

С другой стороны, увеличение содержания бакелита в связке приводит к снижению пикнометрической плотности материала и общего объема пор, пригодного для последующего заполнения целевыми компонентами.

Таким образом, установлено, что применение в качестве связующего спиртового раствора содержащего ~7 % бакелита с добавкой графита позволяет получать пористые заготовки, пригодные для пропитки матричным материалом.

#### *Литература:*

1. Morgan, P. Carbon fibers and their composites / P. Morgan. –Taylor & Francis, 2005. – 1131 p.
2. Ильющенко, А.Ф. Краткий обзор современных методов получения углерод-углеродных композиционных материалов / А.Ф. Ильющенко, Е.Е. Петюшик, О.А. Прохоров, А.А. Дробыш // Сб. Порошковая металлургия (Минск).– 2010.– Вып. 33.–С.127-135.
3. Ильющенко, А.Ф. Получение препрегов на основе углеродного волокна и пиролизованных бакелитовых связок методом намотки / А.Ф. Ильющенко, и др. // Инженерия поверхностного слоя деталей машин: Материалы II междунар. научно-техн. конф. (Минск. 27-28 мая 2010 г.). – Минск: БНТУ, 2010. С. 29-31.

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРНЫХ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ ВОЛОКНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ МЕДНЫХ ОТХОДОВ**

КАПЦЕВИЧ В.М., КУСИН Р.А., ЛИСАЙ Н.К., КОРНЕЕВА В.К.,  
КРИВАЛЬЦЕВИЧ Д.И., ЗАКРЕВСКИЙ И.В.,  
ЧУГАЕВ П.С., САМКЕВИЧ В.В.

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

Пористые волокновые материалы (ПВМ) по сравнению с пористыми порошковыми материалами (ППМ) обладают рядом существенных преимуществ: большей пористостью, проницаемостью, прочностью, упругостью и пластичностью, более эффективной задерживающей и звукопоглощающей способностью и др. Однако, если технология изготовления ППМ успешно реализована у нас в республике, то технология получения ПВМ не изучена и не используется для изготовления фильтрующих материалов. Это связано с дороговизной 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. Все это является хорошей сырьевой основой для выпуска ПВМ. Без существенной дополнительной химической обработки на основе этих отходов возможно изготовление фильтрующих элементов для очистки горюче-смазочных материалов, воды, сточных вод, воздуха и других неагрессивных сред.

Целью работы является изучение структурных и гидродинамических свойств ПВМ и установление взаимосвязи между ними.

Анализ исходного сырья позволяет прийти к заключению, что размеры волокон в состоянии поставки можно характеризовать диаметрами от 0,1 до 1,0 мм и длинами от 1,0 до 10,0 мм. Кроме того, в нем присутствуют осколочные и пластинчатые медные гранулы, а также неметаллические включения. Из практики изготовления ППМ известно, что наилучшим комплексом свойств обладают материалы, изготовленные из порошков узких фракций. Следует ожидать, что при изготовлении ПВМ нужно стремиться к использованию волокон одного размера. Поэтому для разделения волокон на фракции нами использовался ситовый метод отсева на ситах с размерами ячеек 1,6; 1,0; 0,63; 0,4; 0,315 и 0,2 мм. На рисунке 1 приведены фотографии волокон различного гранулометрического состава.

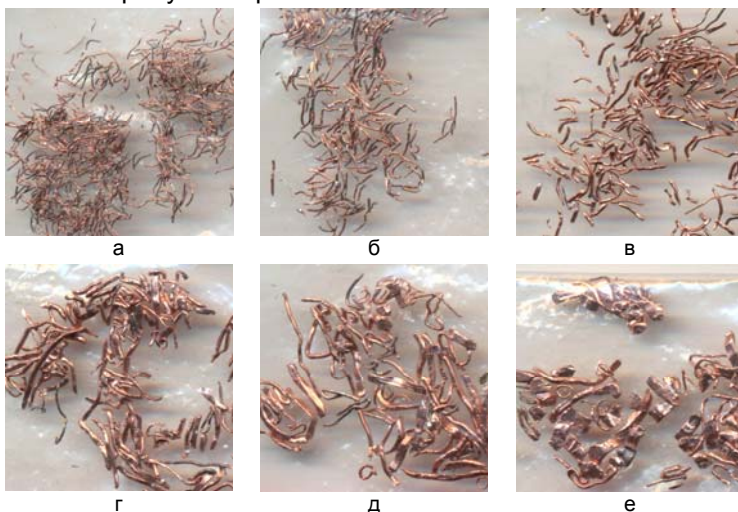


Рис. 1. Фотографии волокон различного гранулометрического состава: а – менее  $(-0,2...+0,1)$ , б –  $(-0,315...+0,2)$ , в –  $(-0,4...+0,315)$ , г –  $(-0,63...+0,4)$ , д –  $(-1,0...+0,63)$ , е –  $(-1,6...+1,0)$  мм

Образцы в форме дисков диаметром 30 мм и толщиной 5 мм из медных волокон следующего фракционного состава: (-0,2...+0,1), (-0,315...+0,2), (-0,4...+0,315), (-0,63...+0,4), (-1,0...+0,63), (-1,6...+1,0) мм прессовались в стальной пресс-форме при различных давлениях прессования, спекались в электропечи в атмосфере эндогаза при температуре спекания  $1010 \pm 10$  °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 приведены установленные структурные (пористость  $\Pi$ , максимальные  $d_{n\max}$  и средние  $d_{n\text{ср}}$  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 2 представлены зависимости структурных и гидравлических свойств от давления прессования, а на рисунках 3, 4 - взаимосвязь структурных и гидродинамических свойств ПВМ из медных волокон различных фракций.

