

Рис. 1. Блок-схема автоматизированной системы УСП

Для обеспечения функционирования организационно-технического комплекса в

информационном пространстве предприятия был проведен анализ схемы заказа и разработки специальной оснастки и предложена система автоматизированного учета жизненного цикла УСП на предприятии ЗАО «Авиастар-СП». Система автоматизированного учета является связующим звеном между компонентами организационно-технического комплекса и обеспечивает возможность отслеживать состояние элементов и сборок УСП от момента ее заказа на создание электронной модели до непосредственного демонтажа станочного приспособления в цеху.

Вследствие применения организационно-технического комплекса УСП предполагается на порядок снизить себестоимость изделия и получить качественную продукцию без использования специальной оснастки

## ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ РЕЗИСТИВНЫХ СЛОЕВ В ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЯХ ДЛЯ ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

© 2012 Барвинок<sup>1</sup> В.А., Богданович<sup>1</sup> В.И., Небога<sup>2</sup> В.Г.

<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)», Самара

<sup>2</sup> ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара

## APPLICATION OF NANOSTRUKTURNYKH CAPACITANCE-RESISTANCE LAYERS IN THE TONKOPLENOCHNYKH ELECTRO-HEATERS FOR TEMPERATURE CONTROL OF AIRBORNE EQUIPMENT OF AIRCRAFTS

© 2012 Barvinok V.A., Bogdanovich V.I., Neboga V.G.

A technology for manufacturing thin-film electric heaters, based on the creation of the resistive layer to application of vacuum ion-plasma nanostructured coatings.

При решении прикладной задачи по проектированию пленочных малогабаритных (30×100 мм, 30×200 мм) электронагревателей мощностью (3-10) Вт для системы терморегулирования бортовой аппаратуры космических аппаратов было установлено, что применение существующих технологий их изготовления с использованием в качестве резистивного слоя проволок и фольги не

позволяет получить удельные плотности выделения электрической мощности в диапазоне  $(0,4-2,5) \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup> при электрическом напряжении 27 В и температурах нагрева в пределах до 150°С. Это связано как с необходимостью применения проволок и фольги с характерным размером менее 10 мкм, так и с необходимостью применения материалов резистивного слоя с удельным

электрическим сопротивлением в 60-80 раз более высоким, чем, например, вольфрам. Кроме того, указанные способы создания резистивного слоя приводят к низкой технологичности их изготовления и установки на сложнопрофилированные поверхности, а сами нагреватели обладают недостаточной надежностью при эксплуатации и хранении.

В связи с этим была разработана технология изготовления тонкопленочных электронагревателей, основанная на создании резистивного слоя нанесением вакуумного ионно-плазменного наноструктурного покрытия толщиной (1-10) мкм на высокоинертную полиимидную пленку толщиной (40-60) мкм с последующей герметизацией резистивного слоя приклеиванием внешнего слоя такой же пленки. Топологический образ заданной геометрии резистивного слоя формировался нанесением покрытия через специальные маски, а припайка токоподводящих проводов проводилась через медное покрытие, нанесенное вакуумным ионно-плазменным методом в заданных местах резистивного слоя.

Необходимость создания резистивного слоя в виде наноструктурного покрытия определялась тем, что из технических требований к электронагревателю и требований к технологичности его изготовления резистивный слой должен обладать удельным электрическим сопротивлением в пределах (2-8) Ом·мкм, в то время как все известные металлы и сплавы, используемые в качестве нагревательных элементов, в состоянии поставки обладают удельным электрическим сопротивлением в пределах (0,05-2) Ом·мкм. В то же время известно, что создание в структуре материала субмикронных и наноразмерных кристаллитов, на границах которых происходит дополнительное отражение электронов проводимости, приводит к увеличению удельного электрического сопротивления материала.

Проведенные исследования различных вариантов создания наноструктурных покрытий из материалов титана, молибдена, хрома, нихрома (Х20Н80) и нержавеющей стали

12Х18Н10Т показали, что в зависимости от выбранного варианта создания наноструктуры в материале покрытия удельное электрическое сопротивление указанных материалов изменяется в пределах от 2 до 10 раз по сравнению с удельным электрическим сопротивлением этого же материала, полученного металлургическим путем. При этом на всех исследованных материалах получена адгезионная прочность покрытий на полиимидной пленке в соответствии ОСТ 92-0961-75.

