

Stanovení reologických vlastností „nejen“ v průmyslové praxi

Petra Volfová

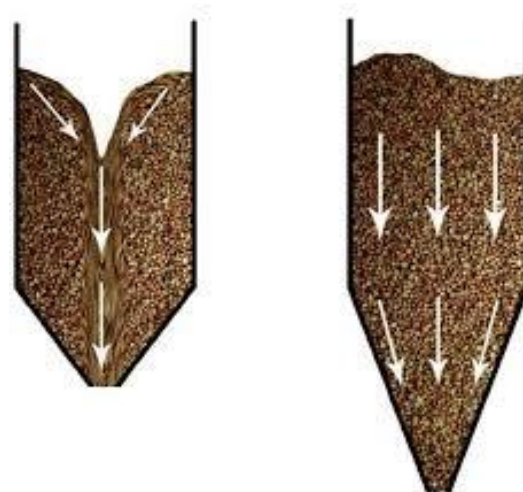


pragolab

freemantechology
a  micromeritics® company

PRÁŠKOVÁ REOLOGIE

- tok prášků



PRÁŠKOVÁ REOLOGIE

PANTA RHEI

kapaliny vs. tekutiny

pevné látky vs. prášky



PRÁŠKY

Farmacie, keramika, potraviny, plasty, kosmetika, práškové barvy, tonery, stavební materiály, kovy

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

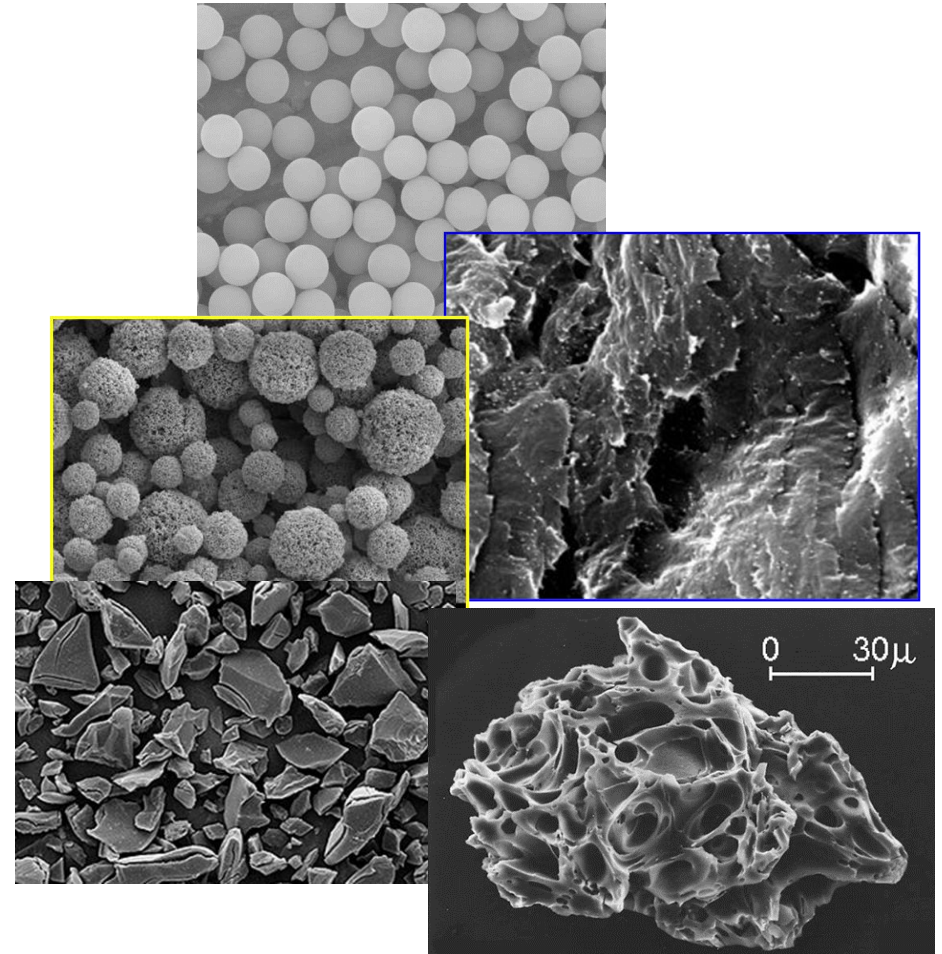
velikost a tvar částic
textura, porozita
hustota
koheze, adheze

