# بسم الله الرحمن الرحیم

# کانه آرایی

## (محاسبات مربوط به پالپ)

**دکترسیدمحمد رضویان**

**عضو هیات علمی دانشگاه کاشان**

# محاسبات مربوط به پالپ ها

- به مخلوط جامد و آب که از مرحله نرم‌کنی وارد سیستم می‌شود، پالپ، دوغاب، گِل‌آب یا اسلاری گفته می‌شود.
- حجم مخازن در بر گیرنده پالپ مهم است، زیرا زمان توقف در واحدهای عملیاتی را تعیین می‌کند.

$$\text{زمان توقف} = \frac{\text{حجم } (m^3)}{\text{دبی } (m^3/h)}$$

**مثال**

اگر $۱۲۰ m^3/h$ پالپ به یک تانک تنظیم کننده با حجم $۲۰ m^3$ وارد شود، زمان توقف ذرات در تانک را محاسبه کنید.

**حل:**

$$\text{زمان توقف} = \frac{\text{حجم } (m^3)}{\text{دبی } (m^3/h)} = \frac{20}{120} = \frac{1}{6} h = 10 \min$$

- اندازه‌گیری دانسیته پالپ توسط توزین حجم مشخصی از پالپ در ظرف استاندارد عملی می‌شود.

$$\text{دانسیته} = \frac{\text{جرم پالپ}}{\text{حجم ظرف}}$$

# محاسبه درصد وزنی جامد پالپ با استفاده از دانسیته پالپ

$X$: درصد جامد برحسب وزن

$D$: دانسیته پالپ $(kg/m^3)$

$S$: دانسیته جامد $(kg/m^3)$

$W$: دانسیته آب $(kg/m^3)$

$V_S$: حجم جامد $(m^3)$

$V_P$: حجم پالپ $(m^3)$

$V_W$: حجم آب $(m^3)$

$m_S$: جرم جامد $(kg)$

$m_W$: جرم آب $(kg)$

$$V_p = V_S + V_W$$

اگر $V_p = 1$ باشد، در نتیجه:

$$V_S + V_W = 1 \Rightarrow \frac{m_S}{S} + \frac{m_W}{W} = 1$$

$$X = \frac{m_S}{m_S + m_W} \times 100$$

$$D = \frac{m_S + m_W}{V_P} \Rightarrow m_S = D - m_W$$

$$X = \frac{D - m_W}{D - m_W + m_W} \times 100 = \frac{100(D - m_W)}{D} \Rightarrow m_W = D - \frac{XD}{100}$$

$$m_S = D - D + \frac{XD}{100} = \frac{XD}{100}$$

$$1 = \frac{\frac{XD}{100}}{S} + \frac{D - \frac{XD}{100}}{W}, \quad W = 1000\, {kg}/{m^3} \Rightarrow X = \frac{100S(D - 1000)}{D(S - 1000)}$$

# محاسبات مربوط به پالپ ها

- اگر $F$ دبی حجمی پالپ $(m^3/h)$ باشد:

$$M = FD\frac{X}{100}$$

$$M = \frac{FS(D-1000)}{(S-1000)}$$

$M$: دبی جرمی جامد خشک $(kg/h)$

## ٤-٣- نسبت رقیق شدن؛ رقت (Dillution Ratio)

$$\text{نسبت رقت} = \frac{\text{وزن آب}}{\text{وزن جامد}} = \frac{m_w}{m_s} = \frac{D-\frac{XD}{100}}{\frac{XD}{100}} = \frac{100-X}{X}$$

وزن آب = وزن جامد × نسبت رقت

## مثال

یک جریان پالپ که شامل کوارتز است به داخل ظرف دانسیته سنج ۱ لیتری منحرف می‌شود، زمان لازم برای پر شدن ظرف ۷ ثانیه می‌باشد. دانسیته پالپ توسط یک ترازوی کالیبره شده $1400 kg/m^3$ تعیین شد. اگر دانسیته کوارتز $2650 kg/m^3$ باشد، درصد جامد وزنی و دبی جرمی کوارتز در پالپ را محاسبه کنید.

