

УДК 621.793

Особенности создания сегнетокерамических покрытий газодинамическим напылением

Мурадов И.Б., Крюков Д.Б., Казанцев И.А., Шаталов Н.В.

В данной статье показано изменение основных пьезоэлектрических свойств композиционных полимеров в зависимости от характера распределения наполнителя в полимерной матрице. Рассмотрено десять классов композитов, различающихся типом связности наполнителя с полимером. На основе теоретического анализа наиболее простого из приведенных композитов, представляющего собой полимер с хаотически распределенными в нем частицами керамики шаровой формы, приведена модель пьезоэлектрических и механических свойств полимерно-керамических композиционных пьезоэлектриков. Представлены теоретические зависимости пьезочувствительности от объемного содержания керамики для различных типов композитов. Рассмотрены основные понятия, принципы и закономерности процесса газодинамического напыления порошковых материалов, показаны стадии процесса газодинамического напыления. Приведены основные преимущества и недостатки метода газодинамического напыления при использовании шихтового материала с высокой плотностью и низкой сыпучестью.

Ключевые слова: пьезоэлектрик, композит, полимер, газодинамическое напыление.

Введение

Технология холодного газодинамического напыления предназначена для нанесения порошковых покрытий. Технология нанесения покрытий включает в себя нагрев в нагревательном отсеке 2 сжатого газа 1 (воздуха), подачу его в сверхзвуковое сопло 4 и формирование в нём сверхзвукового воздушного потока, подачу в этот поток через переходник 3 порошкового материала, ускорение порошковых частиц сверхзвуковым потоком воздуха, направление данной смеси воздуха и шихтового материала 5 на поверхность обрабатываемого изделия 6 (Рис. 1).

При формировании покрытия газодинамическим напылением важным является вопрос создания высокой адгезионной прочности. Закрепление покрытия при данной технологии обеспечивается высокой кинетической энергией частиц наносимого материала, взаимной пластической деформацией при соударении частиц покрытия и поверхности подложки. Вследствие этого покрытие обладает высокой адгезионной и адгезионной прочностью, низкой пористостью.

Учитывая, что пьезокерамические материалы обладают практически нулевой пластичностью, то при применении подобных материалов в соответствии с предложенной технологией газодинамического напыления в состав шихты необходимо введение связующего. Важным является определение соотношения сегнетокерамического материала и связующего для придания изделию высоких механических и пьезоэлектрических свойств.

Цель работы – рассмотреть особенности создания сегнетокерамических покрытий газодинамическим напылением.

Композиционные полимерные пьезоэлектрики

Пьезоэлектрические свойства композиционных полимерных материалов сильно зависят от характера распределения наполнителя в полимерной матрице. Выделяют 10 классов композитов, различающихся типом связности наполнителя с полимером. В условном обозначении на первом месте стоит цифра, характеризующая пространственную структуру наполнителя (сегнетоактивная составляющая),

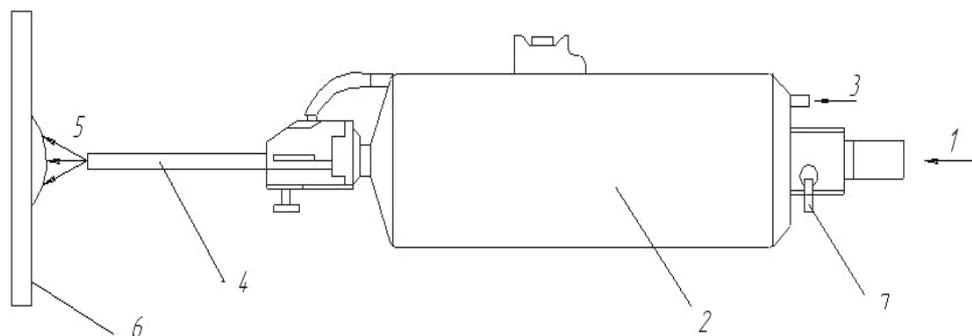


Рис. 1. Схема технологии газодинамического напыления.

1 - Сжатый воздух; 2 - нагреватель; 3 – шихтовой порошок; 4 - сверхзвуковое сопло; 5- Смесь воздуха и шихтового материала; 6 - напыляемая поверхность, 7 – кнопка подачи воздуха.