elasticita, plasticita
elektrostatický náboj
hygroskopicita
tvrdost, drobivost

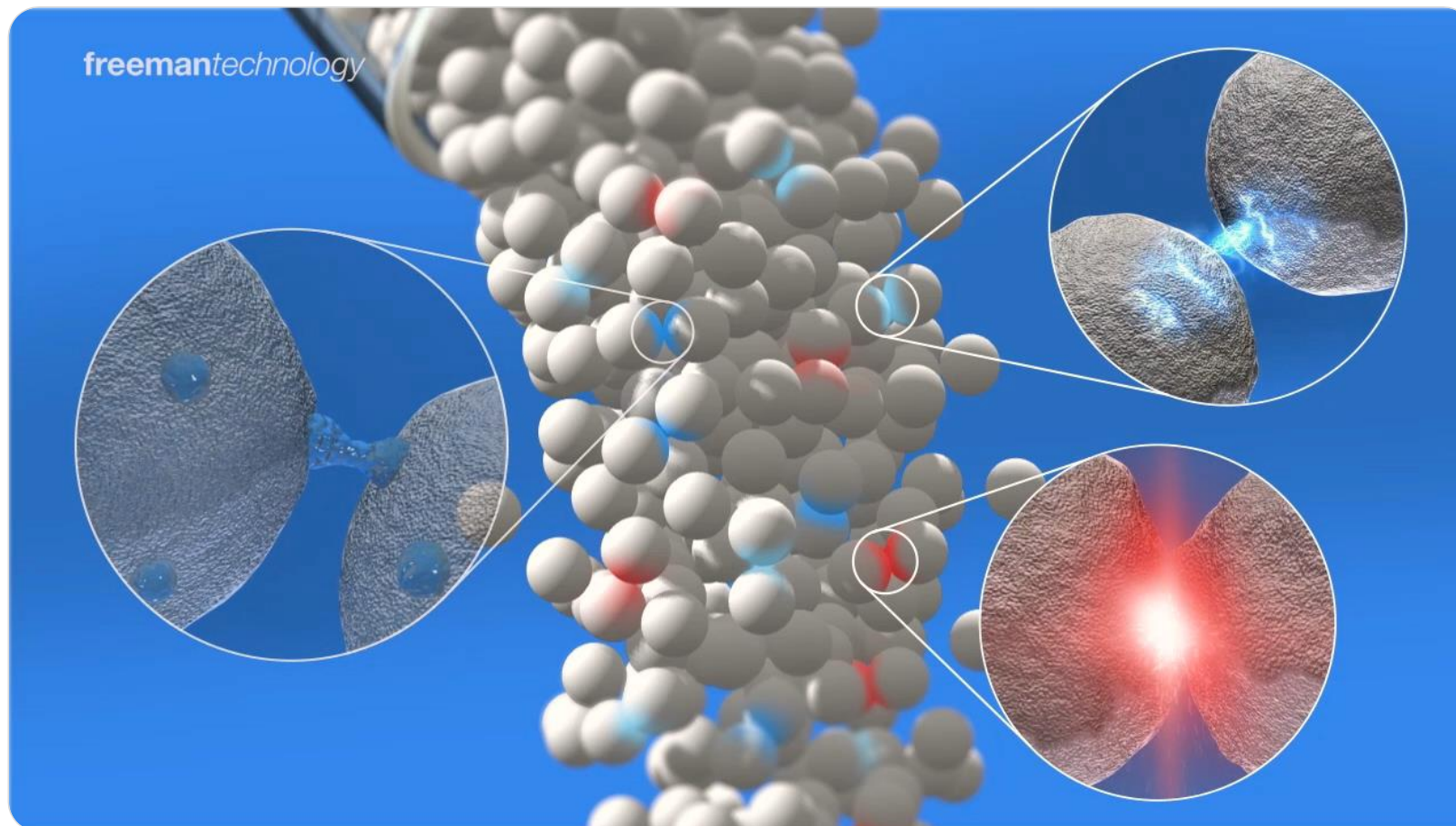
EXTERNÍ PROMĚNNÉ

konsolidace
doba skladování
provzdušňování

relativní vlhkost
smyková rychlost



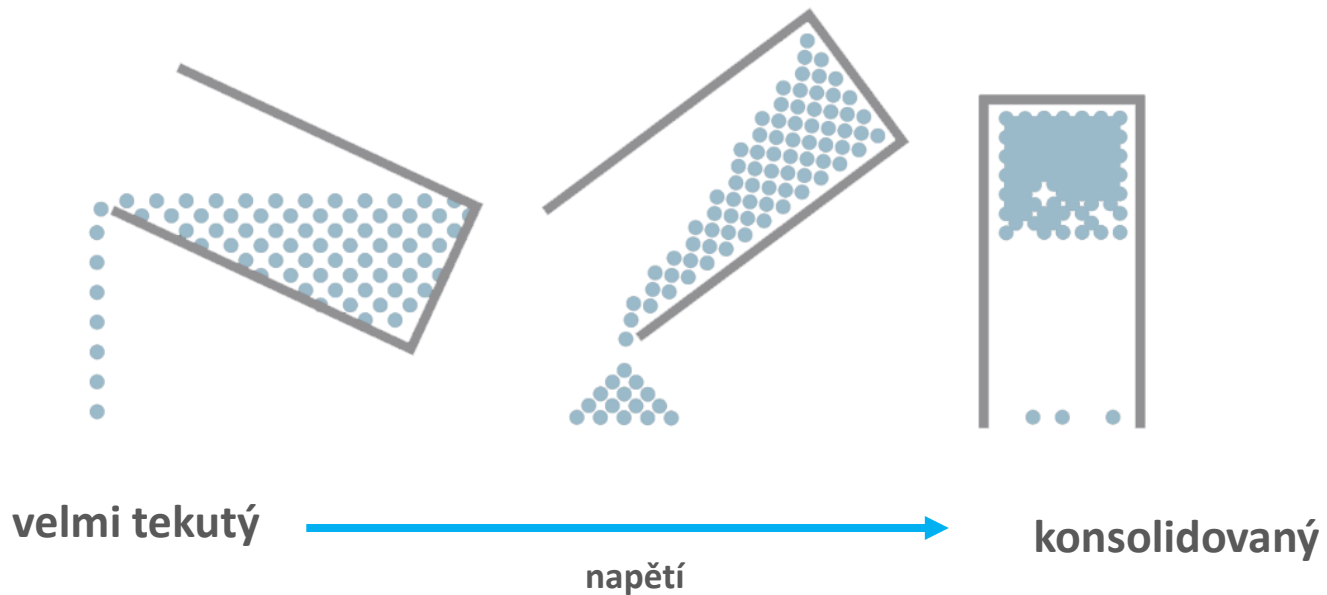
HYGROSKOPICITA, NÁBOJ, TŘENÍ



CHOVÁNÍ PRÁŠKŮ

tekutost
stlačitelnost
soudržnost

propustnost
hydrofobnost
otěr částic



CHOVÁNÍ PRÁŠKŮ

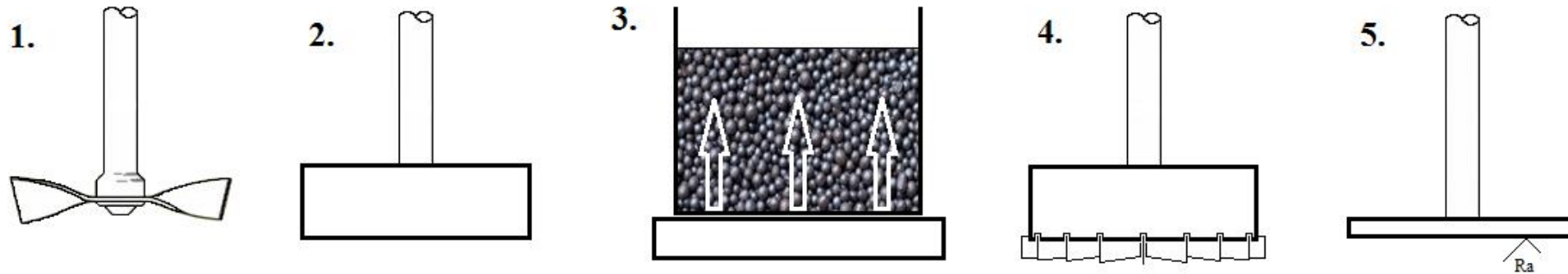


Měřící metody práškového reometru FT4

- Dynamické metody – STABILITA, RYCHLOST TOKU, AERACE, KOMPAKCE
- Objemové metody – KOMPRESSE, PERMEABILITA
- Smykové metody – SMYKOVÁ CELA, STĚNOVÉ TŘENÍ



PRÁŠKOVÁ REOLOGIE



Dynamické testy: - STABILITA

- Vliv smykové rychlosti (VSR)
- AERACE/DEAERACE
- KONSOLIDACE
- OTĚR

1.

1.

1. + 3.

1. + 3.

1.

Objemové testy: - Uniaxiální komprese (KOMPRESIBILITA)

- PERMEABILITA vzduchu napříč ložem

2.

2. + 3.

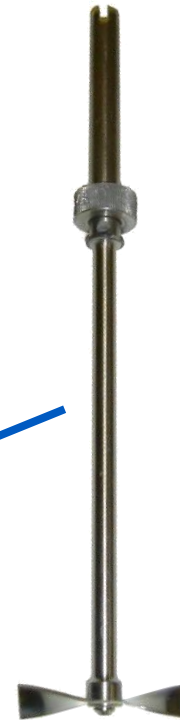
Smykové testy: - test ve SMYKOVÉ CELE

- test STĚNOVÉHO TŘENÍ

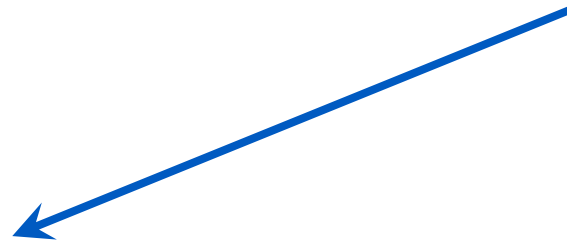
4. + 2.

5. + 2.

FT4 PRÁŠKOVÝ REOMETR



FT4 rotor s
patentovaným
tvarem lamely



Vzorek prášku
umístěny ve skleněné
nádobě
(typ. 10ml to 160ml)

Příslušenství práškového reometru FT 4



DYNAMICKÝ TEST

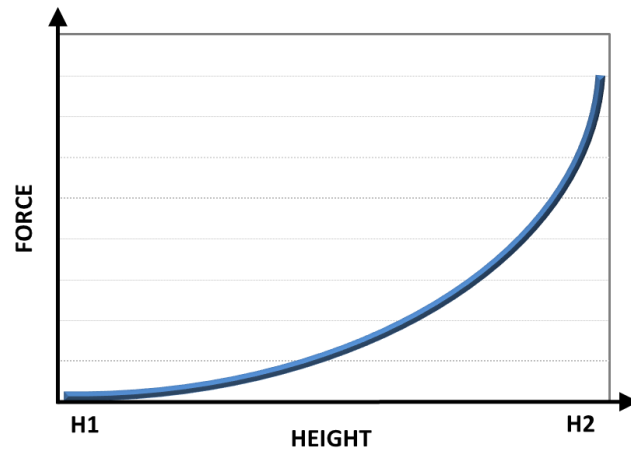
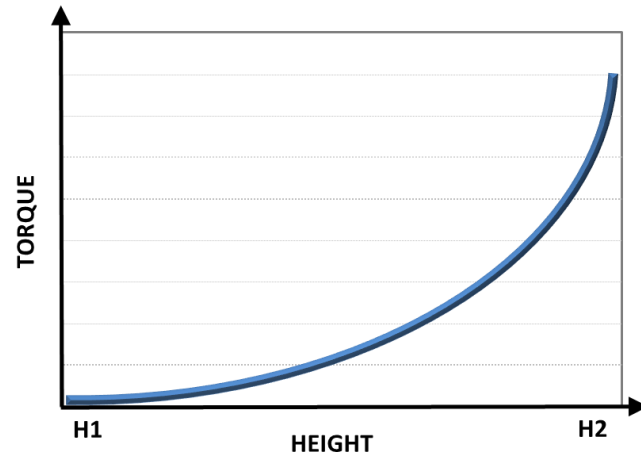
Práškový reometr měří odpor, kterým prášek působí na lopatky rotoru, při jeho průniku celou výškou nádoby se vzorkem.

Tento odpor je vyjádřen jako „energie toku“, která se vypočítá z měření kroučícího momentu a síly

