



Własności technologiczne proszków

E. Otrębnik^a, G. Matula^b

^a Studentka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Studenckie Koło Naukowe Metalurgii Proszków
email: edyta_s-c@wp.pl

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów
Materiałowych i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie
email: grzegorz.matula@polsl.pl

Streszczenie: W artykule zostały przedstawione zagadnienia związane z badaniem własności technologicznych proszku. Zaprezentowane zostały również przebieg i wyniki prowadzonych badań nad takimi własnościami technologicznymi jak sypkość, gęstość nasypowa i gęstość nasypowa z usadem. W celu przeprowadzenia badań zostało wykonane stanowisko do badań własności technologicznych proszku w postaci stalowego statywu, w uchwycie którego został umieszczony mosiężny lejek Halla, a na jego podstawie stalowe naczynie pomiarowe. Przeprowadzone badania na stanowisku pozwoliły zauważyć zmianę sypkości, gęstości nasypowej i gęstości nasypowej z usadem w zależności od wielkości i kształtu proszku.

Abstract: This article presents issues related to the study of technological properties of powder. Were presented in the course and it also results from ongoing research on technological properties such as flowability, bulk density and tap density. In order to carry them out has been specially constructed to test the position of the technological properties of powder in a steel tripod, in a holder which was placed a brass Hall's funnel, and on the basis of steel measuring vessel. The studies led to the observed change in position of flowability, bulk density and tap density depending on the size and shape of the powder.

Słowa kluczowe: Metalurgia proszków, sypkość, gęstość nasypowa, gęstość nasypowa z usadem

1. WSTĘP

Metalurgia proszków jest dziedziną obejmującą metody wytwarzania proszków metali i materiałów metalowych lub ich mieszanin z proszkami niemetalowymi oraz otrzymywania półproduktów i produktów z tych proszków bez konieczności roztapiania głównego składnika. Zajmuje ona szczególne miejsce wśród technologii metali, z powodzeniem konkurując m.in. z odlewnictwem, obróbką plastyczną, obróbką skrawaniem, uzupełniając

lub zastępując te technologie. Elementy z niektórych materiałów, np. metali trudno topliwych, węglików spiekanych, mogą być wytworzone jedynie metodami metalurgii proszków [1, 2].

Głównym celem metalurgii proszków jest formowanie oraz spiekanie proszków w celu uzyskania zwartej formy metalowej, ceramicznej lub kompozytowej. Najbardziej popularne procesy spiekania to spiekanie w fazie ciekłej, podczas którego jedna z faz ulega roztopieniu w wysokiej temperaturze i penetruje pory kształtki oraz spiekanie w fazie stałej, podczas którego temperatura nie przekracza 0,8 temperatury topnienia proszków, a konsolidacja proszku następuje głównie dzięki dyfuzji atomów pomiędzy ziarnami [4].

Celem pracy jest wykonanie stożka Halla i statywu do pomiarów podstawowych właściwości technologicznych, takich jak gęstość nasypowa, gęstość nasypowa z usadem i sypkość proszków.

2. PRZEBIEG BADAŃ

W ramach przeprowadzonych badań wykonane zostało stanowisko do badania własności proszków tj. gęstości nasypowej, gęstości nasypowej z usadem i sypkości proszku, które składa się z lejka wykorzystywanego w metodzie Halla, statywu i naczynia pomiarowego (rys. 1). Lejek został wykonany z mosiądzu, gdyż wg normy materiał lejka nie powinien wykazywać własności magnetycznych, powinien być odporny na korozję, ścieranie i odkształcenie. Średnica otworu lejka wynosi 2,5 mm (rys. 2). Dokładne wymiary lejka przedstawiono na rysunku 3. Lejek można zamontować w uchwyt stalowego statywu. Na statywie zostało również umieszczone stalowe naczynie pomiarowe.

