

В.М. Капцевич, В.К. Корнеева, И.В. Закревский

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ МЕДНОГО КАБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Введение В настоящее время с интенсивным развитием металлургии и машиностроения в Республике Беларусь имеются отходы медного кабеля, из которого УП «Белцветмет» наладил выпуск медной сечки — медных разнотолщинных волокон небольшой длины, которые представляют интерес в качестве исходного сырья для производства пористых волоконных материалов (ПВМ). Известно, что свойства пористых материалов определяются свойствами исходного сырья, а также технологией их изготовления.

Целью настоящей работы является исследование свойств исходных волокон, изготовление экспериментальных образцов ПВМ и исследование их структурных и гидродинамических свойств.

Результаты исследований. К основным свойствам волокон относятся их дисперсность, гранулометрический состав, насыпная плотность, плотность утряски, микротвердость и прессуемость.

Дисперсность волокон можно характеризовать двумя параметрами: диаметром волокон и их длиной [1]. На рисунке 1 приведена фотография исходных волокон в состоянии поставки. Их анализ позволяет прийти к заключению, что размеры волокон характеризуются разбросом диаметров от 0,1 до 2,0 мм и длин от 1,0 до 20 мм.



Рисунок - 1. Внешний вид волокон в состоянии поставки.

Гранулометрический (дисперсионный) состав. Волокна представляют собой линейные элементы, и потому, с точки зрения геометрии, характеризуются двумя параметрами: диаметром и длиной. Для определения гранулометрического состава применялся метод ситового анализа. Использовались сита с размером ячеек 2,2; 1,6; 1,0; 0,63; 0,4; 0,315; 0,2 мм. На рисунке 2 представлена гистограмма распределения волокон по фракциям, а на рисунке 3 приведены их фотографии.

