

УДК 629. 7. 023.22

Пронцевич Е. В., Гусарова И. А., Карпикова О. А., Кись О. П., Потапов А. М.

Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное»» им. М. К. Янгеля.
Украина, г. Днепропетровск

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ В РАКЕТНОЙ ТЕХНИКЕ

Разработано многофункциональное покрытие для изделий ракетной техники, обеспечивающее их теплозащиту и радионезаметность. Установлено, что теплозащитные и радиопоглощающие свойства покрытий обеспечиваются введением наполнителей с низкой теплопроводностью и определёнными электромагнитными характеристиками. Показана перспективность применения покрытия на основе связующего «НЕОМИД». Выявлено, что повышение термостойкости и физико-механических характеристик связующего достигается путем введения термостойких наполнителей и тканей из неорганических волокон.

Ключевые слова: многофункциональное покрытие; теплозащита; радионезаметность; теплопроводность; жаростойкая матрица; термостойкие наполнители; кремнеземные ткани.

Введение

Развитие ракетной техники выдвигает все новые требования к используемым материалам и покрытиям. Изделия ракетной техники военного назначения для повышения живучести должны быть радионезаметными. Для обеспечения радионезаметности изделия необходимо максимальное поглощение радиоизлучения корпусом летательного аппарата и отражение радиоволн в таком направлении, чтобы они уже не вернулись назад. Одним из способов снижения заметности в радиолокационном диапазоне длин волн с целью уменьшения дальности обнаружения является нанесение специальных покрытий. Кроме того, для обеспечения требуемых тепловых режимов силовой оболочки применяются теплозащитные покрытия, что обусловлено температурой на поверхности до 1350 °С. Наиболее эффективным методом теплозащиты одно-разовых изделий ракетной техники являются аблирующие (разрушающиеся) покрытия, которые уносятся с поверхности в процессе полёта, обеспечивая эффективную теплозащиту нижележащих слоёв. Радиопоглощающие покрытия должны иметь строго определённую толщину и не образовывать продуктов разложения, дающих радиоотражающий след, что исключает возможность использования аблирующих покрытий и диктует необходимость использования неразрушаемых теплоизоляционных покрытий.

Постановка задачи

Создание широкодиапазонных радиопоглощающих покрытий с рабочим интервалом температур

свыше 1000 °С и частотным диапазоном 1–8 ГГц, которые одновременно являются теплоизолирующими, представляет собой актуальную и достаточно сложную задачу. Интервал рабочих температур существенно ограничивает класс материалов, только термостойкими, которые можно использовать для создания поглотителя. Другими ограничениями являются большой температурный градиент при работе поглотителя, и высокие механические нагрузки, которые ограничивают класс материалов — материалами с низкой температурной эрозией и высокой механической прочностью. Одним из таких материалов является терморасширенный графит. О других материалах, которые работают в аналогичных температурных условиях известно мало [1, 2].

Для снижения массы покрытий наиболее эффективным решением является совмещение функций по обеспечению радионезаметности и теплозащиты изделий в одном покрытии, которое будет являться многофункциональным.

Цель данной работы — создание многофункционального покрытия (МФП) для изделий ракетной техники, обеспечивающего их теплозащиту и радионезаметность.

Основная часть

Для обеспечения требуемого комплекса свойств покрытие должно включать два слоя различного функционального назначения:

- наружный термостойкий слой для уменьшения отражения за счет согласования диэлектрических

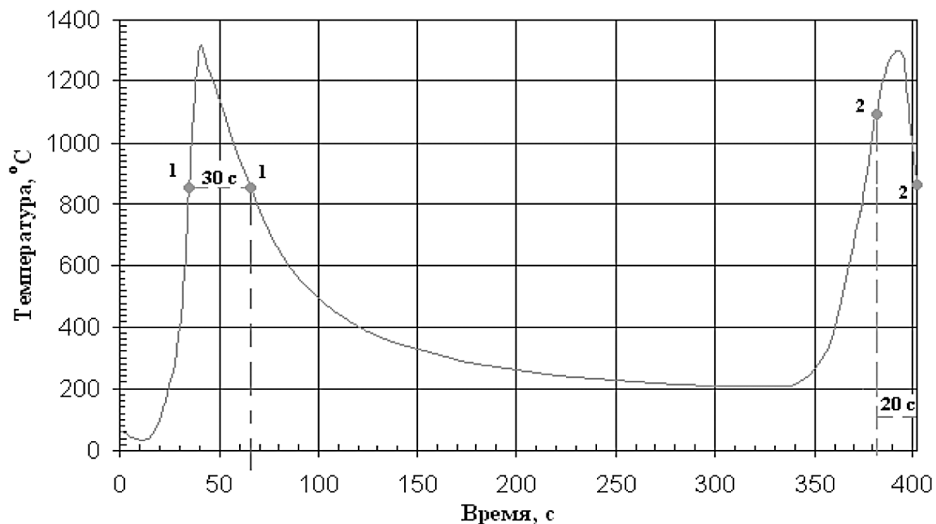


Рис. 1. Зависимость температуры от времени эксплуатации для узлов со сложной геометрией (максимальные тепловые потоки)

