paraffine) nei GREGGI CEROSI (WCO waxy crude oils)

- I WCO sono petroli con elevato contenuto di idrocarburi ad alto peso molecolare (detti cere o paraffine) che in particolari condizioni di temperatura possono precipitare formando depositi solidi o semi-solidi
- La temperatura di apparizione dei primi cristalli solidi si chiama T_{cloud} (o WAT)
- Tipicamente il T_{cloud} è fra i $5^{\circ}C - 30^{\circ}C$

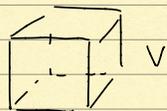


$$T_b > T_w \quad \begin{array}{l} T_b \text{ temp. del greggio} \\ T_w \text{ temp. alle pareti} \end{array}$$

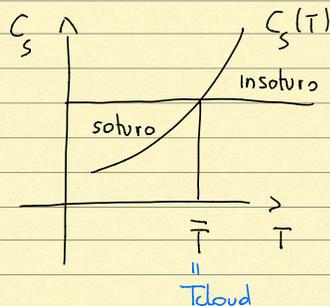
Se il greggio è saturo della cera

la concentrazione di cera disciolta è data da una funzione crescente della temperatura (SOLUBILITÀ) $C_s(T)$

$C_s(T)$ rappresenta la massima quantità di cera disciolta per unità di volume che posso avere alla temperatura T



$$C_s(T) = \frac{\text{max quant. di cera disc. in } V}{V}$$

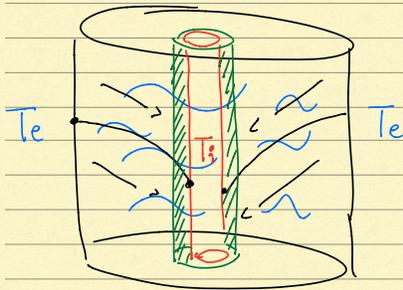


$$\underline{j} = -D_w \nabla C_s(T) \quad \left(\begin{array}{l} \text{Flusso di} \\ \text{cera disciolta} \end{array} \right)$$

in regime di
soluzione

$$\underline{j} = -D_w C_s'(T) \nabla T \quad \text{(LEGGE DI FICK) (Molecular diffusion)}$$

Per studiare la deposizione si utilizza un apparato sperimentale chiamato CF (Gold finger - dito freddo)



1. Riscaldo il WCO sopra il Tchoud (tutto sciolto) e lo metto nel cilindro mantenendo la temp. est. T_e

2. Inserisco il CF ad una temperatura $T_i < T_e$

3. Si crea del deposito attorno al CF che cresce nel tempo

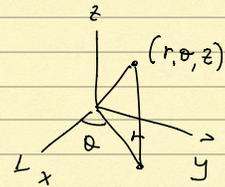
L'esperimento si conclude quando non vedo più crescere il deposito (FASE ASINTOTICA)
Vogliamo modellizzare la crescita di deposito nel COLD FINGER.

IPOTESI

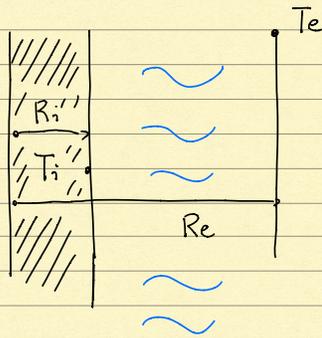
- 1) La cera è composta da un'unica componente (miscela bi-componente)
- 2) la densità dell'olio e della cera solida sono uguali
- 3) Il calore latente di solidificazione/scoglimento della cera è trascurabile
- 4) La diffusione termica è molto più rapida di quella della cera (il profilo termico raggiunge il suo stato stazionario "quasi immediatamente")

Consideriamo coordinate cilindriche
con variabili che non dipendano da θ e z
(simmetria longitudinale e azimutale)

$$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta \\ z = z \end{cases}$$



PROFILO TERMICO



R_i = raggio CF

R_e = raggio cilindro ext

$$T = T(r) \quad T_i = T(R_i)$$

$$T_e = T(R_e)$$

L'eq.ue stazionario in coordinate cilindriche del calore è

$$\Delta T_r = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} = 0 \quad \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) = 0$$

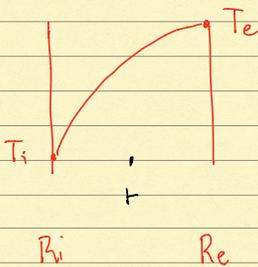
$$r \frac{\partial T}{\partial r} = C \quad \frac{\partial T}{\partial r} = \frac{C}{r} \quad T(r) = C \ln(r) + D$$

$$T_i = C \ln(R_i) + D$$

$$T_e = C \ln(R_e) + D$$

Verificare x esercizio

$$\sim \rightarrow \quad T(r) = T_i + \frac{(T_e - T_i)}{\ln(R_e/R_i)} \ln\left(\frac{r}{R_i}\right)$$



VARIABILI DEL PROBLEMA

- $C(r,t)$ (concentr. di cera disciolta)
- $G(r,t)$ (concentr. di cera segregata)
- $C_{tot}(r,t)$ (Concentr. totale di cera)
- $C_{tot}^* = C_{tot}(r,0)$ (Concentr. iniziale totale di cera, costante)

Ricordiamo che $C_s(T)$ concentrazione di saturazione (solubilità) non è INCOGNITA
è dato sperimentalmente

Relazioni

$$G(r,t) = (C_{\text{tot}}(r,t) - C_s(T(r)))_+$$

$(-)_+$ parte positiva

$$C(r,t) = \min \{ C_{\text{tot}}(r,t); C_s(T(r)) \}$$

$$C_{\text{tot}}(r,t) = C(r,t) + G(r,t)$$