

Список литературы

1. Алексеев, В.А. Повышение энергоэффективности энергохозяйства отдельных жилых районов города / В.А. Алексеев, В.С. Артемьев // «Перспективы развития информационных технологий»: сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: ООО «Агентство «СИБПРИНТ». – 2012. – С. 66-70.
2. Алексеев, В.А. Энергосберегающие технологии для крупных населённых пунктов/ В.А. Алексеев, В.С. Артемьев/ Монография. – Чебоксары, Типография «Новое время», 2013. – 206 с.
3. Алексеев, В.А. Камера полимеризации / В.А. Алексеев, В.С. Артемьев // Патент RU 135400. Оpubл. 10.12.2013 г., БИ №34. – 4 с.
4. Алексеев, В.А. Модернизация термоконвекционной камеры для покраски изделий автопредприятий / В.А. Алексеев, В.С. Артемьев // Технология машиностроения. – 2014. – №3. – С. 50-52.

УДК 621.762

СВОЙСТВА ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ МЕДНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СУХОГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ

*Богданович Татьяна Алексеевна, студент
Капцевич Вячеслав Михайлович, науч. рук, докт. техн. наук., проф.
Корнеева Валерия Константиновна, науч. рук., ст. преп.
УО БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация: исследованы структурные и гидродинамические свойства проницаемых материалов из медных кабельных отходов, полученных методом сухого изостатического прессования. Разработан технологический процесс изготовления длинномерных трубчатых фильтрующих элементов из медных волоконных отходов.

Ключевые слова: медные кабельные отходы, фильтрующие материалы, структурные и гидродинамические свойства, сухое изостатическое прессование, фильтрующие элементы

Введение. Фильтрующие материалы (ФМ) находят широкое применение при решении вопросов, остро стоящих перед промышленными предприятиями, в том числе и агропромышленным комплексом Республики Беларусь и Российской Федерации, а именно: охраны окружающей среды, повышения качества и чистоты выпускаемой продукции, надежности, долговечности и срока работы машин и механизмов. Эти вопросы могут быть решены с помощью пористых

порошковых материалов (ППМ) и пористых волоконных материалов (ПВМ), изготавливаемых методами порошковой металлургии.

Следует отметить, что ПВМ по сравнению с ППМ обладают рядом существенных преимуществ; большей пористостью, проницаемостью, прочностью, упругостью и пластичностью, более эффективной задерживающей и звукопоглощающей способностью и др. Но если технология изготовления ППМ успешно реализована у нас в республике, то технология получения ПВМ не изучена и не используется для изготовления ФМ. Это связано с высокой стоимостью и дефицитом исходного сырья – волокон. В настоящее время с интенсивным развитием металлургии и машиностроения в Республике Беларусь имеются отходы медного кабеля, из которого РУП «Белцветмет» наладил выпуск медной сечки – медных волокон, которые являются хорошей сырьевой основой для выпуска ПВМ. Без существенной дополнительной химической обработки на основе этих отходов возможно изготовление фильтрующих элементов (ФЭ) для очистки горюче-смазочных материалов, сточных вод, воздуха и других неагрессивных сред.

Эффективным методом изготовления высокопроизводительных крупногабаритных и сложной формы ФЭ является метод сухого изостатического прессования (СИП), позволяющий получать длинномерные и сложной формы ФЭ. Однако в литературе отсутствуют сведения о получении ПВМ этим методом.

Целью работы является установление взаимосвязи структурных и гидродинамических свойств ПВМ из медных кабельных отходов, полученных методом СИП.

Исходные материалы и методика исследований. При проведении исследований в качестве исходных материалов использовали медные кабельные отходы ранее выделенных нами [1] фракций: $(-0,2+0,1)$, $(-0,315+0,2)$, $(-0,4+0,315)$ и $(-0,63+0,4)$ мм. Волокна каждой фракции предварительно отжигались при температуре 850 ± 10 °С.

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. Эффективность пористой структуры характеризовали параметром эффективности $E_1 = \sqrt{k}/d_{\text{пер}}$ [2]. Равномерность порораспределения характеризовали параметром A , равным отношению среднего размера пор к максимальному.

Основная часть. Для исследования структурных и гидродинамических свойств методом СИП изготавливали экспериментальные образцы в виде трубчатых ФЭ. Для их изготовления использовали установку СИП вертикального исполнения УПП 01 [3].

