

УДК 621.091:669.27.018.25

В. С. Панов, д-р. техн. наук, **В. Н. Шуменко**, канд. техн. наук, **А. В. Клименко**

ФГОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
г. Москва, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА «МОКРОГО» ПРЕССОВАНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СПЛАВА Т5К10

Изучен процесс «мокрого» прессования смеси Т5К10. Установлено, что применение уайт-спирита с целью повышения плотности прессовки более эффективно, чем дистиллированная вода. Полученные в работе прессовки из твердого сплава подтверждают теорию капиллярно-пористого тела А.В. Лыкова.

Ключевые слова: смесь Т5К10, дистиллированная вода, уайт-спирит, прессовка, давление, пресс, плотность, капля, вес, замер

В последние годы все большее внимание привлекает разработанная в 80-е годы кинетическая теория течения газов в пористых средах и математическая модель распространения излучения в пористых телах с непрозрачным каркасом [1].

В простейшей модели миграции жидкости в капиллярно-пористом теле происходит в виде пленочного движения жидкости (рис. 1). В процессе капиллярного движения часть

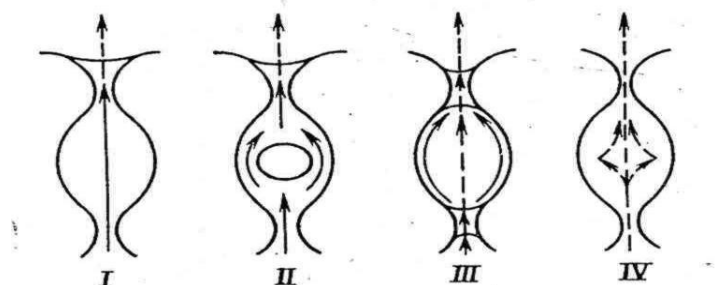


Рис. 1. Механизм миграции влаги в капиллярно-пористом материале: I – в виде пленочного движения жидкости; II – часть наружного воздуха попадает внутрь капилляра; III – миграции влаги в виде испарения – конденсации; IV – и, наконец, наступает диффузия пара через капилляр

воздуха попадает внутрь капилляра. Величина этого пузырька увеличивается, возникает механизм миграции влаги в виде испарения-конденсации, а потом диффузия пара через капилляр.

Подробно механизм фильтрационного процесса, теория сушки капиллярно-пористых тел, теплообмен между поверхностью материала и окружающей средой, перенос влаги в пористых телах описан в [1; 2].

В настоящей работе проведено исследование теории капиллярно-пористого тела (Лыкова А. В.) на примере твердосплавных смесей. Для чего применили метод «мокрого» прессования смеси Т5К10.

Методика эксперимента

Исходными материалами служили твердосплавная смесь Т5К10, полученная в условиях предприятия САНДВИГ-МКТС. В качестве жидкостей использовали дистиллированную воду и уайт-спирит, производства ООО «Краски Текс», Россия, г. Санкт-Петербург.

Смесь представляла собой пластифицированные каучуком гранулы средний размер которых 0,15 мм.

В экспериментах находили зоны перехода от заземленной жидкости к заземленному воздуху.

Прессование проводили в стальной прессформе диаметром 10 мм при давлении 50 МПа.

Навеску порошка рассчитывали исходя из того, что плотность прессовки после прессования 60%. Отношение высоты к диаметру $D:H = 1:0,5$

Расчет веса капли проводили путем выполнения следующего цикла: на весы устанавливали часовое стекло, взвешивали его, затем выводили на ноль показания весов и стандартным шприцем накапывали 20 капель на стекло. Данную методику применяли для дистиллированной воды и уайт-спирита.

Введение жидкости осуществляли путем закапывания необходимого количества капель в пресс-форму.

После проведения прессования измеряли выступающую часть верхнего пуансона: четырехкратное измерение штангенциркулем с разных сторон пуансона с углом поворота относительно оси пуансона на 90^0 .

Замер прессовки и определение ее массы проводили с использованием микрометра, а также электронных весов с точностью до четвертого знака после запятой.

Повторные эксперименты проводили с увеличением количества капель жидкости вплоть до нахождения зоны перехода от заземленной жидкости до заземленного воздуха.

Аналогичные эксперименты проводили и с уайт-спиритом.

По полученным прессовкам рассчитывали объем пор в процентах, от общего объема образцов. В засыпанную в матрицу смесь вводили жидкость из расчета заполнения объема пор, в процентах.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Фотографии уплотнения гранулированной смеси Т5К10 в режиме реального времени показаны на рис. 2. Отображено уплотнение под нагрузкой, которая соответствует величине сдвига слоев на первом этапе структурной деформации.

