

The influence of obtaining condition of vanadium-containing metalloligomers for diamond-containing instrumental composites on efficient life of face milling cutter was considered. Influence mechanism, which was based on composition features and on structure composite was studied.

Key words: *metallooligomers, oligophenylene, vanadium, graphene, efficiency.*

Литература

1. Савченко Д. А. Гибридные органо-неорганические полимеры как новый класс инструментальных материалов. Оптимизация синтеза и механизм реакции / Д. А. Савченко // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения : сб. науч. тр.– К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2013. – Вып. 16. – С. 381–390.
2. Ishigami M. Atomic structure of graphene on SiO₂ / M. Ishigami, J.H. Chen, W.G. Cullen // Nano letters. – 2007. – 7. – N 6. – P. 1643–1648.
3. Synthesis of graphene-like structures in hybrid organic-inorganic polymers / D. Savchenko, E. Paschenko, A. Chernenko, O. Lazhevskaya // Intern. conf. «EMRS–2013», (15–19 sept. 2013, Warsaw): abstract book. – W., 2013. – P. 33
4. Ткачев А. Г. Типовые технологические процессы изготовления деталей машин / А. Г. Ткачев, И. Н. Шубин. – Тамбов : Изд-во Тамбовск. гос. техн. ун-та, 2004. – 112 с.
5. Mukhopadhyay K. A simple and novel way to synthesize aligned nanotube bundles at low temperature / K. Mukhopadhyay, A. Koshio, N. Tanaka // Japan. J. Appl. Phys. – 1998. – 37. – N 10. – P. 1257–1259.

Поступила 26.06.15

УДК 621.921

Д. А. Савченко, канд.техн.наук; **Н. Н. Нековаль**, **В. Н. Бычихин**,
О. В. Лажевская, канд.техн.наук; **А. Н. Черненко**

Институт сверхтвёрдых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

КОМПЛЕКСЫ ОЛИГОФЕНИЛЕНОВ С ЖЕЛЕЗОМ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНЫХ КОМПОЗИТОВ

Изучена зависимость рабочих характеристик шлифовального инструмента на металлополимерной связке от условий получения пре-металлополимеров на основе соединений железа. Предложен механизм, лежащий в основе этой зависимости.

Ключевые слова: *пре-металлополимер, железо, графан, относительный расход алмаза, шлифовальный круг.*

Введение

Повышение стойкости шлифовального инструмента не является основной задачей при его совершенствовании. Однако во многих случаях, например при использовании станков с ЧПУ, высокая размерная стойкость кругов является необходимым условием их эффективности при использовании абразивного инструмента на основе металлополимеров различного состава. Металлополимерная связка способна объединять преимущества полимерной и керамической связок, что проявляется как в структурных характеристиках, так и в особенностях контактного поведения.

Металлополимерные композиты, содержащие металл в виде ионов или кластеров в составе координационных фрагментов полимерной сетки являются одним из перспективных направлений исследования в современном материаловедении. Изучение металлополимерных связок на основе железа представляет повышенный интерес вследствие относительной лёгкости обратимых переходов иона железа между состояниями Fe²⁺ и Fe³⁺, что позволяет получать новые структурные характеристики полимера за счет каталитических свойств железа. Это, в свою очередь, может

обеспечить повышение эксплуатационных характеристик шлифовального инструмента на основе таких связей, например, за счет адаптивного поведения последних.

Экспериментальная часть

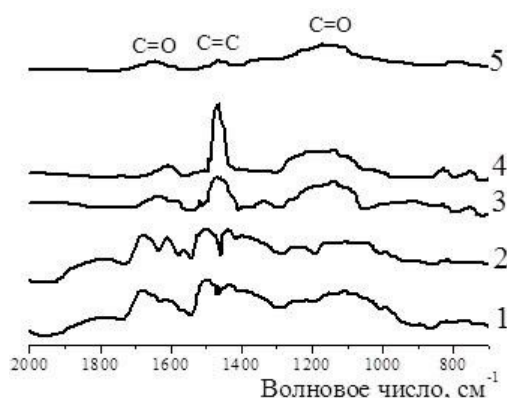
Для исследования в качестве исходных компонентов взяли комплексное соединение железа, растворимое в кислой среде, и олигофенилен. Структуру металлополимеров на основе железа изучали с использованием ИК-спектроскопии. ИК-спектры регистрировали Фурье-спектрометром Nicolet is10 в области $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$. Образцы материала прессовали в таблетки с оптически чистым бромистым калием в соотношении 1:3. Обработка полученного сигнала спектрометра с помощью Фурье-преобразования существенно ускорила проведение анализов и позволила получить большой массив данных. Рабочие показатели металлополимерного инструмента определяли на станке с ЧПУ ACC-SA/DX. Исследовали влияние концентрации комплексного соединения железа на структуру металлоолигомеров и характеристики инструмента на основе металлополимеров. Металлоолигомеры получали следующим образом: растворы соединения железа и олигофенилена нагревали до температуры 323 К, после чего раствор соединения железа постепенно добавляли в раствор олигофенилена. Взяли растворы соединения железа следующих концентраций: 15, 30, 45, 60, 84 г/л. Концентрация раствора олигофенилена составляла 100 г/л. После добавления последней порции комплекса железа в олигомер и последующего прогревания еще в течение 10 мин. выпадал обильный осадок – металлоолигомер [1]. Для получения образцов металлополимеров металлоолигомер полимеризовали при температуре 548 К и давлений 20–80 МПа. Шлифовальный инструмент изготавливали с использованием синтетических алмазов АС 20 125/100.