В отличие от традиционных технологий получения ППМ технология получения ПВМ, вследствие низкой текучести и насыпной плотности волокон, включает дополнительную операцию войлокования. Так, для получе-

ния проницаемых материалами из металлических волокон используются методы воздушного, жидкостного, гравитационного, вакуумного войлокования, а также войлокования под действием электрического или магнитного полей [4]. Однако, все эти методы войлокования применимы для получения листового проницаемого материала, и не могут быть использованы при изготовлении трубчатых длинномерных фильтрующих элементов, в которых требуется укладка в узкие кольцевые зазоры.

Нами предложен и апробирован метод укладки, заключающийся в послойной засыпке волокон в кольцевой зазор оснастки с наложением вибрационных колебаний. Для этого предварительно определяется плотность утряски $\rho_{ут}$ исходной фракции волокон [1]. По полученному значению плотности утряски $\rho_{ут}$ рассчитывается масса навески m_n слоя волокон по формуле:

$$m_n = a\pi\rho_{ут}(R^2 - r^2)(R - r),$$

где R – внутренний радиус эластичной оболочки; r – наружный радиус внутреннего формообразующего металлического стержня; $a = 2-3$ (такое значение параметра a соответствует высоте слоя волокон после укладки с наложением вертикальных и горизонтальных колебаний, равной $(2-3)(R - r)$).

Оснастка устанавливается вертикально. Навеска первого слоя волокон массой m_n засыпается в кольцевой зазор оснастки между внутренним формообразующим металлическим стержнем и эластичной оболочкой и подвергается утряске с наложением вертикальных и горизонтальных колебаний до достижения максимальной плотности укладки. Выбранные значения параметра a обеспечивают возможность расположения волокон в зазоре в горизонтальной плоскости, а после утряски значение максимальной плотности укладки становится близким по значению к плотности утряски. Второй, третий и последующие слои волокон засыпают и подвергают утряске по аналогии с первым слоем. После укладки волокон вышеописанным методом прессование осуществляли при давлениях 80, 100, 120 и 140 МПа.

Спекание экспериментальных образцов производили в электропечи в атмосфере эндогаза при температуре спекания $1010 \pm 10^\circ\text{C}$. Время выдержки образцов в шахтной печи составляло 1,5 ч.

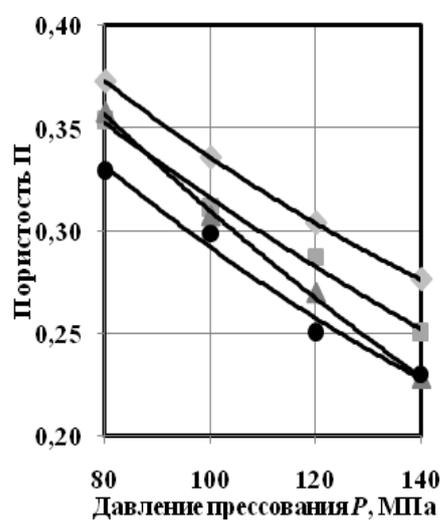
По данной технологии изготовлены экспериментальные образцы трубчатой формы с внутренним диаметром 32 мм и длиной 160 мм. Для исследования структурных и гидродинамических свойств полученные трубчатые элементы разрезали на экспериментальные образцы длиной 40 мм.

Результаты исследований и их обсуждение. В табл. приведены структурные и гидродинамические свойства экспериментальных образцов и рассчитанные значения параметров E_1 и A .

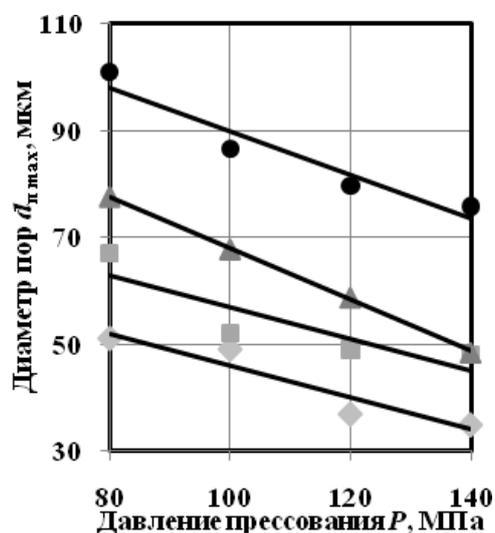
Таблица 1 – Структурные и гидравлические свойства экспериментальных образцов из медных волоконных отходов