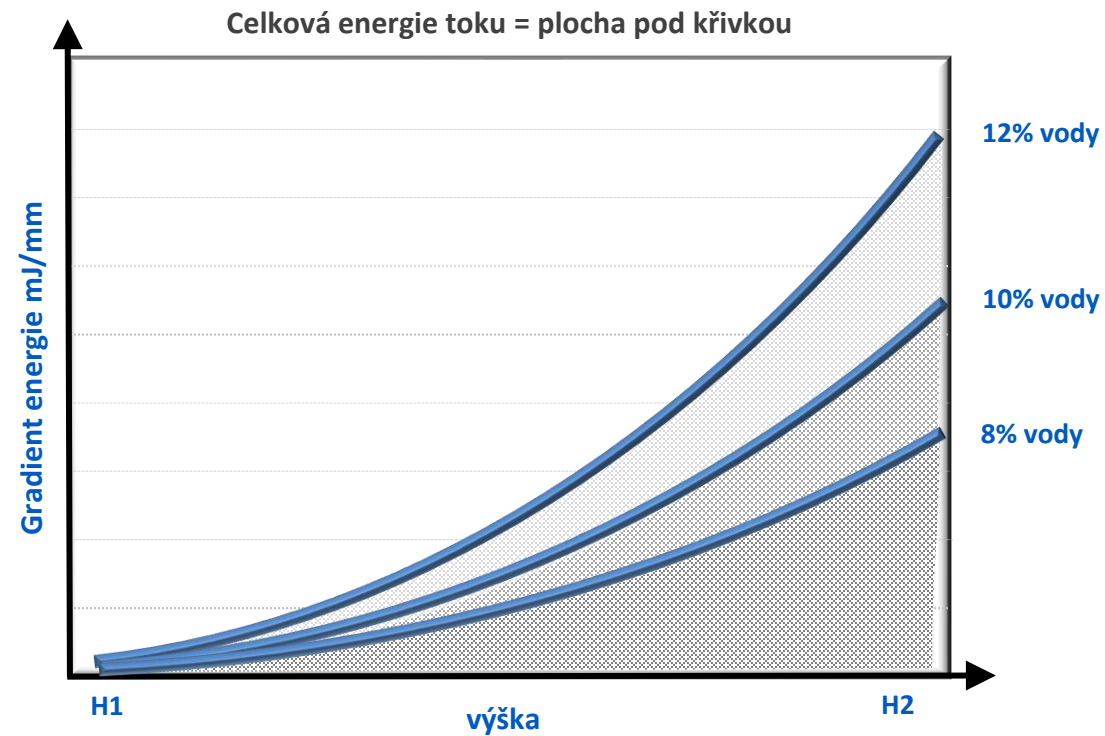


Kroutící moment & síla

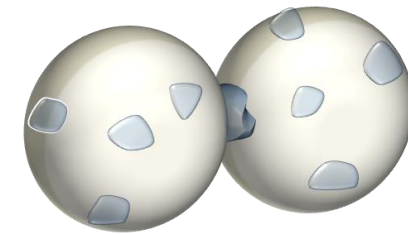
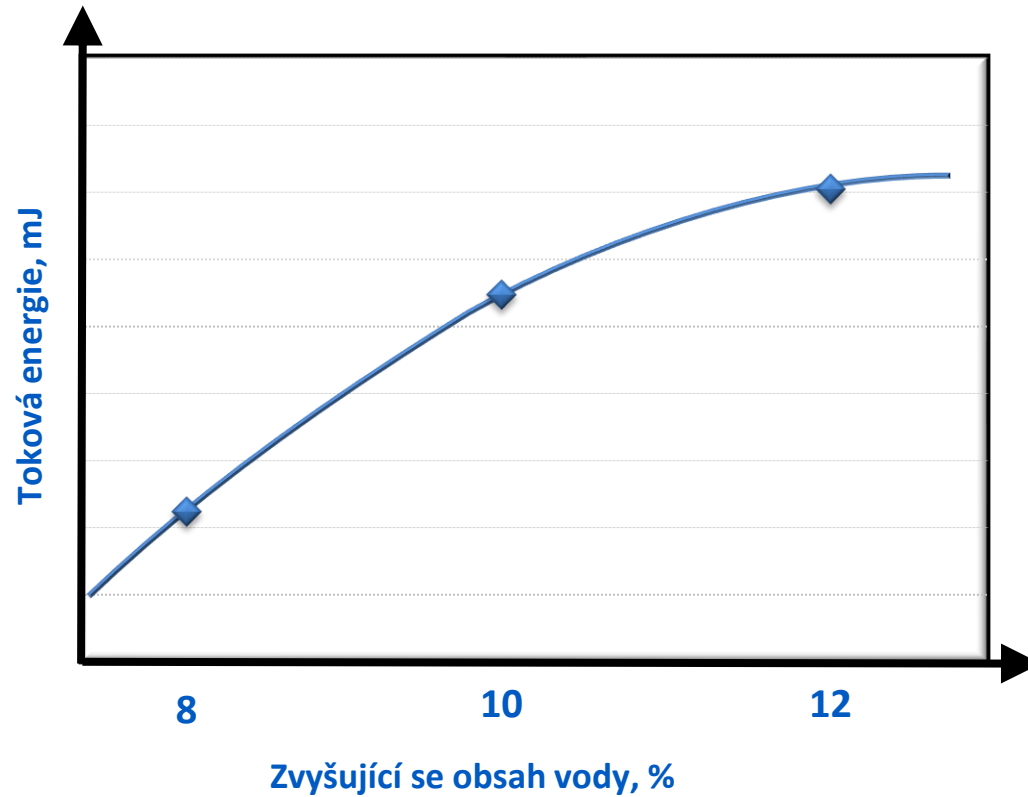
jako funkce výšky dráhy rotoru



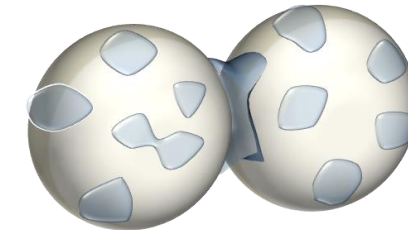
Obsah vody zvyšuje vazbu mezi částicemi a stává se silnější a zvyšuje odolnost proti toku



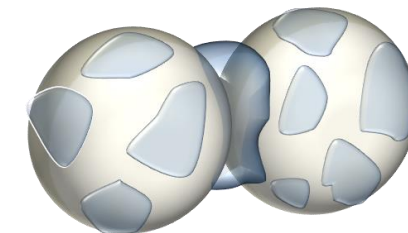
TOKOVÁ ENERGIE V ZÁVISLOSTI NA OBSAHU VODY V PRÁŠKU



8%

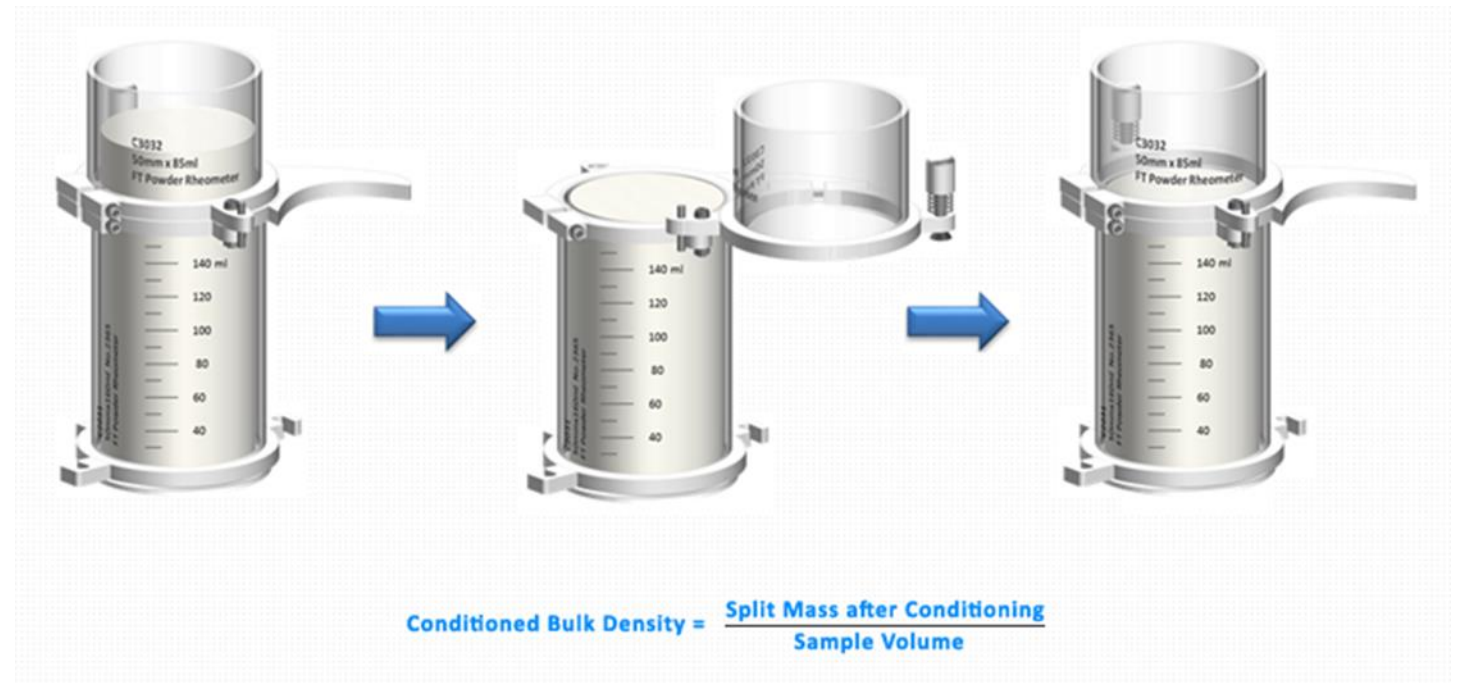


10%



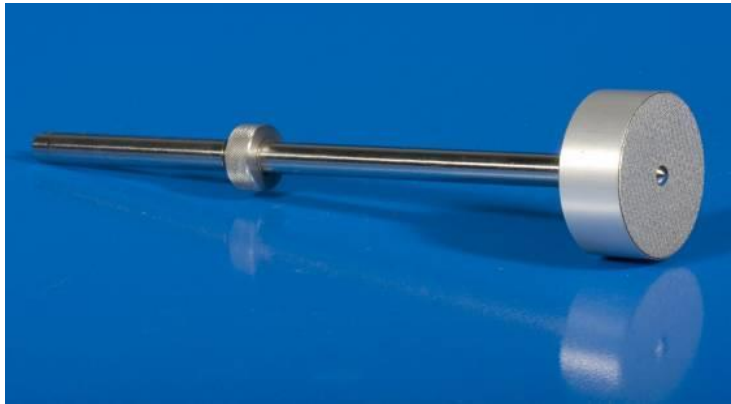
12%

Sypná Hustota (Bulk Density, BD)

