

УДК 621.762

## ОСОБЕННОСТИ УПЛОТНЯЕМОСТИ ДВУХФАЗНЫХ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Мурашова Н.А.

*Нижегородский государственный технический университет, Нижний Новгород*

**В настоящей работе исследована зависимость плотности прессовок на железной, медной и никелевой с различными углерод содержащими порошковыми наполнителями от давления статического прессования. Для всех изучаемых двухфазных порошковых смесей, и для каждой стадии прессования рассчитаны постоянные уплотняемости. Физический смысл постоянных в предложенной работе выяснен. Для каждой стадии прессования определен интервал плотности в зависимости от химического и концентрационного составов порошковой смеси. В работе, приведены данные уплотняемости порошкового тела при приложении давления прессования в условиях статической нагрузки, используя которые можно объяснить процессы, наблюдаемые в процессе уплотнения порошка. Оценка уплотняемости порошков позволяет составить более эффективную технологию изготовления порошковых изделий с заданными значениями плотности.**

Установление зависимости между приложенным давлением и плотностью прессовок – одна из важнейших задач теории и практики холодного прессования порошков, поэтому изучению этого вопроса посвящены многочисленные исследования [1-4]. Уплотнение порошка происходит за счет скольжения частиц относительно друг друга, деформации при контактных областях частиц объемной деформации; на этом основании в [1,2] предложено процесс уплотнения делить на три стадии.

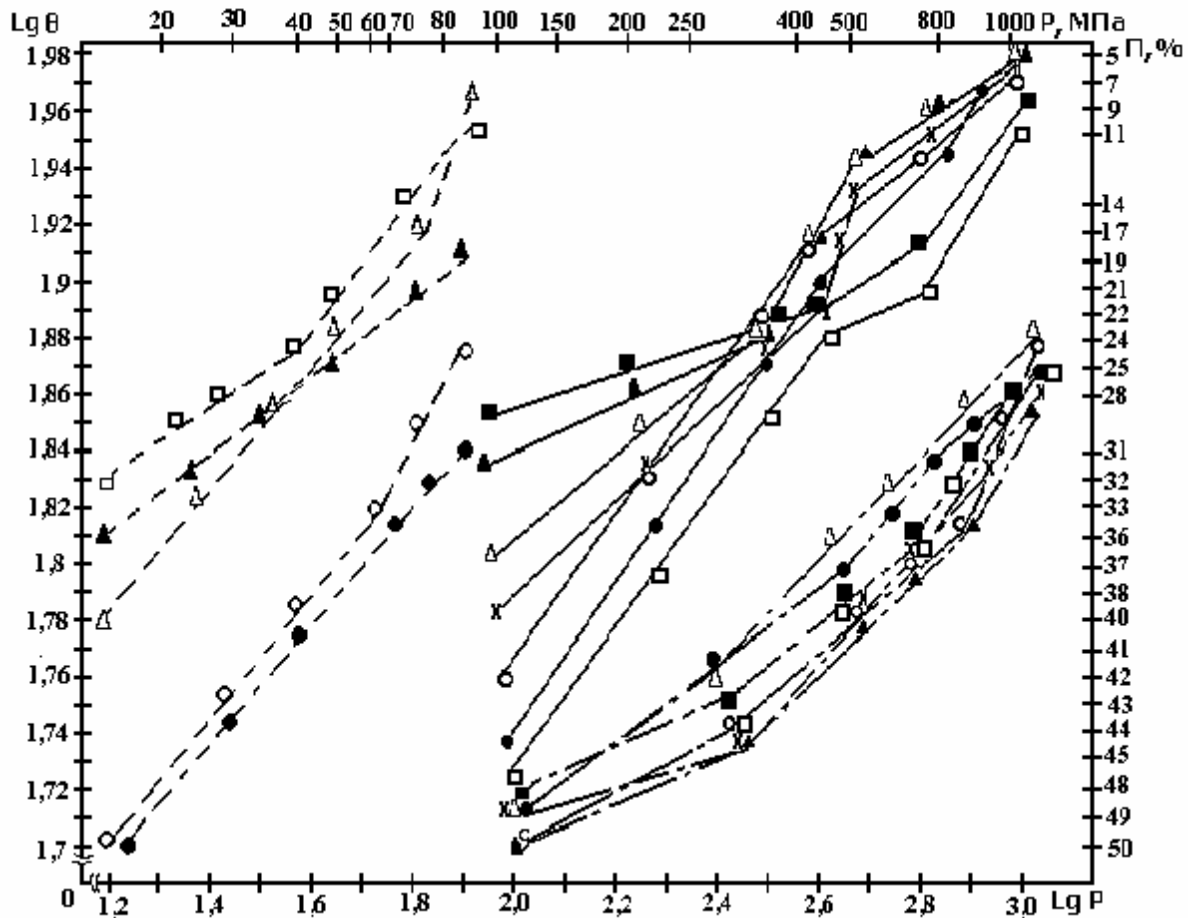
В настоящей работе исследована зависимость плотности прессовок из различных порошков от давления статического прессования.