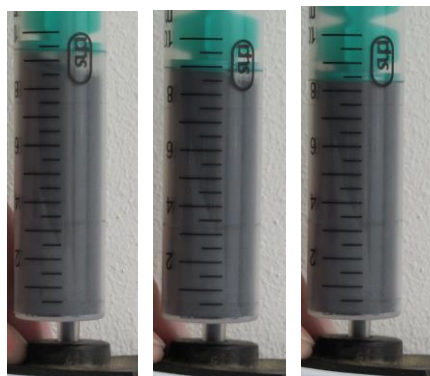


Рис. 2. Засыпка порошка до его уплотнения. Шкала соответствует объему в 1 см^3

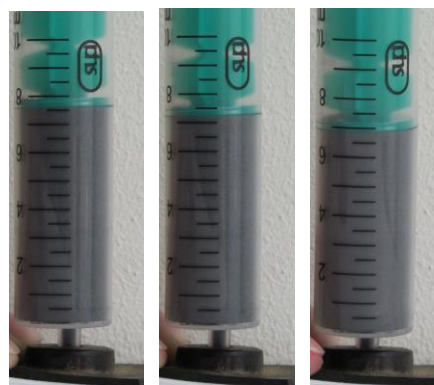


Рис. 3. Стадии уплотнения

Из рис. 3 видно, что 1-й этап структурной деформации с объема $8,25 \text{ см}^3$ уменьшился до $7,0 \text{ см}^3$, т.е. на 15%.

**РАЗДЕЛ 3. РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТА, ОСНАЩЕННОГО
ТВЕРДЫМИ СПЛАВАМИ, В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

С целью определения границы перехода от состояния заземленной жидкости к состоянию заземленного воздуха проводили серию экспериментов с дистиллированной водой и уайт-спиритом.

Результаты проведенных экспериментов по мокрому прессованию твердого сплава Т5К10 в программе Microsoft Excel приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Обработка результатов проведенных экспериментов по мокрому прессованию твердого сплава Т5К10 с водой

№№ капли	объем	вес	h	d	выступающая часть пуансона				Параметры полученной прессовки					
					Н1	Н2	Н3	Н4	Н средн.	Объём	плотность	г/см3	округление	
1	0	0	3,0778	6,07	10,06	45,5	45,6	45,5	45,6	45,55	482,2301	0,006382	6,38243	6,4
2	1	0,01046	3,1142	6,47	10,11	45,4	45,3	45,3	45,4	45,35	519,1301	0,005999	5,998881	6
3	2	0,02092	3,0882	6,47	10,1	45,4	45,3	45,4	45,3	45,35	518,1037	0,005961	5,960583	6
4	3	0,03138	3,1346	6,43	10,13	45,4	45,3	45,3	45,3	45,325	517,9639	0,006052	6,051773	6,1
5	4	0,04184	3,1254	6,35	10,1	45,2	45,3	45,3	45,3	45,275	508,4943	0,006146	6,146381	6,2
6	5	0,0523	3,1344	6,44	10,1	45,3	45,3	45,3	45,4	45,325	515,7014	0,006078	6,077936	6,1
7	6	0,06276	3,1945	6,34	10,09	45,3	45,2	45,2	45,3	45,25	506,6887	0,006305	6,30466	6,3
8	7	0,07322	3,1599	6,38	10,1	45,4	45,3	45,3	45,3	45,325	510,8967	0,006185	6,185008	6,2
9	8	0,08368	3,2157	6,42	10,09	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	513,0823	0,006267	6,267416	6,3
10	9	0,09414	3,1164	6,28	10,09	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	501,8936	0,006209	6,209285	6,2
11	10	0,1046	3,2373	6,16	10,09	45,2	45,1	45,1	45,1	45,125	492,3032	0,006576	6,575825	6,6
12	11	0,11506	3,1842	6,25	10,1	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	500,4866	0,006362	6,362209	6,4
13	12	0,12552	3,2039	5,83	10,12	45,1	45,1	45	45	45,05	468,7046	0,006836	6,835648	6,8
14	13	0,13598	3,1641	5,79	10,11	45,2	45,1	45	45,1	45,1	464,5693	0,006811	6,810824	6,8
15	14	0,14644	3,1909	5,82	10,11	45,1	45,1	45,1	45	45,075	466,9764	0,006833	6,833107	6,8
16	15	0,1569	3,2412	5,86	10,11	45	45	45	45	45	470,1859	0,006893	6,893444	6,9
17	16	0,16736	3,2671	5,77	10,11	45,1	45	45	45	45,025	462,9646	0,007057	7,056911	7,1
18	17	0,17782	3,1927	5,79	10,11	45	45	45	45	45	464,5693	0,006872	6,872387	6,9
19	18	0,18828	3,27	5,7	10,11	45,1	45,1	45	45	45,05	457,348	0,00715	7,149916	7,2
20	19	0,19874	3,2457	5,85	10,11	45	45	45	45	45	469,3835	0,006915	6,914815	7
21	20	0,2092	3,2376	5,8	10,11	45	45	45	45	45	465,3717	0,006957	6,95702	7
22	21	0,21966	3,2245	5,69	10,11	45	45	45	45	45	456,5457	0,007063	7,06282	7
23	22	0,23012	3,0498	5,77	10,11	44,4	44,4	44,5	44,3	44,4	462,9646	0,006588	6,587545	6,6
24	23	0,24058	3,2843	5,69	10,11	45,1	45,2	45,1	45,1	45,125	456,5457	0,007194	7,193804	7,2
25	24	0,25104	3,2149	5,78	10,11	45	45	45	45	45	463,767	0,006932	6,932145	7
26	25	0,2615	3,1722	5,93	10,11	45	44,9	44,8	44,8	44,875	475,8024	0,006667	6,667053	6,7
27	26	0,27196	3,1152	5,98	10,11	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	479,8143	0,006493	6,492512	6,5
28	27	0,28242	2,7983	4,78	10,12	44	44	44	44	44	384,2896	0,007282	7,281749	7,3
29	28	0,29288	3,0876	5,34	10,12	44,6	44,6	44,6	44,6	44,6	429,3109	0,007192	7,19199	7,2
30	29	0,30334	2,8685	5,01	10,1	44,1	44,1	44,1	44,1	44,1	401,19	0,00715	7,149978	7,2
31	30	0,3138	2,7668	4,82	10,12	44	44	44	44	44	387,5054	0,00714	7,14003	7,2
32	31	0,32426	2,8912	4,95	10,1	44,1	44,1	44,1	44,1	44,1	396,3854	0,007294	7,293912	7,3
33	32	0,33472	3,136	5,45	10,1	44,9	44,8	44,7	44,7	44,775	436,4243	0,007186	7,185668	7,2
34	33	0,34518	3,072	5,35	10,12	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	430,1149	0,007142	7,142278	7,1
35	34	0,35564	2,4718	4,28	10,1	43,5	43,4	43,4	43,5	43,45	342,7332	0,007212	7,212024	7,2
36	35	0,3661	2,8531	4,86	10,1	44,2	44,2	44,2	44,1	44,175	389,1784	0,007331	7,331086	7,3
37	36	0,37656	2,7441	4,79	10,15	44	43,9	44	43,9	43,95	387,3801	0,007084	7,083741	7,1
38	37	0,38702	2,4378	4,26	10,1	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	341,1316	0,007146	7,146215	7,2
39	38	0,39748	2,7496	4,8	10,15	44	44	44	44	44	388,1888	0,007083	7,083152	7,1
40	39	0,40794	2,7779	4,9	10,1	44	44	44	44	44	392,3815	0,00708	7,07959	7,1
41	40	0,4184	2,4682	4,23	10,15	43,4	43,3	43,4	43,4	43,375	342,0914	0,007215	7,215032	7,2