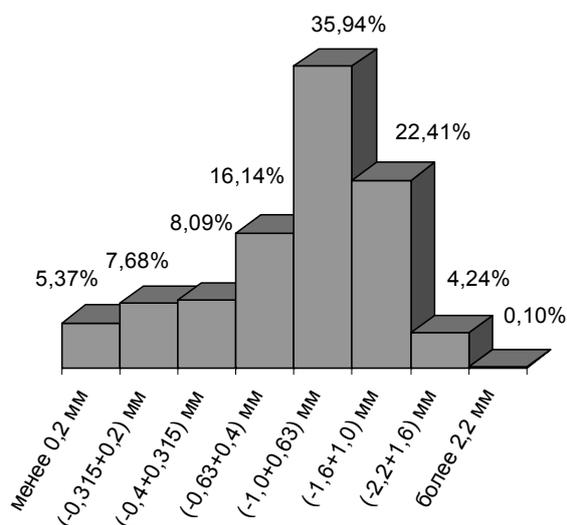


Рисунок - 2. Гистограмма распределения волокон по фракциям

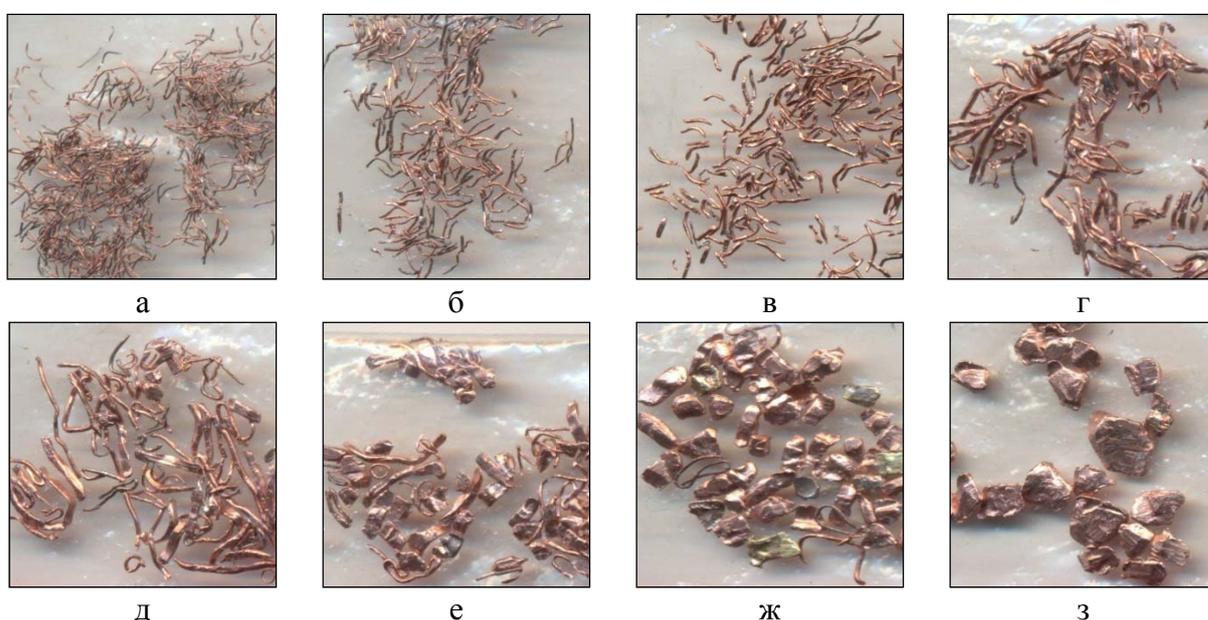


Рисунок - 3. Фотографии волокон различного гранулометрического состава: а — менее 0,2 мм; б — (-0,315...+0,2) мм; в — (-0,4...+0,315) мм; г — (-0,63...+0,4) мм; д — (-1,0...+0,63) мм; е — (-1,6...+1,0) мм; ж — (-2,2...+1,6) мм; з — более 2,2 мм

Основной морфологической характеристикой дисперсной среды является форма ее частиц, которая определяется по принципу сравнения с формой известных макротел.

При рассмотрении исходного сырья были выделены следующие типы форм: пластинчатые гранулы, осколочные гранулы и непосредственно волокна различных длин и диаметров (рисунок 4).

Результаты анализа ситового отсева исходного сырья позволяют прийти к заключению: на сите с размером ячейки 2,2 мм задерживаются в основном пластинчатые гранулы; на сите с размером ячейки 1,6 мм — осколочные гранулы; на сите с размером ячейки 1,0 мм — осколочные гранулы и волокна большого диаметра (1–2 мм); на сите с размером ячейки 0,63 — волокна диаметром более 0,5 мм и длиной более 15 мм; на сите с размером ячейки 0,4 мм — в основном волокна диаметром менее 0,5 мм и длиной 7–15 мм; на ситах с размером ячейки 0,315 и 0,2 мм — большей частью волокна диаметром менее 0,5 мм и длиной до 7 мм.

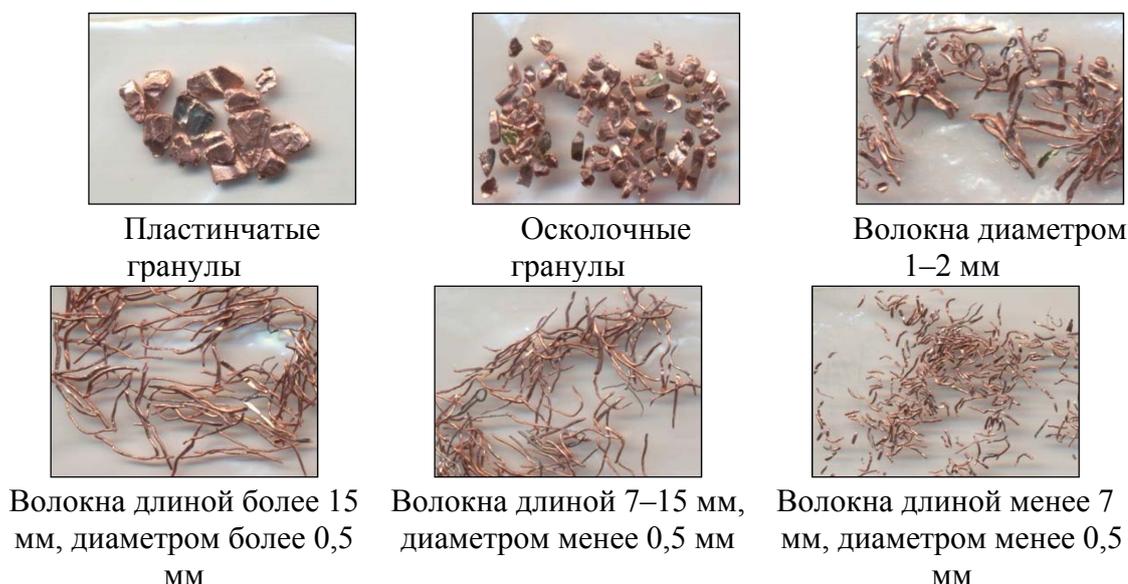


Рисунок 4. Классификация частиц исходного сырья

Насыпную плотность определяли по ГОСТ 19440-94. Результаты по определению насыпной плотности представлены на рисунке 5. Плотность утряски определяли по ГОСТ 25279-92. Результаты исследований отражены на рисунке 6.