Например, двухфазные композиции металл – алмаз широко используются в производстве алмазно-абразивных инструментов на металлических связках. Наличие частиц твердых фаз в пластичной металлической основе затрудняет деформацию и уплотнение порошковых двухфазных смесей [1,4]. По данным [3] введение 10% (объемных) порошка TiC к титановым гранулам замедляет уплотнение в 5...20 раз. Верник Е.Б. установил, что влияние введения алмазов на относительную плотность порошкового проката незначительное [2].

В настоящей работе образцы получали прессованием на гидравлическом прессе при давлениях от 200 до 1000 МПа. Использовали смеси порошков электролитической меди, а в ряде опытов восстановленного железа, с введением до 18,83 мас.% углеродсодержащих

включений (алмазных синтетических порошков марок от АСМ 5/3 до АСР 80/63, графита), т.е. различной зернистости. Влияние содержания алмазного наполнителя на уплотняемость двухфазных смесей металл - алмаз оценивали по изменению пористости формовок. Изучались порошковые смеси на никелевой основе с твердыми включениями карбидов ниобия, циркония, вольфрама на основании литературных данных [1,4] где представлена зависимость относительной плотности (пористости) от давления прессования.

По уравнениям Бальшина М.Ю. был проведен расчет численных значения фактора прессования ( $Z$ ), который показывает уплотняемость на этапе перемещения частиц в поры, и показателя уплотняемости ( $m$ ), характеризующего уплотняемость на всем пути прессования, включая этапы пластической и объемной деформации частиц, а так же по уравнению К. Конопицкого постоянной ( $A$ ), показывающей уплотняемость на этапе объемной деформации частиц порошка. Был рассчитан предел текучести для исследуемых смесей по формуле Торре (постоянная  $A$  из уравнения К.Конопицкого). По уравнению И.Д. Радомысельского и Н.Н. Щербаня для трех стадии прессования была рассчитана постоянная  $n$ . В логарифмических координатах представлена зависимость, относительной плотности прессовок от давления прессования имеет линейный вид (рис.1).



**Рисунок 1. Зависимость относительной плотности прессовок от давления прессования.**

— — — — — прессовки на основе восстановленного железа с графитовым наполнителем в количестве: ? – 1 мас.%; 0 – 3 мас.%; х – 5 мас.%; ? – 10 мас.%; ^ – 15 мас.%; | – 20 мас.%; ? – 0 мас.%;  
 - - - - - прессовки на основе никеля с карбидными наполнителем: ? – 2 мас. % NbC; ? – 5 мас. % NbC; ? – 10 мас. % NbC; | – 20 мас.% NbC; ? - 2 мас. % ZrC; х – 5 мас.% ZrC; ? – 15 мас.% ZrC;  
 - - - - - прессовки с углеродсодержащим наполнителем на основе меди железа: ^ – 10,39 мас.% АСМ 20/14; 0 – 1,95 мас% графита; ? – 10,39 мас.% АСР 80/63; ? – 10,34 мас.% АСР 80/63; ? - 5,48 мас. % АСР 80/63.

