

## Rozdział 2.

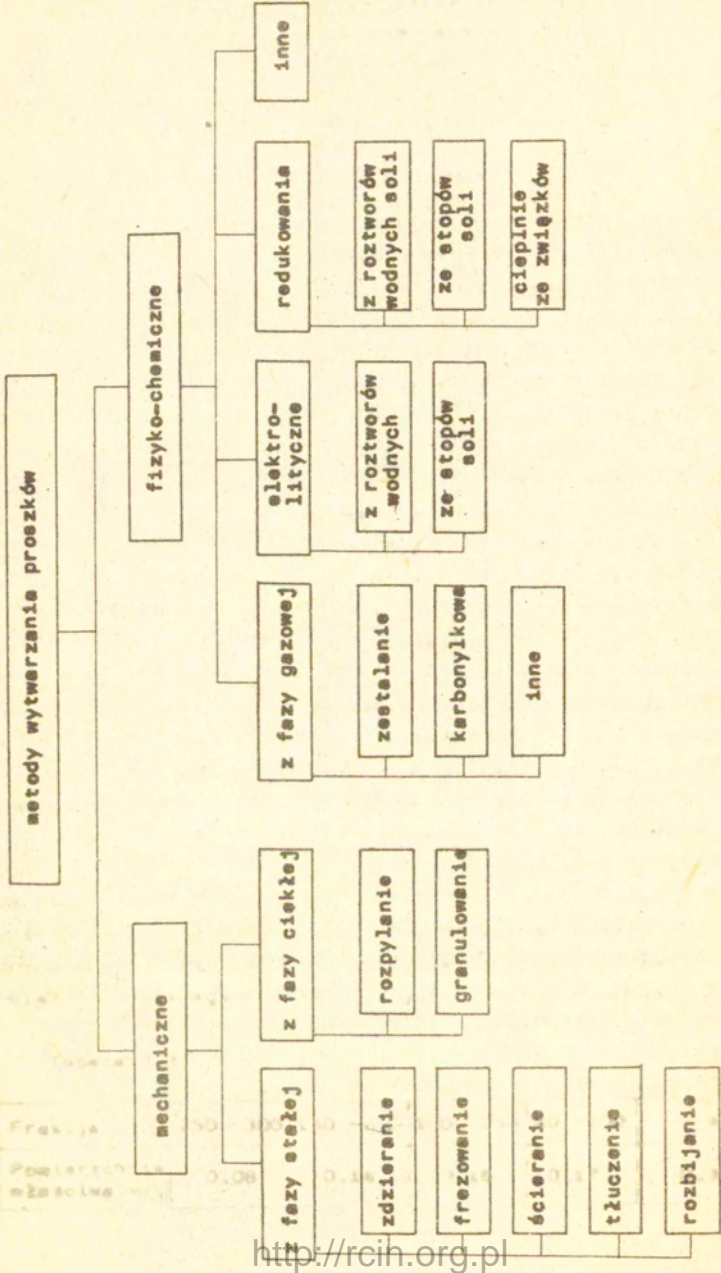
### PROSZKI METALI I ICH WŁASNOŚCI

Proszki metali są głównym surowcem przy produkcji spiekanych części maszyn. Są to materiały sypkie, składające się z cząstek o wymiarach zazwyczaj nie większych od 1 mm (PN-80/H-01014).

Obecnie znanych jest wiele metod wytwarzania proszków (rys.2.1). Każda z nich pozwala na otrzymanie materiału o specyficznych własnościach; kształcie, wielkości ziaren, składzie chemicznym, pożądanym przy produkcji różnych wyrobów. Jednakże z uwagi na koszty wytwarzania tylko niektóre z tych metod znalazły zastosowanie przy produkcji proszków na skalę przemysłową.

Proszki na bazie żelaza, dominujące w produkcji wyspecjalizowanych w tym firm, najczęściej wytwarzane są metodami redukcji lub rozpylania. Jakkolwiek ogranicza to w sposób istotny asortyment proszków dostarczanych bezpośrednim wytwórcom elementów spiekanych to jednak istnieje możliwość modyfikacji własności samego proszku, które gwarantowałyby optymalny przebieg procesu formowania i spiekania, jak również osiągnięcie własności końcowych wyrobu odpowiadających wysokim wymaganiom. Osiąga się to poprzez dalszą obróbkę cieplno-chemiczną proszku, mieszanie różnych frakcji, wprowadzanie dodatków stopowych i środków poleizgowych.