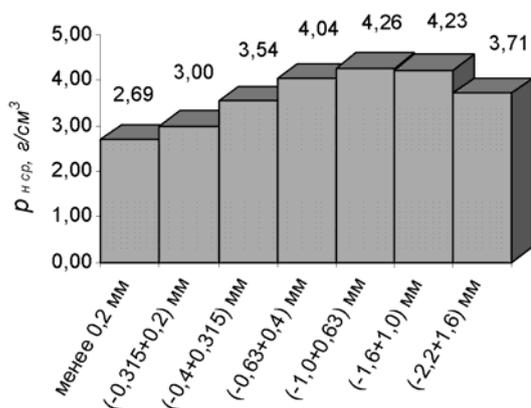


Рисунок 5. Зависимость насыпной плотности волокон от гранулометрического состава

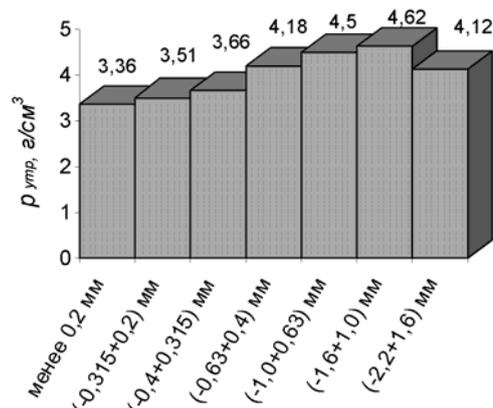


Рисунок 6. Зависимость плотности утряски волокон от гранулометрического состава

Микротвердость определяли по ГОСТ 9450-76. Результаты исследования микротвердости неотожженных волокон приведены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость микротвердости неотожженных волокон от фракционного состава

Фракционный состав, мм	(-0,2...+0,1)	(-0,315...+0,2)	(-0,4...+0,315)	(-0,63...+0,4)	(-1,0...+0,63)	(-1,6...+1,0)	(-2,2...+1,6)
Микротвердость неотожженных волокон, МПа	935	981	1037	1076	1036	1047	1219

Прессуемость волокон характеризовали их уплотняемостью.

Для определения характеристики уплотняемости определялась зависимость пористости прессовок Π из волокон различных фракций от давления прессования P . Для построения математической зависимости, устанавливающей взаимосвязь между ними, использовали уравнение прессования волоконного тела Ю.Г. Дорофеева [2]:

$$P = K\sigma_T(1 - \Pi)^m, \quad (1)$$

где K и m — постоянные; σ_T — предел текучести материала волокон.

На рисунке 7 представлены полученные экспериментальные данные.

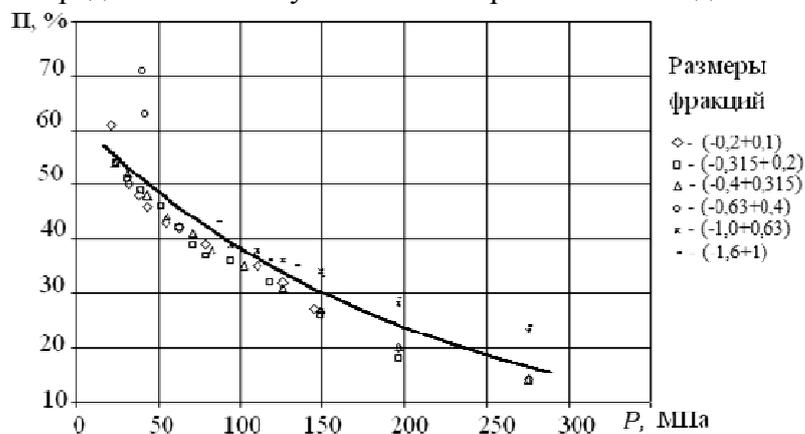


Рисунок 7. Зависимости пористости брикетов от давления прессования

На основе полученных экспериментальных данных методом наименьших квадратов для прессовок из медных волокон различных фракций определены значения коэффициентов K и m , входящие в уравнение (1) (таблица 2).