Результаты исследования и их обсуждение

В процессе синтеза исходного металлоолигомера с повышением концентрации раствора металла повышалась степень вхождения последнего в олигомер (табл. 1)

Таблица 1. Влияние концентрации раствора комплекса железа на степень вхождения ионов металла в состав металлоолигомера

Концентрация раствора комплекса железа, г/л	15	30	45	60	84
Количество железа, вошедшего в состав олигомера, % начальной массы соли	35	51	65	67	25



Инфракрасные спектры металлополимера на основе железа, полученного из олигомеров с разной концентрацией исходного комплекса: 1–15 г/л; 2–30 г/л; 3–45 г/л; 4–60 г/л; 5–84 г/л

группы $\text{C}=\text{C}$ в бензольном кольце. Это связано с изменением характера связей между циклами олигофениленов. Это же предположение можно выдвинуть, основываясь на усилении интенсивности

Как видно из данных табл.1, максимальное количество металла, вошедшее в состав металлоолигомера, составляет 67% и достигается при концентрации раствора 60 г/л.

Для понимания строения полимера и структурных изменений, сопровождающих переход олигомера в полимер, требуется понимание протекающих при полимеризации химических реакций. Информация необходимая этого, содержится в данных инфракрасной спектроскопии (см.рисунок).

Основываясь на экспериментальных и расчетных данных [2], можно проанализировать структуру полученного металлополимера. Аномальное усиление интенсивности демонстрируют пики в области $1750\text{--}1300\text{ см}^{-1}$, относящиеся к колебаниям

колебаний –СН– в бензольном кольце после полимеризации (1480 см^{-1}). Такие изменения в процессе полимеризации металлоолигомеров могут быть связаны с образованием циклов, на что указывает подобие ИК-спектров, полученных металлополимеров в области $1800\text{--}1000\text{ см}^{-1}$, со спектрами оксидированного графена [3] – пики в ИК-спектре металлополимеров в области $1800\text{--}1000\text{ см}^{-1}$ подобны по интенсивности, расположению и форме пикам, соответствующих поглощению для групп С=С, С=О и С–О в оксидированном графене.

Дополнительные исследования образцов металлополимеров методом широкоугольной рентгеновской дифракции подтверждают данные ИК-спектроскопии, а именно пик при 28° подтверждает наличие плоскостей графена и графана.

Как видно из данных ИК-спектроскопии (см. рисунок), с увеличением концентрации раствора комплекса железа увеличивается количество графеновых и графановых структур в металлополимере. Подобная зависимость была получена также для композиционных материалов на основе металлополимеров.

Результаты исследований позволяют предположить, что эксплуатационные характеристики инструментальных материалов, полученных на основе металлополимеров, можно регулировать путем изменения условий получения этих материалов. Это относится, в частности, к износостойкости материала. Как было показано, важной составляющей металлополимеров являются графен-графановые плоскости. Инструментальные композиты, содержащие такие структуры, могут обладать высокими триботехническими характеристиками, поскольку графен-графановые «пакеты», интеркалированные ионами металлов, сочетают хорошую износостойкость с антифрикционными свойствами.

Исследовали связь между условиями получения металлоолигомера как связующего для изготовления абразивных композитов и износостойкостью инструмента. Величина концентрации раствора комплекса железа, на основе которого был получен металлоолигомер, определяет содержание железа в мультиграфеновом полимере. В свою очередь, это влияет на относительный расход синтетических алмазов при работе металлополимерного шлифовального инструмента (табл. 2).

