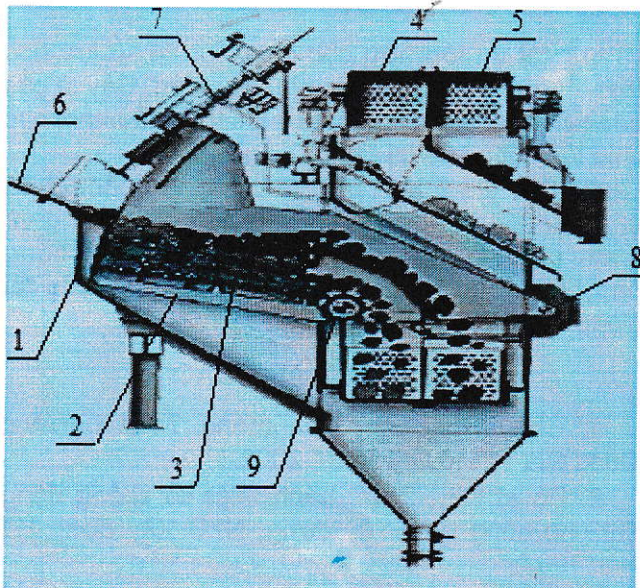


LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA HẠT KHOÁNG TRONG MÁY LẮNG LƯỚI CHUYỂN ĐỘNG

TS. NHỮ THỊ KIM DUNG, TS. PHẠM HỮU GIANG
Trường Đại học Mỏ-Địa chất

1. Cấu tạo máy lắng lưới chuyển động ROMJIG

Máy lắng lưới chuyển động ROMJIG (H.1) có cấu tạo gồm thùng máy 1, bên trong thùng máy có lắp khung lưới 2. Hai gầu tròn vận chuyển đá 4 và vận chuyển than 5, máng cấp liệu 6 và bộ phận truyền động thủy lực 7 để truyền chuyển động cho khung lưới chuyển động quanh trục cố định. Guồng quay 9 có tác dụng điều chỉnh tốc độ tháo đá vào guồng tháo đá.



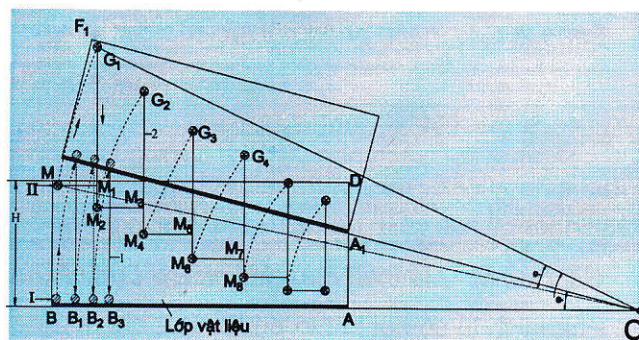
H.1. Máy lắng lưới chuyển động ROMJIG

2. Sự chuyển động của các hạt khoáng

Giả sử lớp vật liệu có chiều dày H đi vào mặt lưới máy lắng có tiết diện $ABCD$. Xem xét chuyển động của 2 hạt khoáng có tỷ trọng lớn ở 2 vị trí giới hạn trên và dưới lớp vật liệu, ngay sau khi đi vào đầu lưới máy lắng (H.2).

Hạt I nằm dưới đáy lớp vật liệu tại điểm B, hạt II nằm trên mặt lớp vật liệu tại điểm C. Khi lưới máy lắng đi lên, vật liệu bị ép vào lưới, nên các hạt có thể xem gần đúng là không dịch chuyển trong lòng

lớp vật liệu, chỉ khi lưới máy lắng đi xuống mới có sự khác nhau trong hành vi của các hạt.



H.2. Chuyển động của các hạt khoáng trên lưới khi lưới nằm ngang: 1 - Đường đi của hạt I; 2 - Đường đi của hạt II; H - Chiều dày lớp vật liệu; BA - Chiều dài của lưới.