Таблица 2. Значение коэффициентов K и m , входящих в уравнение прессования медных волокон различных фракций

Фракционный состав, мм	K	m
(-0,2...+0,1)	6,22	3,49
(-0,315...+0,2)	6,44	3,64
(-0,4...+0,315)	7,15	3,78
(-0,63...+0,4)	7,08	3,74
(-1,0...+0,63)	12,24	4,31
(-1,6...+1,0)	11,28	4,02

На основании рассчитанных значений коэффициентов K и m определены значения величин давлений прессования, обеспечивающих получение экспериментальных образцов пористостью Π , равной 20, 30, 40, 50 %. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3. Значения давлений прессования для получения прессовок из волокон различного фракционного состава требуемой пористости

Фракционный состав, мм	Давление прессования P , МПа			
	$\Pi = 20\%$	$\Pi = 30\%$	$\Pi = 40\%$	$\Pi = 50\%$
(-0,2...+0,1)	197	123,6	72,2	38,2
(-0,315...+0,2)	197,2	121,3	69,2	35,6
(-0,4...+0,315)	212,2	128,1	71,5	35,9
(-0,63...+0,4)	212,1	128,7	72,3	36,6
(-1,0...+0,63)	322,8	181,6	93,4	42,6
(-1,6...+1,0)	317,4	185,5	99,8	48,0

Для определения структурных и гидродинамических свойств ПВМ различного фракционного состава в стальной пресс-форме прессовались при различных давлениях экспериментальные образцы в форме дисков диаметром 30 мм и толщиной 5 мм. Образцы спекались в электропечи в атмосфере эндогаза при температуре спекания 1010 ± 10 °С. Время прохождения образцами зоны нагрева печи составляло 1,5 ч.

Структурные и гидродинамические свойства образцов определяли: пористость образцов — расчетным методом по ГОСТ 18898-89, размеры пор — методом вытеснения жидкости по ГОСТ 26849-93, коэффициент проницаемости — по ГОСТ 25283-93. Равномерность порораспределения характеризовали параметром A , равным отношению среднего размера пор к максимальному.

В таблице 4 при

ведены установленные структурные (пористость Π , максимальные $d_{п\ max}$ и средние $d_{п\ ср}$ размеры пор) и гидродинамические (коэффициент проницаемости k) свойства экспериментальных образцов ПВМ из медных волокон в зависимости от размера волокон d_b и давления прессования P , на рисунке 7 представлены зависимости структурных и гидравлических свойств от давления прессования, а на рисунках 8, 9 - взаимосвязь структурных и гидродинамических свойств ПВМ из медных волокон различных фракций.

Таблица 4. Структурные и гидродинамические свойства экспериментальных образцов ПВМ из медных волокон

№п /п	d_b , мм	P , МПа	Π , %	$d_{п\ max}$, мкм	$d_{п\ ср}$, мкм	k , мкм ²	A
1	(-0,2...+0,1)	200	20,4	29	11	0,6	0,38
2		125	32,0	43	18	3,2	0,42
3		75	40,8	57	24	7,1	0,42
4		40	51,1	71	32	15,9	0,45
5		15	62,0	107	40	31,6	0,37
1	(-0,315...+0,2)	200	20,4	43	23	3,2	0,54
2		120	31,8	86	32	10,1	0,37
3		70	42,2	120	43	23,8	0,36
4		35	52,3	164	54	46,7	0,33
5		15	59,1	210	66	80,3	0,31
1	(-0,4...+0,315)	220	19,6	58	37	8,3	0,64
2		130	31,2	107	52	26,1	0,49
3		70	42,0	142	70	63,2	0,49
4		35	48,9	206	83	106,2	0,40
1	(-0,63...+0,4)	215	21,2	72	39	9,8	0,54
2		130	32,6	121	56	31,9	0,46
3		75	41,0	164	77	76,4	0,47
4		40	51,3	243	96	147,5	0,40
1	(-1,0...+0,63)	325	18,2	93	45	11,6	0,48
2		180	30,6	172	63	38,3	0,37
3		90	41,3	205	83	89,4	0,40
1	(-1,6...+1,0)	325	19,6	115	45	12,4	0,39
2		190	30,1	311	68	43,1	0,22