**حل:**

$$X = \frac{100S(D-1000)}{D(S-1000)} \Rightarrow X = \frac{100\times 2650\times(1400-1000)}{1400\times(2650-1000)} = 45.9\%$$

$$F = \frac{1lit}{7s}\times\frac{3600s}{1h}\times\frac{1m^3}{1000lit} = 0.51\,{}^{m^3}/_{h}$$

$$M = 0.51\times 1400\times\frac{45.9}{100} = 327.73\,{}^{kg}/_{h}$$

کوارتز وارد شده

**مثال**

یک کارخانه فلوتاسیون $500\ t/h$ ماده جامد را فرآوری می‌کند، پالپ خوراک شامل ۴۰٪ جامد بر حسب وزن است و برای ۵ دقیقه با مواد شیمیایی تنظیم می‌شود. حجم تانک مورد نیاز برای تنظیم را محاسبه کنید. (دانسیته جامد $2700\ kg/m^3$)

**حل:**

$$\text{دبی حجمی جامد در پالپ} = \frac{\text{دبی جرمی}}{\text{دانسیته}} = \frac{500 \times 1000\ ^{kg}/_{h}}{2700\ ^{kg}/_{m^3}} = 185.2\ ^{m^3}/_{h}$$

$$\text{دبی جرمی آب در پالپ} = \text{دبی جرمی جامد} \times \text{نسبت رقت} = \frac{100-40}{40} \times 500 = 750\ ^{t}/_{h}$$

$$\text{دبی حجمی آب} = \frac{750\ ^{t}/_{h}}{1\ ^{t}/_{m^3}} = 750\ ^{m^3}/_{h}$$

$$\text{دبی حجمی پالپ} = 750\ ^{m^3}/_{h} + 185.2\ ^{m^3}/_{h} = 935.2\ ^{m^3}/_{h}$$

$$\text{زمان توقف} = \frac{\text{حجم}}{\text{دبی حجمی}}$$

$$\text{حجم} = 5\,\text{min} \times \frac{1h}{60\,\text{min}} \times 935.2\ ^{m^3}/_{h} = 77.9 m^3$$