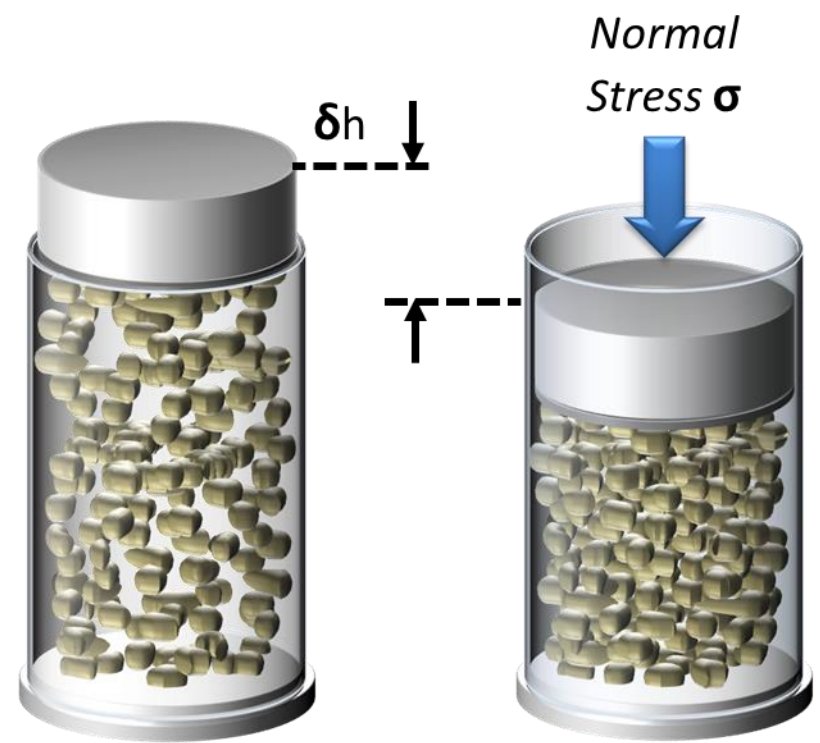


FT 4 - KONSOLIDAČNÍ MODUL

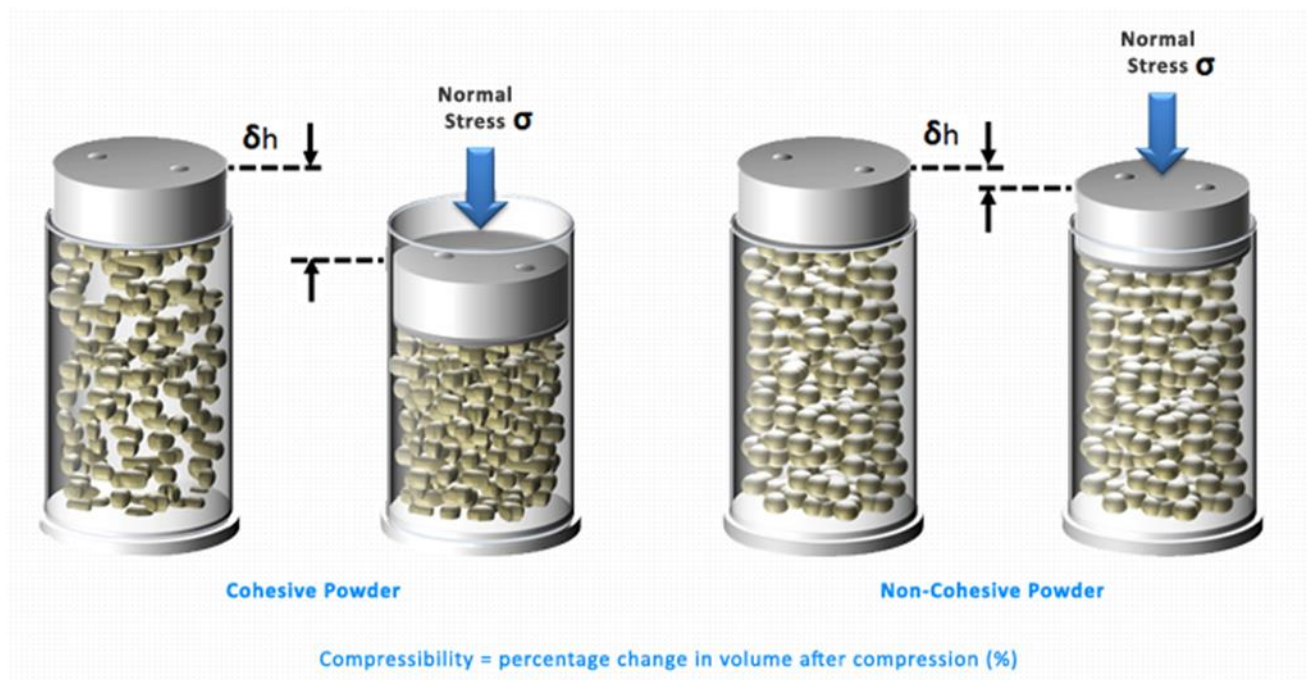
Axialní stlačení (ne rotace) – konsolidace prášku



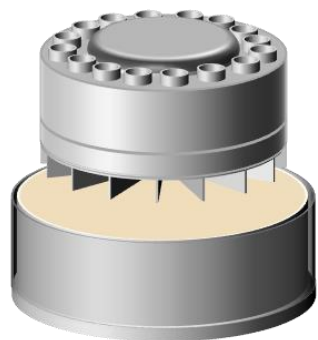
Ventilační stlačující pístový rotor



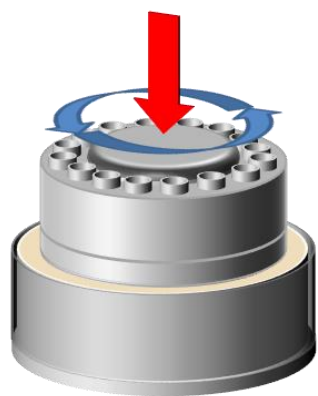
FT 4 - KONSOLIDAČNÍ MODUL - KOMPRESSE



ROTACE PŘI ŘÍZENÉM NORMÁLOVÉM A SMYKOVÉ NAMÁHÁNÍ PRÁŠKŮ



Působící síla
(Normálové napětí, σ)



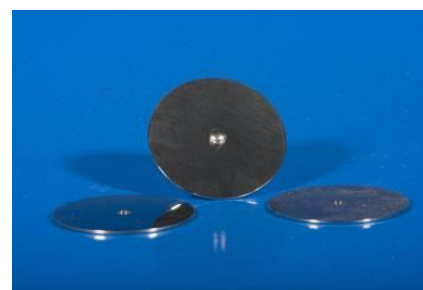
Rotace
(Smykové napětí), τ



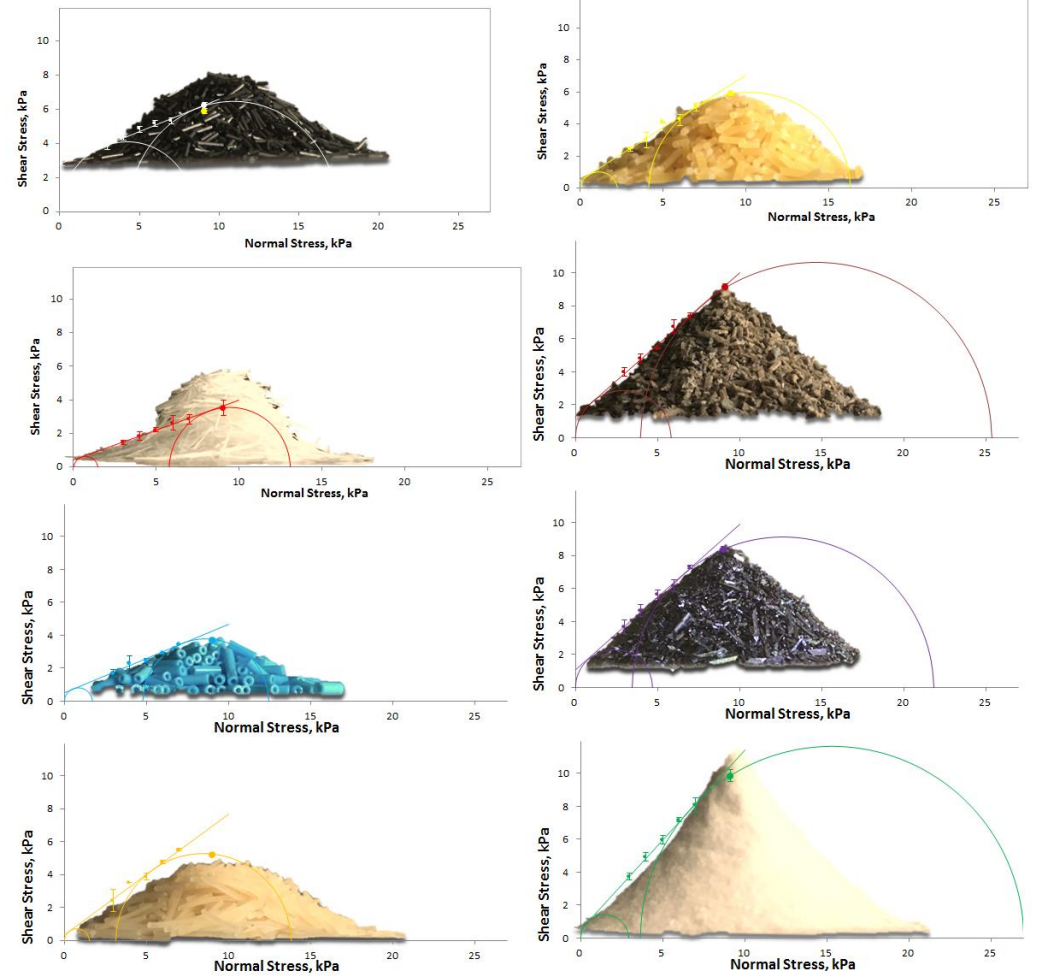
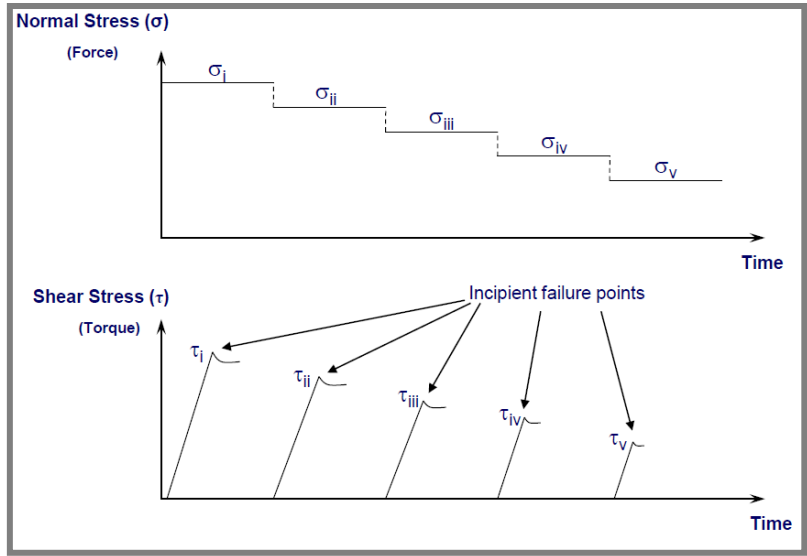
Smyková cela



