ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978

Seria: HUTNICTWO z. 14 Nr kol. 545

Eugeniusz HADASIK, Janusz KOLARZ
Andrzej SOBAŃSKI

BADANIA NAD MOŻLIWOŚCIĄ WYTWARZANIA TAŚM Z PROSZKÓW ŻELAZA

Streszczenie. Przedstawiono zaprojektowane i wykonane własne urządzenia do wytwarzania taśm z proszków metali. Omówiono badania nad wpływem gęstości po wstępnym walcowaniu oraz temperatury i czasu spiekania na końcowe własności taśm powtórnie walcowanych i wyżarzanych. Wnioski ukierunkowują dalsze badania w tym zakresie.

1. Wprowadzenie

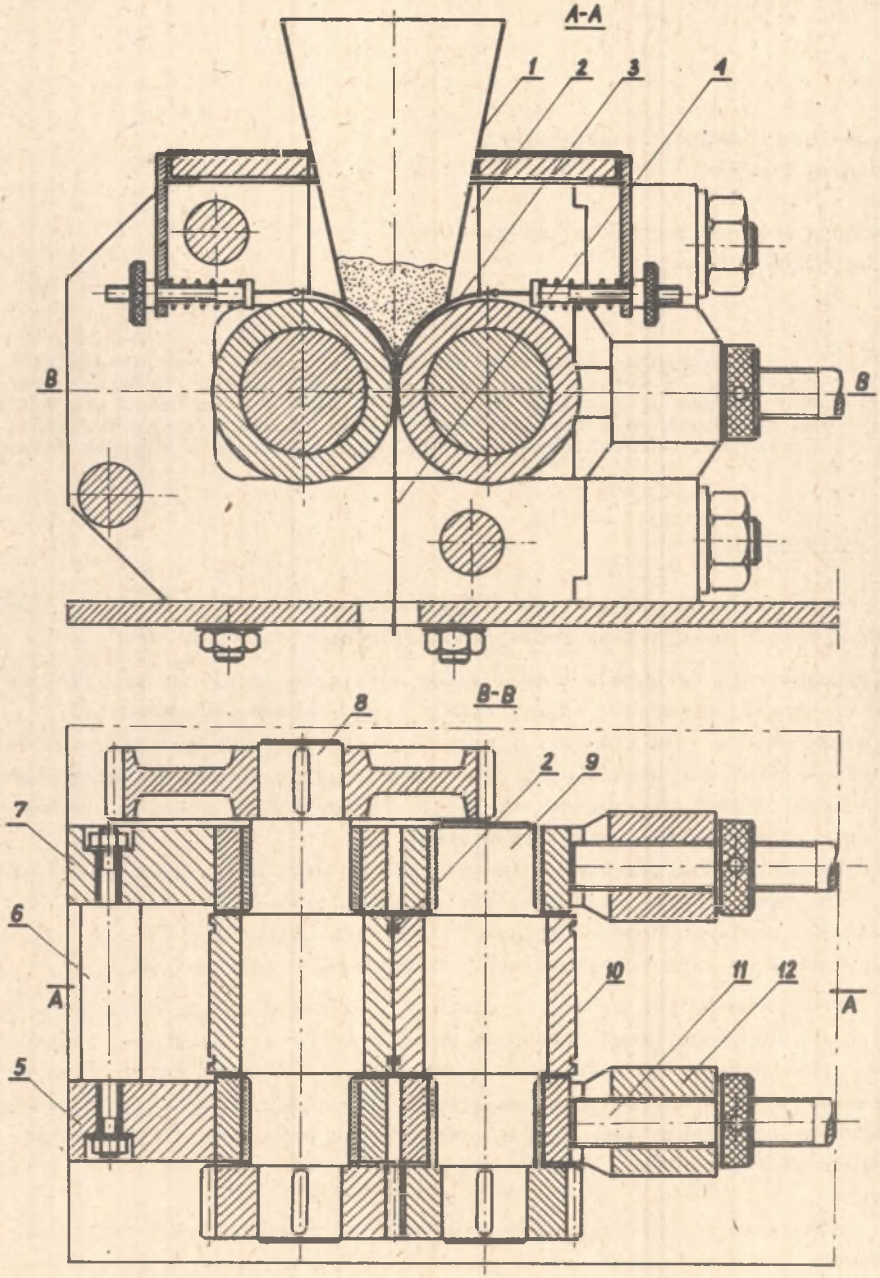
Wytwarzanie metalowych taśm metodą walcowania z proszków jest technologią dającą następujące szczególne możliwości [1, 2, 3, 4]:

