فرآیندهای هم جهت پیوسته

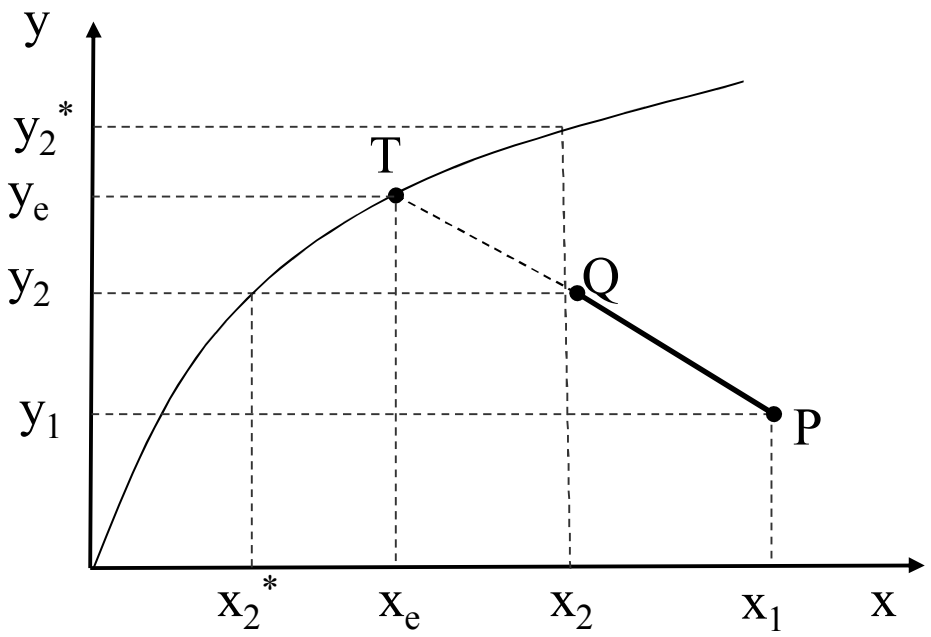
بازده مرحله ای یک مرحله واقعی بر حسب نزدیکی فازها در هنگام خروج به حالت تعادل بیان می شود و یا به عبارتی بازده مرحله ای عبارت است از نسبت مقدار انتقال جرم به مقداری که در صورت حصول تعادل بین دو فاز صورت می گیرد. PQ/PT

بازده مورفری (Murphree):

این بازده برابر است با نسبت تغییر غلظت بدست آمده در یک فاز هنگام خروج، بر تغییر غلظتی است که در صورت حصول تعادل با فاز خروجی دیگر در آن فاز ایجاد می شود. برای فاز R و E به طور جداگانه می توان بازدهی را محاسبه نمود.

$$E_{ME} = \frac{Y_2 - Y_1}{Y_2^* - Y_1} \qquad E_{MR} = \frac{X_1 - X_2}{X_1 - X_2^*}$$

این تعاریف از نظر عملی تا حدودی غیر واقعی هستند. زیرا رسیدن به غلظتی در فاز E بزرگتر از y_e و در فاز R کوچکتر از $\mathbf{x}_e$ عملاً غیر ممکن است.



مقادیر E_{ME} و E_{MR} که بازده را در هر فاز نشان می دهد معمولاً مستقل از یکدیگر می باشند و تنها در حالتی که منحنی تعادل خط راست باشد می توان آنها را به یکدیگر مرتبط ساخت. مثلاً چنانچه شیب خط تعادل برابر با $m = \frac{Y_2^* - Y_2}{X_2 - X_2^*}$ باشد می توان ثابت نمود که :

$$\text{ضریب دفع} : S = \frac{1}{A} = \frac{mE_S}{R_S} \qquad \& \qquad \text{ضریب جذب} : A = \frac{R_S}{mE_S}$$

فرآیندهای ناپیوسته

در فرآیندهای ناپیوسته، در حالی که جریانی از فازهای دوگانه به داخل و یا خارج دستگاه وجود ندارد، غلظت های توده دو فاز در داخل دستگاه با گذشت زمان تغییر می یابد.