Фракционный состав, мм	Давление прессования, МПа	Π	$d_{\Pi \max}$, МКМ	$d_{\Pi \text{ ср}}$, МКМ	k , МКМ ²	E_1	A
(-0,2+0,1)	80	0,37	51	31	19,2	0,1413	0,608
	100	0,34	49	29	19,0	0,1503	0,592
	120	0,30	37	24	12,5	0,1473	0,649
	140	0,28	35	22	9,5	0,1401	0,629
(-0,315+0,2)	80	0,35	67	41	31,2	0,1362	0,612
	100	0,31	52	35	25,4	0,1440	0,673
	120	0,29	49	30	19,1	0,1457	0,612
	140	0,25	48	29	16,2	0,1388	0,604
(-0,4+0,315)	80	0,36	78	51	42,6	0,1292	0,650
	100	0,31	68	47	38,3	0,1327	0,688
	120	0,27	59	43	34,2	0,1350	0,737
	140	0,23	48	42	30,9	0,1331	0,861
(-0,63+0,4)	80	0,33	101	58	49,3	0,1220	0,570
	100	0,30	87	55	48,9	0,1270	0,636
	120	0,25	80	51	43,9	0,1290	0,645
	140	0,23	76	48	37,1	0,1281	0,627

На основании полученных данных (табл. 1) построены графические зависимости пористости Π , максимального $d_{\Pi \max}$ и среднего $d_{\Pi \text{ ср}}$ диаметров пор, коэффициента проницаемости k и параметра эффективности E_1 от давления прессования P (рис. 1).



а



б

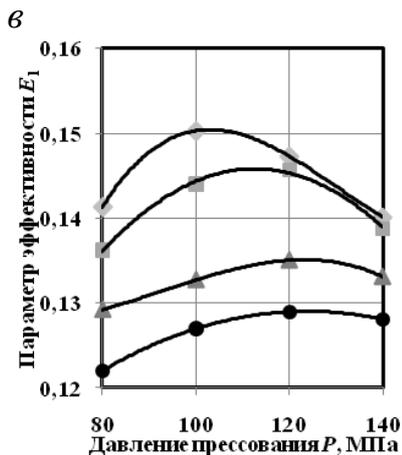
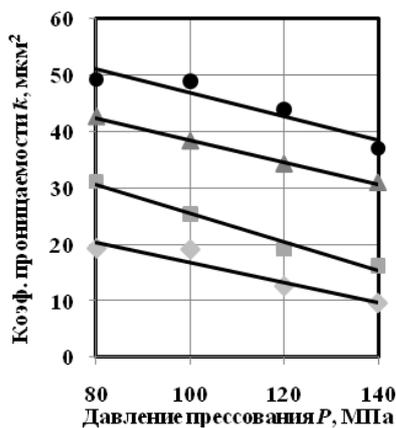
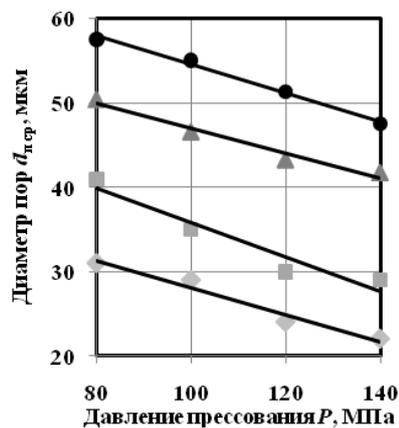
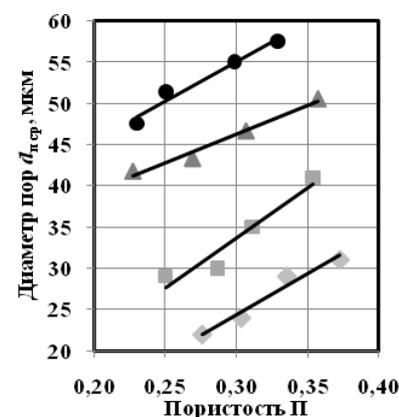
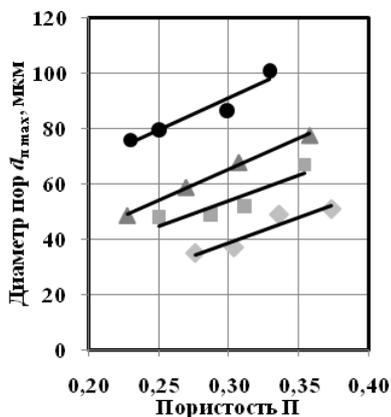