- otrzymywania wyrobów o własnościach możliwych do uzyskania jedynie na tej drodze, to znaczy płyt i taśm z regulowanym systemem por,
- otrzymywania taśm z metali i stopów, których struktura pierwotna odlewu czyni je nieodkształcalnymi lub trudnoodkształcalnymi w klasycznych sposobach obróbki plastycznej na gorąco (stopy niklu, kobaltu, tytanu, metale trudnotopliwe, stale specjalne),
- ekonomicznego wytwarzania cienkich taśm z metali i stopów dotychczas produkowanych konwencjonalną metodą metalurgiczną (niekiel, miedź i jej stopy, stale odporne na korozję, taśmy bimetalowe itp.),
- wytwarzanie taśm kompozytowych z różnorodnych materiałów.

Otrzymywanie taśm metodą walcowania z proszków metali pozwala na pominięcie wielu kosztownych operacji metalurgicznych i przeróbki plastycznej.

Proces składa się zasadniczo z operacji walcowania proszku w taśmę, spiekania, walcowania zagęszczającego i końcowego wyżarzania. W przypadku potrzeby otrzymania taśm bardzo cienkich lub o gęstości zbliżającej się do gęstości właściwej stosuje się powtórne walcowanie na zimno i wyżarzanie.

Czynnikiem ograniczającym wprowadzenie walcowania taśm z proszków na szeroką skalę przemysłową jest stosunkowo wysoki koszt wytwarzania proszków oraz trudności w realizacji ciągłego systemu spiekania taśm. Omówione zalety i szybki w ostatnich latach rozwój metalurgii proszków faworyzuje tę metodę wytwarzania w niedalekiej przyszłości.



Rys. 1. Walcarka do proszków metali

1 - lej zasypowy; 2 - ogranicznik boczny, 3 - przysłona regulacji kąta styku proszku z walcami, 4 - walcowana taśma, 5 i 7 - stojaki walcarki, 6 - tuleja dystansowa, 8 i 9 walce, 10 - koszulki na walce, 11 - śruba nastawcza, 12 - nakrętka śruby nastawczej

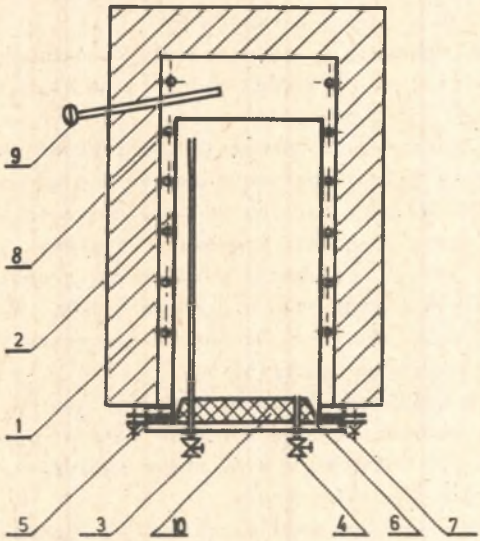
We wcześniejszej publikacji [5] autorzy dokonali analizy literaturowej walcowania taśm z proszków metali. W poniższym opracowaniu omówiono urządzenia własnej konstrukcji do walcowania proszków i spiekania odwalcowanych taśm oraz przedstawiono wyniki badań nad wytwarzaniem taśm z proszków żelaza, stosowanych obecnie w kraju wyłącznie do otrzymywania wyrobów prasowanych.

