

УДК 678.01:620.179

ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ

© 2012 С.М. Качура, В.И. Постнов, О.Л. Бурхан, С.В. Стрельников

Ульяновский научно-технологический центр
Всероссийского института авиационных материалов

Поступила в редакцию 02.11.2012

Рассмотрена актуальная задача разработки автоматизированной системы для контроля процесса отверждения полимерной матрицы. Подробно описана структура микропроцессорного прибора, который имеет возможность работать в составе автоматизированной системы управления технологическим процессом. Описаны используемые методы технологического неразрушающего контроля. Ключевые слова: полимерные композиционные материалы (ПКМ), полимерная матрица, автоматизированная система неразрушающего контроля, микропроцессор, усилитель, аналого-цифровой преобразователь.

Увеличение объёмов применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) в авиационной технике представляет собой широкомасштабную и комплексную проблему повышения качества изготавливаемых деталей из ПКМ и стабильности их свойств, для решения которой необходима разработка современных технологий серийного производства. В настоящее время в серийном производстве нашли применение контрольно-измерительные схемы, которые управляют только температурно-временным режимом формования деталей из ПКМ и не учитывают влияние на этот техпроцесс других параметров. Поэтому создание технологий формования ПКМ с одновременным управлением технологическими параметрами процесса формования, такими как вакуумное, избыточное давление и температура, а так же осуществляющие контроль процесса отверждения полимерной матрицы в процессе формования позволит повысить их качество, снизить энергозатраты в 2-3 раза за счёт оптимизации процесса нагрева и охлаждения при формовании, снизить количество брака и в связи с этим, сократить расход материала (на 10-15%) и трудоёмкости (на 20%) на ремонт, повысить эксплуатационный ресурс (увеличение межремонтных сроков до 15 лет) деталей за счёт стабилизации свойств материала, снизить влияние человеческого фактора на процесс формования за счет автоматизации. Одним из радикальных путей повышения качества производства деталей из ПКМ является введение в технологический процесс средств

технологического контроля структуры и свойств материалов на всех основных стадиях изготовления деталей. Наиболее эффективный путь достижения этой цели заключается в создании специализированных микропроцессорных приборов с возможностью их включения в автоматизированную систему управления технологическим процессом (рис. 1).

Для мониторинга свойств ПКМ в данной автоматизированной системе были выбраны следующие методы неразрушающего контроля: ультразвуковой контроль с использованием ультразвуковых колебаний (УЗК) и контроль электрических параметров ПКМ (ёмкостной контроль и контроль проводимости).

Вычисление электрических параметров производится по нижеследующей методике. Тангенс угла диэлектрических потерь определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{q}{\omega C}, \quad (1)$$

где q – проводимость, которая определяется по формуле:

$$q = 1/R; \quad (2)$$

$R_{\text{изм}}$ – измеренное сопротивление;

$C_{\text{изм}}$ – измеренная ёмкость;

$\omega = 2\pi f$ – круговая частота.

Тангенс угла диэлектрических потерь и проводимость для эпоксидного связующего ЭДТ-69н представлены на рис. 2 и 3 соответственно.

Одной из наиболее важных частей автоматизированной системы для реализации вышеуказанных методов контроля является электронный блок, содержащий 32-разрядный микропроцессор, аналого-цифровые преобразователи (АЦП) для преобразования сигналов от датчи-

*Качура Сергей Михайлович, инженер-технолог 2 категории.
Постнов Вячеслав Иванович, доктор технических наук, заместитель начальника. E-mail: wiam@tsc.ru, intcviam@gmail.com
Бурхан Олег Леонидович, начальник сектора.
Стрельников Сергей Васильевич, начальник лаборатории*