Khi lưới máy lắng đi xuống, các hạt khoáng có 2 chuyển động: chuyển động thứ nhất theo lưới, trong thời điểm lực nâng của dòng nước đi lên qua các lỗ lưới chưa đủ lớn để tách vật liệu ra khỏi lưới, khi đó hạt chuyển động theo quỹ đạo cung tròn (thời gian này rất ngắn); chuyển động thứ hai là chuyển động rơi (vướng mắc) thẳng đứng trong lớp vật liệu. Tổng hợp của 2 chuyển động đó là quỹ đạo đi xuống của hạt hơi cong. Do chuyển động thứ nhất xảy ra rất ngắn, nên để đơn giản hóa, bài toán có thể xem gần đúng là hạt chuyển động xuống theo đường thẳng đứng.

a) Hạt I:

Giả sử trong quá trình phân tuyển hạt luôn nằm ở dưới đáy lớp vật liệu, lúc đó ở chu kỳ thứ nhất hạt đi được quãng đường BB_1 trên lưới, ở chu kỳ thứ hai hạt đi được quãng đường B_1B_2 , ở chu kỳ thứ ba - quãng đường B_2B_3 , v.v... Tổng chiều dài hạt đi được sau m chu kỳ sẽ là:

$$S_{m,I} = BB_1 + B_1B_2 + B_2B_3 + \dots + B_{m-1}B_m$$

b) Hạt II:

Do nằm ở vị trí cao hơn hạt I nên khi lưới quay một góc φ hạt sẽ vạch một cung tròn dài hơn nếu

kể từ mặt nằm ngang OB và do vậy khi rơi xuống sẽ có đoạn đường dài hơn theo phương nằm ngang. Ở chu kỳ 1 hạt đi được đoạn CC_1 (tương ứng với đoạn BB_1 của hạt I), $CC_1 > BB_1$. Sau chu kỳ thứ nhất hạt rơi xuống điểm C_2 , ở vị trí cao hơn hạt I. Do đó ở chu kỳ thứ 2 hạt đi được quãng đường

$C_2C_3 > B_1B_2$. Sau chu kỳ thứ 2 hạt rơi xuống điểm C_4 vẫn cao hơn hạt I, nên sau chu kỳ thứ 3 hạt sẽ đi được đoạn $C_4C_5 > B_2B_3$, v.v... Sau m chu kỳ hạt II đi được quãng đường:

$$S_{m,II} = CC_1 + C_2C_3 + C_4C_5 + \dots + C_{m-1}C_m$$

Rõ ràng $S_{m,II} > S_{m,I}$.

Bảng 1. Những đặc điểm chuyển động của vật liệu trong máy lắng lưới cố định và máy lắng lưới chuyển động cong [1÷3].

Dấu hiệu	Máy lắng lưới cố định (máy lắng màng lác; máy lắng khí ép)	Máy lắng lưới chuyển động cong
Sự tơi xốp của lớp vật liệu	Do dòng nước chuyển động lên rất lớn được tạo ra do khí ép hoặc màng lác ở nửa chu kỳ dòng nước lên.	Dòng nước lên rất nhỏ do hạt khoáng rơi trước chiếm chỗ và một phần do nan lưới chuyển động xuống dưới tạo nên dòng nước đi lên qua lỗ lưới.
Tốc độ dòng nước ngang được tạo ra	Rất lớn, do chi phí nước cấp theo vật liệu đầu 3÷4 m ³ /t than đưa vào tuyển. Tốc độ này duy trì tương đối đều trong hầu hết khoảng thời gian của chu kỳ lắng.	Rất nhỏ ở đoạn đầu lưới và giai đoạn đầu khi lưới chuyển động lên (do chi phí nước khoảng 0,5÷0,8 m ³ /t than tuyển). Ở giai đoạn cuối khi lưới chuyển động đi lên do lớp vật liệu nén chặt không cho nước đi xuống dưới lưới, lưới chuyển động cong sẽ đẩy dòng nước lớp trên chuyển động trên mặt phẳng nghiêng với tốc độ khá lớn ở cuối lưới máy lắng.
Đặc điểm chuyển động theo phương ngang của hạt khoáng	Các hạt chuyển động theo phương ngang là do lực tác dụng của dòng nước tải cấp theo vật liệu đầu tạo nên. Các hạt chuyển động với tốc độ khác nhau do đặc điểm dòng nước chảy trên mặt phẳng tạo ra và do khối lượng riêng, độ hạt và nồng độ hạt khoáng ở dạng tơi xốp quyết định.	Các hạt khoáng chuyển động theo phương ngang được là do lực nâng của lưới theo quỹ đạo cung tròn và do lực tác dụng của dòng nước đẩy ngang khi lưới chuyển động cong ở nửa chu kỳ lưới chuyển động lên trên. Hạt khoáng nằm lớp dưới chuyển động với tốc độ nhỏ, di chuyển chủ yếu do lực nâng của lưới chuyển động cong. Hạt khoáng nằm lớp trên chuyển động với tốc độ lớn do tác dụng của cả hai lực (lực nâng của lưới và lực đẩy của dòng nước chảy theo mặt phẳng nghiêng).
Đặc điểm chuyển động theo phương thẳng đứng của hạt khoáng (phân tầng)	Các hạt chuyển động theo phương thẳng đứng do rơi vướng mắc tạo ra. Giai đoạn đầu khi rơi mức độ tơi xốp của lớp vật liệu lớn (do dòng nước đi lên mạnh làm bung lớp vật liệu trên lưới), nồng độ thể tích của vật liệu nhỏ. Sau đó khi dòng nước lên yếu dần và đi xuống, nồng độ thể tích vật liệu tăng dần và sít chặt.	Các hạt chuyển động theo phương thẳng đứng do rơi vướng mắc tạo ra. Giai đoạn đầu khi rơi mức độ tơi xốp của lớp vật liệu nhỏ (toàn bộ lớp vật liệu đặc sít cùng rơi), nồng độ thể tích của vật liệu lớn. Sự tơi xốp lớn nhất ở giữa thời kỳ lưới chuyển động xuống dưới.
Chiều dày lớp vật liệu	Theo chiều dài lưới, chiều dày lớp vật liệu trên bề mặt lưới hầu như không đổi.	Theo chiều dài lưới, chiều dày lớp vật liệu trên bề mặt lưới tăng dần về phía cuối máy. Như vậy có những hạt nặng sau khi phân tầng xong vẫn bị đẩy lên phía trên tương đối so với mặt lưới.