Stěnové tření



SMYKOVÁ CELA

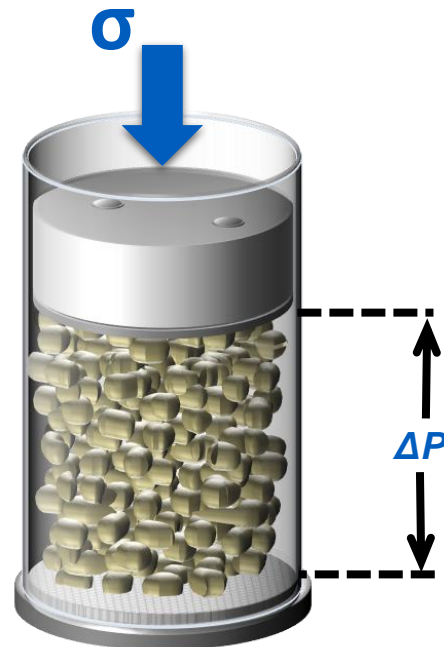


TEST PROVZDUŠNĚNÍ - AERACE



Air in

Aerační test



Air in

Permeabilitní test

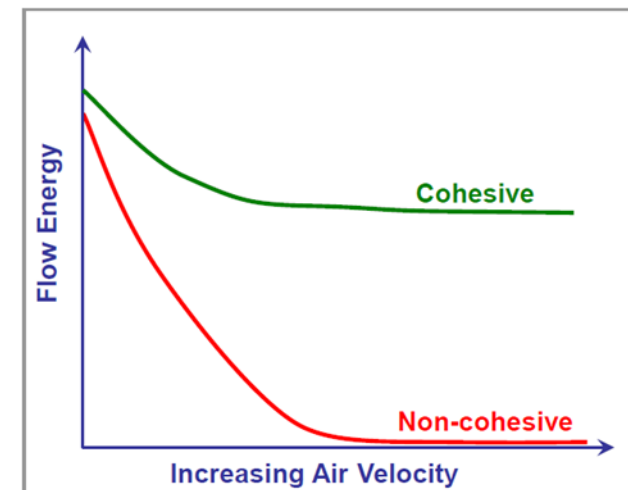
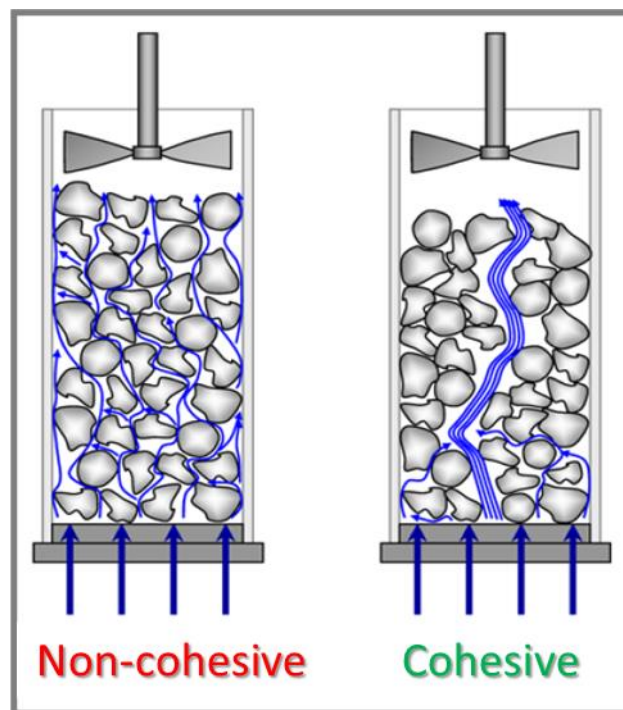