مجموعه مراحل

مراحلی که بطور متوالی قرار گرفته و موجب تماس مکرر فازها می گردد مجموعه مراحل نامیده می شود.

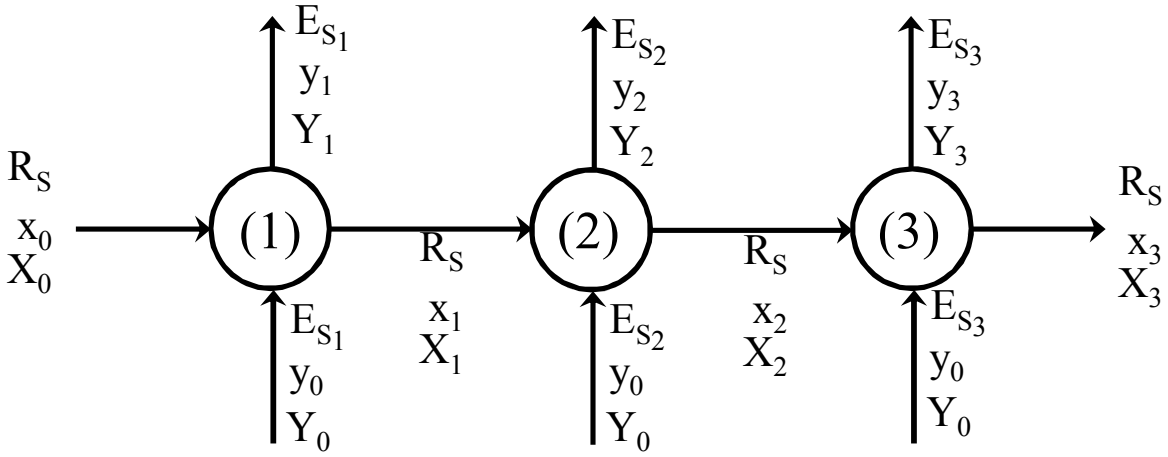
چنانچه در یک عمل انتقال جرم میزان تغییر غلظت جزء مورد نظر به اندازه ای باشد که نتوان آن را در یک مرحله عملی ساخت، لازم است از دستگاهی که متشکل از مجموعه مراحل است استفاده نمود.

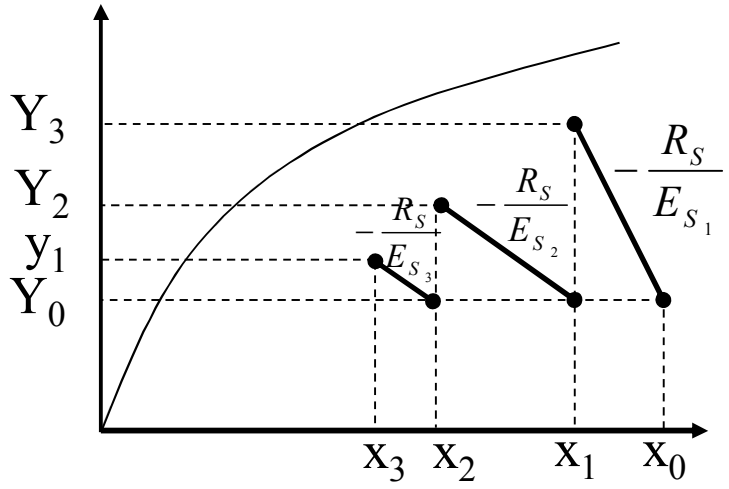
بازده جمعی یک مجموعه برابربا نسبت تعداد مراحل ایده ال به تعداد مراحل واقعی در آن مجموعه است.

در مجموعه مراحل نحوه حرکت دو فاز در بین مراحل ممکن است به صورت متقاطع و یا متقابل باشد.

مجموعه مراحل جریان متقاطع

نحوه قرار گرفتن مراحل در این حالت در شکل زیر نشان داده شده است.