Проанализированы различные факторы, приводящие к увеличению удельного электросопротивления и показано, что определяющим фактором является размер структурного зерна.

Проведенные исследования подтвердили и уточнили на конкретных материалах влияние суб- и наноструктуры покрытий с толщинами (1-10) мкм на удельное электрическое сопротивление металлов и сплавов, позволив создать способ получения нового класса материалов для резистивных слоев, занимающих нишу между металлами и изоляторами, что открывает новые возможности в разработке широкой номенклатуры тонкопленочных электронагревателей различного функционального назначения.

На рис.2 приведены фотографии некоторых вариантов разработанных пленочных электронагревателей.

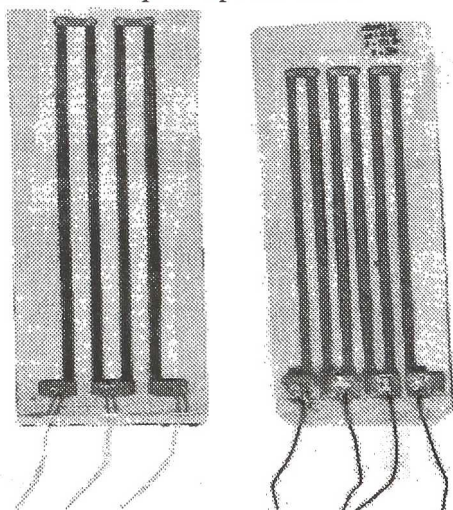


Рис.2. Пленочные электронагреватели с наноструктурным резистивным слоем



Разработанная технология изготовления тонкопленочных электронагревателей с наноструктурным резистивным слоем внедрена как базовая технология для систем терморегулирования

бортовой аппаратуры космических аппаратов производства Государственного научно-производственного ракетно-космического центра «ЦСКБ-Прогресс».

## ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА В РАСЧЁТЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГИБКИ-ПРОКАТКИ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ С УЧЁТОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

© 2012 Бодунов Н.М, Бреховских П.В

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н.Туполева, Казань

## APPLYING NUMERICAL METHODS IN THE PER PROCESS PARAMETERS BENDING-ROLLING THIN-WALLED PARTS TAKING INTO ACCOUNT GEOMETRIC NONLINEARITIES

© 2012 Bodunov N.M, Brekhovskih P.V

Kazan National Research Technical University  
named after A.N Tupolev, Kazan

In this paper, to find the settings of the process of rolling-bending method of calculation used by large movements in the bending of thin flat pieces in various stages of loading, taking into account physical and geometric nonlinearities. The proposed numerical method can consistently solve the problem on a computer any bending of thin-walled parts, related to the geometric nonlinearity into account. Note that the physical features of the problem of elastic-plastic bending are determined by a nonlinear dependence. We approximate the Hermitian spline function of third order.

Одним из широко распространенных в настоящее время в авиастроении способов деформирования тонкостенных криволинейных деталей одинарной кривизны является процесс гибки-прокатки. Изготовление деталей с заданной точностью геометрических параметров их формы обеспечивается соответствующей оснасткой технологического процесса и кинематической настройкой оборудования. При этом должны быть учтены сопровождающие процесс явления прямо или косвенно влияющие на его точность (геометрическая нелинейность процесса формообразования). Кривизна получаемой гибкой-прокаткой детали  $\tilde{\kappa}_0$  зависит от механических свойств и геометрических размеров исходной заготовки, а также от параметров настройки станка: расстояния между крайними (опорными) валками  $2L_0$  и положения относительно последних

верхнего (нажимного) валка  $H_0$  (рис.1). Применение гибочного оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) расширяет технологические возможности процессов пластического формообразования, обеспечивает их высокую стабильность и является гарантом высокого качества деталей. Точные математические модели и научно-обоснованные методы расчета параметров процесса гибки-прокатки являются основой для разработки системы автоматизированного проектирования технологического процесса гибки-прокатки (САПР ТП). Результаты работы направлены на разработку научных основ САПР ТП исследуемого процесса, в части их имитационного моделирования на компьютерах с определением силовых и настроечных параметров.