Вес 20 капель воды = 0,2092г
Объем одной капли = 0,01046 см3

Таблица 2. Обработка результатов проведенных экспериментов по мокрому прессованию твердого сплава Т5К10 с уайт-спиритом

№№	капли	объем	вес	h	d	выступающая часть пуансона				Параметры полученной прессовки				
						H1	H2	H3	H4	H средн.	Объём	плотность	г/см ³	округление
1	1	0,0075506	3,1262	5,89	10,15	45,2	45,2	45,1	45,1	45,15	476,33998	0,006563	6,5629595	6,6
2	2	0,0151013	3,0701	5,52	10,15	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	446,4171	0,0068772	6,8772008	6,9
3	3	0,0226519	3,145	5,71	10,15	45	44,9	45	45	44,975	461,7829	0,0068106	6,8105596	6,8
4	4	0,0302025	3,156	5,62	10,15	44,9	44,9	44,9	44,9	44,9	454,50436	0,0069438	6,9438277	6,9
5	6	0,0453038	3,1786	5,76	10,15	45	45	45	45	45	465,82654	0,0068236	6,8235701	6,8
6	8	0,0604051	3,0776	5,56	10,15	44,8	44,8	44,8	44,7	44,775	449,652	0,0068444	6,8444041	6,8
7	10	0,0755063	3,153	5,64	10,15	44,8	44,8	44,9	44,8	44,825	456,12182	0,0069126	6,912627	6,9
8	12	0,0906076	3,0839	5,46	10,15	44,7	44,7	44,6	44,7	44,675	441,56474	0,006984	6,9840269	7
9	14	0,1057089	3,1626	5,46	10,15	44,7	44,7	44,7	44,7	44,7	441,56474	0,0071623	7,1622567	7,2
10	16	0,1208101	3,2137	5,67	10,15	44,9	45	45	45	44,975	458,548	0,0070084	7,0084267	7
11	18	0,1359114	3,2301	5,44	10,15	44,6	44,7	44,6	44,6	44,625	439,94728	0,007342	7,342016	7,3
12	20	0,1510127	3,154	5,36	10,15	44,6	44,6	44,5	44,6	44,575	433,47747	0,007276	7,2760413	7,3