c) Nhận xét

Như vậy hạt càng nằm ở vị trí cao so với mặt nằm ngang thì càng đi được quãng đường dài hơn trên mặt lưới theo hướng B→O và điều đó có nghĩa là tốc độ chuyển động của các hạt nằm ở vị

trí cao so với mặt lưới sẽ lớn hơn tốc độ chuyển động của các hạt nằm ở vị trí thấp hơn.

Trong quá trình dao động của lưới, do kết quả phân tuyển, các hạt có tỷ trọng lớn, các hạt có kích thước lớn sẽ chìm xuống dưới nên tốc độ chuyển

động trên mặt lưới của hạt đó sẽ chậm hơn. Ngược lại, các hạt có tỷ trọng nhỏ hơn và các hạt có kích thước nhỏ hơn sẽ dần dần bị đẩy lên phía trên lớp vật liệu nên có tốc độ chuyển động trên mặt lưới ngày một nhanh hơn.

Đồng thời nếu lưới máy lắng được đặt nghiêng một góc α nào đó thì khi lưới quay một góc φ , cung tròn đi được kể từ mặt nằm ngang càng dài hơn và do đó các đoạn đường hạt đi được trên mặt lưới (các đoạn BB_1 , B_1B_2 ,..., CC_1 , C_2C_3 ,...) càng dài hơn. Kết quả là tốc độ chuyển động của các hạt trên lưới sẽ nhanh hơn theo quy luật đã nêu trên.

3. Lập mô hình quan hệ

3.1. Đặc điểm hoạt động của máy lắng lưới chuyển động

Khi đưa vật liệu vào tuyển, hạt khoáng chuyển động trên lưới máy lắng cùng với nhiều hạt khoáng khác cũng chuyển động. Do hai loại máy lắng lưới cố định và máy lắng lưới chuyển động cong tạo ra các lực tác dụng vào hạt khoáng rất khác nhau nên phương thức chuyển động của các hạt khoáng trên lưới máy lắng cũng rất khác nhau.

Các hạt khoáng chuyển động theo phương thẳng đứng (phân tầng) với tốc độ rơi vướng mắc. Các lực tác dụng vào hạt khoáng khi rơi vướng mắc của hai loại máy lắng gần tương tự nhau.

Đặc điểm chuyển động của một hạt khoáng trong hỗn hợp hạt khoáng chuyển động trên lưới giữa hai loại máy lắng, máy lắng lưới chuyển động và máy lắng lưới cố định được thể hiện trong Bảng 1.

Để lập mô hình cần giản lược một số yếu tố lý tưởng hóa điều kiện hoạt động của máy lắng, cụ thể là:

- ❖ Trước mắt xem độ nghiêng của lưới gần bằng 0 (vì chỉ $4 \div 7^\circ$).

- ❖ Bỏ qua tốc độ chuyển động ngang của hạt khoáng do dòng nước ngang và do dòng nước xoáy ngang.

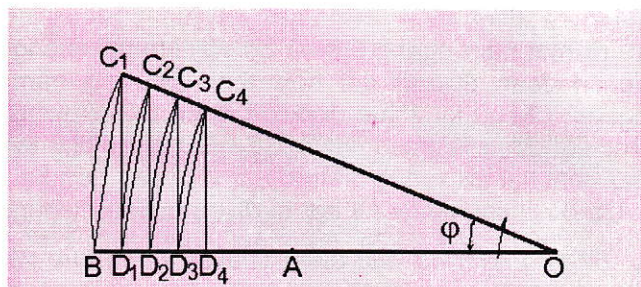
- ❖ Bỏ qua tác động khi lưới nâng lên đẩy hạt trượt xuôi theo chiều dài lưới.