بسم الله الرحمن الرحیم

# کانه آرایی

## (نمونه برداری)

**دکترسیدمحمد رضویان**

**عضو هیات علمی دانشگاه کاشان**

# مقدار نمونه لازم برای حسابرسی متالورژیکی

## محاسبه حداقل مقدار نمونه مورد نیاز (فرمول جی Gy's Equation):

$$\frac{ML}{L-M}=\frac{Cd^3}{R^2}$$

**M**: کمترین مقدار نمونه مورد نیاز *(g)*

**L**: وزن موادی است که بایستی نمونه‌گیری شود *(g)*

**C**: ثابت نمونه‌گیری *($g/cm^3$)*

**d**: اندازه بزرگترین ذره‌ای که قرار است نمونه‌گیری شود *(cm)*

**R**: نشان‌دهنده خطای نمونه‌گیری است (انحراف معیار نسبی)

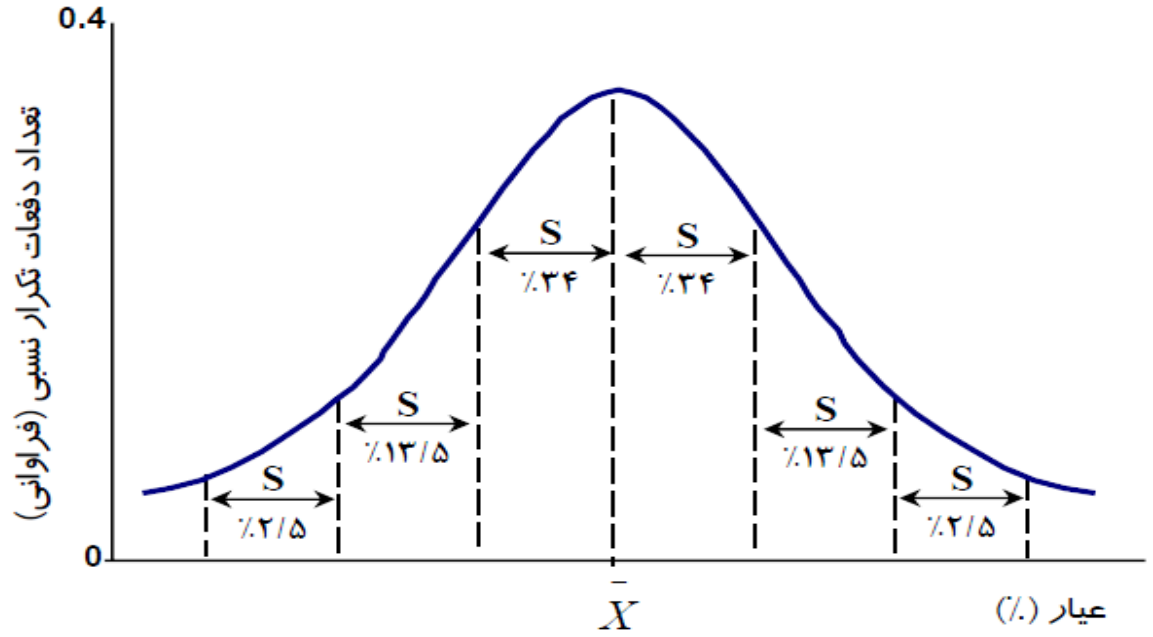
$$R=\frac{S}{\bar{X}}$$

$$\lim_{L\to\infty}\frac{ML}{L-M}=\frac{ML}{L\left(1-\frac{M}{L}\right)}=\lim_{L\to\infty}\frac{M}{1-\frac{M}{L}}=M$$

بنابراین:

$$M=\frac{Cd^3}{R^2}$$

# انحراف معیار (Standard Deviation; S)




شکل ۳-۱- نمودار فراوانی عیار

| عیار (٪) | سطح اطمینان |
|---|---|
| ۲۸/۹ ± ۰/۳<br>۲۸/۶ < X< ۲۹/۲ | ٪۶۸ |
| ۲۸/۹ ± ۲×۰/۳<br>۲۸/۳ < X< ۲۹/۵ | ٪۹۵ |
| ۲۸/۹ ± ۳×۰/۳<br>۲۸/۰ < X< ۲۹/۸ | ٪۹۹ |

**اگر:** عیار متوسط= ٪۲۸/۹

انحراف معیار (S) = ٪۰/۳

انحراف معیار نسبی ($R$) را برای سنگ معدنی حاوی مس با عیار ۱/۹ تا ۲٪ در سطح اطمینان ۹۵٪، محاسبه کنید.

حل:

$$4S = 2\text{-}1.9 = 0.1 \Rightarrow S = \frac{0.1}{4} = 0.025$$

$$\bar{X} = \frac{1.9+2}{2} = 1.95$$

$$R = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{0.025}{1.95} = 0.013$$

### ۳-۲-٤- ثابت نمونه‌گیری (Sampling Constant; C)

$$C = fglm$$

$f$: فاکتور شکل ذرات، معمولاً عدد ۰/۵ به آن تخصیص داده می‌شود.

جدول ۳-۲- مقادیر فاکتور شکل ذرات در فرمول ثابت نمونه‌گیری

| شکل ذرات | کروی | شبه کروی (دایره‌ای) | چهارگوش | دراز | ورقه‌ای |
|---|---|---|---|---|---|
| فاکتور $f$ | ۱ | ۰/۸ | ۰/۷ | ۰/۶ | ۰/۵ |

$g$: فاکتور دامنه دانه‌بندی. اگر ۹۵٪ وزنی نمونه شامل ذرات زیر $d$ سانتیمتر و ۹۵٪ وزنی نمونه شامل ذرات درشت‌تر از $d'$ سانتیمتر باشد، مقادیر $g$ بصورت جدول ۳-۳ می‌باشد.

