

11. Structure and magnetic properties of Fe–Cr–Co nanocrystalline alloys for permanent magnets / O.A. Ushakova, E.H. Dinislamova, M.V. Gorshenkov, D.G. Zhukov // J. Alloy. Compd. – 2014. – Vol. 586. – P. S291–S293.

12. Spinodal decomposition in Fe–25Cr–12Co–1Si alloy under a 100 kOe magnetic field / X.Y. Sun, C.Y. Xu, L. Zhen, L.X. Lu, L.-C. Qin // J. of Magnetism and Magnetic Materials. – 2006. – Vol. 306. – P. 69–72.

## **ВОЛОКОННЫЕ ПРОНИЦАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ МЕДНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

**В.К. Корнеева**

Белорусский государственный аграрный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь  
e-mail: lerakor1974@mail.ru

Исследованы свойства переработанных медных кабельных отходов, закономерности их уплотнения, структурные и гидродинамические свойства проницаемых материалов из медных кабельных отходов. Показана возможность использования медных кабельных отходов в качестве исходного сырья для производства проницаемых волоконных материалов.

**Ключевые слова:** медные кабельные отходы, волокна, проницаемые материалы, войлок, сухое изостатическое прессование, структурные и гидродинамические свойства.

## **FIBER MATERIALS FROM COPPER CABLE WASTE**

**V.K. Korneeva**

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus  
e-mail: lerakor1974@mail.ru

The properties of the processed copper cable wastes, the regularities of their compaction, structural and hydrodynamic properties of permeable materials from copper cable wastes are investigated. The possibility of using copper cable wastes as a raw material for the production of permeable fiber materials is shown.

**Keywords:** copper cable waste, fibers, permeable materials, felt, dry isostatic pressing, structural and hydrodynamic properties.

### **Введение**

Волоконные проницаемые материалы по сравнению с порошковыми обладают рядом существенных преимуществ: большей пористостью, проницаемостью, прочностью, упругостью и пластичностью.

Для изготовления проницаемых материалов несомненный интерес представляют медные кабельные отходы волоконного строения. Их объем в общей массе медных отходов на территории СНГ составляет 17 %, а общий мировой объем оценивается в 5 млн т [1].

В настоящее время основным методом переработки кабельных отходов является механическая переработка кабеля на специализированных установках.

Основными потребителями переработанных кабельных отходов являются металлургические предприятия, на которых методами непрерывного литья и прокатки получают медную катанку, служащую основным материалом для дальнейшего выпуска кабельной продукции.

Одним из альтернативных подходов к использованию медных кабельных отходов, исключая плавильный переплав, является применение технологий порошковой металлургии. Данные технологии позволяют целенаправленно конструировать структуру и свойства материалов и производить изделия с минимальными отходами, а также решать многие проблемы охраны окружающей среды.

Целью настоящей работы является исследование возможности использования медных кабельных отходов для изготовления волоконных проницаемых материалов. Для этого необходимо исследовать свойства исходного сырья, закономерности его уплотнения, установить взаимосвязь структурных и гидродинамических свойств.

### Результаты исследований и их обсуждение

Проведенный анализ переработанных кабельных отходов позволил установить, что в основном они состоят из волокон. Кроме волокон в исходном сырье в незначительном количестве присутствуют медные пластинчатые и осколочные гранулы, а также частички свинца и изоляции.



Рис. 1. Классификация дисперсных элементов исходного сырья

При рассмотрении исходного сырья были выделены основные группы присутствующих в нем дисперсных элементов (рис. 1). К ним прежде всего

относятся непосредственно волокна, характеризующиеся, во-первых, различными группами диаметров от 100 до 800 мкм и длин от 2,0 до 25 мм, во-вторых, различной степенью изогнутости. Волокна по степени изогнутости (отклонение от прямолинейной формы) разделены на прямолинейные, искривленные и закрученные. Наиболее искривленные и закрученные волокна выделены в две дополнительные группы дисперсных волоконных элементов, названных нами крючками и свертышами. По форме поперечного сечения в отдельную группу выделены расплющенные (деформированные) волокна, которые по всей длине или на ее части имеют прямоугольную форму. Присутствующие в отходах частицы чешуйчатой формы названы нами лепестками и гранулами.