Provzdušňovací spodní deska



Provzdušňovací jednotka

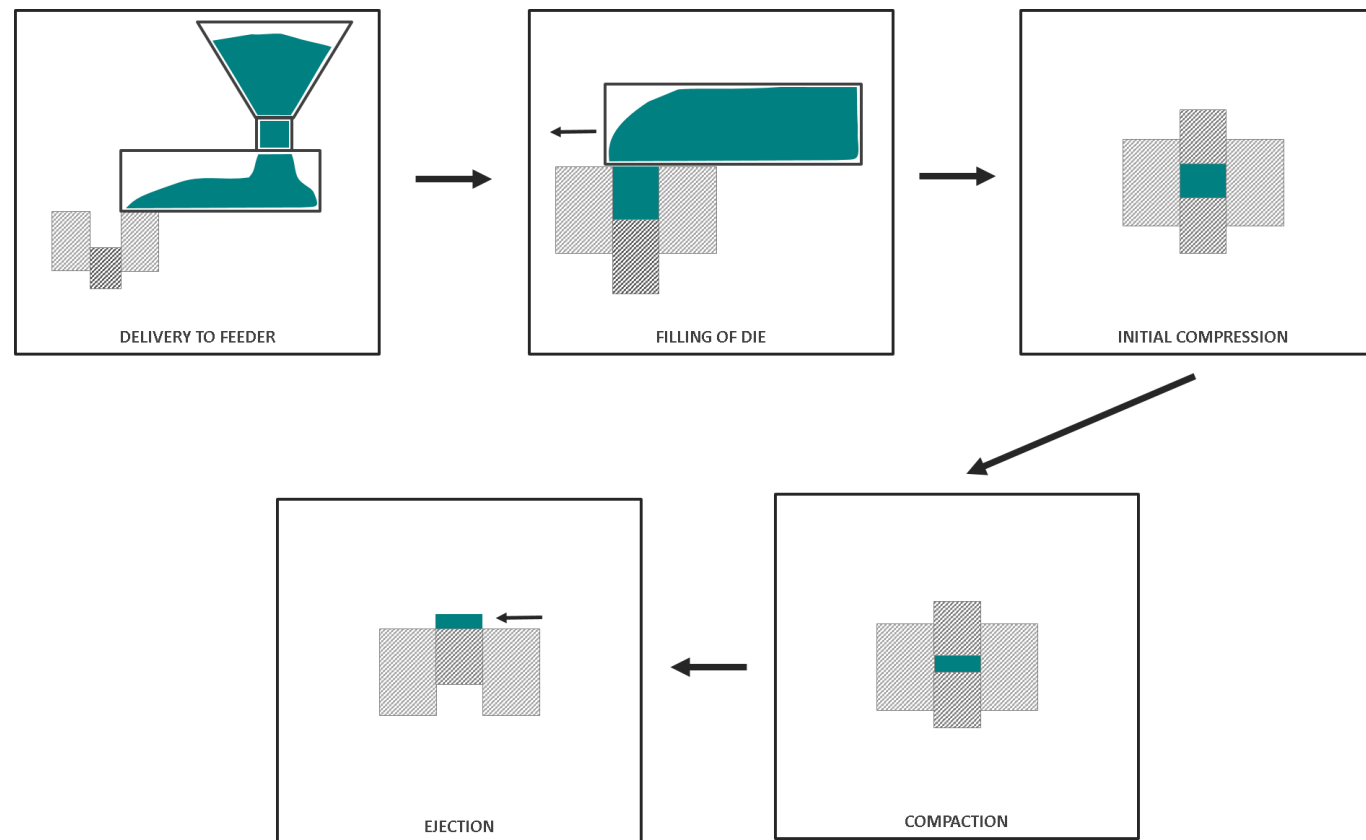
TEST PROVZDUŠNĚNÍ - AERACE



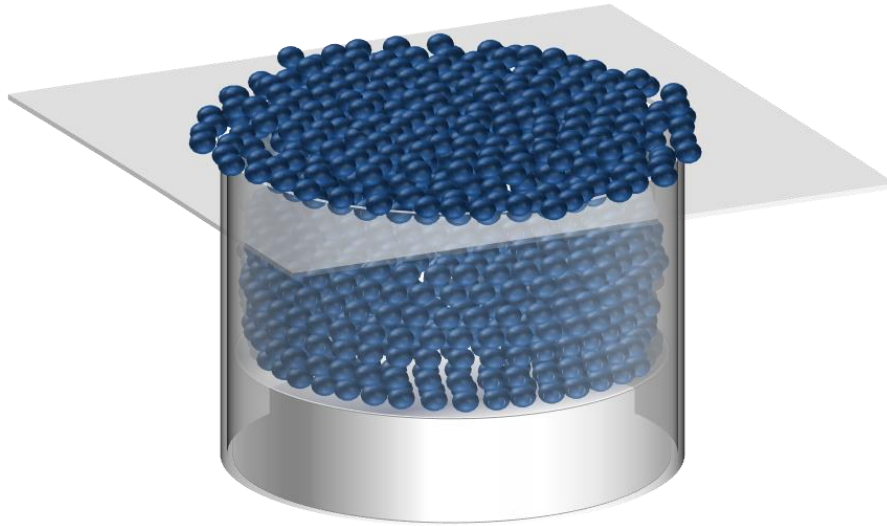
PŘÍKLAD APLIKACE

LISOVÁNÍ TABLET - PLNĚNÍ LISOVACÍ FORMY – PLNÍCI POMĚR

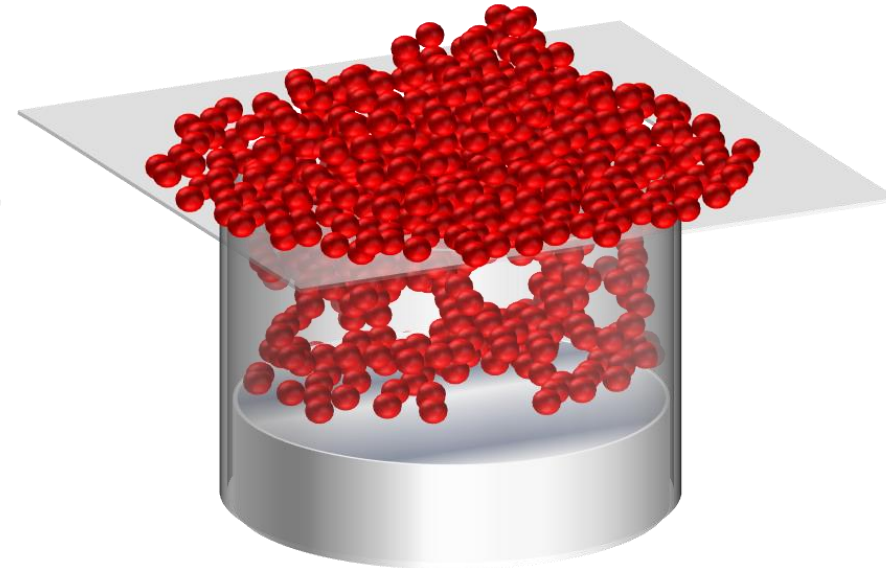
APLIKACE - LISOVÁNÍ TABLET



DOBŘÝ A ŠPATNÝ PLNÍČÍ POMĚR

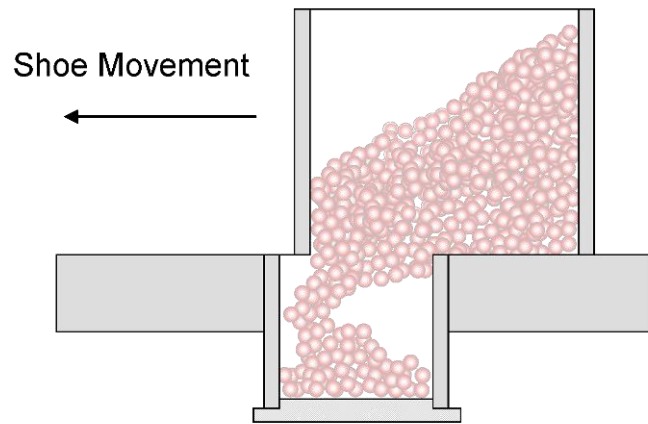


DOBŘÝ
*Rovnoměrné plnění, nízká
pórovitost*

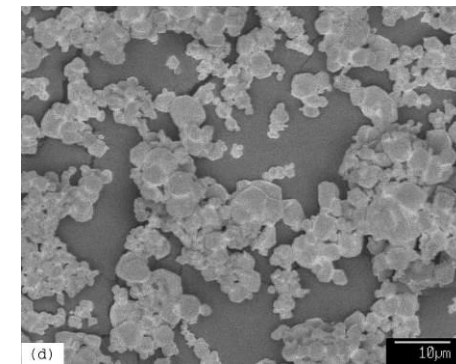
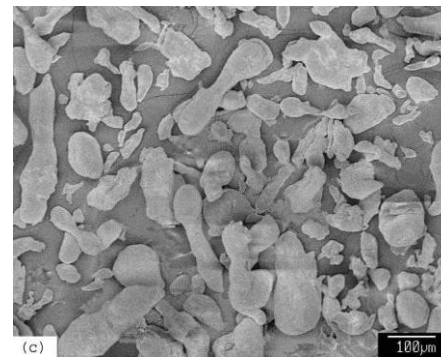
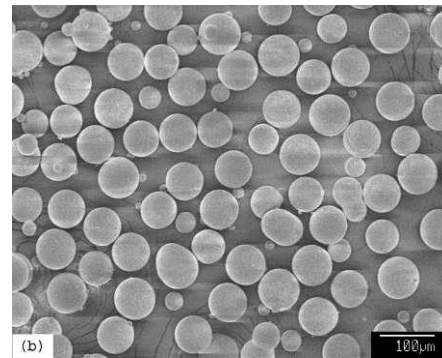
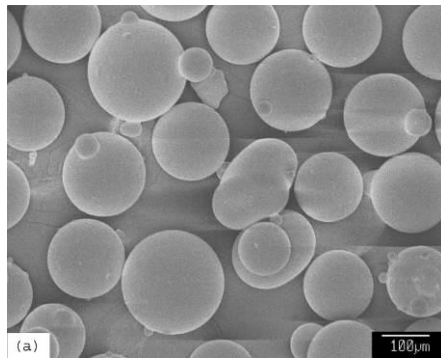


ŠPATNÝ
*Nestejněměrné plnění, vysoká
pórovitost*

PLNÍCÍ POMĚR

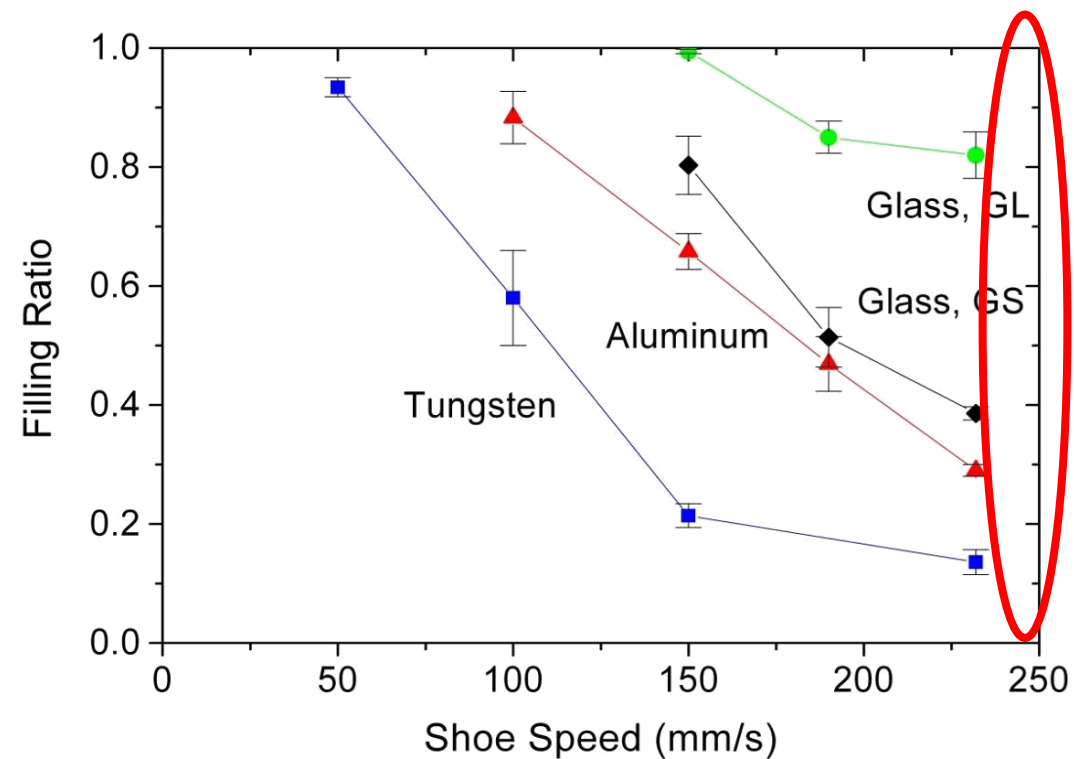
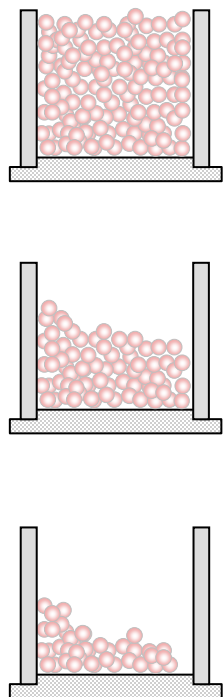


Materiál	Materiál/popis prášku	D ₅₀ (μm)	Tvar
(a)	GL velké skleněné kuličky	174	Kulatý
(b)	GS malé skleněné kuličky	68	Kulatý
(c)	Hliníkový granulovaný prášek	134	Nepravidelný
(d)	Wolframový prášek	4	Hranatý



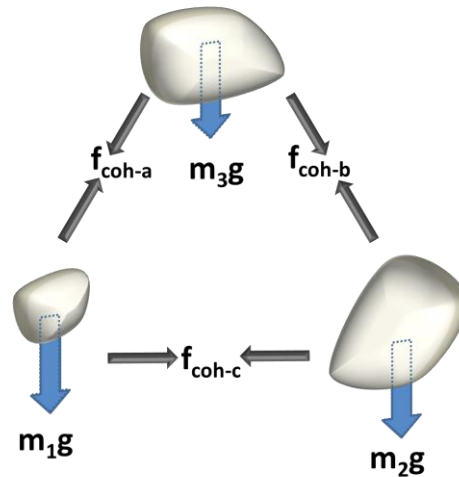
PLNÍČÍ POMĚR

Poměr skutečné hmotnosti ve formě v porovnání s hmotností vypočtenou z objemové hmotnosti a objemu matrice