Таблица 1

**Структурные и гидродинамические свойства  
экспериментальных образцов ПВМ из медных волокон**

| №п/п | $d_b$ , мм      | $P$ , МПа | $\Pi$ , % | $d_{n\max}$<br>мкм | $d_{n\text{ср}}$<br>мкм | $k$ ,<br>мкм <sup>2</sup> | $A$  |
|------|-----------------|-----------|-----------|--------------------|-------------------------|---------------------------|------|
| 1    | 2               | 3         | 4         | 5                  | 6                       | 7                         | 8    |
| 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 | 2              | 3   | 4    | 5   | 6  | 7     | 8    |
|---|----------------|-----|------|-----|----|-------|------|
| 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 |

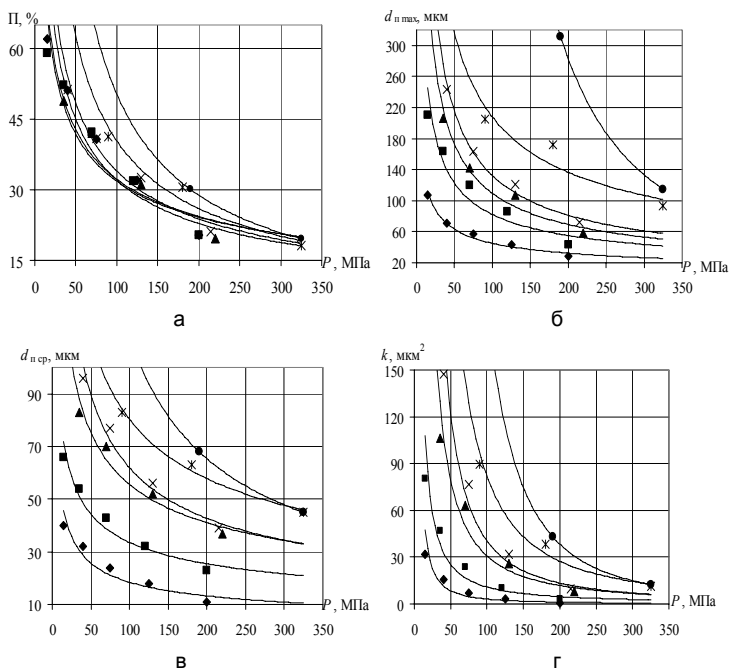


Рис. 2. Зависимости пористости П (а), максимальных  $d_{\text{max}}$ (б) и средних  $d_{\text{ср}}$  (в) размеров пор, коэффициента проницаемости  $k$  (г) от давления прессования ПВМ из медных волокон фракций:  $\blacklozenge$  — (-0,2...+0,1),  $\blacksquare$  — (-0,315...+0,2),  $\blacktriangle$ 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

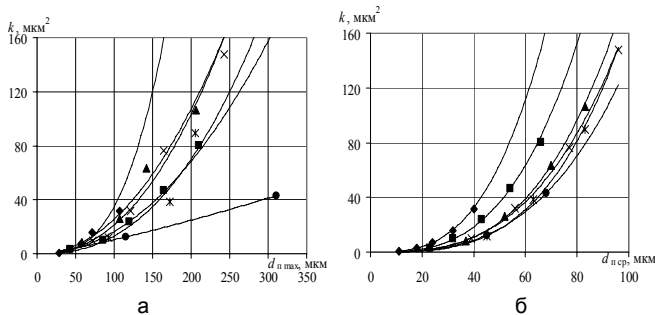


Рис.3. Зависимость коэффициента проницаемости  $k$  от максимальных  $d_{п max}$ (а) и средних  $d_{п ср}$  (б) размеров пор ПВМ из медных волокон фракций:  
 ♦ —  $(-0,2...+0,1)$ , ■ —  $(-0,315...+0,2)$ , ▲ —  $(-0,4...+0,315)$ , × —  $(-0,63...+0,4)$ ,  
 ж —  $(-1,0...+0,63)$ , ● —  $(-1,6...+1,0)$  мм

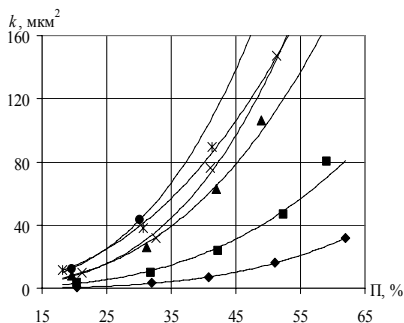


Рис. 4. Зависимость коэффициента проницаемости  $k$  от пористости  $\Pi$  ПВМ из медных волокон фракций: ♦ —  $(-0,2...+0,1)$ , ■ —  $(-0,315...+0,2)$ ,  
 ▲ —  $(-0,4...+0,315)$ , × —  $(-0,63...+0,4)$ , ж —  $(-1,0...+0,63)$ , ● —  $(-1,6...+1,0)$  мм

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 мкм<sup>2</sup>, что в конечном итоге позволяет создавать фильтрующие материалы с требуемыми эксплуатационными характеристиками.