Для определения гранулометрического состава применялся ситовый метод разделения дисперсных сред. Для этого использовались сита размерами ячеек 0,1; 0,2; 0,315; 0,4; 0,63; 0,8 и 1,0 мм. Проведенный анализ дисперсных элементов, присутствующих в анализируемых фракциях кабельных отходов, показал следующее. Основу всех фракций (за исключением фракций  $(-0,8+0,63)$  и  $(-1,0+0,8)$  мм) составляют волокна, диаметры которых в каждой фракции имеют близкие друг к другу значения, соответствующие размерам ячеек сит:

Фракция, мм	$(-0,2+0,1)$	$(-0,315+0,2)$	$(-0,4+0,315)$	$(-0,63+0,4)$
$d$ , мкм	100	200, 300	300, 400	500, 600

Исследование свойств медных волоконных отходов позволяет сделать заключение, что они являются перспективным сырьем для изготовления проницаемых волоконных материалов. При этом предпочтение следует отдать волоконным отходам следующих фракций:  $(-0,2+0,1)$ ,  $(-0,315+0,2)$ ,  $(-0,4+0,315)$  и  $(-0,63+0,4)$  мм. Волоконные отходы каждой из этих фракций характеризуются близкими значениями диаметров, а также разбросом значений длины. Последние отличают эти отходы от традиционного волоконного сырья, получаемого мерной резкой проволоки. Во всех фракциях, за исключением  $(-0,2+0,1)$  мм, содержатся в массовом количестве 7–10%-ные дисперсные элементы, представляющие собой изогнутые волокна диаметром 100 мкм, которые могут служить активаторами спекания. Фракции  $(-0,8+0,63)$  и  $(-1,0+0,8)$  мм нецелесообразно использовать при изготовлении проницаемых волоконных материалов, так как в них присутствуют в значительном количестве элементы неволоконного строения.

При установлении закономерностей уплотнения медных кабельных отходов рассматривались две схемы прессования: одноосное сжатие в стальной пресс-форме и радиальная схема нагружения при сухом изостатическом прессовании (СИП), а для описания этих закономерностей использовалось уравнение Ю.Г. Дорофеева [2]:

$$P = k\sigma_{\tau 0}(1 - \Pi)^m,$$

где  $P$  – давление прессования;  $k$ ,  $m$  – постоянные;  $\sigma_{\tau 0}$  – предел текучести материала волокон;  $\Pi$  – пористость.

В таблице представлены полученные значения коэффициентов  $k$  и  $m$  для медных кабельных отходов различных фракций при одноосном сжатии и радиальной схеме нагружения, а на рис. 2 – зависимости пористости от давления прессования.

Значение коэффициентов  $k$ ,  $m$ , входящих в уравнение Ю.Г. Дорофеева

Фракции, мм	Одноосное сжатие		Радиальная схема нагружения	
	$k$	$m$	$k$	$m$
–0,2+0,1	7,51	3,59	7,98	3,82
–0,315+0,2	7,63	3,7	6,47	3,58
–0,4+0,315	8,14	3,76	4,64	2,74
–0,63+0,4	8,36	3,81	5,24	3,25

Сравнение уплотняемости медных волоконных отходов различных фракций при одноосном прессовании в стальной пресс-форме и методом СИП показывает, что во всем диапазоне исследуемых значений давления (70–140 МПа) СИП эффективнее: для достижения одинаковой пористости образцов давление прессования при СИП меньше, чем при прессовании в стальной пресс-форме.