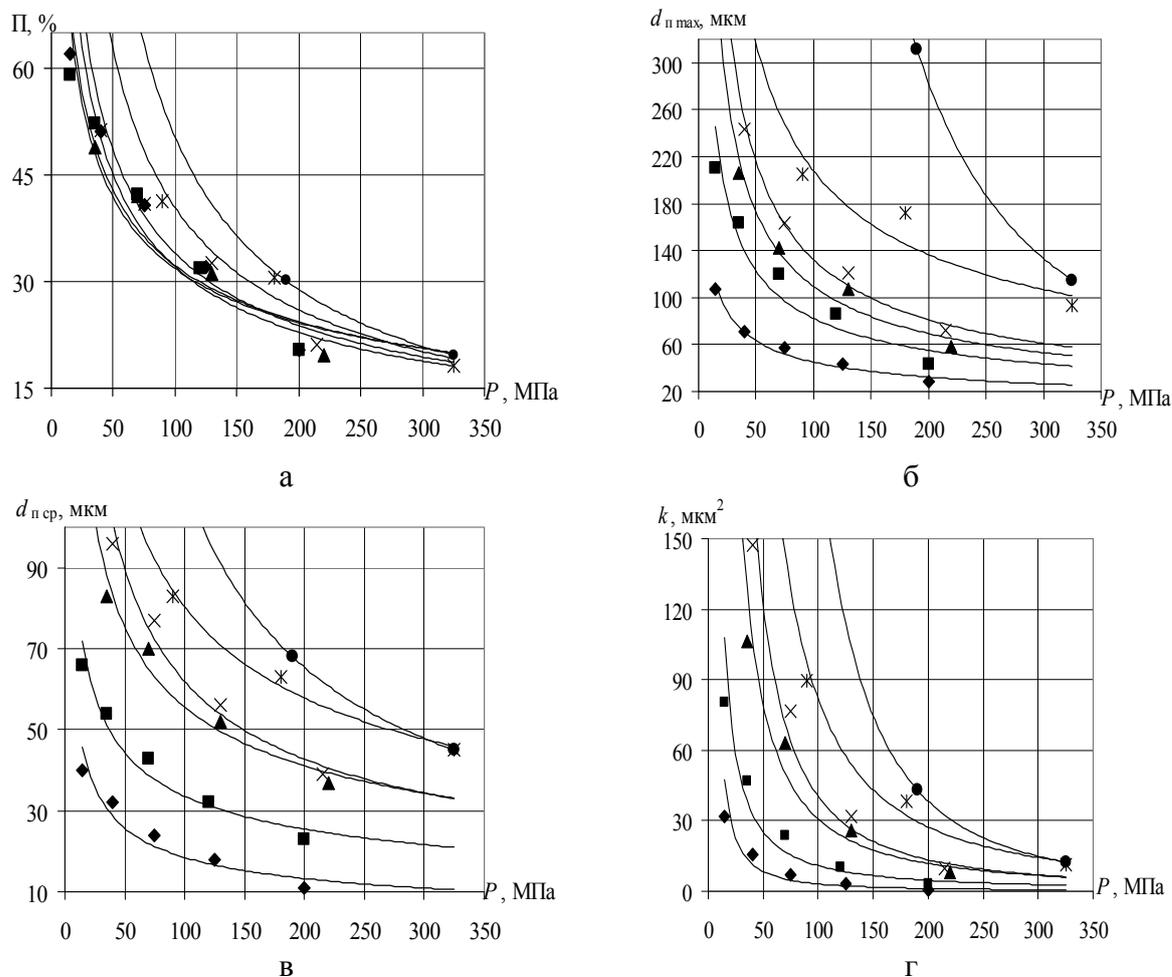


Рисунок 7. Зависимости пористости Π (а), максимальных $d_{п\ max}$ (б) и средних $d_{п\ ср}$ (в) размеров пор, коэффициента проницаемости k (г) от давления прессования ПВХ из медных волокон фракций: \blacklozenge — $(-0,2...+0,1)$, \blacksquare — $(-0,315...+0,2)$, \blacktriangle — $(-0,4...+0,315)$, \times — $(-0,63...+0,4)$, \ast — $(-1,0...+0,63)$, \bullet — $(-1,6...+1,0)$ мм