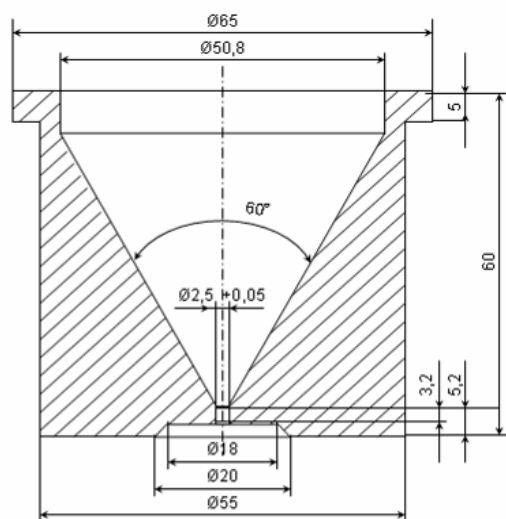


Rysunek 1. Stanowisko do badania własności proszków.



Rysunek 2. Lejek wykorzystywany w metodzie Halla.

Wybranymi materiałami do badań są najczęściej stosowane w przemyśle proszki żelaza, stali szybkoznęcającej typu M2, aluminium, komercyjnej mieszaniny węgla wolframu z kobaltem typu B65. Na rysunku 4 przedstawiono mieszaninę proszków węgla wolframu oraz kobaltu. Mieszanina ta jest w postaci granulatu. W przeciwnym razie jej właściwości technologiczne byłyby bardzo niskie z uwagi na wielkość ziarna samego węgla która nie



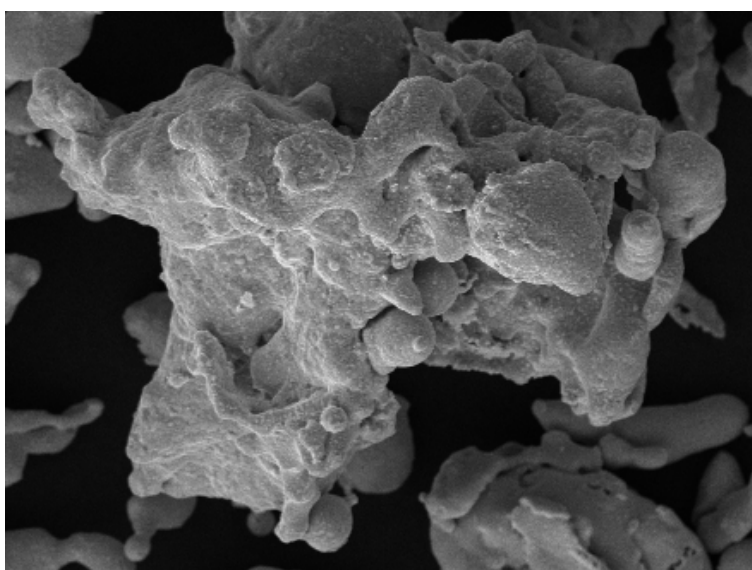
Rysunek 3. Wymiary lejka Halla.

przekracza $4 \mu\text{m}$. Gatunek ten zawiera około 15% kobaltu oraz do 2% środka poślizgowego. Producent nie dodaje do mieszanki innego rodzaju węglików. Średnie wielkość granul o kształcie sferycznym wynosi około 0,2 mm, co doskonale ułatwia zasypywanie matrycy i prasowanie proszku, otrzymując wypraskę o wysokich własnościach i relatywnie wysokiej gęstości.