JAKÉ VLASTNOSTI OVLIVŇUJÍ PLNĚNÍ FORMY

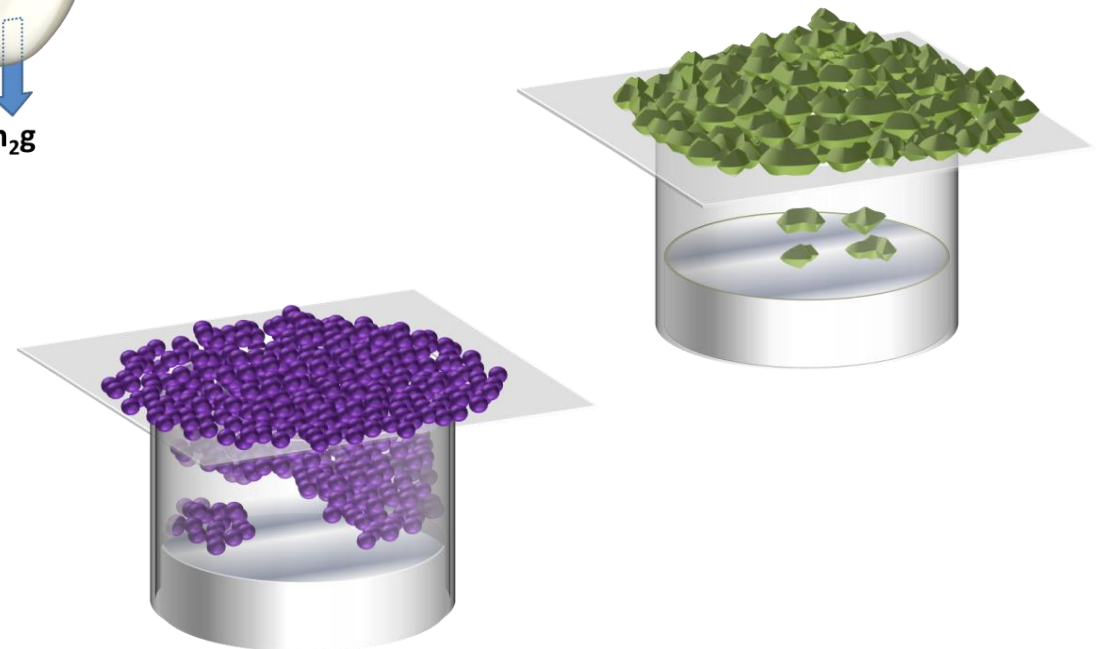
- *Vysoká koheze*



Kohezní síly \gg mg

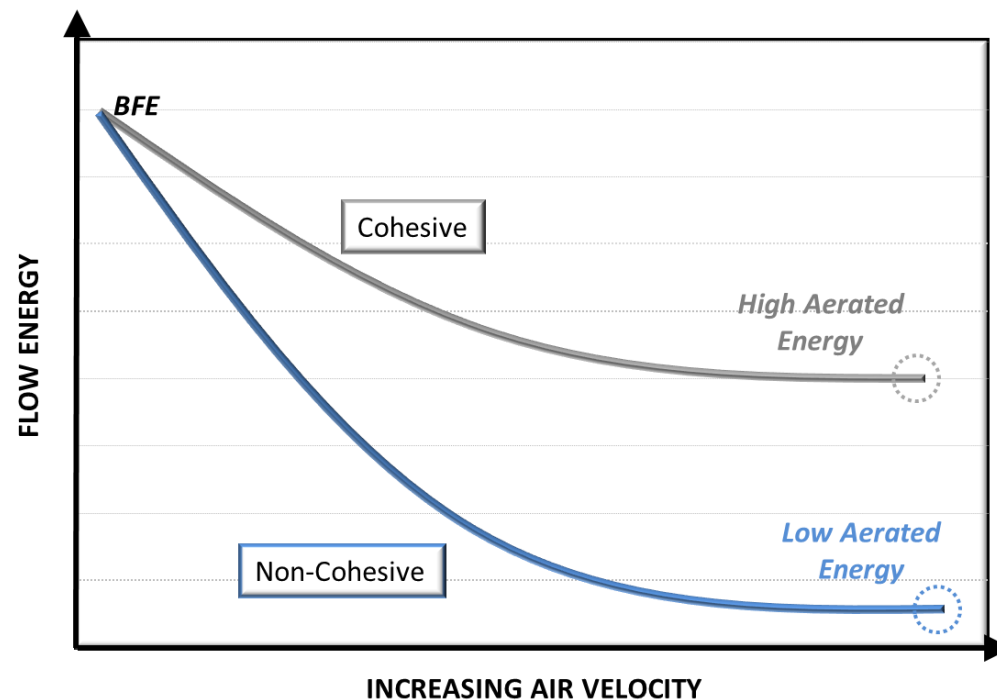
- *Vysoké mechanické tření & blokování*

- *Nízká permeabilita*



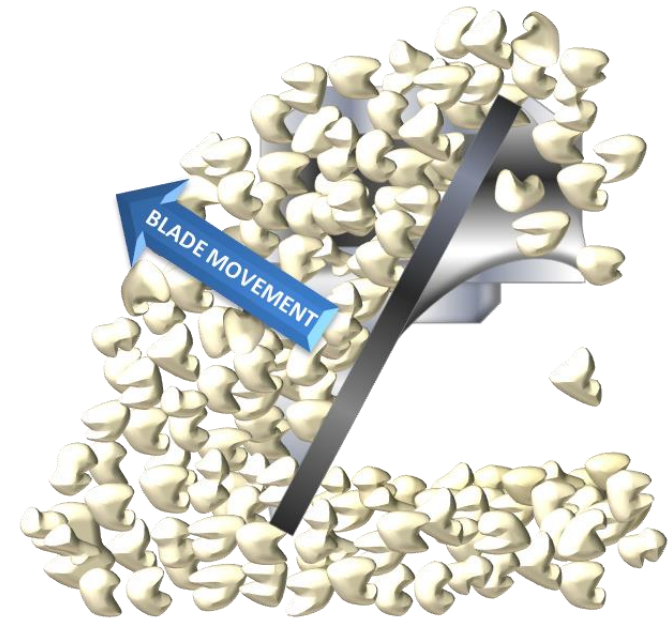
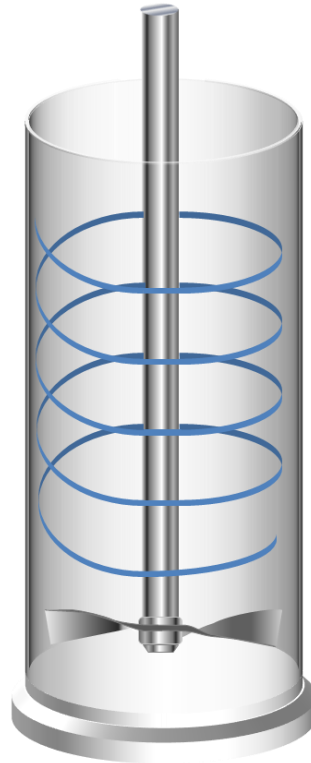
MĚŘENÍ KOHEZE

Aerační test – nízká hodnota aerační energie = nízká koheze

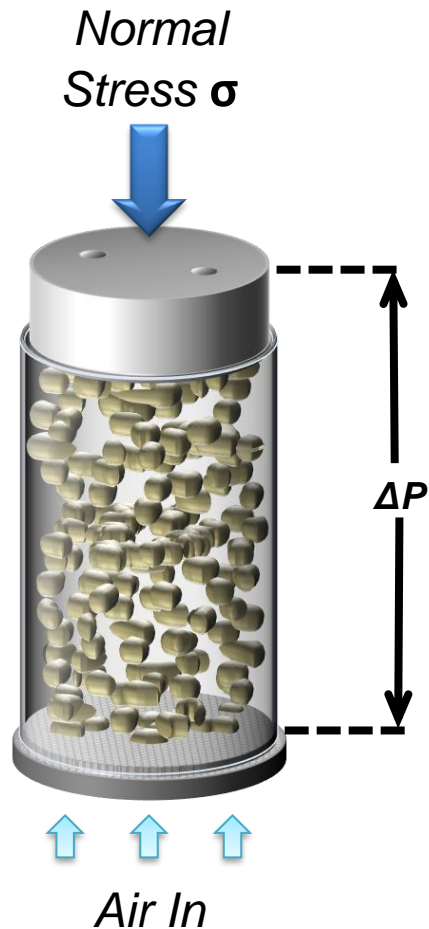


MECHANICKÉ BLOKOVÁNÍ A TŘENÍ

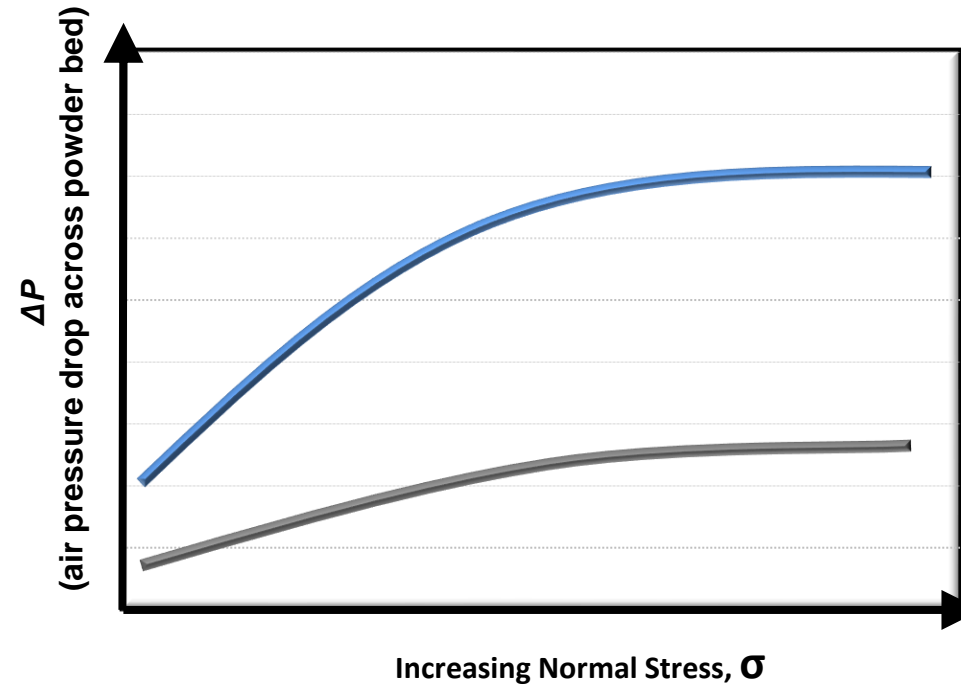
Specifická energie – nízká hodnota se rovná nízkému mechanickému blokování a tření



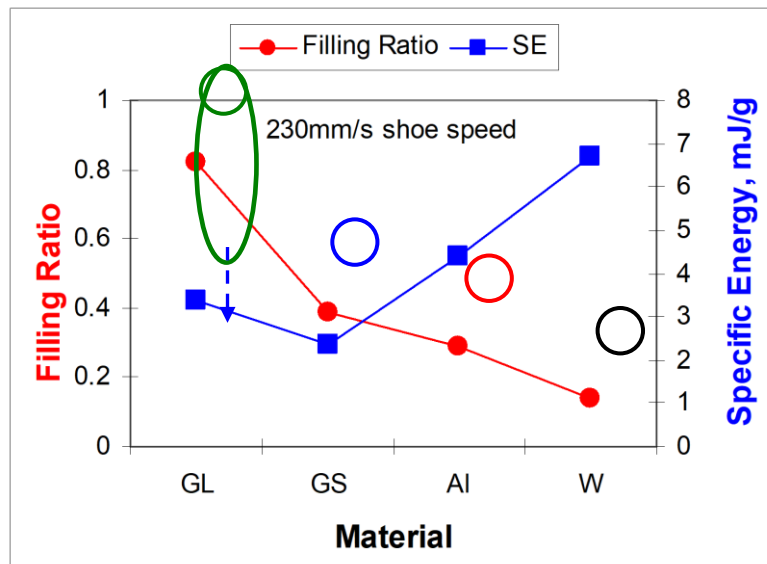
MĚŘENÍ PERMEABILITY



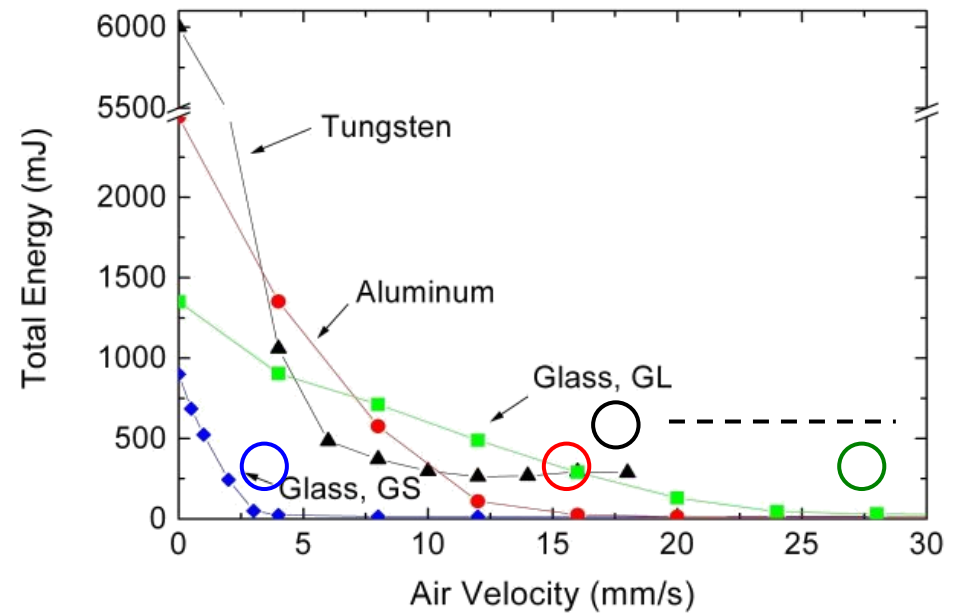
Nízký pokles tlaku = vysoká permeabilita
(vzduch snadno proniká vzorkem)



