Industrial pharmacy

Saef dawwas

Artery

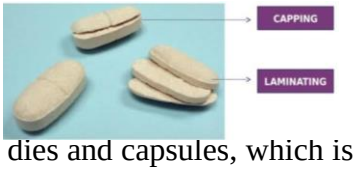
Powder flow

Dr. Isra Dmour

Credit: Prof. Nizar Al-Zoubi

Powder flow

Powders are generally considered to be composed of solid particles of the same or different chemical compositions having equivalent diameters less than 1000 μm.



Importance of free powder flow

A. Reproducible and uniform filling of tablet dies and capsules, which is necessary for weight uniformity of these dosage forms, requires free flowing of the powder from the feeder.
B. Uneven powder flow can result in excess entrapped air within powders, which may promote problems (capping and lamination).
C. Many industrial processes that require powder movement from one location to another (such as mixing, feeding, transfer, and fluidization) are affected by powder flow properties.

عمليات التصنيع مبنية على فكرة انه الباودر بينزل من مكان معين وبتعبى بقالب وبعدين بيجي المكبس بيكبسه وبيعطيني الحبة اللي هي بتكون حبة مضغوطة وال powder بنزل من اشي بشبه ال funnel اسمو hupper (هوه الي بغذي الباودر جوا القالب)هيك فهمنا مبدأ ال filling
فهسا حبة الدوا لازم يكون فيها مثلا بالضبط 500 ملي جرام هذا الشيء بيتطلب شغلتين اول اشي انه المواد يكونوا مخلوطين بشكل منيح زي ما اخذنا بال mixing و في عندي عامل ثاني مهم لو انا خلطت بشكل ممتاز لكن في عندي حبة طلع وزنها 700 وحبة طلع وزنها 1000 وحبة طلع وزنها 400 اشي طبيعي انه راح يكون عندي اختلاف الحبة اللي وزنها اكبر راح يكون فيها كمية دواء اكثر على اعتبار انه احنا خلطنا بشكل منيح اذا انا مطلوب مني شغلتين الخلطالان الاشي التاني انه يكون عندي ال weight uniformity مثلا لما اعبي باودر جوا تابلت واكبسوا فالباودر المضغوط بوخذ حيز اقل من الباودر العادي لانو المكبس بخفف او بلغي الفراغات بين الجزيئات او بقلصها بشكل كبير جدا فبطلع عندي الحبة بهادا الشكل او بهادا الحجم
لازم يتعبي القالب هادا بشكل كامل لما يتعبى القالب دائما بشكل كامل معناته ال volume ثابت اذا ال volume ثابت معناته وزن الحبة ثابت واذا وزن الحبة ثابت والخلط منيح راح تكون تقريبا بتحتوي على كمية دواء تقريبا ثابتة احنا بنحكي مش ثابتة مية بالمية لانو هادا بكون ناتج عن نتيجة اختلاف بسيط في وزن الحبة لكن هادا بكون مقبول اذا كان عندي دائما القالب عم بتعبى بشكل كامل لانو جريان الباودر كويس وما بتحشر لما ينزل من ال hopper
نفس الشيء في الكبسولات في كل الكبسولات فيها تقريبا نفس الحجم وهادا بتطلب وجود powder ممكن ينتج عنه كمية كبيرة من الهوا الداخل الباودر لما نيجي نكبس الحبة بتفصل الحبة من الزاوية تبعتها وهادا بنسميه ال lamination

cohesive هو الترابط بين سطحين الجزيئات ضمن المادة نفسها (مثلا بين جزيئات الملح)

adhesive هو الترابط بين سطحين مادتين مختلفات (مثلا بين الملح والمملحة)

كل ما زاد نوعين الترابط هذول بكون ال flow سيء لانو بدنا كل جزيء يكون لحالو ما بدنا قوة رابطة قوية وهاي القوة بتكون اكثر بين الجزيئات الصغيرة والرطوبة كمان بتأثر وبتزيد ال cohesion (وبزيد ال surface area) واذا زادت كثير بصير عنا caking (المادة كلها بتكل مع بعض)

Particle properties

Adhesion and cohesion

- Cohesive and adhesive forces are composed mainly from:
  - Short range non specific van der Waals forces:
    - Increase as particle size decreases and is affected by relative humidity
  - Surface tensional forces arising from adsorbed layer of liquid
  - Electrostatic forces arising from contact or frictional charging

الرطوبة هي بالاصل ما بتكون بيناتهم هي بتكون موجودة عالسطح لكن لما بكون في عندي كمية كافية انها تتحرك وما بتفضل انها تضل معرضة للهوا فبتحاول تقلل مساحة السطح معرض للهوا مشان هيك قطرة المي بتاخد شكل اللي اله اقل مساحة سطح فبتترابط مع بعضها وبصير الها tension

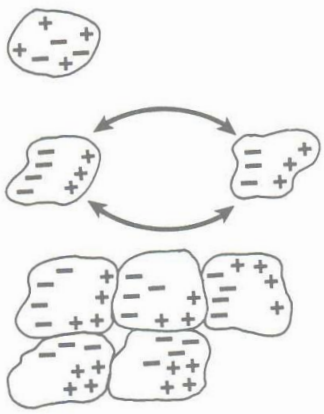


Figure 22 Effect of electrical forces on fine particles.

Powder properties affecting bulk flow

الجزيئات الصغيرة ترابطهم بصير اقوى وفي الجزيء الواحد بتقل المسافة بينها وبين مركز وبتزيد ال van der wall interaction

Particle size

- Fine particles have high surface to mass ratios and are more cohesive (bad flowability).

