

**Использование быстроохлажденных металлических материалов  
для изготовления композитов на основе полимеров**

Студенты гр.10405220 Меркуль И.Д.,  
10405221 Бойко Д.С.,  
гр.10405222 Безбородько П.Д., Котляренко И.В.  
Научный руководитель – Шейнерт В. А.  
Белорусский национальный технический университет

Разработка композиционных сплавов с использованием литых неравновесных структур в качестве армирующей фазы является перспективным направлением. В результате ранее выполненных исследований подобраны составы сплавов, разработана методика, изготовлены лабораторные установки и получены образцы быстроохлажденных литых материалов в виде микроволокна и ленты. [1-3]. Их использование для формирования композиционных материалов с матрицей на основе пластиков и резинотехнических изделий позволит повысить физико-механические свойства материала.

На рисунке 1 показана лабораторная установка для получения нитевидных металлических материалов.



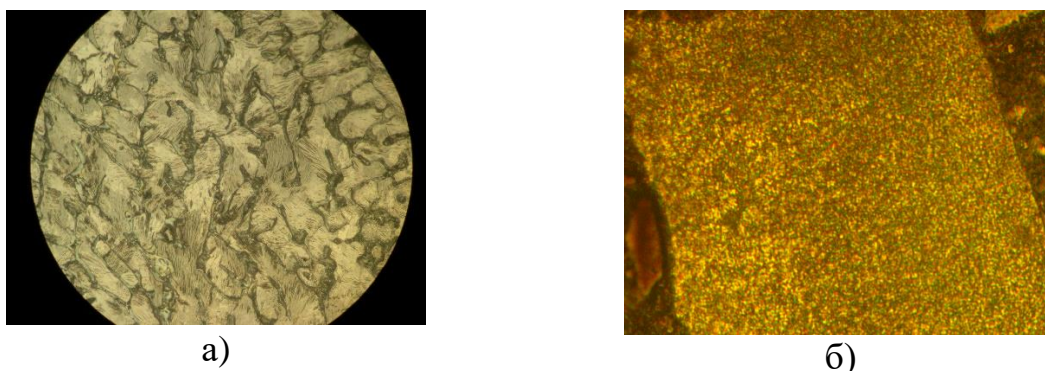
а)



б)

Рисунок 1 – Лабораторная установка для получения линейных нитевидных металлических элементов (а) и опытный образец микроволокна (б) из цинкового сплава (22% Al).

Полученные микроволокна подвергались электронному и оптическому микроструктурному анализу. Для сравнительной оценки влияния скорости кристаллизации на дисперсность микроструктуры анализировались образцы данного сплава, отлитого в металлическую форму. Установлено существенное влияние способа кристаллизации сплавов на дисперсность включений интерметаллидов, первичное зерно, а также количество пересыщенного твердого раствора (рисунок 2).



а) б)  
x500  
Рисунок 2 – Микроструктура цинкового сплава (22% Al)  
а – литье в кокиль; б – быстроохлажденный.

В дальнейшем образцы полученного микроволокна были переданы в БГТУ для проведения исследований при получении композитов на основе полимеров. Ниже представлены обобщенные результаты исследований влияния микроволокна из сплава Zn – 22% Al на кинетику вулканизации эластомерных композиций (таблица 1).

Таблица 1 – Кинетические параметры вулканизации

Наименование наполнителя	Дозировка наполнителя, мас. ч.	ML, дН·м	MH, дН·м	ts2, мин	t50, мин	t90, мин	Rh, дН·м/мин	$\Delta S$ , дН·м
Смесь для сравнения	–	9,24	47,82	7,92	9,01	12,45	17,01	29,23
Zn–22%Al	5,00	8,50	39,26	14,91	16,85	18,96	10,19	30,76
	10,00	7,48	29,79	13,45	14,91	16,51	8,71	22,31

Где: ML – минимальный крутящий момент, соответствующий минимальному крутящему моменту на вулканизационной кривой, пропорциональный вязкоупругим свойствам резиновой смеси при температуре вулканизации.