2. Urządzenia badawcze

W konstrukcji walcarki przyjęto klasyczny układ walców poziomych duo z grawitacyjnym podawaniem proszku między walce (rys. 1). Zastosowano walce o utwardzonej powierzchni roboczej, średnicy beczki 144 mm i długości 100 mm, napędzane silnikiem o mocy 4 kW. Przekładnia o zmiennym przełożeniu pozwala na walcowanie z prędkościami 0,04 do 0,063 m/s (2,4 do 3,8 m/min.)

Mechanizm nastawny walca przedniego pozwala na regulowanie szczeliny walcowania w granicach od 0 do 1,5 mm. Podawanie proszku z zasypnika pomiędzy walce jest ograniczone na szerokości kształtowymi płytkami wchodzącymi w rowki wycięte w walcach. Regulacyjne przysłony pozwalają na zmianę kąta styku proszku z walcami.

W celu spiekania odwalcowanych taśm w atmosferze ochronnej wykonano specjalną komorę stalową umieszczoną w elektrycznym piecu silitowym (rys. 2). Komora zamykana przy pomocy śrub klapą dwukołnierzową chłodzoną wodą posiada dwie końcówki dla doprowadzenia gazu obojętnego.



Rys. 2. Schemat urządzenia do spiekania taśm

1 - piec elektryczny, 2 - robocza część komory, 3 - zawór wlotowy, 4 - zawór wylotowy, 5 i 6 - kanały obiegowe chłodzenia wodą, 7 - podkładka uszczelniająca, 8 - elementy grzejne, 9 - termoelement, 10 - wyłożenie szamotowe klapy

3. Badania własne

Do badań użyto importowane proszki żelaza gatunków NC100-24, MH 65-17, MH 80-23, Ancoloy SA otrzymane metodą redukcji oraz krajowy gatunku RFe wytwarzany metodą rozpylania. Skład chemiczny badanych proszków oraz charakterystyczne własności: gęstość nasypową, sypkość, skład ziarnowy, określone metodami badań zgodnymi z PN [6, 7] przedstawiono w tabeli 1.

W pierwszym etapie badań walcowano taśmy z proszków gatunku NC-100-24, MH 65-17 i RFe, stosując nastawę walców i przysłon ograniczających zapewniające otrzymanie taśm o maksymalnej grubości (około 1,6 mm) oraz taśm o grubości około 1,2 mm lecz większej gęstości. Odwalcowane taśmy posiadały dobrą plastyczność i wytrzymałość (z wyjątkiem taśm z proszku RFe o grubości około 1,6 mm) umożliwiającą zwijanie ich w kręgi.

Taśmy po walcowaniu spiekano w przemysłowym piecu typu ELINO w atmosferze zdysocjowanego amoniaku stosując stały czas spiekania 2,5 h i dwie temperatury 1100 oraz 1200°C. Zbadane po spiekaniu gęstość i wytrzymałość na rozciąganie taśm zestawiono w tabeli 2. Mierzonej wielkości wydłużenia A50 nie przytoczono, gdyż w każdym przypadku było ono mniejsze od 1%. Po spiekaniu odcinki taśm walcowano na zimno w walcarce kwarto 100/200 x 235 gniotem sumarycznym około 50% dla taśm z proszków NC 100-24 i MH 65-17 oraz około 30% dla taśm z proszku FRe. Walcowanie taśm z proszku FRe gniotami większymi od 30% powodowało pęknięcia na brzegach taśm. Końcową obróbkę cieplną taśm prowadzono również w atmosferze zdysocjowanego amoniaku. Parametry obróbki cieplnej i własności gotowych taśm określone wynikami z próby rozciągania i pomiaru gęstości (wartości średnie z trzech pomiarów) zamieszczono w tabeli 2.