جدول ۳-۳- مقادیر فاکتور دامنه دانه‌بندی در فرمول ثابت نمونه‌گیری

| دامنه دانه‌بندی | | مقدار $g$ |
|---|---|---|
| وسیع | $\frac{d}{d'} > 4$ | ۰/۲۵ |
| معمولی | $2 \le \frac{d}{d'} \le 4$ | ۰/۵ |
| کم | $\frac{d}{d'} < 2$ | ۰/۷۵ |
| تک دانه‌ای | $\frac{d}{d'} = 1$ | ۱ |

$$l = \left(\frac{\ell}{d}\right)^{1/2}$$

$l$: فاکتور آزادی، $\ell$ : اندازه‌ای که در آن کانی با ارزش آزاد است.

$$m = \frac{1-a}{a}\left[(1-a)\gamma + at\right]$$

$m$: فاکتور ترکیب کانی‌شناسی (وزن نمونه بازاء حجم کانی با ارزش) $(g/cm^3)$

$\gamma$: **چگالی** کانه با ارزش $(g/cm^3)$

$t$: **چگالی** گانگ $(g/cm^3)$

$a$: کسری از مواد که شامل کانی با ارزش است

**مثال**

یک کارخانه فرآوری سرب با عیار ۵٪ سرب، قرار است با دقت ۰/۱٪ ± (۹۵ دفعه از ۱۰۰) نمونه‌برداری شود. گالن از گانگ کوارتز در اندازه ۱۵۰$\mu m$ آزاد می‌شود. برای دو حالت زیر حداقل مقدار نمونه چقدر باید باشد؟

۱) وقتی ذرات ۲۵$mm$ هستند.

۲) وقتی ذرات ۰/۱۵$mm$ هستند.

**حل:**

**حالت ۱**

$2S=0.1 \Rightarrow S=0.05$

$$R=\frac{0.05}{5} \Rightarrow R=0.01$$

$$l=\left(\ell/d\right)^{1/2}=\left(\frac{0.015}{2.5}\right)^{1/2}=0.077$$

| | PbS | Pb |
|---|---|---|
| Pb وزن اتمی = 207<br>S وزن اتمی = 32 | 239 | 207 |
| | $a$ | $0.05 \Rightarrow a=0.058$ |

$\gamma_3$= 7.5 $g/cm^3$ , t = 2.65 $g/cm^3$ $\Rightarrow$ $m=\frac{1-0.058}{0.058}\left[(1-0.058)7.5+0.058\times 2.65\right] \Rightarrow m=117.2\ g/cm^3$

اگر فرض شود که کوچکترین اندازه ذره ۱۵۰ میکرون باشد:

$$d/d' = 25/0.15 = 166.7 \Rightarrow g = 0.25$$

$$C = fglm \Rightarrow C = 0.5 \times 0.25 \times 0.077 \times 117.2 = 1.13\ g/cm^3$$

$$M = \frac{Cd^3}{R^2} = 1.13 \times \frac{(2.5)^3}{(0.01)^2} \Rightarrow M = 176.56kg$$

**حالت ۲**

اگر فرض شود که کوچکترین اندازه ذره ۵۰ میکرون باشد:

$$d/d' = 0.15/0.05 = 3 \Rightarrow g = 0.5$$

$$l = \left(\ell/d\right)^{1/2} = \left(\frac{0.015}{0.015}\right)^{1/2} = 1$$

$$C = 0.5 \times 0.5 \times 1 \times 117.2 = 29.45\ g/cm^3$$

$$M = 29.45 \times \frac{(0.015)^3}{(0.01)^2} \Rightarrow M = 1g$$

# مقدار نمونه لازم برای تعیین اندازه ذرات (دانه بندی)

- در صورتی که هدف از نمونه‌برداری دانه‌بندی ( تعیین توزیع اندازه ذرات) باشد، رابطه زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$m = \frac{20bfgd^3}{S^2}$$

که در این رابطه $b$ چگالی ماده معدنی است.

# مقدار نمونه لازم برای تعیین اندازه ذرات (دانه بندی)

- **مثال: حداقل نمونه لازم را برای تجزیه سرندی خوراک ورودی آسیا با حداکثر اندازه ۱/۲ سانتیمتر و خطای نسبی ۵٪، محاسبه کنید. ( چگالی سنگ معدن ۳ $g/cm^3$ است).**

- **پاسخ:**

$$m = \frac{20bfgd^3}{S^2} = \frac{20 \times 3 \times 0.5 \times 1 \times (1.2)^3}{(0.05)^2} = 20736\ g$$