Rysunek 4. Mieszanka proszku węgla WC i kobaltu typu B65 w postaci granulatu

Wielkość ziarna proszku aluminium jest relatywnie duża i wynosiła 0,4mm. Tak duże ziarna dobrano przede wszystkim ze względów bezpieczeństwa. Drobny i nieutleniony proszek aluminium stosowany jest do materiałów wybuchowych z uwagi na jego gwałtowne utlenianie się. Oczywiście wraz z obniżeniem wielkości ziarna rośnie pole powierzchni reagującej. Innym powodem zastosowania tego proszku było przedstawienie własności technologicznych proszku o tak dużym ziarnie. Średnia wielkość ziarna stali szybkoctnącej wynosiła 80 a żelaza 120 μ m. Stal szybkoctnąca została wytworzona przez rozpylanie wodą co powoduje, że ziarna proszku mają rozbudowaną powierzchnię (rys. 5). Niestety proszek ten należy poddać procesowi wyżarzania i następnie wolnego chłodzenia w celu wyeliminowania ze struktury martenzytu, który powstał podczas rozpylania i który obniża formowalność i zgęszczalność proszku. Proszek tej samej stali rozpylony gazem posiada mniejsze ziarno o kształcie sferycznym i średniej wielkości około 20 μ m.



Rysunek 5. Proszek stali szybkoctnącej typu M2 rozpylany wodą.

3. WYNIKI BADAŃ

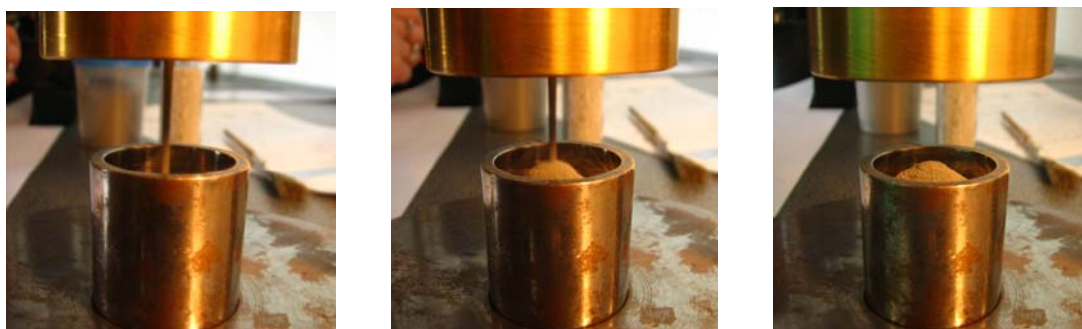
Sypkość proszku - x_p , s - określa czas przesypywania masy próbki proszku przez lejek o ustalonym kształcie. Znajomość sypkości umożliwia określenie czasu potrzebnego na wypełnienie proszkiem komory zasypowej matrycy.

Pomiar sypkości przedstawiony na rysunku 6 polega na tym, że stojak z lejkiem należy ustawić na podstawie zabezpieczonej od wstrząsów i drgań.

Następnie należy odważyć 50g proszku, który powinien być wcześniej wysuszony. Zatykając otwór lejka, wsypujemy proszek, poczym uruchomiamy sekundomierz równocześnie z odetkaniem otworu i zatrzymujemy go w chwili całkowitego opróżnienia lejka. Czas przesypywania proszków podany w sekundach przedstawiono w tablicy 1.

Współczynnik korygujący f , należy wyliczyć według poniższego wzoru przyjmując, że cecha lejka C wynosi 25 sekund. Wartość obliczonego współczynnika korygującego f wynosi 1,012.

$$f = 25,3/C$$



Rysunek 6. Kolejne etapy przesypywania proszku

Sypkość dla poszczególnych proszków obliczono z poniższego wzoru, a wyniki przedstawiono w tablicy 1.

$$x_p = t_s \cdot f$$

gdzie :

x_p – sypkość

t_s – czas przesypywania

f – współczynnik korygujący

Tablica 1. Wyniki badań sypkości proszków.