Вес 20 капель уайт-спирита = 0,1193г.
Объем одной капли = 0,0075506 см³

0,790 г/см³ - плотность уайт-спирита

Из табл. 1 видно, что плотность после прессования смеси Т5К10 по принятой методике (без жидкости) позволяет получить плотность 6,4 г/см³. Введение дистиллированной воды приводит к плотности 6,0 г/см³ при количестве капель менее 10, и дальнейшее увеличение количества жидкости приводит к плотности 7,2 г/см³: на 0,8 г/см³ больше, чем при обычном прессовании.

В случае состояния заземленной жидкости, которая выступает как смазка [3], отмечается перемещение частиц под прессующим пуансоном.

Как следует из экспериментальных данных при малых количествах жидкости плотность прессовок возрастает, а при больших количествах падает.

Полученные результаты хорошо согласуются с теорией капиллярно-пористого тела А. В. Лыкова, согласно которой при малых количествах жидкости – эффект заземленной жидкости, а при больших – эффект заземленного воздуха. Механизм поведения большого количества жидкости на повышение плотности не описывается теорией Лыкова А. В. и представляет новый характер взаимодействия.

Из табл. 2 видно, что введение уайт-спирита позволяет повысить плотность до 7,3 г/см³, что объясняется частичным растворением пластификатора, разрушением части гранул и улучшением прессования.

При спекании повышение плотности после прессования при прочих равных условиях должно привести на первом этапе перегруппировки частиц к образованию межблоковых пор меньшего размера [4]. Благодаря этому для завершения второго этапа потребуется меньше времени, сократится и время процесса растворение-осаждение, что должно сохранить мелкий размер частиц карбида, который был в исходной смеси.

Выводы

Проведены эксперименты по «мокрому» прессованию гранулированной смеси твердого сплава Т5К10.

Установлено повышение плотности прессовки по сравнению с обычным прессованием твердых сплавов. Применение уайт-спирита более эффективно, чем дистилляционная вода.

На примере смеси сплава T5K10 получено хорошее совпадение согласно теории капиллярно-пористого тела А.В.Лыкова.

Вивчено процес «мокрого» пресування суміші T5K10. Встановлено, що застосування уайт-спіриту з метою підвищення щільності пресування більш ефективно, ніж дистильована вода. Отримані в роботі пресування з твердого сплаву підтверджують теорію капілярно-пористого тіла А. В. Лыкова.

Ключові слова: суміш T5K10, дистильована вода, уайт-спірит, пресування, тиск, прес, щільність, крапля, вага, вимірювання

INVESTIGATION OF «WET» PRESSING PROCESS APPLIED TO THE PRODUCTION OF T5K10 ALLOY

The process of wet pressing T5K10 mixture was investigated. It was found that the use of White Spirit to the increase the density of the compact is more efficient than distilled water. The obtained compacts of the cemented carbide support the theory of capillary-porous body A. V. Lykov.

Key words: T5K10 mixture, distilled water, White Spirit, the compact, pressure, press, density, drop, weight, measurement.

Литература

1. Лыков А. В. Тепломассообмен. Справочник. 2-е изд. – М.: Энергия, 1978. – 479 с.
2. Лыков А. В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.
3. Абдурахимов В. З., Зелит Е. С., Юмина В. А. Взаимодействие пористо-капиллярной структуры керамического материала // Металловедение – 2005. – 6(99) – С. 13–17.
4. Панов В. С., Шуменко В. Н. Технология и свойства спеченных твердых сплавов. – М.: МИСиС, 2013. – 143 с.

Поступила 18.04.16

УДК 621.762

О. В. Харченко канд. техн. наук

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України м. Київ

ВПЛИВ ВІДПАЛУ У ВАКУУМІ НА СТРУКТУРУ, ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ СТІЙКІСТЬ ІНСТРУМЕНТУ СПЕЧЕНОГО У ВОДНІ ЗІ СПЛАВУ ВК10 ОМ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ТЕРТЯМ З ПЕРЕМІШУВАННЯМ

Досліджено вплив відпалу на структуру, фізико-механічні властивості та експлуатаційну стійкість інструменту для технології зварювання тертям з перемішуванням зі спеченого у водні дрібнозернистого сплаву ВК10 ОМ.

Ключові слова: відпал, твердий сплав, зварювання тертям з перемішуванням, евольвента, пін.

Нині провідні машинобудівні країни промислово освоїли та широко застосовують у багатьох галузях промисловості технологію зварювання тертям з перемішуванням (рис. 1) [1].