Данные, полученные в результате аналитических исследований для смесей на медной основе с алмазными включениями марок АСМ 20/14 и АСР 80/63, и на железной основе с графитовыми и алмазными включениями, а так же на никелевой основе с включениями карбидов ниобия, циркония и вольфрама представлены в табл.1.

Анализируя полученные графические данные и численные значения констант уплотняемости, можно наблюдать три стадии прессования.:

1.  $p < p_2$  ;
2.  $p_2 < p < p_3$  ;
3.  $p < p_3$  .

Таблица 1. Влияние твердого наполнителя на уплотняемость

Стадии прессования	Интервалы относительной плотности, г/см <sup>2</sup>	Композиция		Содержание наполнителя, мас. %	Постоянная $\rho$	Константы $Z$	Константы $m/A$	$\sigma_{0,2}$ , МПа	
		Основа	Наполнитель						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
I	50,12 – 66,07	Fe	Графит	1,95	0,25	0,97	1,13/-	50,05	
	48,98-61,66		АСР 80/63	10,34	0,21	1,19	4,38/-	86,05	
	64,57-79,43	Cu	АСМ 20/14	10,39	0,13	2,43	7,30/153,28	76,64	
	67,61-74,13		АСР 80/63	10,39	0,22	1,82	5,37/-	32,43	
	60,26-66,07		АСР 80/63	5,48	0,22	1,27	3,98/-	31,39	
	54,95-79,43	Fe	Графит	1,00	0,27	1,04	4,26/	611,11	
	57,54-81,28			3,00	0,25	1,28	4,69/	560,61	
	2			5	6	7	8	9	
	60,26-77,62			5,00	0,18	1,44	5,16/	521,98	
	64,57-75,86			10,00	0,15	1,78	5,95/	485,00	
	69,18-74,13			15,00	0,06	4,43	7,23/	442,48	
	70,79-74,13			20,00	0,07	6,50	7,65/	-	
	53,70-75,86	Fe	-	-	0,25	1,19	4,20/	809,85	
	51,29-63,10	Ni	NbC	2,00	0,15	1,51	4,86/-	1088,89	
	50,12-54,95			5,00	0,08	1,14	4,35/-	1775,00	
	50,12-54,95			10,00	0,08	1,09	4,28/-	2073,55	
	52,48-56,23			20,00	0,06	1,06	3,66/-	2156,25	
	51,29-57,54			ZrC	2,00	0,10	1,04	3,79/-	1260,85
	51,29-53,70				5,00	0,04	0,97	3,52/-	1675,70
	50,12-53,70				10,00	0,06	0,87	3,30/-	1847,20
II	66,07-77,62	Fe	Графит	1,95	0,32	-	-/100,10		
	61,66-69,18		АСР 80/63	10,34	0,23	-	-/172,11		
	74,13-87,10	Cu	АСР 80/63	10,39	0,16	-	-		
	66,07-85,11		АСР 80/63	5,48	0,26	-	-		
	79,43-89,13	Fe	Графит	1,00	0,17	-	-		
	81,28-87,10			3,00	0,10	-	-		
	77,62-85,11			5,00	0,40	-	-		
	75,86-87,10			10,00	0,27	-	-		
	74,13-87,10			15,00	0,32	-	-		
	74,13-85,11			20,00	0,11	-	-		
	75,86-79,43	Fe	—	—	0,10	-	-		
	63,10-70,79	Ni	NbC	2,00	0,28	-	-		
	2			5	6	7	8	9	
	54,95-64,57			5,00	0,23	-	-		
	54,95-63,10			10,00	0,20	-	-		
	56,23-66,07			20,00	0,23	-	-		
	57,54-67,61			ZrC	2,00	0,32	-	-	
53,70-67,61	5,00				0,27	-	-		
53,70-64,57	10,00				0,27	-	-		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
III	87,10-93,32	Cu	АСР 80/63	10,39	0,33	-	-/64,86	
	85,11-100,00		АСР 80/63	5,48	0,78	-	-/62,78	
	89,13-93,32	Fe	Графит	1,00	0,40	-	-/1222,22	
	87,10-93,32			3,00	0,30	-	-/1121,21	
	85,11-93,32			5,00	0,13	-	-/1043,96	
	87,10-95,50			10,00	0,13	-	-/970,00	
	87,10-95,50			15,00	0,01	-	-/884,96	
	85,11-91,20			20,00	0,20	-	-	
	79,43-89,13	Fe	---	---	0,25	-	-/1750,00	
	70,79-74,13	Ni	NbC	2,00	0,17	-	-/2177,78	
	64,57-75,86			5,00	0,58	-	-/3550,00	
	63,10-72,44			10,00	0,50	-	-/4147,10	
	66,07-70,79			20,00	0,25	-	-/4312,50	
	67,61-75,86		ZrC	2,00	0,25	-	-/2521,70	
	67,61-72,44			5,00	0,60	-	-/3351,40	
	64,57-70,79			10,00	0,33	-	-/3694,40	