L.p.	Material	Metoda wytworzenia	Kształt proszku	Czas przesypywania t_s [s]	Sypkość x_p [s]
1	Proszek żelaza	Rozpylanie	nieregularny	40,9	41,39
2	Mieszanina węgla wolframu z kobaltem B65	Mielenie kobaltu z węglikiem WC	granulat	-	-
3	Mieszanina węgla wolframu z kobaltem G10	Mielenie kobaltu z węglikiem WC	granulat	32,5	32,89
4	Proszek aluminium	Rozpylanie	nieregularny	-	-
5	Proszek stali szybko tnącej typu M2	Rozpylanie wodą	nieregularny	45,53	46,08
6	Proszek stali szybko tnącej typu M2	Rozpylanie gazem	sferyczny	-	-

Gęstość nasypowa proszku oraz inne własności technologiczne zależą przede wszystkim od kształtu, rozmiarów cząstek oraz od innych czynników, np.: ukształtowania powierzchni, stopnia utlenienia, rodzaju i ilości zaadsorbowanych gazów na powierzchni cząstek proszku. Do obliczenia gęstości nasypowej można również zastosować lejek Halla. W przypadku gdy

proszek nie przesypuje się przez otwór lejka o średnicy 2,5mm norma dopuszcza zastosowanie lejka z otworem o średnicy 5mm.

Pomiar gęstości nasypowej jest podobny do pomiaru sypkości, z tym że nie trzeba wcześniej przygotowywać 50-cio gramowej naważki proszku. Ilość proszku powinna być dobrana tak by wypełniła zbiornik o pojemności 25cm³. Nadwyżkę proszku wyrównujemy tak aby nie zagęścić proszku lub nie wygarnąć go ze zbiornika. Następnie ważymy proszek z dokładnością do 0,05g. Masa proszku w odniesieniu do znanej pojemności zbiornika pozwala nam obliczyć gęstość nasypową wg wzoru:

$$\rho_{\text{nas}} = m_{\text{ps}} / V_{\text{p}}$$

gdzie:

m_{ps} - masa proszku swobodnie zasypanego do formy, g;

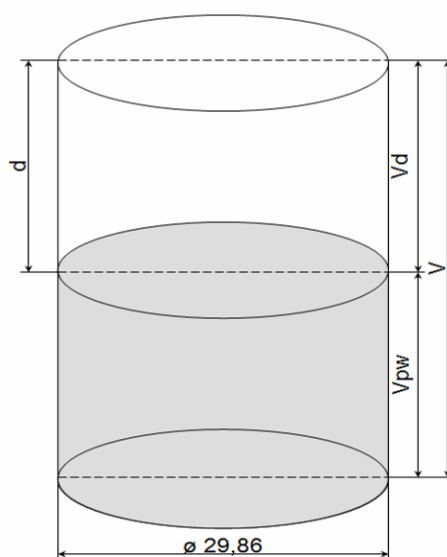
V_{p} - objętość proszku swobodnie zasypanego do formy, objętość ta w większości metod pomiarowych jest zadana objętością naczynia, do którego wsypuje się badany proszek, cm³.

Wyniki pomiarów gęstości nasypowej badanych proszków przedstawiono w tabelicy 2. W celu dokonania pomiaru gęstości nasypowej z usadem, należy postępować tak jak w przypadku badania gęstości nasypowej. Pojemnik o pojemności 25cm³ należy wypełnić proszkiem przesypując go przez lejek Halla i następnie wyrównać powierzchnię tak aby proszek całkowicie wypełnił pojemnik. Następnie proszek należy utrzasać tak by nie wysypał się na zewnątrz naczynia pomiarowego. Do tego celu można zastosować stół wibracyjny lub utrzasać ręcznie stukając o ścianki pojemnika do momentu aż poziom proszku nie będzie się obniżał. Na rysunku 7 przedstawiono naczynie pomiarowe z proszkiem po utrząsaniu.



Rysunek 7. Naczynie pomiarowe z proszkiem po utrząsaniu

Gdy proszek ulegnie zagęszczeniu należy obliczyć jego zajmowaną objętość. W tym celu mierzymy suwmiarką wysokość d pustej przestrzeni pojemnika oraz jego średnicę i obliczamy objętość pustej przestrzeni. Objętość pojemnika zajmowana przez proszek to różnica objętości całkowitej i pustej przestrzeni naczynia (rys. 8).