غلظت در فاز R

$$R_S = R_0(1-x_0) = R_1(1-x_1) = \cdots\cdots = R_n(1-x_n)$$

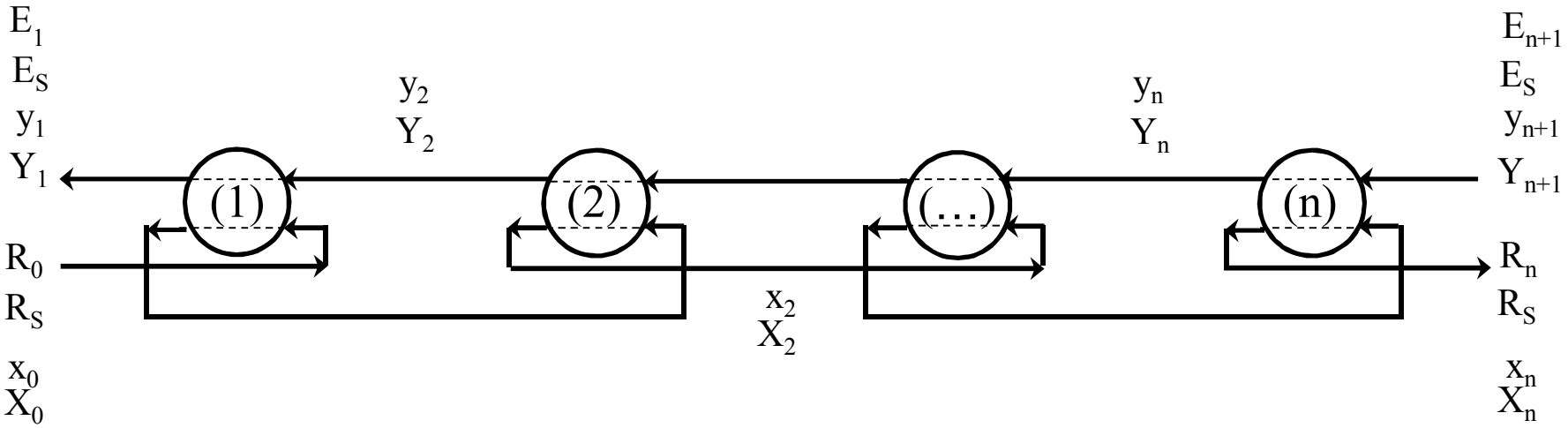
$$\frac{Y_0 - Y_n}{X_{n-1} - X_n} = -\frac{R_S}{E_{S_n}}$$

$$\text{در صد جذب} = \frac{\text{ورودی} - \text{خروجی}}{\text{ورودی}} = \frac{X_0 - X_n}{X_0} * 100$$

شدت جریان فاز E به درون هر مرحله می تواند مقدار متفاوتی باشد و هر مرحله به نوبهٔ خود می تواند بازده مرحله ای مورفری متفاوتی داشته باشد. از مجموعه مراحل جریان متقاطع در عملیات جذب سطحی استخراج از جامدات به کمک حلال، خشک کردن و استخراج از مایعات به کمک حلال استفاده می شود.

مجموعه مراحل جریان متقابل

در مقایسه با سایر انواع مجموعه ها، این مجموعه مراحل بازدهی جمعی بیشتری را داراست و در ازای مقادیر ثابت شدت جریان دو فاز می تواند با تعداد مراحل کمتری تغییر مورد نظر در غلظت فازها را بوجود آورد.