- ❖ Bỏ qua dòng nước đi lên do hạt khoáng xuống trước chiếm chỗ, khi lưới chuyển động xuống.

Bốn sự giản lược này sẽ được hiệu chỉnh sau đó bằng các hệ số.

3.2. Quỹ đạo đi của hạt trên mặt lưới

Giả thiết hạt I là các hạt có tỷ trọng lớn (đá), kích thước lớn. Hạt đá nằm trên mặt lưới thì với xác suất lớn nó không nổi lên trên mà tiếp tục chuyển động trên lưới như H.3 (trong trường hợp lý tưởng).



H.3. Chuyển động của hạt I trên mặt lưới

$OB=R$; $C_1D_1=h$ =biên độ; BA =chiều dài lưới= L ; BC_1 =dây cung= $2R\sin(\varphi/2)$.

- ❖ Nửa đầu dao động thứ nhất kể từ khi hạt khoáng đi vào điểm B (đầu lưới), hạt sẽ được nâng lên điểm C_1 , nửa sau của dao động thứ nhất hạt rơi xuống điểm D_1 .

- ❖ Dao động thứ 2 tiếp đó hạt sẽ được nâng lên điểm C_2 sau đó rơi xuống điểm D_2 .

- ❖ Dao động thứ 3 hạt được nâng lên điểm C_3 và xuống điểm D_3 , v.v.

Như vậy bắt đầu từ điểm B, không phụ thuộc tần số, hạt sẽ chuyển động theo đường zíc zắc $BC_1D_1C_2D_2C_3D_3C_4D_4$... cho tới khi vượt qua điểm A (cuối lưới) vào các sản phẩm tương ứng (trường hợp các hạt không đi tới đỉnh C_1 , C_2 , C_3 ,... và đáy D_1 , D_2 , D_3 ,... sẽ được giải thích sau).

Ta rút ra các công thức:

- ❖ Dao động 1:

$$C_1D_1=R\sin\varphi$$

$$BD_1=2R\sin^2\frac{\varphi}{2}$$

- ❖ Dao động 2:

$$C_2D_2=R\sin\varphi.\cos\varphi$$

$$D_1D_2=2R\sin^2\frac{\varphi}{2}\cos\varphi$$

- ❖ Dao động 3:

$$C_3D_3=R\sin\varphi.\cos^2\varphi$$

$$D_2D_3=2R\sin^2(\varphi/2)\cos^2\varphi$$

- ❖ Dao động 4:

$$C_4D_4=R\sin\varphi.\cos^3\varphi$$

$$D_3D_4=2R\sin^2(\varphi/2)\cos^3\varphi$$

.....

- ❖ Dao động thứ m:

$$C_mD_m=R\sin\varphi.\cos^{m-1}\varphi$$

$$D_{m-1}D_m=2R\sin^2\frac{\varphi}{2}\cos^{m-1}\varphi$$

Sau m dao động quỹ đạo đi của hạt khoáng I trên lưới sẽ là $S_{m,I}$

$$S_{m,I}=BD_1+D_1D_2+D_2D_3+D_3D_4+\dots+D_{m-1}D_m$$

$$\begin{aligned}
 S_{m,l} &= 2R\sin^2 \frac{\varphi}{2} + 2R\sin^2 \frac{\varphi}{2} \cos\varphi + 2R\sin^2 \frac{\varphi}{2} \cos^2\varphi \\
 &+ 2R\sin^2 \frac{\varphi}{2} \cos^3\varphi + \dots + 2R\sin^2 \frac{\varphi}{2} \cos^{m-1}\varphi \\
 &= 2R\sin^2 \frac{\varphi}{2} (1 + \cos\varphi + \cos^2\varphi + \cos^3\varphi + \dots + \cos^{m-1}\varphi) \\
 &= 2R\sin^2 \frac{\varphi}{2} \cdot 1 \cdot \frac{\cos^m\varphi - 1}{\cos\varphi - 1} \\
 S_{m,l} &= 2R\sin^2 \frac{\varphi}{2} \cdot \frac{\cos^m\varphi - 1}{\cos\varphi - 1} \quad (1)
 \end{aligned}$$

