

Terminologia z dziedziny reologii proszków i gęstości objętościowej

Najważniejsze pojęcia dotyczące proszków i materiałów sypkich

Terminologia ogólna (EN)	Terminologia ogólna (PL)	Opis / Uwagi
Arch, arching, bridging, dead zone, piping, pole hole, rathole, ratholing	Łuk, łukowanie (zasklepanie), mostkowanie, martwa strefa, wymywanie, otwór słupkowy (wgłębienie/zapadnięcie), otwór boczny (wgłębienie/zagłębienie boczne)	Problemy występujące w silosie/zbiorniku, które mogą powodować trudności z rozładunkiem.
Angle of repose	Kąt naturalnego zsypania / Kąt naturalnego spoczynku	Kąt naturalnego zsypania substancji ziarnistej/granulatu oznacza najbardziej stromy kąt nachylenia stoku w stosunku do poziomej płaszczyzny, na której materiał został usypany bez obsuwania się. Po przekroczeniu kąta usypywany materiał zsuwa się po krawędzi zbocza.
Big bag	Worek kontenerowy	Elastyczne opakowanie zbiorcze do przechowywania proszków.
Bulk solid / granular media	Ciało stałe w proszku / Granulat / Substancja ziarnista	Ciało stałe składające się z wielu cząstek stałych lub granulek, które mogą mieć różną wielkość i różny skład chemiczny.
Bulk density	Gęstość nasypowa proszku	Gęstość ciała stałego w postaci proszku z wolnymi przestrzeniami (porami) i przestrzeniami międzyziarnowymi (nie mylić z gęstością materiału stałego).
Carr Index / Hausner Ratio	Współczynnik Carra / Wskaźnik Hausnera	Wskaźnik ściśliwości proszku. Zwykle mierzony poprzez utrzęsienie proszku. Może być użyty w celu przybliżonego oszacowania zdolności płynięcia.
Chain conveyor / Auger screw / Screw conveyor	Przenośnik łańcuchowy / Przenośnik ślimakowy / Przenośnik śrubowy	Środki do mechanicznego transportu proszków. Zwykle analizowane za pomocą celi ścinania proszków.
Dense phase vs. Dilute phase conveying	Transport fazy gęstej vs. fazy rzadkiej (rozcieńczonej)	Podczas transportu w fazie rzadkiej materiał jest zawieszony w powietrzu oraz, w przeciwieństwie do fazy gęstej, przesyłany z wyższą prędkością. Transportowi w fazie gęstej podlegają materiały ciężkie i/lub ściernie. Do transportu zarówno w fazie gęstej, jak i rzadkiej można stosować system próżniowy/ciśnieniowy/podciśnienia.
Discharge	Rozładunek	Kontrolowany proces opróżniania silosu.
Dosing	Dozowanie	Kontrolowany proces rozładunku określonej ilości materiału z podajnika/silosu/zbiornika.
Dynamic friction	Tarcie dynamiczne	Zwane również tarcie kinetycznym, występuje pomiędzy dwoma ciałami, które stykają się powierzchniami i przemieszczają względem siebie.
Electrostatic spraying	Natrysk elektrostatyczny	Metoda nakładania np. farb proszkowych na części samochodowe.
Filling level (of a silo / hopper)	Poziom napełnienia (silosu / zbiornika)	Stopień zapełnienia silosu/zbiornika wpływa na warunki naprężenia w otworze i dlatego należy go uwzględnić podczas pomiaru za pomocą celi ścinania proszków.
Fines	Materiały drobne / Drobin	Bardzo drobne cząstki, które mogą być częścią większego ciała stałego. Czasami usuwane celowo lub przypadkowo. Mogą mieć zaskakująco duży wpływ na zachowanie proszku.
Flow aid / flow agent / flow additive	Środek wspomagający przepływ (płynięcie/płynność) / Środek ułatwiający przepływ / Dodatek ułatwiający przepływ	Czasami stosuje się środki poprawiające płynność materiałów, np. zmatowiona krzemionka.
Flow profile (core flow vs. mass flow)	Profil płynięcia / przepływu (stożkowy vs. masowy)	Sposób rozładunku silosu. W silosie o profilu masowym stopniowo następuje całkowity rozładunek materiału. W silosie o profilu stożkowym powstaje martwa strefa/strefa stagnacji, z której materiał nie ulega rozładunkowi.
Flow properties	Właściwości płynięcia / przepływu	Sposób, w jaki płynie proszek. Zależy od stanu proszku -> odpowietrzony/odgazowany (=ułożony luźno) lub skonsolidowany, również: w jakim stopniu.
Flowability	Płynność	Podobnie jak „właściwości płynięcia”, określa szybkość płynięcia proszku, ale w rzeczywistości jest wartością pomiaru za pomocą celi ścinania proszków (w celu uzyskania dodatkowych informacji patrz „Sypkość ffc” w rubryce „Cela ścinania proszków”). Płynność zależy od wielu różnych czynników takich jak rozmiar