الشكل الكروي الاحتكاك والترابط بين الجزيئات بتكون اقل فال flow بكون افضل لانو مساحة السطح صغيرة ولهيك المشكلة الشكل الكروي ذوبانو سي

Particle shape

- Spherical particles have minimum interparticle contact and therefore optimal flow properties.

Particle density (True density)

مثلا مادتين كرويات والهم نفس الحجم بس وحدة مصنوعة من حديد فكثافتها بتكون اعلى فالجاذبية بتأثر عليها اكثر فال flow الها افضل

- Dense particles are generally less cohesive than less dense particles of the same size and shape.

٥

Powder properties affecting bulk flow

المادة الي سطحها ناعم ال flow الها احسن لانو الخشنة بكون بصير فيها تداخل لانو طرفها زي المسننات وهاد بعمل احتكاك الي اصلا مش كويس

Surface roughness of particles

المصطلح الي بعبر عن خشونة سطح هو ال convex ratio

- Rough surface of particles lead to bad flowability of powders.

الرطوبة كبيرة بتزيد ال surface tension وبزيد الترابط وال flow بكون سيء

Moisture content

- High moisture content causes increase surface-tensional cohesive forces and reduced flowability.

Electrostatic charge

- Electrostatic charge increases cohesion and adhesion and reduces flowability.

٦

Mass-Volume relationship for powders

- A powder bed is composed of particles and voids.
- Voids are:
  - Interparticulate voids: The air space between individual particles
  - Intraparticulate voids: Those within a single particle
    - Open to the external environment
    - Closed to the external environment

Inter الفراغات بين الجزيئات

Intra الفراغات داخل الجزيء نفسوا

٧

مع انو الهم نفس الكتلة بس كل وحدة الها حجم مختلف

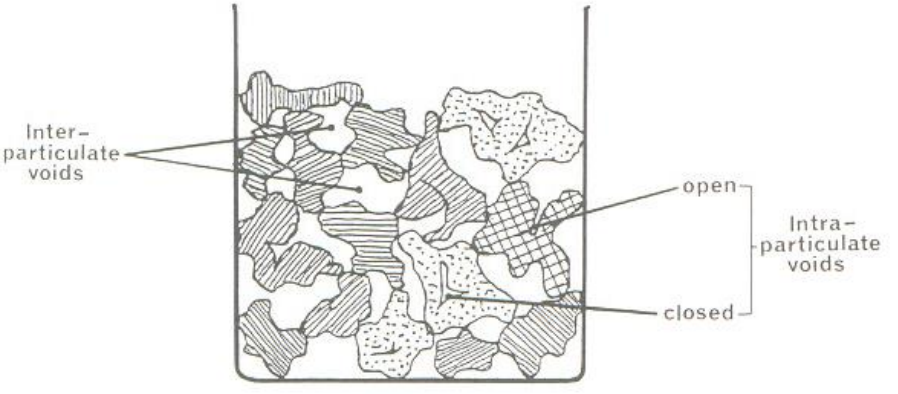


FIG. 4-4. *Diagram of various intraparticulate and interparticulate air spaces in a bed of powder.*

٨

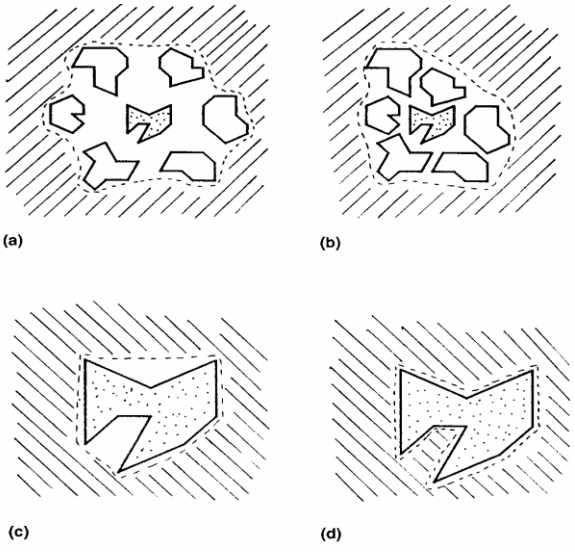
Mass-Volume relationship for powders

Three interpretation of powder volume may be proposed:

- The true volume (V_t): The total volume of the solid particles, which excludes all space greater than molecular dimension.
- The granular volume (particle volume) (V_g): The volume occupied by particles and all intraparticular voids. True volume + intra
- The bulk volume (V_b): The total volume occupied by the entire powder mass (i.e. particles and intraparticulate and interparticulate voids) True + inter + intra

انا بهتم بالفراغات تاع الكرة
مش الفراغات تاعت
ال electrons مثلا

٩

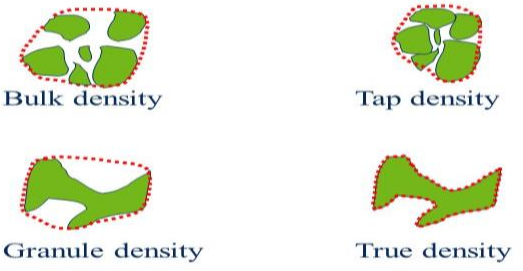


The different types of densities a) bulk density b) tapped density c) particle density d) true density

١٠

Mass-Volume relationship for powders

- True density = mass / true volume
- Granular density = mass / granular volume
- Bulk density = mass / bulk volume



١١

Packing geometry

- The apparent volume (or density) of a powder can be changed by rearrangement of the packing geometry of particles (by vibration for example).