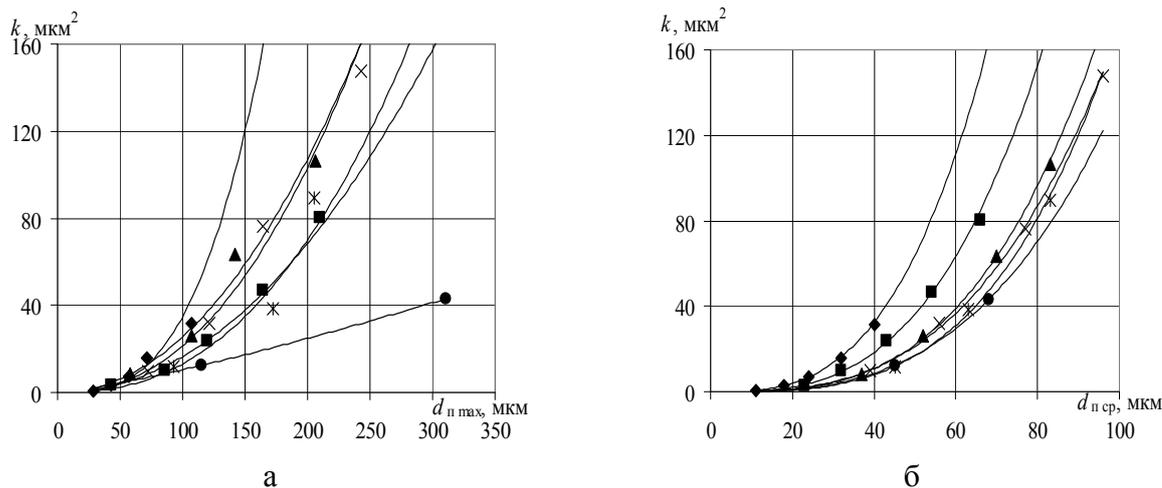


Рисунок - 8. Зависимость коэффициента проницаемости k от максимальных $d_{п\ max}$ (а) и средних

$d_{п\ ср}$ (б) размеров пор ПВХ из медных волокон фракций: \blacklozenge — $(-0,2...+0,1)$, \blacksquare — $(-0,315...+0,2)$, \blacktriangle — $(-0,4...+0,315)$, \times — $(-0,63...+0,4)$, \ast — $(-1,0...+0,63)$, \bullet — $(-1,6...+1,0)$ мм

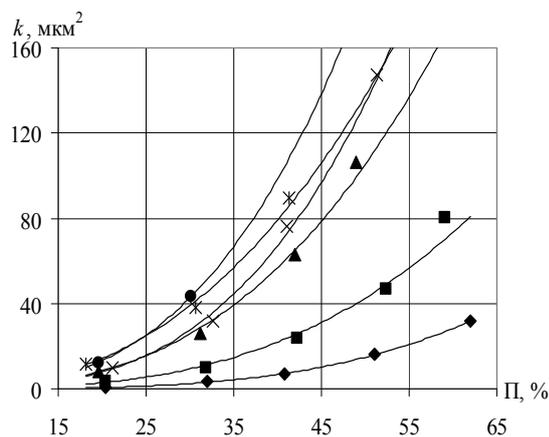


Рисунок - 9. Зависимость коэффициента проницаемости k от пористости Π ПВМ из медных волокон фракций: \blacklozenge — $(-0,2...+0,1)$, \blacksquare — $(-0,315...+0,2)$, \blacktriangle — $(-0,4...+0,315)$, \times — $(-0,63...+0,4)$, \circ — $(-1,0...+0,63)$, \bullet — $(-1,6...+1,0)$ мм

Методом сухого изостатического прессования из отходов медного кабельного производства изготовлены длинномерные трубчатые фильтрующие элементы и фильтрующие элементы сложной формы (рисунок 10).



Рисунок - 10. Фильтрующие элементы, изготовленные из медных волокон методом сухого изостатического прессования: а — цилиндрической формы; б — цилиндрической формы с доньшком; в — цилиндрической формы с доньшком и ребристой поверхностью; г — крупногабаритные фильтрующие элементы из медных волокон

Выводы. Анализ зависимостей структурных и гидродинамических свойств ПВМ, полученных из отходов, показывает возможность варьирования пористостью от 20 до 60 %, максимальными размерами пор — от 30 до 310 мкм, средними — от 10 до 100 мкм и коэффициентом проницаемости — от 1 до 150 мкм², что в конечном итоге позволяет создавать фильтрующие материалы с требуемыми эксплуатационными характеристиками.

Литература

1. Буланов, В.Я. Диагностика металлических порошков / В.Я. Буланов [и др]. – М.: Наука, 1983. – 186 с.
2. Косторнов, А.Г. Материаловедение дисперсных и пористых металлов и сплавов. Т.1. Киев: Наукова думка, 2002. – 576 с.