W niniejszym rozdziale zostaną określone podstawowe parametry charakteryzujące własności proszków metali. Omówione będą podstawowe własności geometryczne ziaren, własności technologiczne i chemiczne proszku. W ostatnim punkcie tego rozdziału porównane będą własności proszków żelaza wytwarzanych w kraju (ZM Trzebinia) z proszkami wytwarzanymi przez znane firmy światowe Höganaäs (Szwecja) i Mannesmann (RFN).



Rys.2.1. Schematyczny podział metod wytwarzania proszków [1].



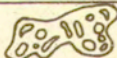
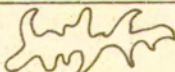
## 2.1. Geometryczna charakterystyka ziaren.

Z geometrycznego punktu widzenie ziarna charakteryzowane są poprzez podanie następujących właściwości: kształtu ziaren, wielkości ziaren, rozkładu wielkości ziaren, powierzchni właściwej, stanu powierzchni ziaren, mikrostruktury i stopnia jednorodności. Poniżej omówimy najbardziej podstawowe z nich.

### Kształt ziaren.

Określenie kształtu ziaren polega na przypisaniu danego ziarna do jednej z istniejących klas kształtów ustalonych normą PN-73/H-01014 lub podaniu kilku charakterystycznych parametrów liczbowych. Właśność ta jest związana ściśle z metodą wytwarzania proszku i na jej podstawie można z dużym prawdopodobieństwem określić historię technologiczną proszku. W tabeli 2.1 podano typowe kształty ziaren dla najbardziej popularnych metod wytwarzania oraz zakresy otrzymywanych wielkości ziaren.

Tabela 2.1.

Metoda wytwarzania	Charakterystyczny kształt ziaren	Zakres wielkości ziaren [ $\mu\text{m}$ ]
Mielenie	Zaokrąglony 	20 - 400
Rozpylenie	Kulisty 	20 - 400
Karbonylkowa		0,1 - 5
Redukcji	Gąbczasty 	0,1 - 10
Elektrolityczny	Dendrytyczny 	0,1 - 30



Kształt ziaren proszku wpływa na formowalność (im bardziej rozbudowany kształt tym łatwiej proszek daje się formować) i zagęszczalność (z proszków o ziarnach regularnych wypraski mają większą gęstość). Własność tę określa się z pomocą przyrządów optycznych lub mikroskopu elektronowego.

#### Wielkość ziaren.

Jest to maksymalny wymiar liniowy spośród zmierzonych w trzech kierunkach charakterystycznych. Określony jest wg zasady właściwej dla zastosowanej metody pomiaru (PN-73/H-01014). Wielkość ziaren ogólnie dzieli się na sitowe, które można określić analizą sitową (PN-75/H-04933) i podsitowe, które najczęściej określa się mikroskopowo (PN-78/H-04951).

#### Rozkład wielkości ziaren.

Jest to zależność udziałów frakcji od klas ziarnowych (PN-73/H-01014). O rozkładzie wielkości ziaren wyprodukowanego proszku decyduje zastosowana metoda i parametry wytwarzania. Z kolei sam rozkład istotnie wpływa na własności wyprasek, wymagane parametry technologiczne formowania jak również na końcowe własności spieków. Metody pomiaru szczegółowo omówiono w [1]. Sposób pobierania próbek do badania rozkładu określa PN-80/H-04936.

#### Powierzchnia właściwa.

Jest stosunkiem sumerycznej powierzchni cząstek proszku do jego masy (PN-73/H-01014). Wielkość ta zależy od rozkładu wielkości ziaren proszku, kształtu i stopnia rozwinięcia powierzchni ziaren. W tabeli 2.2 podano przykładową zależność wielkości powierzchni właściwej proszku ze żelaza otrzymanego z redukcji zgorzeliny od wielkości ziaren.

Tabela 2.2.

Frakcja [ $\mu\text{m}$ ]	250 ÷ 300	150 ÷ 250	100 ÷ 150	40 ÷ 100	< 40
Powierzchnia właściwa [ $\text{m}^2/\text{g}$ ]	0.08	0.14	0.16	0.17	0.32

Wielkość powierzchni właściwej wpływa na własności chemiczne proszków (piroforyczność, aktywność) a w konsekwencji na przebieg procesu spiekania i własności spieków. Do pomiaru wykorzystuje się zwykle metody oparte na zjawisku adsorpcji [1].