Terminologia z dziedziny reologii proszków i gęstości objętościowej

Najważniejsze pojęcia dotyczące proszków i materiałów sypkich

		cząstek, rozkład wielkości cząstek, morfologię cząstek, warunki naprężenia, wilgotność, temperaturę itp.
Free-flowing vs. cohesive	Swobodnie płynący / sypki vs. spoisty	Proszki swobodnie płynące/sypkie płyną łatwo (szybko/dobrze) (np. polamid, proszek żelaza). Proszki spoiste są trudne w transporcie, nie wykazują tendencji do płynięcia (np. wapień, mąka).
Silo, bin, hopper, feeder	Silos, pojemnik, zbiornik, podajnik	Różne rodzaje pojemników używanych do przechowywania i dozowania drobnego pyłu.
Normal stress	Naprężenie normalne	Naprężenie działające prostopadle do powierzchni.
Particle size distribution	Rozkład wielkości cząstek	Określa rozkład wielkości ziaren proszku w danej partii. Zazwyczaj wynikiem jest krzywa Gaussa.
Pneumatic transport	Transport pneumatyczny	Metoda transportu proszków za pomocą sprężonego powietrza/gazu obejmująca dwie możliwości: fazę gęstą i fazę rzadką (rozcieńczoną).
Powder	Proszek	Patrz „Ciało stałe w proszku”.
Ring shear tester / annular ring shear tester / annular shear tester	Pierścieniowy tester ścinania	Urządzenie do analizy zachowania skonsolidowanych proszków (jak opisano w rubryce „Cela ścinania proszków”).
Jenike shear tester / Shear tester	Tester ścinania Jenike / Tester ścinania	Urządzenie podobne do celi ścinania proszków, lecz o niższej funkcjonalności (jeden pomiar wymaga dnia intensywnej pracy w porównaniu do zautomatyzowanego pomiaru trwającego 45 minut).
Silo outlet, silo opening, outlet opening	Wylot silosu, otwór silosu, otwór wylotowy	Otwór w silosie. Jego wielkość można wyznaczyć na podstawie wyników pierścieniowego testu ścinania.
Solid density	Gęstość materiału stałego	Gęstość materiału w postaci monolitu (zwartego bloku), t.j. bez wolnych przestrzeni (porów) (nie mylić z gęstością nasypową proszku).
Spray dried / atomized powders	Suszenie rozpyłowe / Atomizowanie proszków	Metoda wytwarzania proszków z cieczy. Stosowana w wielu branżach (np. spożywczej, metalowej, farmaceutycznej).
Storage	Przechowywanie	Przechowywanie proszków w silosie, worku kontenerowym lub zbiorniku innego typu.
Static friction	Tarcie spoczynkowe / statyczne	W przypadku tarcia spoczynkowego siła tarcia przeciwstawia się sile działającej na ciało, osiągając maksymalną wartość przed rozpoczęciem ruchu ciała.
Wedge-shaped vs. conical hopper vs. pyramidal hopper	Lej (Zsyp) klinowy vs. stożkowy vs. piramidalny	Kształt leja wylotowego z silosu/zbiornika. Wpływa na proces rozładunku.
Shear stress	Naprężenie ścinające	Naprężenie działające równolegle do powierzchni.