# Cross-Belt Sample Splitter

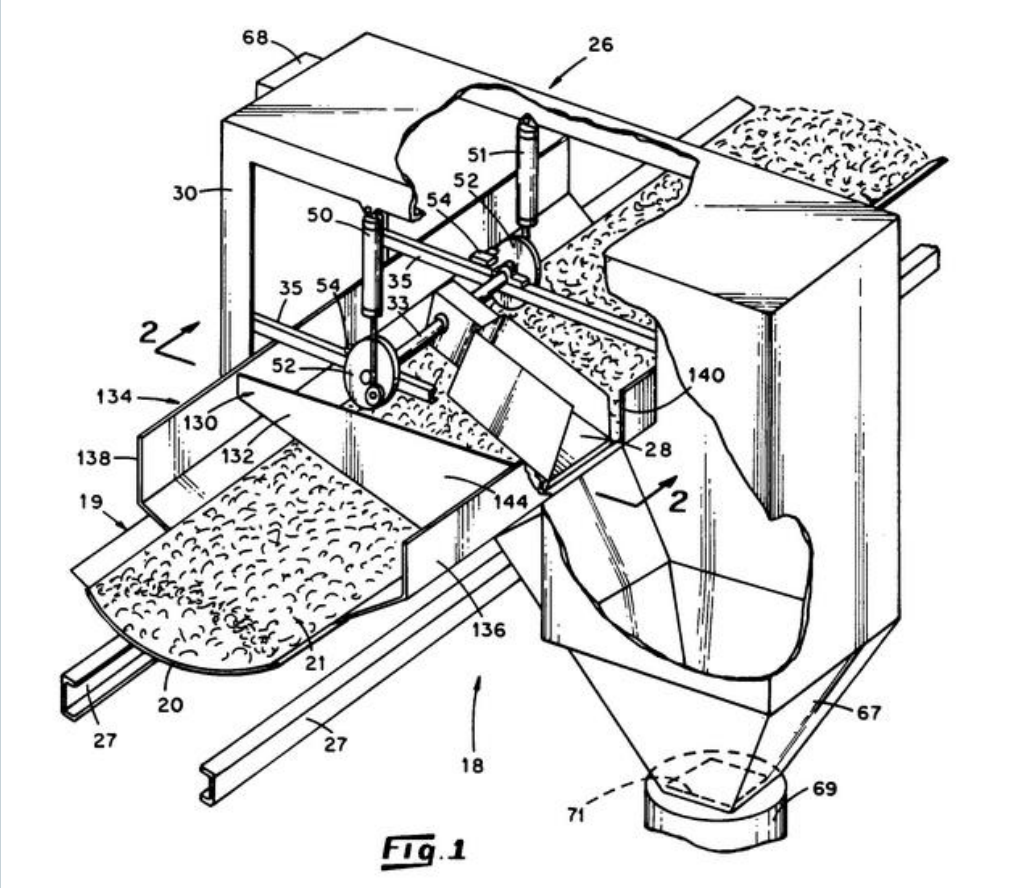
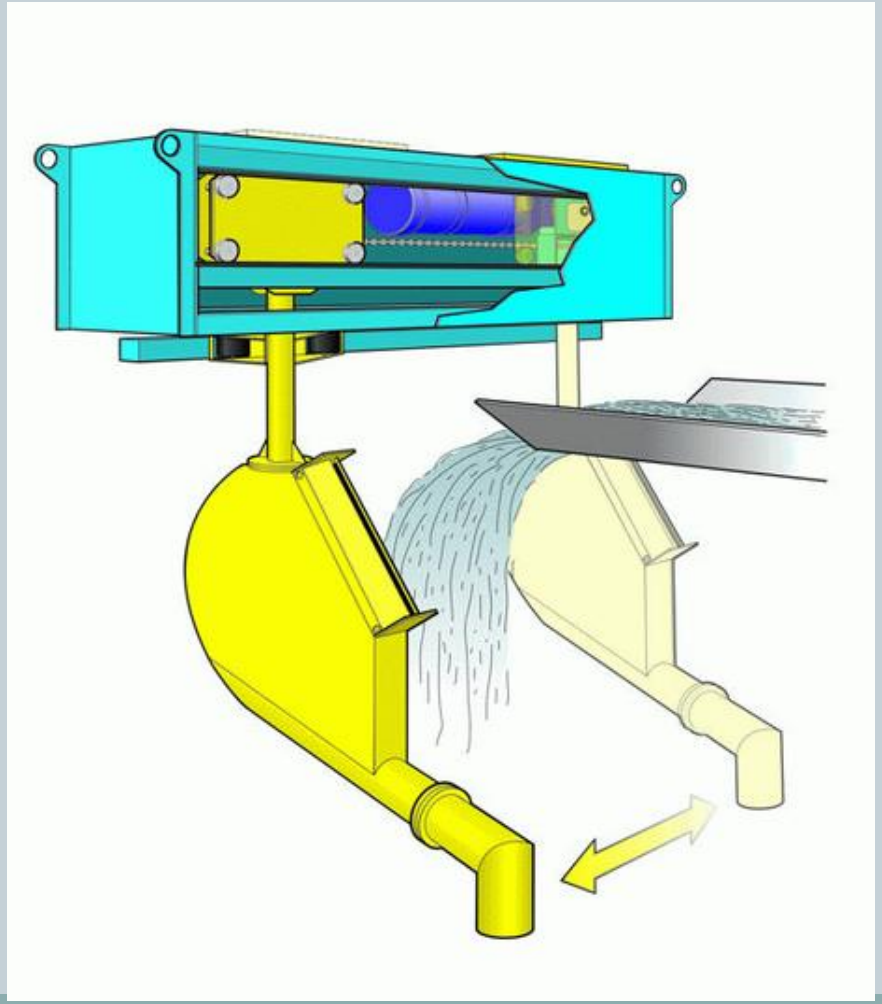