## 2.2. Własności technologiczne.

Podstawowymi wielkościami charakteryzującymi właściwości technologiczne proszków są:

- sypkość
- gęstość nasypowa
- prasowalność
  - zgęszczalność
  - formowalność

### Sypkość.

Sypkością proszku określany jest czas wyrażony w sekundach w jakim ustalona masa proszku (50g, PN-82/H-04935) przesypuje się przez znormalizowany lejek.

Podstawowym czynnikiem wpływającym na sypkość jest tarcie wewnętrzne proszku w trakcie przesypania. Proszek o dużych ziarnach i gładkiej powierzchni zbliżonej do kuli przesypuje się łatwo w przeciwieństwie do proszków drobnych o postrzępionej i bardzo rozbudowanej powierzchni. Sypkość proszku w dużym stopniu zależy od metody jego otrzymywania, rozkładu wielkości ziaren, a także stanu powierzchni (utlenienie, zawilgocenie). Wielkość ta ma zasadnicze znaczenie przy określaniu czasu potrzebnego na zasypanie określonej ilości proszku np. do wykroju matrycy, szczególnie przy prasowaniu kształtek na szybkobieżnych prasach z automatycznym dozownikiem.

### Gęstość nasypowa.

Gęstość nasypowa proszku określa masę, jaką zajmuje  $1 \text{ cm}^3$  swobodnie zasypanego proszku. Wyrażana jest w  $\text{g/cm}^3$ . Odwrotność gęstości nasypowej jest objętością nasypową.



Gęstość nasypowa jest wielkością związaną bezpośrednio ze stopniem upakowania proszku. Zależy od rozkładu wielkości ziaren, geometrii ich powierzchni, kształtu i stopnia rozbudowania ziaren.

Proszki o kulistych ziarnach mają mniejszą skłonność do tworzenia tzw. mostków i mogą dawać gęstości nasypowe dochodzące 50% gęstości materiału litego, podczas gdy proszki o rozbudowanej powierzchni i nieregularnych kształtach ziaren mogą dawać gęstości osiągające w skrajnych przypadkach (proszki opłatkowe) zaledwie 10% wartości materiału litego.

Znajomość gęstości nasypowej odgrywa ważną rolę przy projektowaniu matryc, gdyż umożliwia obliczenie objętości, jaką będzie zajmował proszek w wykroju matrycy po zasypaniu. Gęstość nasypową mierzy się w znormalizowanych urządzeniach wg PN-72/H-04930.

#### Presowalność proszku.

Presowalność proszku łączy w sobie dwie podstawowe właściwości technologiczne mające istotne znaczenie w trakcie procesu prasowania, mianowicie: zgęszczalność i formowalność.

#### Zgęszczalność proszku.

Zgęszczalność proszku charakteryzuje podatność proszku do uzyskiwania określonej gęstości w ustalonych warunkach prasowania. Jej miarą jest gęstość lub gęstość względna przy określonym ciśnieniu prasowania (PN-82/H-04931).

#### Formowalność proszku.

Formowalność proszku charakteryzuje podatność proszku do formowania wyprasek trwałych przy ustalonych warunkach pomiaru. Wielkość ta umożliwia określenie najniższych ciśnień prasowania przy których uzyskane wypraski będą nieuszkodzone. Formowalność proszku określa się dwoma metodami: w tzw. próbie bębnowania (PN-72/H-04931) lub przez pomiar wytrzymałości znormalizowanych wyprasek na zginanie (PN-76/H-04946) przy określonej gęstości względnej.

Obie powyższe właściwości proszku w sposób istotny zale-

zę niemal od wszystkich głównych właściwości fizycznych proszku, z tym, że ich znaczenie wzrasta lub maleje w zależności od ciśnienia prasowania. Przy niskich ciśnieniach prasowania największy wpływ wywierają właściwości geometryczne powierzchni ziaren, a także rozkład ich wielkości. Duża, rozbudowana, silnie postrzępiona powierzchnia ziaren ułatwiająca mechaniczne zszczepianie się sprzyja formowalności, obniża natomiast zgęszczalność proszku. Przy dużych ciśnieniach prasowanie podstawowego znaczenia nabierają właściwości fizyczne samego materiału proszku, a zwłaszcza jego plastyczność; im większa plastyczność materiału proszku tym większa jego zgęszczalność i formowalność. Takie czynniki jak zgniot, tlenki czy zaadsorbowane na powierzchni proszków gazy, które pogarszają plastyczność proszków, ujemnie również wpływają na obie wielkości.