معناه كيفية ترتيب الجزيئات من الناحية الهندسية يعني كيف بتترتب لما نحطها جوا وعاء ولما مثلا نعمل اهتزاز للوعاء بتغير ترتيب الجزيئات وهيه بتعتمد بشكل رئيسي على ترتيب الجزيئات داخل البلورة ونسبة الفراغات بينها

- Packing geometry can be characterized by:

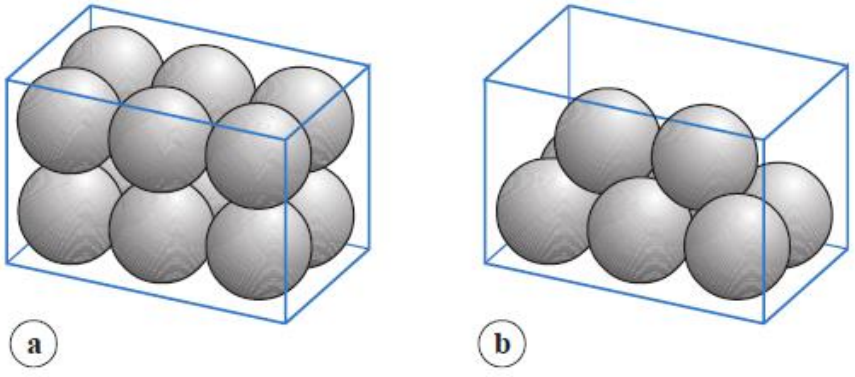
Bulk density

- It is the mass of powder occupying a known volume.
- A powder can have many different bulk densities depending on the way in which the particles are packed.
- However, a high bulk density value does not necessarily imply a close-packed low-porosity bed, as bulk density is directly proportional to true density.

١٢

حسب ما بنرتب الجزيئات بختلف ال bulk density

هادا الصندوق المتوازي من المستطيلات في جزيئات مرتبين ترتيبين مختلفين مع انه انا عم بحكي عن نفس الحجم عن حالة يعني مثالية نفس الحجم ونفس الشكل ومع ذلك وجدنا في اختلاف في الترتيب نسبة الفراغ ما بين البارتيكيز اكثر في b اما A فلما تيجي الكرة في الفراغ ما بين اربع كرات نسبة الفراغ الموجود بينها اقل اما اعادة ترتيب الجزيئات ف b اكثر لانو فيها فراغ اكبر



هون بكون عندي نسبة الفراغ كبير

(a) Cubic packing. **(b)** Rhombohedral packing.

Different geometric packings of spherical particles

ال bulk density بس بتعبر عن الفراغات بين الجزيئات فاذا كان ال true density في اختلاف بين ال true density ما بنقدر نستخدم ال bulk density فلهيك ما بنستخدمها للمقارنة بين مواد مختلفة

١٣

Packing geometry

Packing fraction (Fractional solid content, k)

- It is the bulk density divided by true density of the solid.

$$K = \frac{\text{True volume}}{\text{Bulk volume}} = \frac{\text{Bulk density}}{\text{True density}}$$

احدى طرق التعبير عن ترتيب المادة عن طريق قياس نسبة الفراغات الموجودة عندي كل ما قل حجم المادة لما اخبطها بتزيد ال bulk density وهادا بيعني انه الفراغات عندي عم بتقل وفقط هاي الطريقة بتزبط فقط للمادة نفسها مش لمادتين مختلفات

Porosity (Fractional void content, e)

$$\text{Porosity (e)} = 1 - K$$

- Porosity represents the fractional void content of a powder bed.

الجزيئات الكبيرة الفراغات بينهم اكبر

١٤

كمية المادة والفراغات مجموعهم دايما واحد

Factors affecting packing geometry

هاذ الحكي لما نخلط جزيئات احجامها مختلفة مع بعض

1) Particle size and size distribution

- Void spaces between coarse particles may be filled with fine particles in a powder with a wide size range, resulting in closer packing.

2) Particle shape and textures

- Arches within the powder bed will be formed more readily through the interlocking of non-isometric, highly textured particles

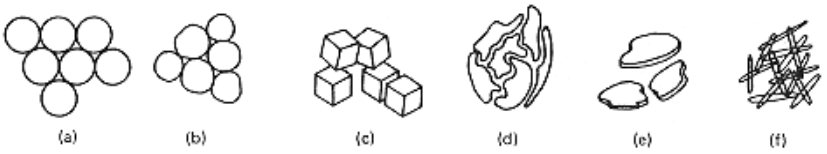
3) Surface properties افضل packing جزيئات بينهم شحنات بلتصوا ببعض وبكونوا اقرب فال

- The presence of electrostatic forces can promote closer particle packing

4) Handling and processing conditions

- The way in which a powder has been handled prior to flow or packing affects the type of packing geometry

١٥



General particle shapes and their effect on power flow.

(a) Spherical particles normally flows easily,
(b) oblong shapes with smooth edges normally flows easily
,(c) equidimensionally shaped sharp edges such as cubes does not flow as readily as (a) or (b),
(d) Irregularly shaped interlocking particles normally shows poor flow and easily bridges,
(e) irregularly shaped two-dimensional particles such as flakes normally shows fair flow and may cause bridges,
(f) Fibrous particlesvery poor flow, and bridges easily. Bridging refers to the stoppage of powder flow as a result of particles which have formed a semirigid or rigid structure within the powder bulk.