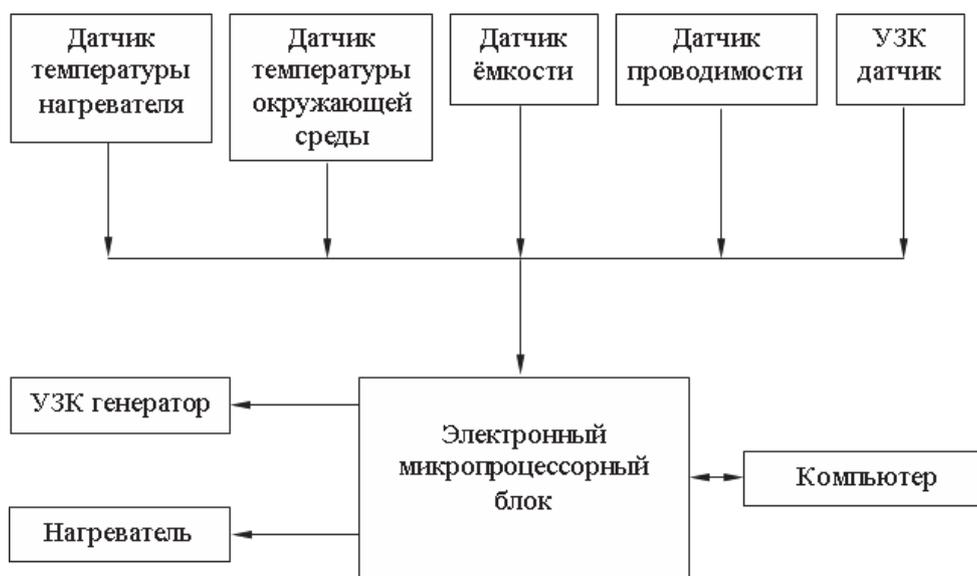


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом с контролем структуры и свойств ПКМ в формируемой детали

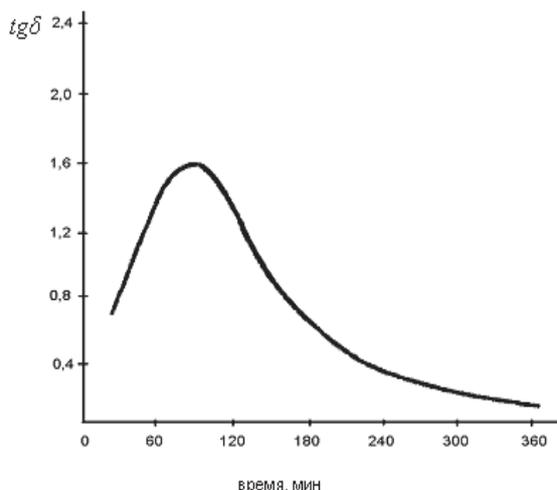


Рис. 2. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь эпоксидного связующего от времени отверждения связующего при $T = 145^{\circ}\text{C}$

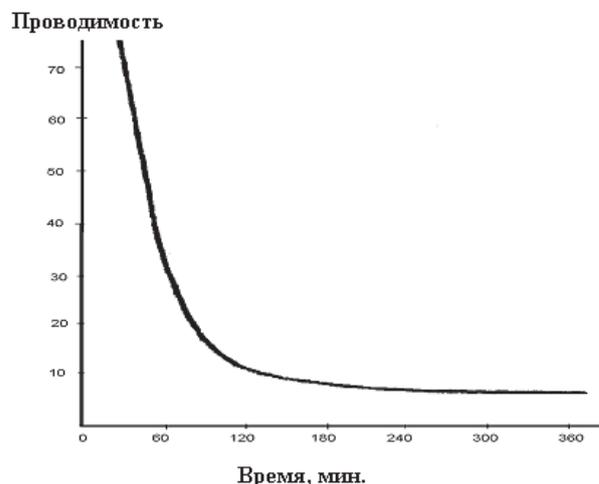


Рис. 3. Зависимость проводимости эпоксидного связующего от времени отверждения при $T = 145^{\circ}\text{C}$

ков, а также обеспечивающий связь с компьютером. Структурная схема электронного блока показана на рис. 4.

Сигнал с приёмного ультразвукового датчика поступает на два последовательно включённых маломощных усилителя с изменяемым коэффициентом усиления (VGA), причём их коэффициенты могут устанавливаться с помощью 16-разрядных цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) независимо друг от друга, что позволяет достичь усиления до 80dB. Далее через фильтр нижних частот (ФНЧ) сигнал поступает на быстродействующий 10-разрядный АЦП, который оцифровывает сигнал со скоростью 100 МГц. Использование ФНЧ позволяет отсечь нежелательные гармоники и значительно повысить соотношение сигнал-шум АЦП. Полученные от быстродействующего АЦП данные сохраняются

в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ) объёмом 128 Мбит и далее могут быть переданы в компьютер по USB или UART интерфейсу. Также предусмотрена возможность с помощью компаратора измерять время прохождения ультразвука через исследуемый материал с точностью в 20 раз большей, чем при использовании АЦП, т.е. до 500 пс. Для измерения температуры, ёмкости и проводимости предусмотрены три $\Delta\Sigma$ аналого-цифровых преобразователя ($\Delta\Sigma$ АЦП). Каждый $\Delta\Sigma$ АЦП имеет встроенный усилитель с изменяемым коэффициентом усиления от 1 до 256 и 16 аналоговых входов (либо 8 аналоговых входов в дифференциальном режиме). Для предотвращения выхода из строя чувствительных аналоговых входов $\Delta\Sigma$ АЦП от электростатического разряда, что особенно актуально при формовании стекло- и органопластиков, применены специальные