параметров материалами с параметрами внешней среды,

- внутренний слой с низкой теплопроводностью, содержащий поглощающие компоненты, которые обеспечивают ослабление электромагнитного поля в широком частотном диапазоне электромагнитного излучения. При этом концентрация поглощающей компоненты распределена по толщине материала по линейному или экспоненциальному закону.

Теплозащитные и радиопоглощающие свойства покрытий обеспечиваются введением наполнителей с низкой теплопроводностью и определёнными электромагнитными характеристиками.

Таким образом, МФП представляет собой композиционный материал с теплостойкой матрицей и специальными функциональными наполнителями, обеспечивающими требуемые радиотехнические и теплофизические характеристики покрытия.

Рабочие температуры на поверхности изделия могут достигать 1350 °С (рис. 1).

Для создания МФП необходимо выбрать материал теплостойкой матрицы на основе высокотемпературного неорганического связующего. Проведенный анализ отечественного и зарубежного рынков связующих, работающих при температурах порядка 1350 °С, показал, что таких связующих на рынке Украины существует ограниченное количество:

- отечественные связующие — НС-Ш, алюмохромфосфатное (АХФС), на основе

глины монтморилитового состава (бентонит и золь кремниевой кислоты);

- зарубежные связующие — огнеупорный глиноземистый цемент типа GORKAL-40, ЗВП-А, КМХ-2, жаростойкая клеящая мастика «НЕОМИД».

Общим для всех вышеуказанных связующих является неорганическая природа компонентов и водорастворимая основа, позволяющая осуществлять конденсацию связующих при комнатной температуре.

Для создания высокотемпературного покрытия

была проведена экспериментальная обработка технологии нанесения и сушки связующих на подложки из металла. На термоструйном стенде Института проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины проведены испытания по определению термостойкости неорганических связующих (рис. 2).

Все исследуемые покрытия разрушились при скоростном напоре и температурах, соответствующих условиям эксплуатации.

Наиболее перспективным по результатам испытаний явился материал на основе связующего «НЕОМИД», который в исходном состоянии имеет ярко выраженный «пемзообразный» характер.

При испытаниях в диапазоне температур 700–900 °С произошел отрыв покрытия «Неомид» от поверхности на 150–160 с (рис. 3). Материал не

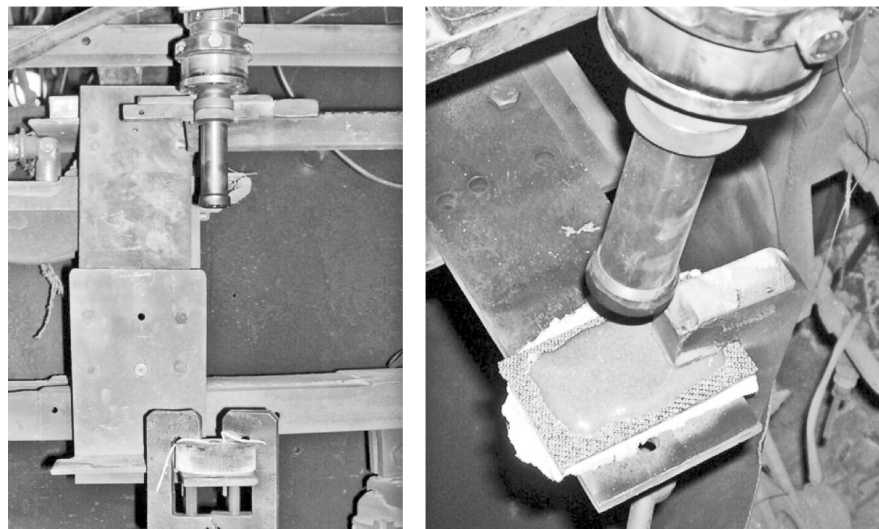


Рис. 2. Образцы неорганических связующих на термоструйном стенде перед испытаниями

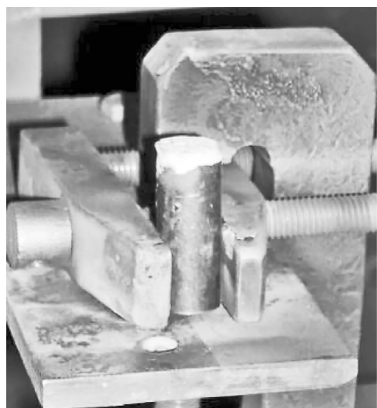


Рис. 3. Образец связующего «НЕОМИД» на термоструйном стенде перед испытаниями



a



б

Рис. 4. Внешний вид материала на основе связующего «Неомид» до (*a*) и после (*б*)

претерпел видимых изменений (рис. 4). Высокая пористость материала позволяет предположить, что адгезия обеспечивается точечными соприкосновениями материала покрытия с подложкой, причем очень неравномерно распределенными по площади, т.е. слабое сцепление покрытия с подложкой происходит вследствие малой площади контакта.