١٦

2) Particle shape and textures

ال arches هي بتشبه الاقواس اللي بنشوفها في البناء القديم لكن معمولة من حجار طيب شو اللي بخلي الحجر اللي في الوسط ما يسقط بكون مضغوط عليه من الجانبين مثلا الاجزاء كلها بتكون مضغوطة بكون مضغوط عليه من الجنبين يعني هو مسنود من الجنب مش مسنود من تحت يعني كل حجر مسنود بالجنبين بالاخير بوقفه على عامود مسنودين بشكل عامودي على حجارة وهاذ الحكي ما بزبط للجزيئات للجريئات الكروية انو مافي اشي يخليها تمسك عل بعض وال contact اصلا بينهم قليل لانو ال cohesiv بينهم قليل اشكال تانية زي ال needle طول بختلف تماما عن العرض فهاذ الشكل ه سهل جدا تتداخل مع بعض فشو اللي خلى هدول البارتيكل انهم ما يسقطوا انهم داخلين جوا بعض وماسكين جوا بعض وال cohesion عالي

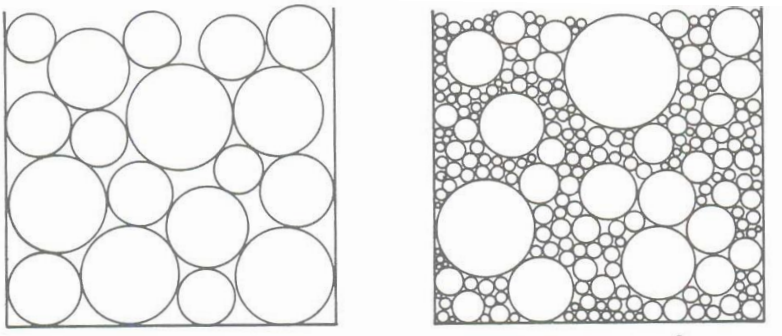


Figure 24 Effects of particle size distribution on the bulk density of a powder.

Particle size and size distribution

١٧

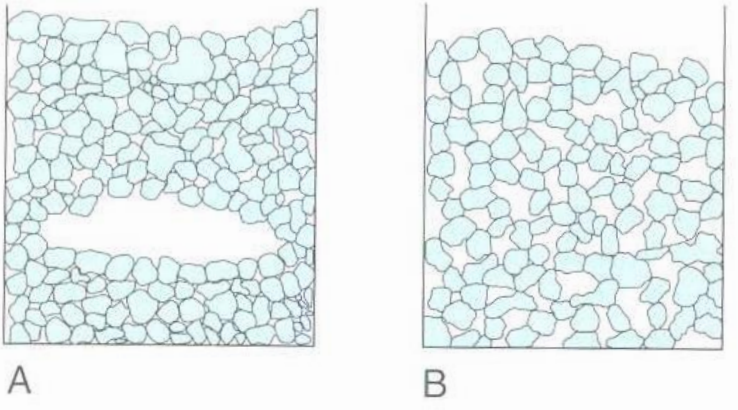


Fig. 13.6 Two equidimensional powders having the same porosity but different packing geometries.

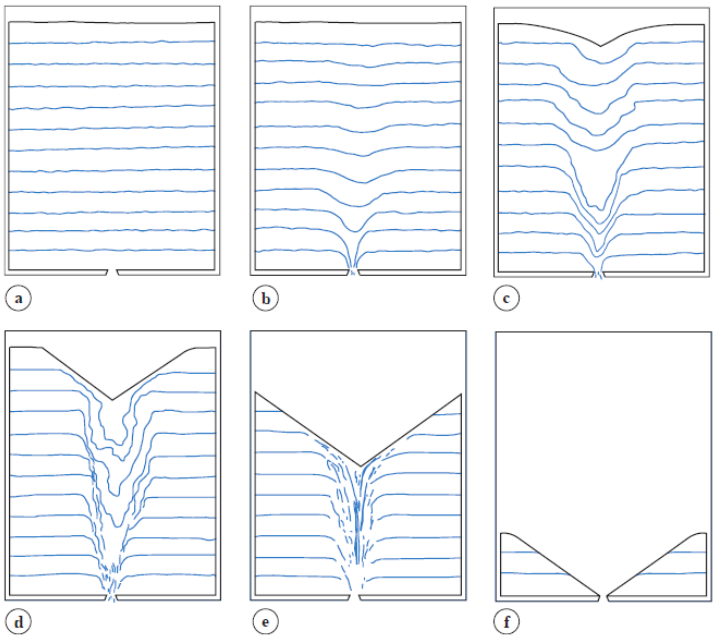
Particle shape and textures

١٨

Flow rate through an orifice

- There are many manufacturing processes of pharmaceutical solid dosage forms that require the powder flow through the opening in a hopper or bin used to feed powder to tableting machine, capsule- filling machine, sachet-filling machines …