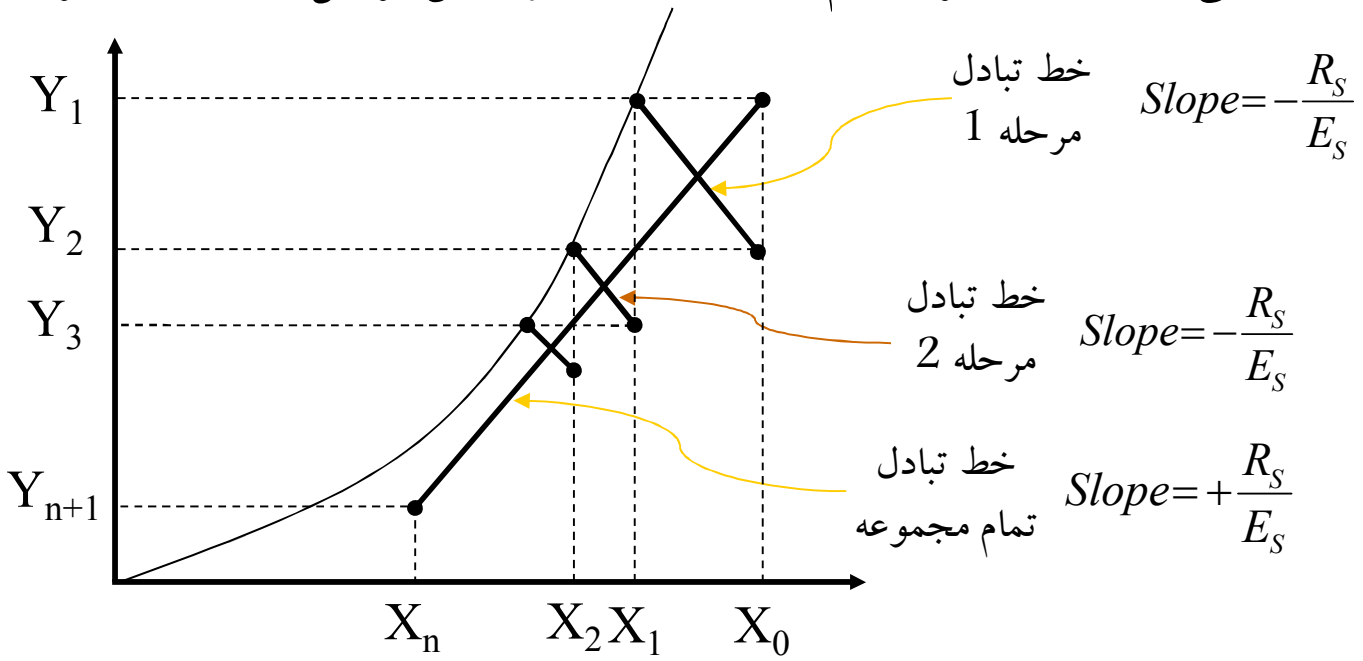
$$R_S\,(X_0 - X_1) = E_S(Y_1 - Y_2) \qquad \text{مرحله } 1 :$$

$$R_S\,(X_1 - X_2) = E_S(Y_2 - Y_3) \qquad \text{مرحله } 2 :$$

$$\vdots$$

$$R_S\,(X_0 - X_n) = E_S(Y_1 - Y_{n+1}) \qquad \text{مجموعه مراحل :}$$

شکل نشان داده شده شامل n مرحله می باشد، شدت جریان و غلظت فازها برحسب شماره مرحله ای که فاز مزبور از آن خارج می شود، شماره گذاری می شود. لازم به ذکر است که با وجود این که طرز عمل هر مرحله به تنهائی معادل با یک مرحله هم جهت است، مجموعه این مراحل معادل با یک فرآیند جریان متقابل است.



X : غلظت در فاز R

مجموعه مراحل جریان متقابل، انتقال از فاز R به فاز E

(چنانچه جهت انتقال جزء مورد نظر از فاز E به R باشد، خطوط تبادل مراحل جداگانه و در نتیجه خط تبادل مجموعه مراحل در بالای منحنی تعادل قرار خواهند گرفت).

* اگر منحنی تعادل ما به نحوی باشد که منحنی تعادل توسط خط عمل قطع گردد در این صورت تعداد مراحل بینهایت می شود که این نقطه را نقطه Pinch (نقطه کوری) می گویند.