Terminologia związana z celą ścinania proszków (EN)	Terminologia związana z celą ścinania proszków (PL)	Opis / Uwagi
Adhesion τ_{ad}	Adhezja (Przyczepność) τ_{ad}	Tendencja proszku do przyczepiania się do materiału ściany. Jest wynikiem pomiaru „tarcia przyściennego” (w miejscu, w którym „obszar plastyczności ściany/linia granicznych naprężeń ściany” przecina oś pionową)
Angle of internal friction φ_{sf} (at steady state flow)	Kąt tarcia wewnętrznego (φ_{sf} przy przepływie w stanie ustalonym)	Tarcie wewnętrzne przy przepływie w stanie ustalonym w płaszczyźnie (w płynięciu stałym płaszczyzny) cięcia równoległej do prędkości ścinania. Wynik pomiaru ścinania (i jego analizy za pomocą kół Mohra).
Angle of the linearized yield locus φ_{lin}	Kąt liniowego obszaru plastyczności φ_{lin}	Podobny do kąta tarcia wewnętrznego; używany w przypadku, gdy można przyjąć stałą wartość kąta.
Bulk density ρ_b	Gęstość nasypowa ρ_b	Gęstość ciała stałego w proszku WRĄŻ z kieszeniami powietrznymi. Nie mylić z gęstością materiału stałego.
Caking / time consolidation	Spiekanie (Zbrylanie) / Konsolidacja w czasie	Wzrost wytrzymałości proszku w czasie. Może zostać wywołany efektami chemicznymi, lepszym opakowaniem, siłami Van-der-Waalsa itp.

Terminologia z dziedziny reologii proszków i gęstości objętościowej

Najważniejsze pojęcia dotyczące proszków i materiałów sypkich

Cohesion τ_c	Kohezja (Spoistość) τ_c	Określa spójność próbek. Jest definiowana przez przecięcie punktu plastyczności (płynięcia) i osi pionowej (nie mylić z „Siłą kohezji”).
Compressibility	Ściśliwość	Pomiar zmiany objętości względnej lub gęstości po przyłożeniu naprężenia do ciała stałego (w proszku). Ściśliwość względna jest często wyrażana jako „Indeks Carra” lub „Wskaźnik Hausnera”.
Consolidation time	Czas konsolidacji	Czas wybrany do pomiarów „spiekania (zbrylania)/konsolidacji w czasie”. Powinien odpowiadać czasowi rzeczywistemu (np. przechowywania proszku w silosie przez 2 dni); zwykle analizie poddaje się nie więcej niż 72 godziny.
Consolidation, consolidation stress	Konsolidacja, naprężenie konsolidacyjne	Przykładanie naprężenia (normalnego) do proszku.
Dilation	Dylatacja	Rozszerzanie się złoża proszkowego podczas ścinania (= zmniejszanie gęstości nasypowej).
Effective angle of internal friction φ_e	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego φ_e	Pomiar tarcia wewnętrznego przy płynięciu w stanie ustalonym. Czy nachylenie efektywnej wydajności ma obszar plastyczności?
Flowability ffc	Płynność (Sypkość) ffc	Symbol „ffc” jest używany do numerycznego oznaczenia płynności/sypkości jako stosunek absolutnej granicy plastyczności i naprężenia głównego ($ffc = \sigma_1 / \sigma_c$).
Linearized yield locus	Liniowy obszar plastyczności	Linia prosta styczna do dwóch kół Mohra.
Major principle stress σ_1	Naprężenie główne σ_1	Rzeczywiste naprężenie proszku (naprężenie konsolidacyjne + naprężenie ścinające).
Mohr circle / stress circle	Koło Mohra / Koło naprężeń	Część wykresu Mohra-Coulomba.
Mohr-Coulomb diagram / Mohr diagram	Wykres Mohra-Coulomba / Wykres Mohra	Wykres używany do analizy warunków naprężenia proszku.
Not flowing / very cohesive / cohesive / easy-flowing / free-flowing	Niepłynny (niepłynący) / silnie spoisty (spójny) / spoisty (spójny) / łatwo płynący / swobodnie płynący	Kategorie płynności: - Niepłynący: $ffc < 1$ - Silnie spoisty: $1 < ffc < 2$ - Spoisty: $2 < ffc < 4$ - Łatwo płynący: $4 < ffc < 10$ - Swobodnie płynący: $10 < ffc$
Pre-compaction	Zagęszczanie (Ubijanie / Kompakcja) wstępne (wstępna)	Naprężenie normalne przyłożone podczas ścinania (zwykle 3/6/9 kPa).
Pre-shear	Ścinanie wstępne	Kluczowy etap pomiaru, podczas którego próbka poddawana jest „ścinaniu wstępnemu” = ścinaniu przy jednoczesnym kontrolowanym przykładaniu naprężenia normalnego w celu doprowadzenia złoża proszkowego do stanu jednorodnego.
Pre-shear points	Punkty ścinania wstępnego	Różne wartości naprężenia normalnego dla ścinania wstępnego (np. przy wstępnym zagęszczeniu (ubijaniu) o wartości 3, 6 i 9 kPa).
Residence time	Czas przebywania (przechowywania)	Czas, w ciągu którego określona część proszku pozostaje w silosie/zsypie. Czas ten należy wziąć pod uwagę przy pomiarze „spiekania (zbrylania)” i wykorzystać go do obliczenia „czasu konsolidacji”.
Sample preparation bench	Stanowisko przygotowania próbek	Narzędzie zapewniające jednorodne (jednakowe) przygotowanie próbek.
Shear (shear-to-failure)	Ścinanie (zerwanie ścinania)	Etap pomiaru następujący po każdym procesie ścinania. Wartość naprężenia normalnego jest niższa niż podczas ścinania. Próbkę podlega ścinaniu aż do zerwania (tj. do momentu, w którym ponownie zaczną płynąć).
Shear points (shear-to-failure points)	Punkty ścinania / Punkty zerwania ścinania	Określają, jak często wykonywane jest ścinanie do zerwania dla każdego punktu (w każdym punkcie) ścinania (np. ścinanie wstępne przy 3 kPa i trzy punkty ścinania do zerwania przy 1, 1,5 i 2 kPa).
Steady-state flow / stationary flow	Płynięcie w stanie ustalonym / płynięcie stacjonarne	Występuje podczas ścinania wstępnego: kiedy siły tarcia między cząstkami osiągają wartości maksymalne przy przyłożonym naprężeniu normalnym. Po osiągnięciu przepływu w stanie ustalonym naprężenie ścinające jest wartością stałą.
Tensile strength σ_T	Wytrzymałość na rozciąganie σ_T	„Siła” potrzebna do oddzielenia cząstek od innych cząstek (NIE siła potrzebna do rozbicia/rozerwania cząstek).