نعتبر انه انا في عندي شيء زي التنكة عبيتها رمل وفش اشي تحتيها يعني مش حاطها على الارض مثبتها على رافعه وهاي التنكة فيها ثقب وكنت مسكرها من تحت وبعديها شلت هاي الفتحة فهدول الخطوط اللي بالعرض الي محطوطة على شكل مستويات هي بتمثل كيف الحركة في البداية حبلش ينزل ال powder من هون رح نشوف انه البودر بهاي المنطقة بلش ينزل لتحت بجوز الي فوق بعده ما تأثر و كل ما بنزل ال powder اكثر ببين التأثير من فوق ببلش يصير عندي تقعر في الاعلى وبعديها ببلش تقعره يزيد وبنزل ارتفاع الباودر من الجوانب شوي شوي حتى بالاخير بضل عندي فقط البودر اللي عالجوانب اللي ما تمكن انه ينزل



Development of flow through an orifice

Flow rate through an orifice

- This flow through orifices is affected by:

1. Orifice diameter

- Flow rate is proportional to orifice diameter

2. Hopper width

3. Adhesion to the walls of hopper

بتخلي الجزيئات ملتصقة مع ال hopper فهاذ الاشي بمنعها تنزل

4. Head size

- This is the height of powder bed above the orifice

5. Hopper wall angle

- As the angle decreases, flow rate increases

٢١

تكون الزاوية اقل من تسعين عشان ما يعلق فيها اشي المفروض طبعا من ناحية فيزيائية ليش اقل افضل? غير انه ما يعلق فيها اشي الجريان هون هو بشبه فكرة الانزلاق عن سطح ماء كل ما بتكون زاويتها اقل معناته نحكي عن انزلاق عامودي فهادي المركبة المسؤولة عن الانزلاق بتصير اقوى في مركبتين واحدة موازية للسطح وواحدة عمود على السطح لما بكون الزاوية تساوي صفر هادي العامودية عالسطح ما بتلعب دورة نهائيا بتصير قيمتها صفر بتصير كل المركبة باتجاه السقوط اما لما بتكون بالعرض فهادي المركبة يعني موجودة ما بتلعب دور وانما فقط بتصير انزلاق من منطقة ال hole نفسها وحواليها وفوقها

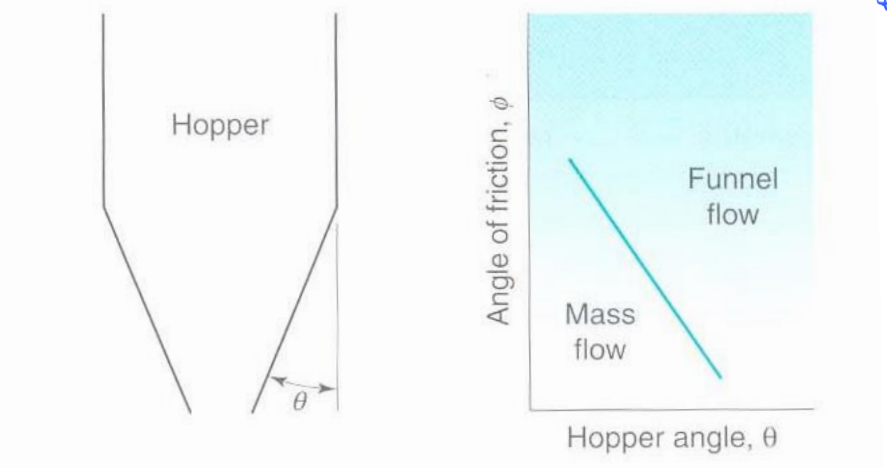


Fig. 13.11 Influence of hopper wall angle and particle–wall friction on powder flow.

٢٢

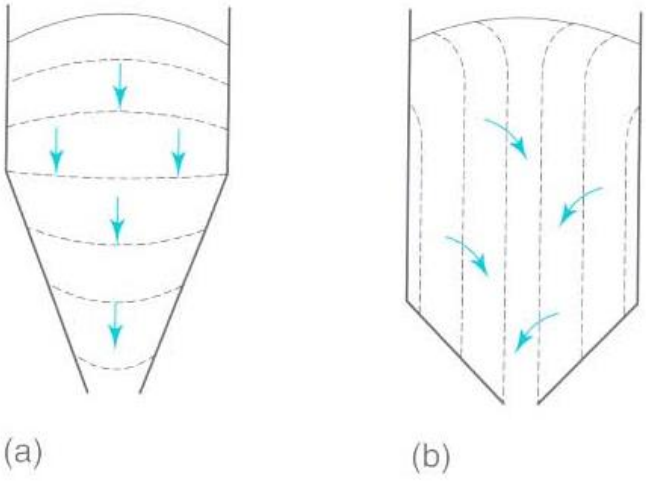


Fig. 13.12 (a) Mass flow hopper. (b) Funnel flow hopper.

٢٣

قصة ال arche بسلايد 15

ال particle شكلها
مش منيح
وال cohesion عالي

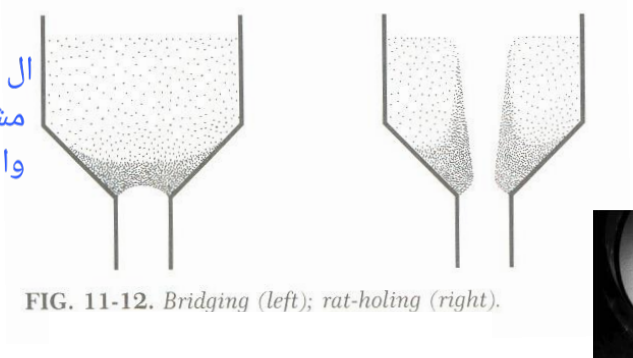
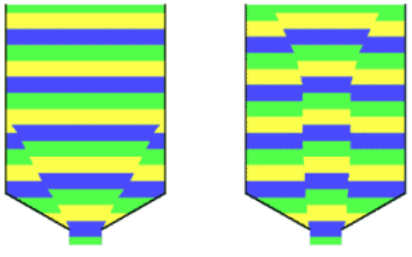