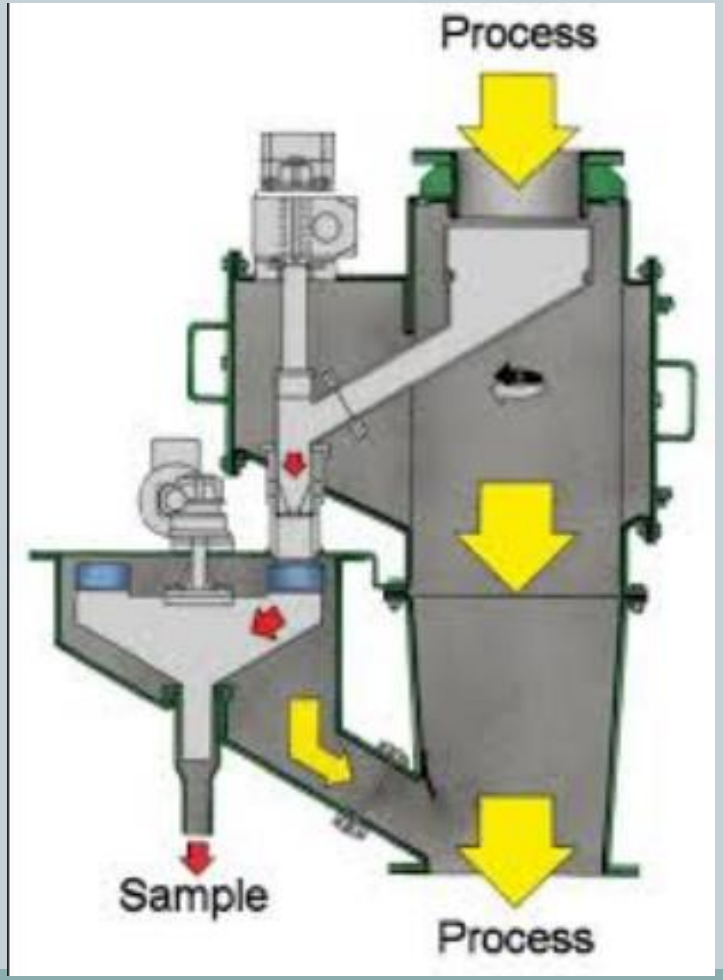


Fig. 1

# Moving Gang Sampler



# Two-stage Continuous Flow Thief Sampler



# Rotary Sample Splitter