مثال: موقعی که نمونه ای از صابون در معرض هوای 75°C و فشار اتمسفر قرار می گیرد توزیع تعادلی رطوبت بین هوا و صابون به صورت زیر است:

درصد وزنی رطوبت صابون	0	2.4	3.76	4.79	6.1	7.83	9.9	12.36	15.4	19.02
فشار جزئی آب در هوا بر حسب mmHg	0	9.66	19.2	28.4	37.2	46.4	55	63.2	71.9	79.5

الف) 10 کیلوگرم صابون مرطوب که دارای رطوبت 16.7 درصد وزنی می باشد؛ در ظرف محتوی $10m^3$ هوای مرطوب که فشار جزئی آن 12mmHg است، قرار می گیرد. زمانی که رطوبت صابون به 13 درصد رسیده است هوای ظرف با هوای جدید تحت همان شرایط جایگزین می شود تا به تعادل برسد. فشار کلی در 1at و دما در 75°C باقی می ماند.رطوبت نهائی صابون چقدر خواهد بود.

ب) در نظر است که با استفاده از یک جریان موازی و مختلف الجهت هوا میزان رطوبت صابون از 16.7درصد به 4 درصدوزنی کاهش یابد. اگر فشار بخار اولیه هوا 12mmHg باشد و فشار و دما به ترتیب اتمسفر و 75°C باشد، حداقل (مقدار مینیمم) هوای مورد نیاز برای خشک کردن یک کیلوگرم صابون در ساعت چقدر است.

ج) اگر 30 درصد هوا بیشتر از قسمت (ب) مورد استفاده قرار گیرد، رطوبت هوای خروجی از خشک کن چقدر خواهد بود و تعداد مراحل ایده آل را بدست آورید.

حل:

الف: ابتدا باید با استفاده از فشار جزئی، کسر مولی را محاسبه نمائیم.

و با استفاده از کسر مولی نسبت مولی را بدست آوریم.

با توجه به اینکه درصد وزنی رطوبت در دسترس است و جرم مولکولی صابون موجود نیست بهتر است

درصدها و نسبت های مولی را تبدیل به درصد و نسبت وزنی تبدیل نمائیم.

فشار جزئی	0	9.66	19.2	28.4	37.2	46.4	55	63.2	71.9	79.5
نسبت مولی	0	0.0129	0.0259	0.0388	0.0515	0.0651	0.078	0.0907	0.1045	0.1168
نسبت وزنی	0	0.008	0.0161	0.0241	0.032	0.0404	0.0485	0.0564	0.0649	0.0726

$$y_A = \frac{P_A}{P_t} \qquad Y_i = \frac{P_i}{P_t - P_i} = \frac{y_i}{1 - y_i} \qquad Y_i = \frac{P_i}{P_t - P_i}\left(\frac{18.02}{29}\right)$$

حال با توجه به در دسترس بودن درصد وزنی رطوبت در صابون ، نسبت وزنی رطوبت در صابون را محاسبه می کنیم.

$$X = \frac{x}{100 - x}$$

درصد وزنی x	0	2.4	3.76	4.79	6.1	7.83	9.9	12.36	15.4	19.02
نسبت وزنی X	0	0.0246	0.0391	0.05	0.065	0.085	0.1099	0.1446	0182	0.235

حال باید نسبت وزنی Yرا بر حسب X رسم نمائیم.

X	0	0.0246	0.0391	0.05	0.065	0.085	0.1099	0.1446	0182	0.235
Y	0	0.008	0.0161	0.0241	0.032	0.0404	0.0485	0.0564	0.0649	0.0726

دو مشخصه (x ,y) را در نقطه ورود و x را در نقطه خروج داریم که پس از تبدیل نمودن آنها به X , Y آنها را روی نمودار مشخص می کنیم.

ورودی $\begin{cases} 16.7\ \% \\ 12\ \% \end{cases} \rightarrow X_1 = \frac{16.7}{100-16.7} = 0.2$ & $Y_1 = \frac{12}{760-12}\left(\frac{18.02}{29}\right) = 0.00996$

خروج $\begin{cases} 13\ \% \\ y\ \% \end{cases} \rightarrow X_2 = \frac{13}{100-13} = 0.1493$

حال باید شیب خط را بدست آوریم که برابر با $-\frac{R_s}{E_s}$ است . اگر فاز هوای حاوی رطوبت را با E و فاز صابون حاوی رطوبت را با R نشان دهیم خواهیم داشت که:

R=10 Kg

R_s= R(1- x) = 10*(1- 0.167) = 8.33 Kg صابون خشک

برای محاسبه E_s لازم است ابتدا E را محاسبه نماییم:

$$V=10m^3 \qquad \& \qquad m=\rho V$$

$$\rho=\frac{PM}{RT}=\frac{101330*29}{8314(273+75)}=1.015\ Kg/m^3$$

$$E=m=\rho V=1.015*10=10.15\ \text{Kg}$$

$$E_S=E(1-y)=10.15*(1-\frac{12}{760})=10.1\ \text{Kg}$$ هوای خشک

چون میزان رطوبت صابون کاهش یافته است، مقدار X_2 از X_1 کوچکتر شده و شیب خط منفی خواهد بود.

$$\text{شیب خط}=-\frac{R_s}{E_s}=\frac{8.33}{10.1}=-0.825$$

$$\frac{Y_2-Y_1}{X_2-X_1}=-\frac{R_s}{E_s} \quad \Rightarrow \quad \frac{Y_2-0.00996}{0.1443-0.2}=-0.825 \quad \Rightarrow \quad Y_2=0.0517$$

چون هوای داخل ظرف توسط هوای تازه جایگزین شده است فشار جزئی بخار آب همان 12mmHg خواهد و مختصات جدید ما در مرحله دوم عبارت است از

$$Y_1 = \frac{12}{760 - 12}\left(\frac{18.02}{29}\right) = 0.00996$$

و مقدار X برابر خواهد بود با : (چون رطوبت صابون به 13% کاهش یافته است)

$$X_1 = \frac{13}{100 - 13} = 0.1493$$

حال باید از نقطه (0.1493 ، 0.00996) خطی به شیب 0.825- رسم نماییم تا منحنی تعادل را قطع نماید(نقطه T) حال از روی شکل مقدار X_2 قابل خواندن می باشد (X_2=0.103) و می توان درصد رطوبت را چنین محاسبه کرد.

$$x_2 = \frac{X_2}{100 + X_2} = \frac{0.103}{1 + 0.103} = 9.33\,\%$$

ب : با توجه به معلوم بودن مختصات نقطه ورود $\begin{cases} X_1 = 0.2 \\ Y_1 = 0.00996 \end{cases}$ و نقطه خروج x=0.04

$$X_2 = \frac{0.04}{1-0.04} = 0.0417 \leftarrow \quad x = 0.04$$

می توان حداقل مقدار هوای مورد نیاز را محاسبه نمود. حداقل هوای مورد نیاز زمانی است که مقدار شیب $-\frac{R_s}{E_s}$ بیشترین مقدار ممکن شود و به ازای یک R_S ثابت هر چه E_S کمتر شود شیب بیشتر خواهد شد و بیشترین شیب زمانی خواهد بود که X_2 روی منحنی تعادل قرار گیرد سپس خط DG را رسم میکنیم و سپس با خواندن Y از روی منحنی E_S را محاسبه می کنیم.

$$\text{Fig} \longrightarrow Y_1 = 0.068$$

$$-\frac{R_s}{E_s} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad \Rightarrow \quad E_s = R_s\left(\frac{X_1 - X_2}{Y_2 - Y_1}\right) \quad \Rightarrow$$

$$E_s = 8.33\left(\frac{0.0417-0.2}{0.00996-0.068}\right) = 2.27 \ Kg$$ هوای خشک

پ)

$E_S = 1.3 * 2.27 = 2.95 \ \ Kg/hr$ هوای خشک

$$R_s(X_2 - X_1) = E_s(Y_1 - Y_2) \quad \Rightarrow$$

$$8.33(0.2 - 0.0417) = 2.95(Y_1 - 0.00996) \quad \Rightarrow \quad Y_1 = 0.0547$$

$$Y_1 = \frac{y_1}{1 - y_1}\left(\frac{18.02}{29}\right) = 0.0547 \Rightarrow y_1 = 0.081 \rightarrow 8.1\%$$

خط تبادل مربوط به این حالت DH است و همانطوریکه روی نمودار مشخص است تعداد مراحل ایده ال آن با استفاده از روش پلکانی برابر با 3 می باشد .