FIG. 11-12. *Bridging (left); rat-holing (right).*



من ال hopper بنزل من الجوانب
بس بهاي الحالة بنزل من الوسط
برضو
بنسميها rat hole

٢٤

Characterization of powder flow

Indirect methods (Measurement of adhesive/cohesive properties)

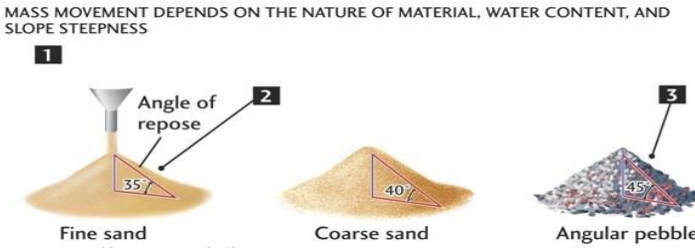
زي ما اخذنا بلاب الصناعية

1) Angle of repose

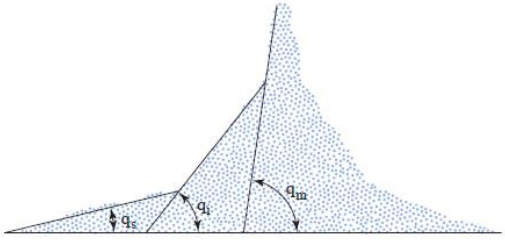
- It represents the balance between frictional/cohesive forces and gravitational force
- Therefore, it describes interparticle cohesion and it is an indirect method for estimating powder flowability.
- There are different methods for determination of angle of repose which may produce different values.
- The high values indicate bad flow properties.

ارتفاع عالي بعطي زاوية كبيرة يعني الجزيئات واجهت صعوبة وهي بتنزل لانو ال cohesive عالي

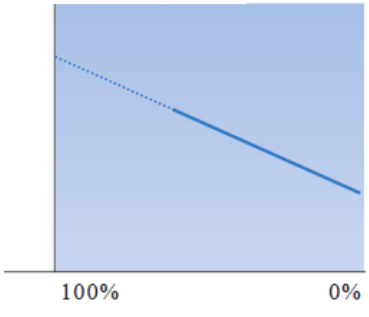
٢٥



الزاوية بين ال horizsntal line وال line
تاعت the tip of the cone

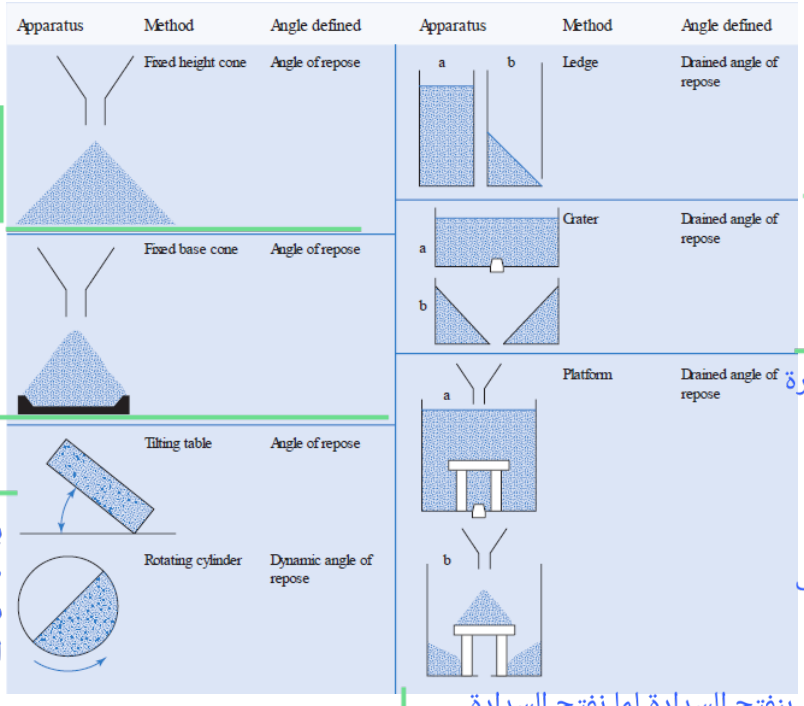


Cohesive powder poured in a heap



Determination of angle of repose for very cohesive powders.

٢٦



عنا وعاء والو بوابة بنرفعها لفوق بنزل الباودر

بكون في عندي قاعدة وهاي القاعدة عبارة عن زي صحن دائري بتجمع فيو الباودر واي باودر زيادة مو المشكلة انه ينكب لانو اصبحت عارف القطر وبامكاني اقيس الارتفاع وبهاي الحالة ممكن نقيس ال angel.of repose

بكون في عندي منصة زي طاولة صغيرة موجودة و هادي في الها رجلين وهون في عندي السدادة هاي السدادة بنحطها وبعدين بنعبي باودر الباودر طبعا مكانه يمر من هون وهون يعني من عند جوانب الطاولة الطاولة الها اربع اجربن الباودر بامكانه يتخللهم فبنعبي الباودر في البداية بعدين بنفتح السدادة لما نفتح السدادة رح يسقط على طاولة ثانية وبضل عندي فقط الموجود فوق الطاولة من هادا الارتفاع بنحسب ظل الزاوية