на втором месте полимер, на третьем месте помещают третий компонент (если его вводят). Примеры композитов разных типов приведены на рисунке 2. Так, в композитах класса 0-0, ни полимер, ни наполнитель не образует непрерывную трехмерную структуру.

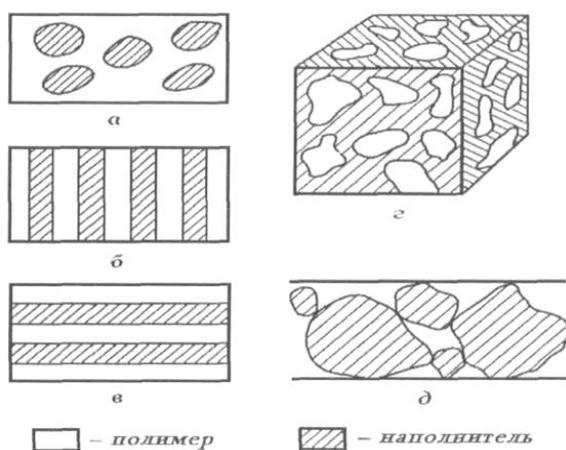


Рис. 2. Типы композиционных полимерных пьезоэлектриков

а - смесь полимера с мелкими диспергированными частицами наполнителя (0-3); б - полимер с одноосно-ориентированными стержнями наполнителя (1-3); в - полимер с пластинами наполнителя или стержнями, ориентированными параллельно поверхности образцов (2-3); г - смесь полимера с непрерывным губчатым наполнителем (3-3); д - смесь полимера с крупными частицами наполнителя.

В композите класса 1-3 полимер образует такую структуру, а наполнитель - непрерывную структуру только в одном направлении (обычно перпендикулярно плоскости образца). В композитах типа 0-3 только полимер образует непрерывную структуру. Композит типа 2-3 характеризуется трехмерной непрерывной структурой полимера и двухмерной непрерывной структурой наполнителя. Композит в виде ориентированных перпендикулярно плоскости образца керамических игл, усиленный стекловолокном, которое расположено в плоскости образца, имеет обозначение 1-3-2

На основе теоретического анализа наиболее простого из приведенных композитов, представляющего собой полимер с хаотически распределенными в нем частицами керамики шаровой формы (тип 0-3), разработана модель пьезоэлектрических и механических свойств полимерно-керамических композиционных пьезоэлектриков (шаровая модель Furukawa T., Fujino K., Fukada E., 1976).

Данная модель рассматривает пьезоэлектрические свойства композита, полагая, что они обусловлены исключительно пьезоэффектом наполнителя и при выводе соотношений между пьезосвойствами керамических частиц и композита в целом были сделаны следующие предположения:

1) остаточная поляризация в образце в целом и в керамических частицах направлена по

оси, перпендикулярной плоскости образца, по той же оси направлено смещение и внешнее поле E ;

2) сжимаемость полимера и наполнителя равна нулю, а механические свойства композита изотропны;

3) диэлектрические константы не зависят от механических напряжений, а механические константы не зависят от электрического поля.

Заключение

В результате математических расчетов, были получены теоретические зависимости пьезочувствительности (g) от объемного содержания керамики (v_k) для различных типов композитов (рис. 3). Как видно, наибольшей чувствительностью к механическому напряжению должны обладать композиты 1-3, причем g этих композитов увеличивается в 10-100 и более раз при снижении содержания сегнетокерамики. Композиционные материалы типа 0-3 теоретически имеют максимальные значения g при $v_k = 0,6$.

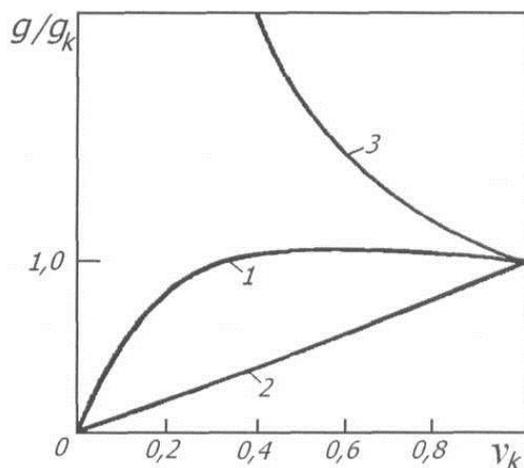


Рис. 3. Теоретические зависимости относительной пьезочувствительности g/g_k от состава композитов v_k

1 – композит типа 0-3; 2 – типа 2-3; 3 – типа 1-3.