Uzyskane wyniki wskazują na istotny wpływ początkowej grubości taśm, a tym samym ich gęstości na własności mechaniczne taśm, zarówno w stanie spieczonym jak i po końcowym wyżarzeniu.

Kierując się uzyskanymi w pierwszej części badań wynikami w drugim etapie dla otrzymania taśm o dobrych własnościach mechanicznych, walcowano proszki gatunków MH 80-23 i Ancoloy SA przy nastawie walców zapewniającej uzyskanie taśm o dużej gęstości. Stosowano zmienny kąt styku proszku z walcami, co pozwoliło na otrzymanie przy stałej grubości taśm dwóch gęstości różniących się między sobą w granicach 10%. Własności mechaniczne taśm spiekanych w zróżnicowanych warunkach temperatury 1100-1200°C i czasu 0,5 do 3 h zestawiono w tabeli 3.

Wyniki ponownie uwidaczniają istotny wpływ gęstości taśm na ich wytrzymałość i plastyczność lecz są znacznie korzystniejsze niż w pierwszej serii badań. Zauważyć można korzystny wpływ wydłużenia czasu spiekania bez względu na stosowaną temperaturę.

Realizując założenie uzyskania materiału o własnościach mechanicznych możliwie maksymalnie zbliżonych do własności odpowiednich materiałów litych do dalszego walcowania zagęszczającego wybrano taśmy o większej gę-

Tabela 1

Własności badanych proszków żelaza

Rodzaj badania	Gatunek proszku				
	NC 100-24	MH 65-17	RFe	MH 80-23	Ancoloy SA
Gęstość nasypowa $kg/m^3 \times 10^3$	2,63	1,70	2,89	2,34	2,72
Sypkość, sek.	21,3	40,2	19,3	34,0	32,0
Skład ziarnowy %					
pon. 0,06 mm	1	14	1	15	25
0,06 - 0,15 mm	80	80	80	84	75
0,15 - 0,3 mm	19	6	19	1	-
Analiza chemiczna					
zawartość węgla %	0,10	0,05	0,03	0,08	0,08
siarki %	0,014	0,013	0,02	0,015	0,015
fosforu %	0,014	0,015	0,014	0,015	0,015
krzemu %	0,15	0,19	0,08	-	-
molibd. %	-	-	-	-	0,50
niklu %	-	-	-	-	1,80
miedzi %	-	-	-	-	1,45

Tabela 2

Parametry obróbki cieplnej i własności taśm po spiekaniu i wyżarzaniu

Gatunek proszku	Grubość taśmy po walcowaniu (mm)	Parametry spiekania		Własności po spiekaniu		Parametry obróbki cieplnej		Własności po obróbce cieplnej		
		temp. (°C)	czas (h)	gęstość (kg/cm^3) x 10^3	Rm (daN/mm^2)	temp. (°C)	czas (h)	gęstość (kg/cm^3) x 10^3	Rm (daN/mm^2)	A50 (%)
NC 100-24	1,16	1100	2,5	5,4	5,8	1100 700	2,5 2,5	7,4 7,2	21,1 17,0	8,6 4,6
	1,16	1200	2,5	5,6	6,2	1100 700	2,5 2,5	7,0 6,8	21,4 18,1	8,9 4,6
	1,67	1100	2,5	4,3	1,8	1100 700	2,5 2,5	6,8 6,7	14,7 10,9	3,3 1,8
	1,67	1200	2,5	4,5	2,5	1100 700	2,5 2,5	6,6 6,5	17,7 13,5	3,2 2,0
MH 65-17	1,19	1100	2,5	5,6	6,4	1100 700	2,5 2,5	7,3 7,2	16,8 15,4	2,9 2,1
	1,19	1200	2,5	5,6	8,2	1100 700	2,5 2,5	7,4 7,1	18,6 16,2	3,2 2,4
	1,55	1100	2,5	3,7	0,6	1100 700	2,5 2,5	6,3 6,4	7,6 4,9	1,0 0,8
	1,55	1200	2,5	3,7	1,0	1100 700	2,5 2,5	6,2 5,7	10,8 7,8	1,3 1,2
RFe	1,24	1100	2,5	5,0	6,2	1100 700	2,5 2,5	7,0 7,1	13,9 17,4	2,3 0,7
	1,24	1200	2,5	5,1	7,1	1100 700	2,5 2,5	7,0 6,3	15,6 17,8	3,2 2,0