Таблица 2. Зависимость относительного расхода синтетических алмазов (АС20 125/100) для кругов 12А2-45° 125x5x3 на металлополимерных связках при шлифовании твердых сплавов от условий получения связующих на основе комплексов железа с полифениленом

Исходный олигомер с содержанием железа, мас. %					ОАО «Ильич»	Фирма «Тиролит»
3,5	5,1	6,5	6,7	2,5		
Относительный расход АС20 125/100, мг/г						
7,3	6,5	5,4	5,2	6,1	6,8	5,5

Обрабатываемым материалом служил сплав ВК6, поперечная подача составляла $0,06\text{ мм/дв.ход}$, продольная – 1 м/мин , линейная скорость круга – 25 м/с .

Испытания позволили оптимизировать композиты по критерию удельного расхода СТМ и показали высокий уровень стойкости связок в оптимальном исполнении. С увеличением количества ионов железа, вошедших в состав металлополимеров расход синтетического алмаза снижался в 1,3 раза.

Снижение расхода СТМ предположительно может быть связано с увеличением количества графен-графановых плоскостей в материале, что обусловлено каталитическим влиянием ионов железа при полимеризации. При спекании кругов происходит преимущественная ориентация графен-графановых структур перпендикулярно к направлению приложения давления. Это приводит к резко выраженной анизотропии направлений перераспределения энергии, поступающей в композит в зоне резания через зерна алмаза. При этом основным каналом такого перераспределения являются непосредственно графен-графановые плоскости, обладающие высокой термостойкостью и высоким модулем упругости в продольном направлении. Таким образом, основной поток энергии, способный интенсифицировать износ композита, принимают наиболее устойчивые структурные элементы материала. Дальнейшие исследования будут продолжены в направлении достижения более совершенной ориентации графен-графановых плоскостей в композитах.

Благодарность

Авторы статьи выражают благодарность центру коллективного пользования приборами при ИСМ НАН Украины, а также его сотрудникам Куцаю А.М., Гаращенко В.В. за помощь в исследованиях с применением современных методов ИК-спектроскопии.

Вивчено залежність робочих характеристик шліфувального інструменту на металополімерній зв'язці від умов отримання пре-металополімерів на основі сполук заліза. Запропоновано механізм, покладений в основу цієї залежності.

Ключові слова: пре-металополімер, залізо, графан, відносні витрати алмазу, шліфувальний круг.

The dependence of work features of metallopolymeric grinding tools on obtaining conditions of pre-metallopolymers based on iron compounds was studied. The dependence mechanism was proposed.

Key words: pre-metallopolymer, iron, graphane, diamonds relative consumption, grinding wheel.

Литература

1. Савченко Д. А. Гибридные органо-неорганические полимеры как новый класс инструментальных материалов. Оптимизация синтеза и механизм реакции /Д.А. Савченко// Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения : сб. науч. тр.– К. : ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2013. – Вып. 16. – С. 381–390.
2. Raković D. IR spectra and structure of poly (p-phenylene)-a theoretical study /D. Raković //Solid State Com. – 1982. – 43. – N 2. – P. 127–129.
3. Li X. Highly conducting graphene sheets and Langmuir–Blodgett films /X. Li// Nature nanotechnology. – 2008. – 3. – N 9. – P. 538–542.

Поступила 26.06.15

УДК 621.921:547.639

А. Н. Черненко, Е. А. Пашенко, д-р техн. наук, **О. В. Лажевская, Д. А. Савченко**, кандидаты технических наук, **Е. А. Найдюк, А. В. Безручко**

Институт сверхтвёрдых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

АДАПТИВНЫЙ МЕХАНИЗМ ДЕМПФИРОВАНИЯ ВИБРАЦИЙ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ КОМПОЗИТАХ НА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СВЯЗКАХ

Представлены экспериментальные данные, описывающие процесс демпфирования вибраций композиционными материалами на полимерных связках, содержащими нанометрические демпфирующие элементы, представленные массивными металлокомплексными фрагментами, привитыми к сетчатому полимеру. Обоснованы представления о механизме структурных переходов, обуславливающих рассеяние энергии механических колебаний в ходе адаптивных изменений в строении инструментальных композитов

Ключевые слова: инструментальный композит, комплексные соединения, время релаксации.

Введение

В результате проведенных исследований получены полимеры, в которых трехмерная молекулярная сетка, образованная отверждением эпоксидных олигомеров, содержит массивные фрагменты заместителей на основе адамантана, а также инкорпорированные неорганические структурные элементы, полученные путем введения соединений металлов. Это – своеобразный органо-неорганический гибрид. Идея введения этих двух составляющих в полимер состоит в том, что бы создать в его структуре участки с контрастными динамическими свойствами. Распространение элементарных возбуждений (фононов) в присутствии таких контрастных участков протекает совсем