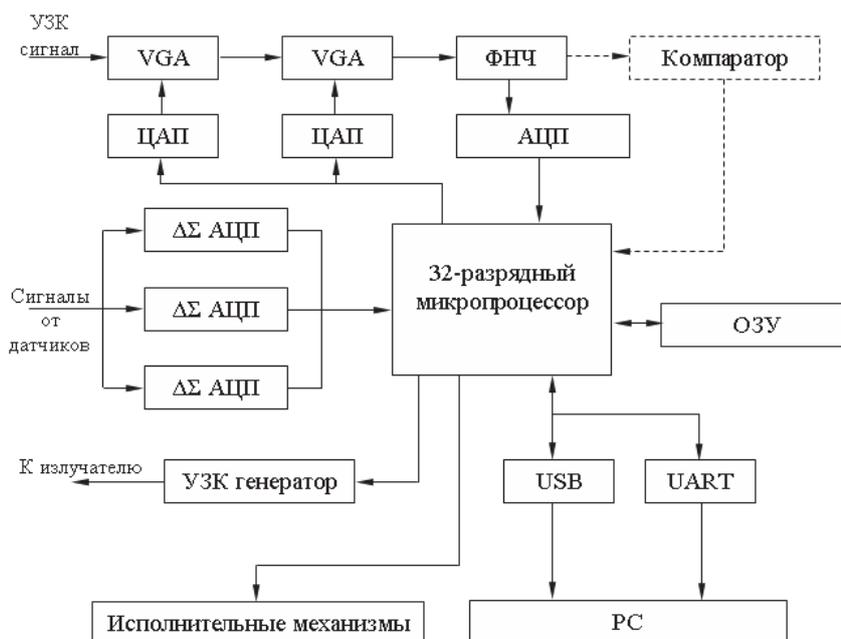


Рис. 4. Структурная схема электронного блока

меры защиты. 32-разрядный микропроцессор обеспечивает управление всеми АЦП, ЦАП, ультразвуковым генератором, производит нагрев оснастки по заданной программе, а также осуществляет взаимодействие с компьютером. Также электронный микропроцессорный блок имеет до 25 цифровых индивидуально настраиваемых дискретных входов/выходов для управления различными исполнительными механизмами, таких как, например, клапаны вакуумные и избыточного давления.

Внедрение в серийный процесс технологического контроля отверждения полимерной матрицы при формовании ПКМ обеспечивает снижение энергоемкости процесса, а также обеспечит получение авиационных деталей с высокой стабильностью свойств материалов, что позволит увеличить межремонтные сроки, уменьшить

стоимость изделий на 10%, повысить прочностные характеристики ПКМ на 15% по сравнению с традиционной серийной технологией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин К.Е., Постнов В.И., Бурхан О.Л., Качура С.М., Рахматуллин А.Э. Методы и средства диагностики технологических процессов изготовления конструкций из ПКМ // Известия Самарского научного центра РАН. Специальный выпуск "Четверть века изысканий и экспериментов по созданию уникальных технологий и материалов для авиаракетостроения УНТЦ-ФГУП ВИАМ". 2008. Том 1. С. 38.
2. Никитин К.Е., Бурхан О.Л., Постнов В.И., Петухов В.И. Лабораторная установка для исследования и отработки процессов формования ИПФ 2003 полимерных композиционных материалов ультразвуковым методом // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. Том 74. №4. С. 38 – 41.9.

PREPROCESSING OF THE MEASUREMENT AND CONTROL INFORMATION FROM AUTOMATED SYSTEM CONTROL OF THE CURING PROCESS OF POLYMER MATRIX

© 2012 S.M. Kachura, V.I. Postnov, O.L. Burhan, S.V. Strelnikov

Ulyanovsk Scientific and Technological Center
of the Federal State Unitary Enterprise All-Russia Institute of Aviation Materials

Analyse the actual task of developing an automated system for monitoring the curing process of the polymer matrix. Described in detail the structure of the microprocessor unit, which has the ability to work as part of automated control system of technology process. Described the used methods of nondestructive testing. Keywords: polymer composite materials, the polymer matrix, automated system for monitoring, nondestructive testing, microprocessor, amplifier, analog-digital converter.

Sergey Kachura, Engineer.
Vyacheslav Postnov, Doctor of Technical Sciences, Deputy
Chief. E-mail: untcviam@viam.ru
Oleg Burhan, Chief of Sector.
Sergey Strelnikov, Chief of Laboratory.