بكون في عندي زي صندوق هذا الصندوق على فيها مفصل زي تاعت الصندوق نرفع شوي شوي عند زاوية معينة حيبلش يسقط البودر فبنهار الباودر الموجود في هذا الصندوق وبكون في فتحة في الصندوق برفع شوي شوي لما يسقط الباودر بقيس هذي الزاوية وفي عنا هو عبارة عن sylinder فيه بينحط الباودر وبصير يدور بهادا الشكل الباودر بيطلع وبينزل بيطلع وبينزل فهادي الزاوية بنسميها dynamic ليش ؟ لانه انا هون في عندي الباودر موجود في حركة مستمرة يعني هذي الزاوية نتيجة حركة مستمرة

بكون في وعاء الو فتحة وعليه سدادة بنفتح السدادة الباودر بنزل

في عندي منصة زي طاولة صغيرة موجودة و هادي في الها رجلين وهون في عندي السدادة هاي السدادة بنحطها وبعدين بنعبي باودر الباودر طبعا مكانه يمر من هون وهون يعني من عند جوانب الطاولة الطاولة الها اربع اجربن الباودر بامكانه يتخللهم فبنعبي الباودر في البداية بعدين بنفتح السدادة لما نفتح السدادة رح يسقط على طاولة ثانية وبضل عندي فقط الموجود فوق الطاولة من هادا الارتفاع بنحسب ظل الزاوية

high angel
bad flow

Angle of repose (degrees)	Type of flow
25–30	Excellent
31–35	Good
36–40	Fair (flow aid not needed)
41–45	Passable (may hang up, flow aid might be needed)
46–55	Poor (agitation or vibration needed)
56–65	Very poor

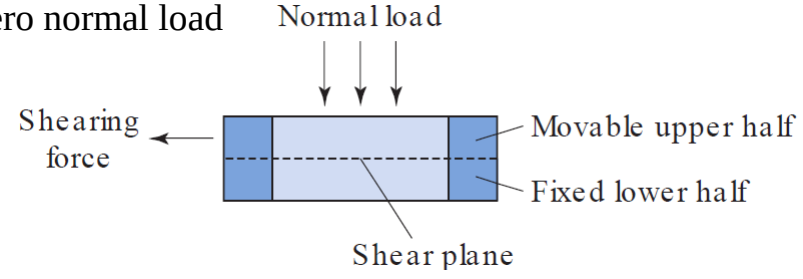
Characterization of powder flow

Indirect methods (Measurement of adhesive/cohesive properties)

بكون في عنا قرصين وبينهم خط وهمي الجزأ الفوق بتحرك والتحت ثابت وفي عنا باودر وبنحسب القوة اللازمة لتحريك القرص الفوق بوجود الباودر لكن هي بتضلها ضعيفة وحتى يقيسوها بحطوا وزن على هذا الباودر حتى يتمكنوا يقيسوها

2) Shear strength determination

- Cohesion can be defined as stress (force per unit area) necessary to shear the powder bed under conditions of zero normal load



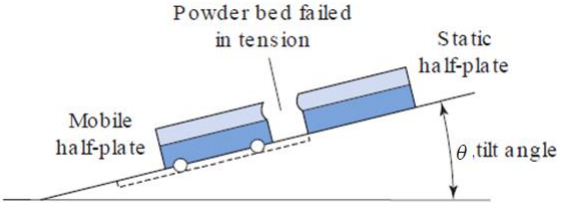
Diagrammatic representation of Jenike shear cell.

Characterization of powder flow

Indirect methods (Measurement of adhesive/cohesive properties)

3) Tensile strength determination

- The powder bed is caused to fail in tension by splitting.



Diagrammatic representation of tilting table method.

$$\sigma_t = \frac{Mg\sin\theta}{A}$$

Equation for calculation of tensile strength

بكون في عنا صينية عليها بكون في block عبارة عن جزأين جزأ منو ثابت والثاني متحرك لانو محطوط على سكة وبنضلنا نرفع حتى نوصل لنقطة تحت تأثير الجاذبية (بصير تأثيرها اكبر من قوة الترابط بين الجزأين) بنزل عندها الباودر
فبنحسب زاوية الارتفاع @sin والمسافة بين الجزأين A وكتلة الجزأ المتحرك M

Characterization of powder flow

Indirect methods

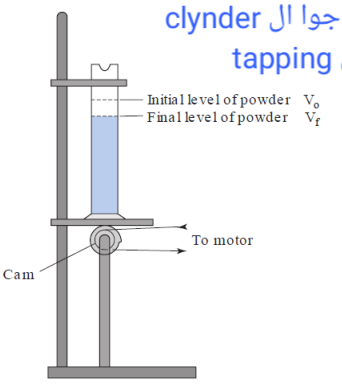
4) Bulk density measurement (% compressibility and Hausner's ratio)

$$\% \text{ compressibility} = \frac{D_f - D_0}{D_f} \times 100 = \frac{V_0 - V_f}{V_0} \times 100$$

$$\text{Hausner's ratio} = \frac{D_f}{D_0} = \frac{V_0}{V_f}$$

D_f = Final bulk density (tapped density)
D_o = initial bulk density
V_f = Final bulk volume (tapped volume)
V_o = initial bulk volume

اخذناه باللاب بجهاز ال tapping
بننزل المادة من funnel جوا ال clynder
وبنحسب ارتفاعو وبنعمل tapping
ونحسب الارتفاع