Поскольку связующее «Неомид», являющееся основой связующего для нижнего слоя, российского производства и в настоящее время в Украине оно отсутствует, был создан его отечественный аналог, который производится предприятием «Спецаналитик» (г. Киев).

Повышение термостойкости связующего достигается также путем введения термостойких наполнителей, таких как оксиды кремния, бора, алюминия, титана, хрома, бария, кальция, магния, карбиды кремния и вольфрама в определенных соотношениях. Выбор оптимального состава наполнителей проводился экспериментальным путем.

Для повышения физико-механических характеристик в связующее вводились кремнеземные и муллитокремнеземистые ткани.

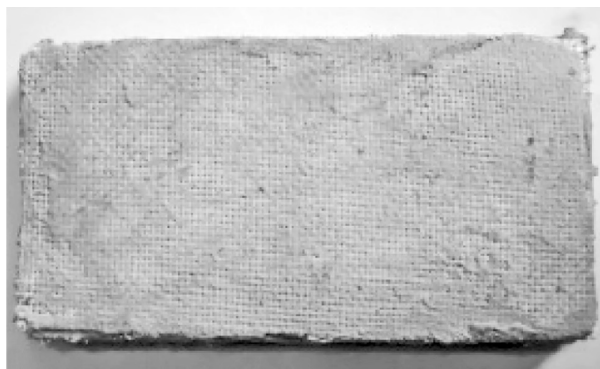
Внешний вид образцов МФП, армированных тканью, до и после испытаний при максимальных температурах приведен на рис. 5.

Выводы

Таким образом, создано универсальное МФП, сочетающее в себе требуемые радиопоглощающие, теплофизические и физико-механические свойства с рабочими температурами до плюс 1350 °С.

Важным аспектом, который определяет характеристики материала, является технология нанесения материала на поверхность защищаемого объекта. В ходе экспериментальных работ было доказано, что создание напыляемого покрытия, сохраняющего работоспособность при заданном уровне тепловых и механических нагрузок невозможно. Экспериментально установлено, что получение МФП с требуемым уровнем функциональных свойств возможно достичь только методом ручной выкладки.

Для обеспечения требуемого уровня физико-механических характеристик в рабочем диапазоне температур необходимо проводить полимеризацию



a



б

Рис. 5. Внешний вид образцов МФП на основе связующего «НЕОМИД», армированного тканью КТ-11 (наружный слой) и лентой ЛКА-1200 на металлической подложке, толщина покрытия 10,5 мм
a – до испытаний, *б* – после испытаний при максимальных температурах

покрытия при температуре не ниже плюс 120 °С и армировать покрытие термостойкими радиопрозрачными волокнами;

Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что для условий эксплуатации изделия в диапазоне заданных частот реально создание многофункционального покрытия с толщиной не менее 7 мм.

Литература

- [1] Клингер Д.Е. Перестраиваемый поглотитель/ Патент США. — 1967. №4056789.
- [2] Шнейдерман В.Г. Радиопоглощающие материалы / Зарубежная электроника. — 1976., № 3. — С. 57-85.

Prontsevich E. V., Husarova I. O., Karpikova O. O., Kis O. P., Potapov O. M.

Yuzhnoye State-owned Design Office named after M. K. Yangel. Ukraine, Dnepropetrovsk

MULTIFUNCTIONAL COATING WITH SPECIAL PROPERTIES IN ROCKET TECHNOLOGY

Developed multifunctional coating for articles of missile technology, providing thermal protection and their radionezametnost. It was found that the heat-shielding and radio absorbing properties of the coatings provided by the introduction of fillers with low thermal conductivity and certain electromagnetic characteristics. The prospects of the use of coatings based on binder "NEOMID." It was found that an increase in heat resistance and physical-mechanical characteristics of the binder is achieved by the introduction of heat-resistant fillers and tissue of inorganic fibers.

Keywords: multi-functional coating; thermal protection; radionezametnost; thermal conductivity; heat-resistant matrix; heat-resistant filler; silica fabric.

References

- [1] DE Klinger Tunable absorber / US Pat. — 1967. №4056789.
- [2] Schneiderman VG.Radiopoglaschayuschie materials / International Electronics. — 1976, № 3. — p. 57-85.