### 2.3. Właściwości chemiczne proszków.

Właściwości chemiczne proszków określają dwa podstawowe czynniki:

- skład chemiczny proszku, oraz
- duże rozdrobnienie proszku.

#### Skład chemiczny proszku

w głównej mierze zależy od materiału, z którego proszek został wykonany, w mniejszym natomiast stopniu zależy od metody jego wytwarzania. Niemniej metoda i przebieg procesu wytwarzania mogą istotnie wpływać na takie właściwości jak: czystość chemiczna proszku, stopień utlenienia czy ilość zaadsorbowanych na powierzchni gazów.

Skład chemiczny proszków zwykle bada się metodami stosowanymi w analizie chemicznej (mokra chromatografia, spektroskopia itd.).

#### Duże rozdrobnienie

i związana z tym duża powierzchnia prosz-



ków w stosunku do jego masy (powierzchnia właściwa) powodują, że niektóre właściwości chemiczne nawet trudno zauważalne w materiałach litych, w proszkach nabierają podstawowego znaczenia, zmieniając w sposób istotny zachowanie się tych ośrodków. Wraz ze wzrostem powierzchni właściwej proszków zwiększa się energia powierzchniowa proszku, proszek staje się silnie reaktywny; znacznie łatwiej ulega utlenianiu i adsorbuje na powierzchni gazy.

Duża reaktywność proszków w przypadku metali w których proces utleniania przebiega energicznie, wraz z wydzielaniem ciepła, może w niektórych sytuacjach (podwyższona temperatura) prowadzić do samozapalenia się, a nawet wybuchu proszku. Drobne proszki (pyły) wdychane wraz z powietrzem mogą przejawiać silne właściwości toksyczne.

#### 2.4. Charakterystyka porównawcza podstawowych własności krajowych i zagranicznych proszków żelaza.

Producentem proszków na podstawie żelaza w Polsce są Zakłady Metalurgiczne w Trzebini. W tabeli 2.3 zestawiono niektóre własności tych proszków z własnościami proszków o podobnym składzie chemicznym, wytwarzanych przez znane firmy światowe: Höganäs (Szwecja) i Mannesmann (RFN). Własności te odniesiono również do polskich norm i norm zalecanych w krajach RWPG.

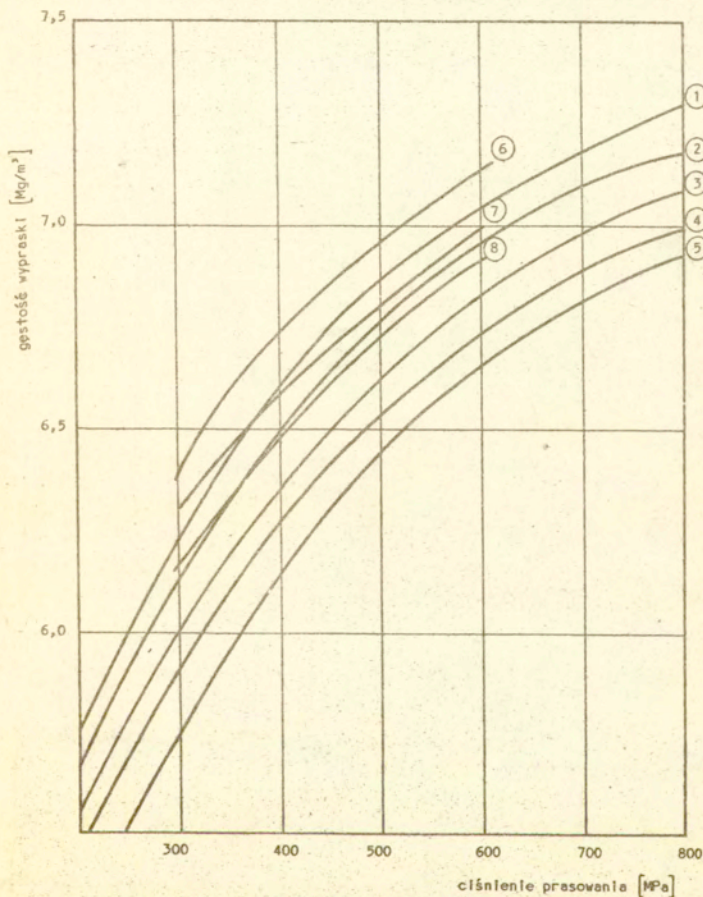
Największym niedostatkim proszków polskich na który wskazują krajowi producenci elementów spiekanych jest ich niestabilizowany skład granulometryczny. Ten niedostatek jest przyczyną stosunkowo dużego rozrzutu szeregu innych własności proszku: gęstości nasypowej, sypkości, powodującego zaburzenie przy masowej produkcji elementów spiekanych. Średnia wartość gęstości nasypowej proszku polekiego wynosząca około  $3,0 \text{ Mgm}^{-3}$  nieznacznie przekracza zakres  $2,5 - 2,8 \text{ Mgm}^{-3}$  uznany za optymalny ze względu na wielkość powierzchni właściwej proszku.