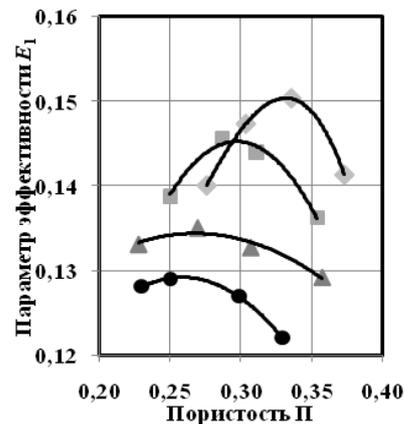
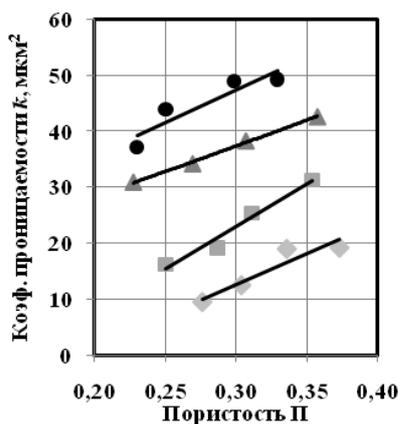
Рис. 1. Зависимости пористости Π (а), максимального $d_{п\ max}$ (б) и среднего $d_{п\ ср}$ (в) размеров пор, коэффициента проницаемости k (z) и параметра эффективности E_1 (д) от давления прессования P проницаемых материалов из медных кабельных отходов фракций: \blacklozenge — $(-0,2+0,1)$ мм; \blacksquare — $(-0,315+0,2)$ мм; \blacktriangle — $(-0,4+0,315)$ мм; \bullet — $(-0,63+0,4)$ мм

Взаимосвязь структурных и гидродинамических свойств ПВМ из медных кабельных отходов, полученных методом СИП представлена на рис. 2 и 3.



а

б



а

б

Рис. 2. Зависимость максимальных $d_{п\ max}$ (а) и средних $d_{п\ ср}$ (б) диаметров пор, коэффициента проницаемости k (в) и параметра эффективности E_1 (г) от пористости Π проницаемых материалов из медных кабельных отходов фракций: \blacklozenge — $(-0,2+0,1)$ мм; \blacksquare — $(-0,315+0,2)$ мм; \blacktriangle — $(-0,4+0,315)$ мм; \bullet — $(-0,63+0,4)$ мм

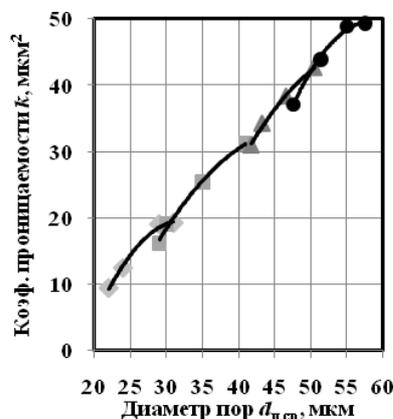


Рис. 3. Зависимость коэффициента проницаемости k от средних $d_{п\ ср}$ диаметров пор проницаемых материалов из медных кабельных отходов фракций: \blacklozenge — $(-0,2+0,1)$ мм; \blacksquare — $(-0,315+0,2)$ мм; \blacktriangle — $(-0,4+0,315)$ мм; \bullet — $(-0,63+0,4)$ мм

Представленные зависимости (рис. 1–3) позволили установить режимы СИП, обеспечивающие получение проницаемых материалов из медных волоконных отходов с требуемыми свойствами. Из представленных зависимостей параметра эффективности E_1 от давления прессования (рис. 1, д) следует, что максимальные значения параметра эффективности E_1 для фракции $(-0,2+0,1)$ мм достигаются при давлениях прессования 100 МПа, для фракции $(-0,315+0,2)$ мм – 110 МПа; для фракции $(-0,4+0,315)$ мм – 120 МПа; для фракции $(-0,63+0,4)$ мм – 125 МПа. Это может быть объяснено более регулярной структурой проницаемых материалов, формируемой при этих значениях давления прессования.