Tabela 3

Parametry walcowania, spiekania i własności taśm po spiekaniu

Lp.	Parametry walcowania			Parametry spiekania		Własności po spiekaniu					
	Grubość (mm)		Kąt styku proszku z walcami (rd)	Temp. (°C)	Czas (h)	MH 80-23			Ancoloy SA		
	MH 8-23	Ancoloy SA				ρ (kg/m^3) x 10^3	Rm (daN/mm^2)	A50 (%)	ρ (kg/m^3) x 10^3	Rm (daN/mm^2)	A50 (%)
1	0,95	0,95	0,56	1100	1	6,40	14,4	2,2	6,70	26,4	2,0
2	0,95	0,95	0,26	1100	1	5,78	9,14	2,0	6,54	20,6	1,7
3	0,95	0,95	0,56	1100	2	6,49	12,2	1,8	6,89	21,8	2,2
4	0,95	0,95	0,26	1100	2	5,82	12,3	2,6	6,68	15,7	1,2
5	0,95	0,95	0,56	1100	3	6,51	9,4	0,8	6,97	25,8	2,3
6	0,95	0,95	0,26	1100	3	5,82	8,1	1,0	6,78	20,5	1,9
7	0,95	0,95	0,56	1150	1	6,52	9,9	1,0	6,84	24,6	1,8
8	0,95	0,95	0,26	1150	1	5,84	8,7	1,2	6,73	20,7	1,7
9	0,95	0,95	0,56	1150	2	6,58	10,6	1,9	6,98	26,4	2,2
10	0,95	0,95	0,26	1150	2	6,00	8,4	1,1	6,83	25,7	2,6
11	0,95	0,95	0,56	1150	3	6,67	16,2	2,7	7,08	30,0	2,66
12	0,90	0,90	0,26	1150	3	6,06	13,3	1,2	6,89	29,3	1,4
13	0,95	0,95	0,56	1200	2	6,65	9,7	1,3	7,11	25,6	2,5
14	0,80	0,90	0,26	1200	2	6,10	8,7	1,4	6,93	21,5	1,4
15	0,85	1,10	0,56	1200	0,5	5,78	7,9	1,1	6,38	23,5	1,65
16	0,90	0,90	0,26	1200	0,5	5,67	3,4	-	6,46	8,0	1,0
17	0,80	0,95	0,56	1200	1	6,40	11,5	1,65	6,94	27,4	1,6
18	0,80	0,95	0,26	1200	1	5,90	6,5	0,6	6,98	21,9	1,8

stości po spiekaniu. Stosowano sumaryczny gniot około 50-60%, po czym taśmy wyżarzono w atmosferze ochronnej argonu w temperaturze 750°C w czasie 2 godz. Uzyskane końcowe wyniki wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenie zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Końcowe własności taśm z proszków MH 80-23, Ancoloy SA

Parametry spiekania		Własności taśm w stanie końcowej obróbki cieplnej			
Temp. (°C)	Czas (h)	Rm (daN/mm^2)	A50 (%)	Rm (daN/mm^2)	A50 (%)
1100	1	33,9	8,0	34,7	6,8
1100	2	30,6	10,2	40,6	8,0
1150	2	26,3	8,4	40,7	10,4
1150	3	31,7	15,0	51,5	11,4
1200	1	29,8	2,0	41,6	13,8
1200	2	33,0	10,4	43,7	5,6

4. Podsumowanie

Uzyskane wyniki badań jak i doświadczenia zebrane w trakcie ich realizacji pozwalają na przedstawienie wniosków istotnych z punktu widzenia dalszych prac w tym kierunku.