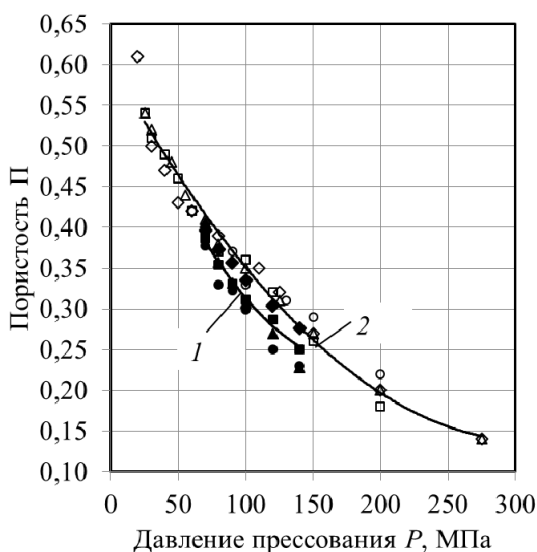


Рис. 2. Зависимость пористости  $\Pi$  от давления прессования  $P$  прессовок из медных волоконных отходов:  
1 – метод СИП; 2 – метод одноосного прессования

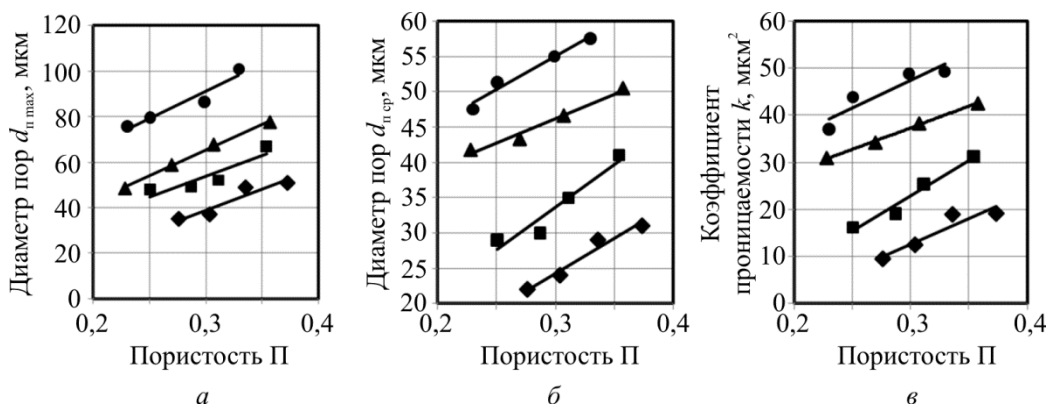


Рис. 3. Зависимость  $d_{п\ max}$  (а),  $d_{п\ ср}$  (б),  $k$  (в) от  $\Pi$  экспериментальных образцов из медных кабельных отходов, полученных методом СИП фракций:  $\blacklozenge$  –  $(-0,2+0,1)$ ;  $\blacksquare$  –  $(-0,315+0,2)$ ;  $\blacktriangle$  –  $(-0,4+0,315)$ ;  $\bullet$  –  $(-0,63+0,4)$  мм

Из медных кабельных отходов различных фракций методом СИП изготовлены экспериментальные образцы и исследованы их структурные (пористость  $\Pi$ , максимальный  $d_{п\ max}$  и средний  $d_{п\ ср}$  диаметры пор) и гидродинамические (коэффициент проницаемости  $k$ ) свойства. Установленные зависимости представлены на рис. 3.

### Выводы

Доказана принципиальная возможность использования медных кабельных отходов для производства проницаемых волоконных материалов. Для этого изучены свойства исходного сырья и закономерности его уплотнения, установлена взаимосвязь структурных и гидродинамических свойств.

### Список литературы

1. Мещанов И. Кабели и провода [Электронный ресурс]. – 2000. – № 5, 6; 2001. – № 1. – URL: <http://recyclers.ru/modules/section/item.php?itemid=200>.
2. Дорофеев Ю.Г. Динамическое горячее прессование пористых материалов. – М.: Наука, 1968. – 120 с.