Rysunek 8. Wymiary naczynia pomiarowego.

Tablica 2. Wyniki badania gęstości nasypowej oraz gęstości nasypowej z usadem.

L.p.	Material	Masa proszku m_{ps} [g]	Gęstość nasypowa $[\text{g}/\text{cm}^3]$	d [mm]	Objętość utrząsanego proszku V_{pu} $[\text{cm}^3]$	Gęstość nasypowa z usadem $[\text{g}/\text{cm}^3]$
1	Proszek żelaza	58	2,32	5,88	20,88	2,77
2	Mieszanka węgla wolframu z kobaltem B65	89,72	3,58	3,56	22,51	3,98
3	Mieszanka węgla wolframu z kobaltem G10	96,22	3,84	3,78	22,32	4,30
4	Proszek aluminium	20,42	0,81	5,6	21,08	1,03
5	Proszek stali szybko tnącej typu M2	63,07	2,52	8,65	18,95	3,32
6	Proszek stali szybko tnącej typu M2 (sferyczny)	85,43	3,41	8,37	19,08	4,47

Wiedząc, że objętość całkowita naczynia pomiarowego V wynosi 25cm^3 obliczamy V_{pu} ze wzoru:

$$V_{pu} = V - V_d$$

gdzie :

V – objętość całego naczynia,

V_{pu} - objętość proszku zagęszczonego przez utrząsanie,

V_d – objętość pustej przestrzeni naczynia pomiarowego.

Objętość pustej przestrzeni naczynia V_d obliczmy ze wzoru:

$$V_d = \pi r^2 d$$

gdzie: d - wysokość, r – promień cylindrycznego naczynia.

W celu dokonania pomiaru gęstości nasypowej z usadem masę proszku należy podzielić przez zajmowaną objętość.

$$\rho_{nasu} = M / V_{pu}$$

gdzie :

M - masa proszku, g;

ρ_{nasu} – gęstość nasypowa z usadem.

4. POSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań sytkości proszków stwierdzono, że proszek o dużych ziarnach tj. proszek aluminium nie przesypuje. To samo dotyczy proszków o bardzo małych ziarnach np. proszku stali szybko tnącej rozpylanego gazem o średniej wielkości wynoszącej 20 μm . Stąd często bardzo drobne proszki np. mieszaniny węglików o wielkości około 3-4 μm i kobaltu przygotowywane są w postaci granulatu w celu zwiększenia własności technologicznych proszków. Ponadto dodatek środków poślizgowych zwiększa zgęszczalność i formowalność proszków, ponieważ obniża tarcie pomiędzy ziarnami podczas prasowania.

Najlepszą sytkością cechuje się proszek żelaza. Największą gęstością nasypową charakteryzuje się mieszanina węglika G10 i wynosi ona 3,84g/cm³. Tak wysoka gęstość nasypowa świadczy o dobrze przygotowanym granulacie ale jest również spowodowana wysoką gęstością węglika wolframu, który stanowi około 94% udziału mieszaniny.

LITERATURA

1. Dobrzański L. A.: Materiały inżynierskie i projektowanie materiałowe, Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo, Warszawa, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne 2006.
2. Nowacki J.: Spiekane metale i kompozyty z osnową metaliczną, Wyd. Naukowo – Techniczne, Warszawa 2005
3. Cyunczyk A.: Podstawy inżynierii spieków metalowych, Rzeszów, Politechnika Rzeszowska 2000.
4. Nowacki J.: Spiekane metale i kompozyty z osnową metaliczną. Warszawa, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne 2005.
5. PN – EN 23923 – 2 : Proszki metaliczne. Oznaczanie gęstości nasypowej.
6. PN – 91/ H – 04931 : Proszki metaliczne. Oznaczenie zgęszczalności.