1. Podstawowym czynnikiem decydującym o własnościach mechanicznych otrzymywanych taśm jest ich gęstość niezależnie od tego czy jej wzrost uzyskany jest przez pierwotne zwalcowanie czy też końcowe walcowanie zagęszczające. Ponieważ jednak zdolność do odkształcenia w powtórnym walcowaniu zależy od gęstości taśmy spieczonej, dlatego walcowanie proszków w taśmę surową należy prowadzić na małą grubość i przy maksymalnym kącie styku proszku z walcami.
2. Zdolność do zwalcowywania poszczególnych rodzajów proszków zależy w głównej mierze od ich kształtu, a pośrednio metody wytwarzania. Proszki o kulistym kształcie ziarn (np. krajowy RFe) są mniej podatne do walcowania, a własności plastyczne otrzymanych taśm dyskwalifikują je jako materiał do dalszego walcowania. Właściwym materiałem są proszki o rozwiniętej powierzchni.
3. Dodatki do żelaza takich pierwiastków jak molibden, nikiel i miedź powodują podwyższenie własności wytrzymałościowych, co potwierdziły wyniki otrzymane dla proszku Ancoloy SA.
4. W procesie spiekania i wyżarzania znaczny wpływ na uzyskiwane własności posiada czas prowadzenia obróbki cieplnej, natomiast wpływ temp.w zakresie ± 50°C jest mały.

5. Prace prowadzone na urządzeniach własnej konstrukcji potwierdziły poprawność przyjętych założeń konstrukcyjnych i ich przydatność w metodzie wytwarzania materiałów walcowanych z proszków metali.

6. Pomimo rozrzutu wyników spowodowanego prawdopodobnie niejednorodną gęstością otrzymanych taśm, uzyskane wyniki zachęcają do dalszego poszukiwania optymalnych warunków wytwarzania.

LITERATURA

[1] Tracey V.A.: Powder Metallurgy, 1969, t. 12, nr 24, s. 598-612.
[2] Strugeon G.M.: Sheet Metal Industries, 1972, t. 49, nr 1, s. 59-65.
[3] Blore M.H.: Sheet Metal Industries, 1972, t. 49, nr 6, s. 404-408.
[4] Winogradow G.A.: Prokatka mietalliczeskich poroszkow, Izd.Mietałłurgija, Moskwa 1969.
[5] Hadasik E., Kolarz J., Sobański A.: Rudy i Metale Nieżelazne, 1977, nr 3, s. 132-136.
[6] PN-69/H-04930: Badanie proszków metali. Oznaczenie gęstości nasypowej.
[7] PN-74/H-04935: Badanie proszków metali. Oznaczanie sypkości.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕНТ
ИЗ ПОРОШКОВ ЖЕЛЕЗА

Р е з ю м е

Представлены запроектированные и изготовленные собственные устройства для производства лент из порошков металлов. Обсуждены исследования влияния плотности после черновой прокатки, а также температура и время спекания на целевые свойства лент вторично прокатанных и накаленных.

Выводы дают направления дальнейшим исследованиям в этой области.

INVESTIGATION ON THE POSSIBILITY OF THE
PRODUCTION OF STRIPS MADE FROM IRON POWDERS

S u m m a r y

The authors own designs and devices for the strip production from metal powder have been described (in this paper).The authors have discussed investigations on the density influence after the preliminary rolling as well as temperature, and the sintering time on the final properties of strips repeated rolling and annealing. The conclusions will direct further investigations in this field.