Учеными М.А. Курбановым и М.Г. Шахтахтинским было установлено, что пьезоэффект в композитах полимер – пьезокерамика обусловлен остаточной доменной поляризаци-

ей в пьезочастицах, а величина пьезоэлектрического отклика при механическом возмущении определяется степенью дезориентации доменов под действием механического напряжения при наличии поля граничных зарядов. Ими была получена зависимость пьезомодуля композита ПВДФ+ПКРЗМ от объемного содержания пьезофазы ПКРЗМ (рис. 4)

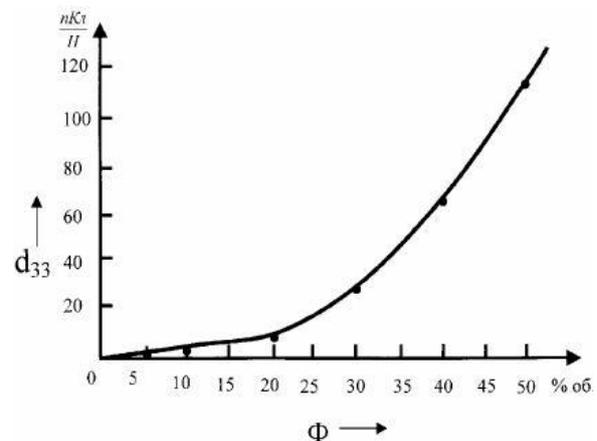


Рис. 4. Зависимость пьезомодуля композита ПВДФ+ПКРЗМ от объемного содержания пьезофазы ПКРЗМ.

Из представленного на рисунке 4 графика следует, что заметный рост пьезомодуля композита начинается при содержании ПКРЗМ от 30% и выше.

Литература

1. Луцейкин Г.А. Полимерные пьезоэлектрики – М.: Химия, 1990. – 176 с.
2. Луцейкин Г.А. Получение и применение сегнето – и пьезоматериалов в народном хозяйстве / Г.А. Луцейкин, В.М. Петров. – М.: МДНТП, 1981. – С. 8-11.
3. Shakhhtakhtinsky M.G., Gurbanov M.G., Musaeva S.N.. New piezoelectric materials for medical diagnostics and therapeutics // TMMOB Elektrik Muhendisleri Odasi, Ankara Subesi, EEBM 7 Ulusal kongresi, Ankara, (1997) 678.

References

1. Lusheykin G.A. Piezoelectric polymers – М.: Chemistry, 1990. - 176.

2. *Luscheykin G.A.* Preparation and use of se-
gneto- and piezomaterials the national economy
– М: MDNTP, 1981. – Pp. 8-11.

3. *Shakhtakhtinsky M.G., Gurbanov M.G.,
Musaeva S.N.* New piezoelectric materials for

medical diagnostics and therapeutics // ТММОБ
Elektrik Muhendisleri Odasi, Ankara Subesi,
EEBM 7 Ulusal kongresi, Ankara, (1997) 678.

Статья поступила в редакцию 29 сентября 2012 г.

This article shows the change in the basic properties of piezoelectric composite polymers depending on the nature of the distribution of the filler in the polymer matrix. Considered ten classes of composites with different types of connectivity of the filler to the polymer. Based on the theoretical analysis of the simplest of these composites are polymers with randomly distributed particles in it ceramic ball shape, is a model of piezoelectric and mechanical properties of the polymer-ceramic composite piezoelectrics. The theoretical dependence of the volume content piezo sensitivity ceramics for various types of composites. The basic concepts, principles and laws of the process gas dynamic spraying of powder materials, shows the stages of the process gas dynamic spraying. Are the main advantages and disadvantages of the gas-dynamic spraying using charge material with high density and low flowability.

Keywords: piezoelectric, composite, polymer, gas-dynamic spraying.

Мурадов Илья Борисович – кандидат технических наук, Пензенский государственный университет

Крюков Дмитрий Борисович – кандидат технических наук, Пензенский государственный университет

Казанцев Игорь Алексеевич – кандидат технических наук, Пензенский государственный университет

Шаталов Николай Владимирович – студент, Пензенский государственный университет