Проведенные исследования позволили разработать технологический процесс получения крупногабаритных и сложной формы фильтрующих элементов из медных волоконных отходов методом СИП. Технологический процесс получения таких фильтрующих элементов включает следующие операции: ситовый рассев медных волоконных отходов на фракции; сборка

соответствующей оснастки для прессования; засыпка медных волоконных отходов требуемого размера по предложенному способу; размещение оснастки в рабочей камере установки СИП; прессование фильтрующих элементов под давлением, обеспечивающим получение требуемых структурных и гидродинамических свойств; спекание фильтрующих элементов; контроль структурных и гидродинамических свойств.

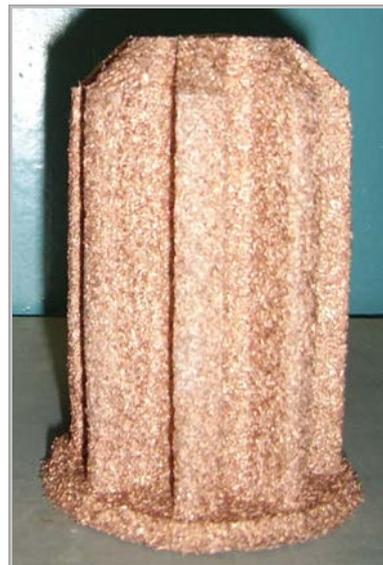
По разработанному технологическому процессу изготовлены длинномерные и сложной формы трубчатые фильтрующие элементы (рис. 4 и 5). Для их изготовления использовалась установка СИП горизонтального исполнения УРИП 09.02.000 [3].



a



б



в

Рис. 4. ФЭ, изготовленные из медных кабельных отходов методом СИП: *a* – цилиндрической формы; *б* – цилиндрической формы с доньшком; *в* – цилиндрической формы с доньшком и ребристой поверхностью



Рис. 5. Крупногабаритные ФЭ из медных кабельных отходов

Список литературы

1. Ильющенко, А.Ф. Проницаемые материалы из медных кабельных отходов. Сообщение 1. Свойства медных волоконных отходов / А.Ф. Ильющенко, В.М. Капцевич, В.К. Корнеева // Порошковая металлургия: респ. межвед. сб. науч. тр. – Минск, 2013. – Вып. 36. – С. 243-249.
2. Капцевич, В.М. Новые фильтрующие материалы и перспективы их применения / В.М. Капцевич и др.. – Минск, БГАТУ, 2008. – 232 с.
3. Реут, О.П. Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов / О.П. Реут, Л.М. Богинский, Е.Е. Петюшик. – Минск: Дэбор, 1998. – 258 с.
4. Косторнов, А.Г. Проницаемые металлические волоконные материалы / А.Г. Косторнов. – Киев: Техника, 1983. – 123 с.

УДК 631.171

СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ СБИВАНИЯ МАСЛА

*Бородина Мария Ивановна, студент-специалист
Якубовская Елена Степановна, науч. рук., ст. преподаватель
УО БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация: в данной статье рассмотрены требования к системе автоматического управления (САУ) температурным режимом в ангарной теплице. Исследованы возможные алгоритмы работы САУ и предложен наиболее рациональный.

Ключевые слова: ангарная теплица, система автоматического управления, температура.

Актуальность работы. В современных экономических условиях важную роль приобретают безотходные, малоотходные и энергосберегающие технологические процессы и автоматизация как отдельных аппаратов и агрегатов, так и в целом технологических производств. Поэтому важно находить способы энергосбережения как при эксплуатации отдельных установок, так и производственных линий. *Целью* настоящего исследования является предложить способы энергосбережения при производстве масла.

Научная новизна работы заключается в выявлении возможных способов энергосбережения в процессе производства масла.

Личный вклад автора состоит в проведении анализа возможных способов энергосбережения в процессе производства масла.

Введение. Получение масла из сливок, представляющих стойкую жировую эмульсий, – сложным физико-химический процесс. Основой технологии является выделение из сливок жировой фазы (сбиванием) и превра-