٣١

Mechanical tapping device

لما نعمل tapping والفرق يكون قليل
لانو الجزيئات narrow distributed
فهاذ بدل انو ال flow افضل

Compressibility index (%) (Carr's index)	Type of flow	Hausner ratio
1–10	Excellent	1.00–1.11
11–15	Good	1.12–1.18
16–20	Fair	1.19–1.25
21–25	Passable	1.26–1.34
26–31	Poor	1.35–1.45
32–37	Very poor	1.46–1.59
>38	Very, very poor	>1.60

٣٢

Characterization of powder flow

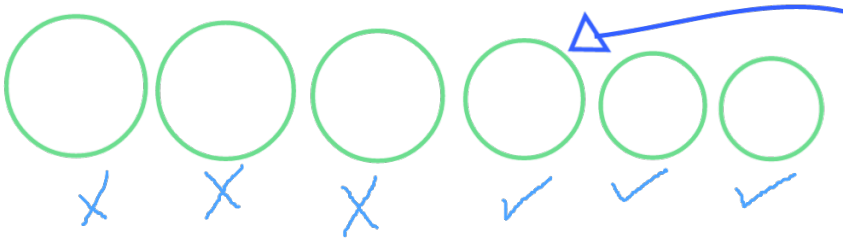
زي ما حكينا عن قصة flow throws orific
القاعدة تاعت الوعاء بكون فيها orific
والقاعدة بنقدر نغيرها بقاعدة ثانية
فتحتها اكبر او اصغر

Indirect methods

5) Critical orifice diameter

- Critical orifice diameter is a measure of powder cohesion and arch strength.
- The smallest orifice diameter through which powder can flow

في البداية بنحط القاعدة اللي فتحتها صغيرة بنحط في عندي قطعة زي الغطاي
بتغلق الفتحة بتمنع انه يسقط الباودر بعبي الباودر من فوق بفتح الغطاي بشوف هل الباوردة نزل اذا نزل الباودر انتهت التجربة اذا ما نزل الباودر بشيل الباودر و بشيل هاي القطعة بحط القطعة التانية اللي فتحتها اكبر شوي بعيد نفس العملية وهكذا بضلني اجرب الفتحة الاكبر فالاكبر فالاكبر لحتى ينزل الباودر
ال cane flow هو اصغر فتحة ممكن يمر منها الباودر كل ما كانت الفتحة الي بنزل منها ال powder اصغر كل ما كان ال flow احسن



Characterization of powder flow

Direct methods

1) Hopper flow rate

نفس الي عملناها بالمختبر لما نزلنا الباودر من funnel وحسبنا الوقت كل ما كانت قيمتوا اكبر بكون افضل

- Simple and direct
- The mass of a powder discharged from a hopper is divided by the time taken for the powder to discharge.

الطريقة التانية هو ببساطة جهاز نفس الفكرة لكن تحت في ميزان
لكن هذا الميزان مشبوك في كمبيوتر وفي عنا software فبضل يقيس الوزن كل ثانية وبسجل القراءة

2) Recording flowmeter

- The powder is allowed to discharge onto a balance and the increase of powder mass with time is recorded.

حكينا عنهم قبل بهاذ الشابتر

Approaches for improvement of powder flow

Alteration of particle size and size distribution

- Coarse particles are less cohesive and therefore are flowing better than fine particles.

Alteration of particle shape or texture

- Spherical particles have better flowability than irregular particles.
- Particles with smooth surface have better flowability than particles with rough surface.
- Particles with suitable shape can be obtained by spray drying or by controlling crystallization process.

٣٥

Approaches for improvement of powder flow

Alteration of surface forces

بدنا نقلل ال cohesive

- Electrostatic charges and high moisture content decrease the flowability.

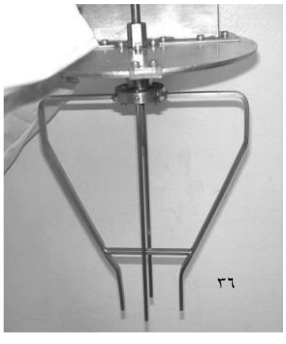
Formulation additives (flow promoters)

- Glidants decrease cohesive and adhesive forces.

Alteration of process conditions

- Use of vibration-assisted or agitated hoppers
- Use of force feeders

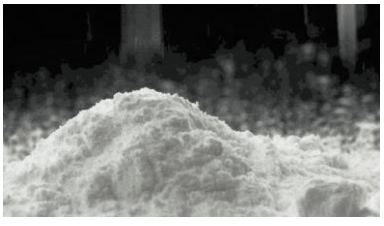
الطريقة الي بنستخدمها ما بتزبط معنا فبنغير فيها لتناسب المادة تاعتنا



Internal agitator

Flow activators

- Flow activators (enhancers, promoters) improve the flowability of powders by reducing adhesion and cohesion.
- They are referred to as glidants.
- Some of them have anti-adherent and lubricant properties.
- Commonly used glidants include talc, maize starch, colloidal silicon dioxide and magnesium stearate.



٣٧

Mechanisms of action of flow activators

Glidants improve flowability by one or more of the following mechanisms:

1. They make the surface of the particles more smooth.
2. They reduce electrostatic charges.
3. They interfere with the cohesion or adhesion due to adsorbed moisture layer

٣٨

آخر سلايد بالمحاضرة

بالتوفيق للجميع

Artery Academy

Artery Academy