Terminologia z dziedziny reologii proszków i gęstości objętościowej

Najważniejsze pojęcia dotyczące proszków i materiałów sypkich

Time consolidation bench	Stanowisko konsolidacji w czasie	Narzędzie służące do przeprowadzania testów konsolidacji w czasie bez użycia reometru.
Time yield locus	Czasowy obszar plastyczności	Podobny do „obszaru plastyczności”, ale jest pozyskiwany do testów „konsolidacji w czasie” / „spiekania (zbrylania)”.
Unconfined yield strength σ_c	Absolutna granica plastyczności σ_c	Wytrzymałość proszku, tj. kiedy się uplastycznia, gdy nie jest zamknięty (ograniczony).
Wall friction	Tarcie przyścienne	Tarcie między proszkiem a materiałem ściany (np. ścianą silosu). Materiałem może być na przykład stal nierdzewna, aluminium lub PTFE.
Wall friction angle	Kąt tarcia przyściennego	Wynik pomiaru tarcia przyściennego jest wykorzystywany do określenia kąta nachylenia silosu/zbiornika.
Wall yield locus	Obszar plastyczności ściany / Linia granicznych naprężeń ściany	Służy do analizy pomiarów tarcia przyściennego. Pozwala wyznaczyć właściwości takie jak adhezja (przyczepność) i kąt tarcia przyściennego.
Yield locus	Obszar plastyczności	Wynik pomiarów ścinania – służy do przedstawienia właściwości płynięcia proszków. Jest wynikiem wykresu Mohra-Coulomba.