MH – максимальный крутящий момент, соответствующий максимальному значению крутящего момента из вулканизационной кривой, пропорционален модулю сдвига резины при температуре вулканизации; характеризует жесткость резины в конце процесса вулканизации.

ts2 – время, необходимое для увеличения минимального крутящего момента на 2 единицы. t50 – время достижения 50%-й степени вулканизации.

t90 – оптимальное время вулканизации, за которое достигается получение оптимальных свойств вулканизата.

Rh – скорость вулканизации.

$\Delta S$  – разницы между максимальным и минимальным крутящим моментом.

В таблице 2 приведены результаты исследования влияния добавок микроволокна из сплава Zn – 22% Al на упруго-прочностные показатели эластомерных композиций до старения

Таблица 2 – Упруго-прочностные показатели ненаполненных резин до старения

Наименование наполнителя	Дозировка наполнителя, мас. ч.	Условная прочность при растяжении $f_p$ , МПа	Относительное удлинение при разрыве $\varepsilon_p$ , %
Смесь для сравнения	–	15,1	310
Zn – 22% Al	5,00	13,7	250
	10,00	11,8	330

Упруго-прочностные показатели резин после старения представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Упруго-прочностные показатели ненаполненных резин после старения

Наименование наполнителя	Дозировка наполнителя, масс. ч.	Условная прочность при растяжении $f_p$ , МПа	Относительное удлинение при разрыве $\varepsilon_p$ , %
Смесь для сравнения	–	13,8	196
Zn – 22% Al	5,00	170	11,9
	10,00	235	11,76

В таблице 4 приведены значения коэффициентов старения, рассчитанные на основе полученных данных об изменении упруго-прочностных свойств в процессе теплового старения (таблицы 2 и 3).

Таблица 4 – Изменение упруго-прочностных показателей

Наименование наполнителя	Дозировка наполнителя, мас. ч.	Изменение по относительному удлинению при разрыве после старения, %	Изменение по условной прочности при растяжении после старения, %
Смесь для сравнения	–	-8,1	-26,2
Zn – 22% Al	5,00	-13,1	-32,0
	10,00	-0,3	-28,8

Результаты исследований твердости резин по ШоруА представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Твердость резин по Шору А

Наименование наполнителя	Дозировка наполнителя,мас. ч.	Твердость, ед. Шора А
Смесь для сравнения	–	71,0
Zn–22%Al	5,00	67,6
	10,00	67,1

Анализ результатов предварительных испытаний композитов на основе полимеров показал, что добавки в их состав микроволокна из сплава на основе цинка, содержащего 22% алюминия, оказывают влияние на такие показатели как условная прочность при растяжении, относительное удлинение до и после старения, а также твердость по ШоруА.

#### Список использованных источников

1. Шейнерт В.А. Гулецкий Н.А., Форнель А.Д., Рудик А.Г. Получение быстро охлажденных сплавов в виде микроволокна для армирования композиционных материалов. Сборник научных работ V Международной научно-практической интернет конференции студентов и магистрантов «Литье и металлургия 2022» Республиканской студенческой научно-технической конференции. 24-25 ноября – 2022. – с. 10–11.

2. Шейнерт В.А., Слуцкий А.Г., Калиниченко А.С., Куис Д.В., Григорьев И.Е. Анализ и выбор сплавов для получения быстроохлажденных металлических элементов с неравновесной структурой// ЛЕСНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ДИЗАЙН Материалы докладов 86-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов 31 января – 12 февраля 2022 года Минск С. 28

3. Шейнерт В.А., Хорольский П.Д., Рудик А.Г., Кондратьев Е.И. Подбор сплавов на основе черных и цветных металлов для получения неравновесных, метастабильных структур методами высокоскоростной кристаллизации// Сборник научных работ XX111 РСНТК «Новые материалы и технологии обработки» 21-22 апреля 2022г., г.Минск, БНТУ С. 22-25