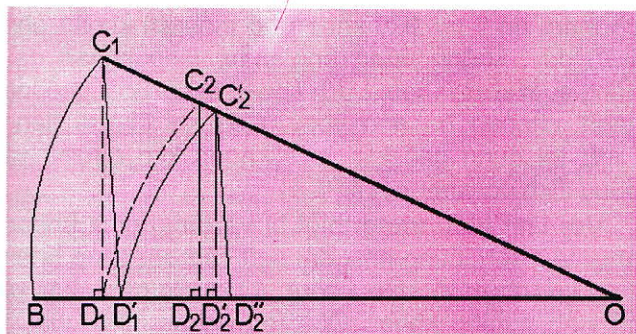
Tiếp theo xem xét đến 3 yếu tố sau:

❖ Lưới máy lắng có độ nghiêng $4 \div 7^\circ$, do đó tạo một lực đẩy bổ sung đẩy hạt chuyển động dọc theo lưới từ trái sang phải, $B \rightarrow O$.

❖ Dòng nước cấp đầu máy nhỏ và khi lưới chuyển động lên trên, vật liệu trên lưới bị ép chặt không cho nước trên lưới đi qua vật liệu, qua lưới xuống dưới, khi đó một lượng nước trên lưới bị chuyển động cong của lưới đẩy hạt trôi dọc theo lưới (gần tương tự như hạt chuyển động trên mặt phẳng nghiêng).

❖ Khi lưới chuyển động lên, nâng vật liệu lên, có thể hạt khoáng bị trượt theo chiều dài lưới theo hướng $B \rightarrow O$.

Kết quả 3 lực đẩy trên sẽ làm cho đường chuyển động của hạt có dạng sau:



H.4. Đường chuyển động thực tế của hạt:
 $BD_1' > BD_1$; $BD_2'' > BD_2$,

Tức là sau m dao động hạt sẽ đi được một quãng đường $S_{m,l}' > S_{m,l}$. Để hiệu chỉnh ta đưa hệ số tăng $K_1 > 1$ vào công thức sẽ được:

$$S_{m,l}' = 2K_1 R \sin^2 \frac{\varphi}{2} \cdot \frac{\cos^m\varphi - 1}{\cos\varphi - 1} \quad (2)$$

Nhận xét:

Công thức (2) cho thấy: Vì $\cos\varphi < 1$ nên $\cos^m\varphi < \cos^{m-1}\varphi$, có nghĩa là quãng đường đi được của hạt ở chu kỳ sau luôn nhỏ hơn ở chu kỳ trước, tức là chuyển động chậm dần trên mặt lưới. Điều này cũng tương tự cho hạt II ở phía trên, tức là:

$$CC_1 > C_2C_3 > C_4C_5 > C_6C_7 > \dots$$

Hệ quả là vật liệu bị dồn tích vào cuối lưới. Điều đó cũng đã được chứng minh bằng thực tế làm việc của máy lắng: chiều dày lớp vật liệu tăng dần về phía cuối lưới.

❖ Góc φ phụ thuộc vào biên độ dao động của lưới, $C_1D_1 = R\sin\varphi = h \rightarrow \varphi = \arcsin(h/R)$. Do đó các công thức (1), (2) biểu diễn đường đi của hạt I trên lưới phụ thuộc vào biên độ φ và số lần dao động m của lưới.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã chứng minh bằng lý thuyết như sau:

❖ Tốc độ chuyển động trên lưới máy lắng của các hạt khoáng có tỷ trọng nhỏ, kích thước nhỏ nhanh hơn các hạt khoáng có tỷ trọng lớn, kích thước lớn.

❖ Tốc độ chuyển động của các hạt chậm dần từ đầu cấp liệu đến đầu tháo sản phẩm. Do đó chiều dày lớp vật liệu cuối lưới cao hơn đầu lưới.

❖ Quãng đường đi của hạt khoáng trên lưới phụ thuộc vào biên độ và tần số dao động của lưới. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Hữu Giang, Ninh Thị Mai, Bài giảng Tuyển trọng lực, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, năm 2000.
2. Coal Preparation HUMBOLDT WEDAG.
3. Properties of a Jigging Bed Analyzed with a High Speed Analyzer (Part 2): A Series of Motion Equations of the Water in the Jig, Y. L. Kuang, J. X. Xie, and Z. S. Ou, China University of Mining & Technology, Xuzhou, Jiangsu, China. In order to help explain stratification in a jig, it is useful to study.

Người biên tập: Trần Văn Trạch

SUMMARY

Moving screen jig has been applied in mineral processing since the end of XX century. Working principle of this type of jigs is totally different from conventional jigs. Study into movement principle of the screen, into movement principle of mineral particles on the screen thus is necessary. The study is to explain differential movement of mineral particles due to size and density effects in jigging process. Results of the study can be used for design purposes of moving screen jigs.