Proszek polski wykazuje także gorszą formowalność, która wyznaczona w próbie bębnowania przy gęstości próbki  $6,6 \text{ Mgm}^{-3}$  wynosi około 94%, wobec wartości 98,5 - 99,5 dla



takiej samej próbki z proszku szwedzkiego.

Porównanie zgęszczalności proszku polskiego ze zgęszczalnością proszków importowanych w szerokim zakresie zmian ciśnienia prasowania przedstawia rys.2.2.



- |   |                           |
|---|---------------------------|
| 1- WP 150, WP 400,                              | 2- RZ 150 HD,             |
| 3- RZ 400,                                      | 4- RZ 150,                |
| 5- RZ 60,                                       | 6- AHC 100.25 rozp. wodę, |
| 7- ZM Trzebinia, partia 367, po wyżarzaniu,     |                           |
| 8- ZM Trzebinia, partia 367, przed wyżarzaniem. |                           |

Rys.2.2. Porównanie zgęszczalności proszku Fe ZM Trzebinia (rozpylany powietrzem) z danymi katalogowymi firm zagranicznych, [2].

Tabela 2.3.

(x - nie podano, xx - nie badano, "-" - nie występuje)

Wytwórca	Mn	Si	P	S	Cr	Skład chemiczny			Parametry technologiczne			
						C	Części nierozpuszcz	Wilgotność	Strata wodorow.	Gęstość nasypowa	Zgęsz. przy 60MPa	Sypkość
						%	%	%	%	%	%	Mgm-3
RWPG ST293-80 PN-84/H -97033	0,10	0,35	0,12	0,035	0,035	-	-	-	0,60	2,6-3,0	6,55	x
	0,10	0,30	0,10	0,030	0,030	-	-	0,2	0,80	2,8-3,2	6,55	x
Mannesmann RZ 150 Mannesmann RZ 150HD Höganäs NC,ASC,SC Thale PVO,16 NRD	0,03	0,25	0,10	0,035	0,25	-	-	x	0,30	2,5-2,7	6,75	x
	0,02	0,25	0,10	0,035	0,25	-	-	x	0,20	2,5-2,7	6,95	x
	0,01 -0,02	-	-	P+S 0,015	-	-	-	x	0,20	2,4 2,9 0,1 0,1	6,6	30
	0,12	0,35	0,12	0,036	0,35	-	-	x	0,60	2,4-2,6	x	x
Próbki 1 Próbki 2 Próbki 3 średnio	0,01	0,28	0,005	xx	0,016	0,08	0,30	-	0,17	2,54	6,91	21
	0,05	0,24	0,005	xx	0,024	0,04	0,29	-	0,42	3,18	6,98	24
	0,02	0,29	0,009	xx	0,015	0,04	0,42	-	0,19	3,08	6,96	28
	0,02	0,27	0,006	xx	0,018	0,06	0,33	-	0,29	3,03	6,95	25



Literatura do rozdziału 2.

- [1] W. RUTKOWSKI, Projektowanie właściwości wyrobów spiekanych z proszków i włókien, PWN, Warszawa, 1977.
- [2] Poprawianie własności proszku żelaza rozpylanego powietrzem do wytwarzania części maszyn, Sprawozdanie Inst. Metali Nieżelaznych, Gliwice, 1984.