На I этапе деформации сыпучей среды, происходит перемещение частиц порошка в поры, причем с ростом давления прессования плотность прессовок возрастает за счет лучшей укладки частиц, и в меньшей мере, за счет роста их контактной поверхности. Этап II характеризуется дальнейшим ростом контактной поверхности за счет деформации объема частиц, непосредственно прилегающего к контактам, это - стадия перехода от сыпучей к пористой связной среде. В точках касания частиц порошков развивается смятие. На этапе III развивается пластическая деформация частиц металлической основы – процесс деформации охватывает значительную часть объема частиц. Неперерезаемые частицы наполнителя являются препятствием для перемещения дислокаций. Причем уплотнение всех изученных в данной работе порошков подчиняется общим закономерностям прессования [1-4]: на начальных стадиях интенсивность уплотнения имеет максимальные значения, на последних — минимальные. Для каждого порошка можно выделить несколько линейных участков (интервалы относительной плотности для разных стадий прессования приведены в табл. 1). При повышении давления прессования наблюдается переход к линейным участкам с меньшим угловым коэффициентом, что отражено в численных значениях константы  $n$

Вид, размер и количество частиц наполнителя влияют на движение и торможение дисло-

каций. Так, для композиций железный порошок – графит при давлении прессования 600 МПа получают следующие значения плотности  $\rho$  образцов при изменении количества графита Гр:

Гр, % ... 0 3 5 10 15 20  
 $\rho$ , г/см<sup>2</sup> ... 6,4 6,3 6,1 5,6 5,0 4,3

У композиций никель – карбид ниобия NbC имеют место следующие данные:

NbC, % ... 2 5 10  
 $\rho$ , г/см<sup>2</sup> ... 6,10 5,60 5,55

Как видно, введение в композицию частиц твердого наполнителя снижает плотность прессуемых образцов.

#### Литература:

1. Андриевский Р.А. Порошковое металлургия.- М.: Металлургия, 1991. 154 с.
2. Витязь П.А., Капцевич В.М., Косторнов А.Г. Формирование структуры и свойств пористых порошковых материалов – М: Металлургия. 1993. 240 с.
3. Скороход В.В., Солонин Ю.М., Уварова И.В. Химические, диффузионные и реологические процессы в технологии порошковых материалов – Киев: Наук. думка. 1990. 248 с.
4. Федорченко И.М. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения: Справочник. – Киев: Наук. Думка. 1985. 624 с.

**Peculiarity of condensation of biphas powder compositions***Murashova N.A*

In the present activity the relation of density mixtures of powders on iron, copper and nickel with different carboneum by inclusive powder filling materials from pressure of static pressing is investigated. For all studied two-phase powder mixes, and for each stage of pressing the constant compatibilities are counted. The physical sense of constants in offered activity is clarified. For each stage of pressing the interval of density is determined depending on chemical and concentration structures of a powder mixture. In activity, the data of compatibility of a powder body are adduced at the appendix pressure of pressing in conditions of dead load; using which one it is possible to explain processes observed during seal of a dust. The estimation of compatibility of dusts allows compounding more effective know-how of manufacturing of powder work pieces with set values of density.