Terminologia związana z całą płynięcia proszków (EN)	Terminologia związana z całą płynięcia proszków (PL)	Opis / Uwagi
Air-retention (air holding capacity)	Retencja (Utrzymanie / Zatrzymywanie) powietrza (Zdolność utrzymania / zatrzymywania powietrza)	(patrz: Odpowietrzanie)
Cohesion Strength	Siła kohezji	Siła kohezji określa wewnętrzny opór płynięcia proszku i jest miarą sypkości proszku (nie mylić z „kohezją/spoistością”; patrz powyżej).
Deaeration	Odpowietrzanie	Zachowanie proszku podczas odpowietrzania opisuje sposób, w jaki proszek zatrzymuje powietrze po fluidyzacji. Jest to charakterystyczna właściwość proszku i zależy głównie od wielkości i morfologii cząstek.
Dustiness	Pylistość	Określa tendencję proszku (lub cząstek proszku/jego części) do unoszenia (wznoszenia) się w powietrzu/e.
Fluidization	Fluidyzacja	Przepływ gazu przez złożę proszkowe może pokonać opór grawitacji i sił międzycząsteczkowych. Proszek staje się wtedy „wodnisty”. Fluidyzacja może zachodzić w silosie podczas rozładunku i powodować segregację. Nie wszystkie proszki mogą ulec fluidyzacji; zjawisko to zależne jest od gęstości, powierzchni itp.
Fluidized bed viscosity / apparent viscosity / shear-rate sweep	Lepkość złoża fluidalnego / Lepkość pozorna / Przemiatanie szybkości ścinania	Zachowanie zależne od szybkości ścinania („lepkość”) może być mierzone jako funkcja stanu fluidyzacji proszku (stan bez, częściowej i pełnej fluidyzacji). Może to na przykład dostarczyć informacji na temat ewentualnych trudności podczas transportu pneumatycznego.
Full fluidization	Pełna fluidyzacja	Określa „objętościowe natężenie przepływu”, podczas którego próbka zostaje całkowicie fluidyzowana.
Incipient Fluidization	Początkowa fluidyzacja / Początkowe stadium fluidyzacji	Określa „objętościowe natężenie przepływu”, przy którym próbka zaczyna ulegać fluidyzacji.
Permeability	Przepuszczalność	Opór przepływu powietrza przez proszki. Może być również analizowana jako funkcja stopnia konsolidacji. Znajduje zastosowanie w procesach aerolizacji, tabletkowaniu i wypełnianiu.
Pressure drop	Spadek ciśnienia	Metoda pomiarowa do określania właściwości fluidyzacyjnych (tj. „pełnej i początkowej fluidyzacji”).
Segregation	Segregacja	Segregacja cząstek lub demiksja to podział ciał stałych ze względu na ich właściwości fizyczne takie jak wielkość, objętość, gęstość, kształt itp. Może być analizowana jakościowo za pomocą „siły kohezji”.
Tensile strength	Wytrzymałość na rozciąganie	„Siła” potrzebna do oddzielenia cząstek od innych cząstek (NIE siła potrzebna do rozbicia/rozerwania cząstek).

Terminologia z dziedziny reologii proszków i gęstości objętościowej

Najważniejsze pojęcia dotyczące proszków i materiałów sypkich

Warren Spring Cohesion	Kohezja Warrena-Springa	Metoda jakościowej analizy sypkości skonsolidowanych proszków.
Wall Friction	Tarcie przyścienne	Patrz „Tarcie przyścienne” w rubryce „Cela ścinania proszków”.
Fluidized bed reactor	Reaktor ze złożem fluidalnym / Reaktor fluidyzacyjny	Reaktor używany do reakcji chemicznych, wewnątrz którego następuje przepływ gazu przez proszek.
Pneumatic transport / conveying	Przesył / Transport pneumatyczny	Metoda transportu proszków w układzie, w którym proszek jest „wdmuchiwany” („przedmuchiwany”) przez rury.
Compressibility	Ściśliwość	Ściśliwość jest miarą zmiany objętości względnej, jakiej ulega próbka po przyłożeniu lub zmianie ciśnienia. Jest to zależność gęstości nasypowej od wartości przyłożonego ciśnienia.
Volumetric flow rate / fluidization velocity	Objętościowe natężenie przepływu / szybkość fluidyzacji	Natężenie przepływu gazu przez złożę proszku, zwykle wyrażane w „l/min”.
Envelope Volume	Objętość pozorna	Objętość cząstek proszku lub monolitu uzyskana przez otoczenie próbki środkiem wypierającym (wraz z porami i pustymi przestrzeniami w próbce).
Envelope Density	Gęstość pozorna	Gęstość pozorna (znana również jako gęstość objętościowa lub geometryczna) opisuje gęstość materiału z uwzględnieniem wszystkich otwartych i zamkniętych porów lub pęknięć (defektów) monolitu.
Absolute Density	Gęstość bezwzględna	Masa ciała stałego podzielona przez jego objętość, z wyłączeniem otwartych i zamkniętych porów. Zwana również gęstością rzeczywistą lub szkieletową. → Zazwyczaj wyznaczana za pomocą piknometru gazowego.