AERACE A SPECIFICKÁ ENERGIE



Plnicí poměr a specifická energie



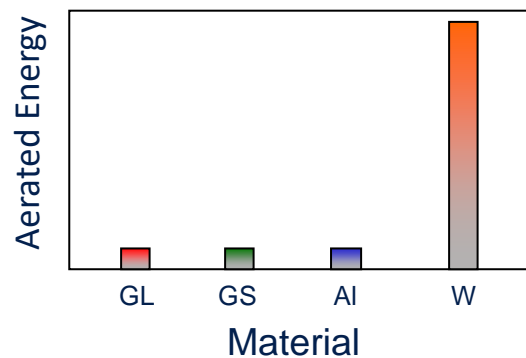
Aerace

INTERPRETACE DAT

Measurements:	Glass GL	Glass GS	Aluminium	Tungsten
Fill Ratio	0.82	0.40	0.29	0.14
Aeration Energy, AE (mJ)	< 10	< 10	< 10	~300

Nízká koheze

Vysoká koheze

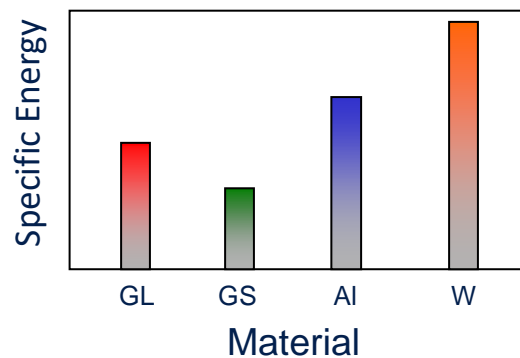
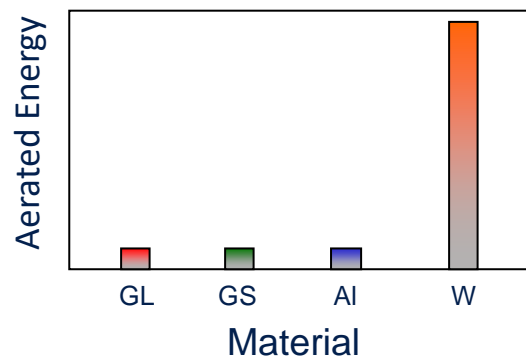


INTERPRETACE DAT

Measurements:	Glass GL	Glass GS	Aluminium	Tungsten
Fill Ratio	0.82	0.40	0.29	0.14
Aeration Energy, AE (mJ)	< 10	< 10	< 10	~300
Specific Energy, SE (mJ/g)	3.4	2.4	4.4	6.7

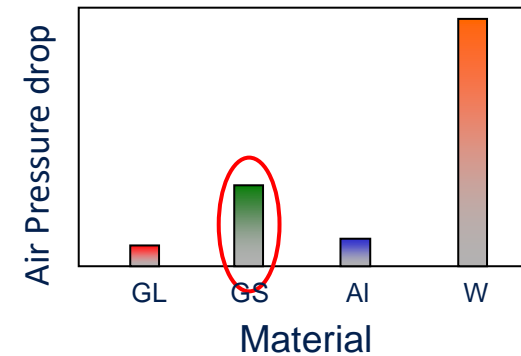
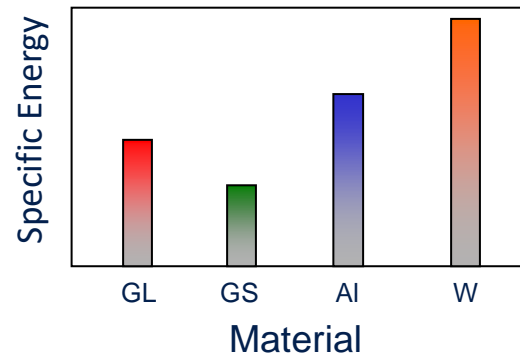
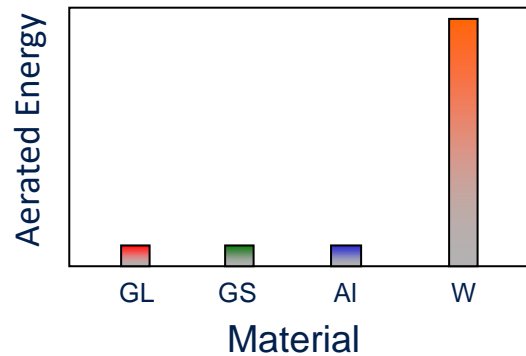
*Nejnižší mechanické
blokování / tření*

*Nejvyšší mechanické
blokování / tření*



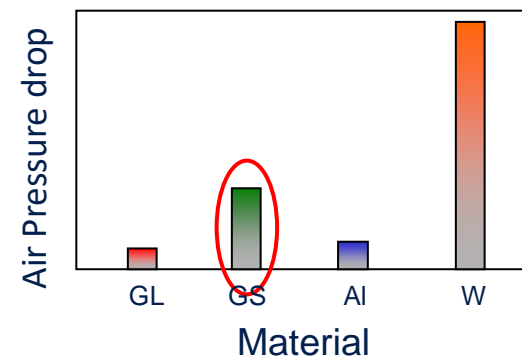
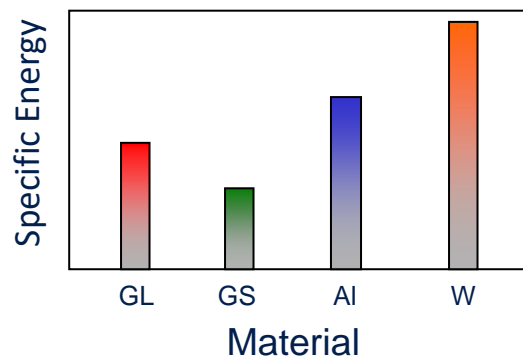
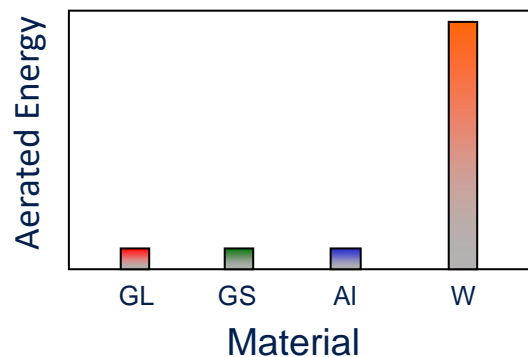
INTERPRETACE DAT

Measurements:	Glass GL	Glass GS	Aluminium	Tungsten
Fill Ratio	0.82	0.40	0.29	0.14
Aeration Energy, AE (mJ)	< 10	< 10	< 10	~300
Specific Energy, SE (mJ/g)	3.4	2.4	4.4	6.7
Pressure Drop across the powder bed at 2mm/s air velocity, PD ₁₅ (mbar)	0.8	5.2	1.4	15.3



INTERPRETACE DAT

Measurements:	Glass GL	Glass GS	Aluminium	Tungsten
Fill Ratio	0.82	0.40	0.29	0.14
Aeration Energy, AE (mJ)	< 10	< 10	< 10	~300
Specific Energy, SE (mJ/g)	3.4	2.4	4.4	6.7
Pressure Drop across the powder bed at 2mm/s air velocity, PD ₁₅ (mbar)	0.8	5.2	1.4	15.3



Pro efektivní plnění:

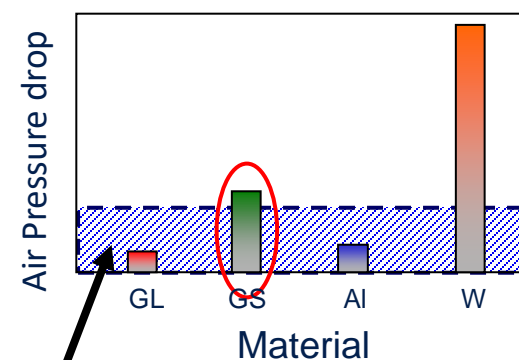
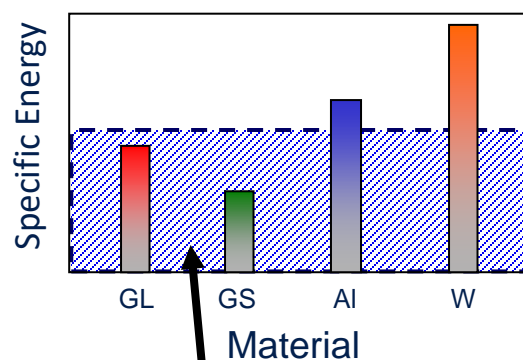
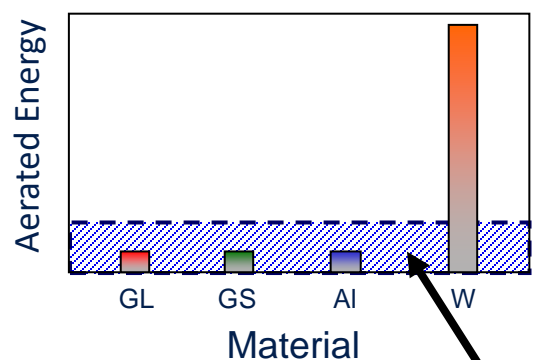
- Nízká koheze (nízká aerační energie)
- Střední až nízké mechanické blokování (nízká specifická energie)
- Vysoká permeabilita (nízký pokles tlaku vzduchu)

INTERPRETACE DAT

Measurements:	Glass GL	Glass GS	Aluminium	Tungsten
Fill Ratio	0.82	0.40	0.29	0.14
Aeration Energy, AE (mJ)	< 10	< 10	< 10	~300
Specific Energy, SE (mJ/g)	3.4	2.4	4.4	6.7
Pressure Drop across the powder bed at 2mm/s air velocity, PD ₁₅ (mbar)	0.8	5.2	1.4	15.3

Pro efektivní plnění:

- Nízká koheze (nízká aerační energie)
- Střední až nízké mechanické blokování (nízká specifická energie)
- Vysoká permeabilita (nízký pokles tlaku vzduchu)



Přijatelné parametry efektivního plnění

www.pragolab.cz



[linkedin.com/company/pragolab-s-r-o-](https://www.linkedin.com/company/pragolab-s-r-o-)

volfova@pragolab.cz