

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ КОЖУХОВ ЖАРОВЫХ ТРУБ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОИНДИКАТОРНЫХ КРАСОК

Савельева Е.А., Ревков В.Д., Кручинина Ю. С.,
Грязнова А.А., Рассказчиков Д.С.
ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара savelevaeap@gmail.com

Ключевые слова: термоиндикаторная краска, камера сгорания, кожухи жаровых труб.

Для оценки действительного теплового состояния элементов конструкции камер сгорания (КС), необходимо выполнять термометрирование стенок при проведении стендовых испытаний. Наиболее распространенным методом термометрирования является установка термпар, но данный метод требует выполнения дополнительных работ в части вывода и подключения препарирования. В качестве альтернативного и менее трудозатратного метода термометрирования является нанесение термоиндикаторных красок, дополнительное преимущество термоиндикаторных красок – возможность неразрывного картирования температурного поля [1]. Однако, при использовании данного метода, необходима валидированная методика оценки результата. Производители термоиндикаторных красок рекомендуют использовать метод определения цвета по его плотности, с помощью спектроденситометра, однако он не позволяет оценить распределение цвета по площади. Существует ряд альтернативных методов анализа спектра, таких как Романовская спектрография, отражательная и лазерно-искровая эмиссионная спектрография [2].

В ходе проработки методики по определению температурного поля в зависимости от полученных цветов был выбран фотографический метод оценки, который заключается в сравнении полученных при испытаниях на стенде фотографий объекта исследования – стенок КС и образцов-выкрасок того же материала.

Основной сложностью при использовании данного метода, является невозможность производить съемку образцов и испытываемых изделий при одинаковом освещении, из-за чего невозможно ясно интерпретировать цвет испытываемого изделия и, соответственно, соотносить его с образцом. На рис. 1а видно, что образец, снятый при естественном и искусственном освещении, имеют разные значения цвета. Работа производилась в профильном программном обеспечении от фирмы-производителя фотоаппарата, позволяющем напрямую изменять параметры снимка. При установке значения яркости активного канала над локальным минимумом, мы получаем явно коррелируемые цвета (рис. 1б) Однако данная функция работает только для файлов, полученных непосредственно с фотоаппарата, хранящих данные о параметрах съемки. Этот факт значительно усложняет работу с более распространенными файлами, однако не делает анализ невозможным.

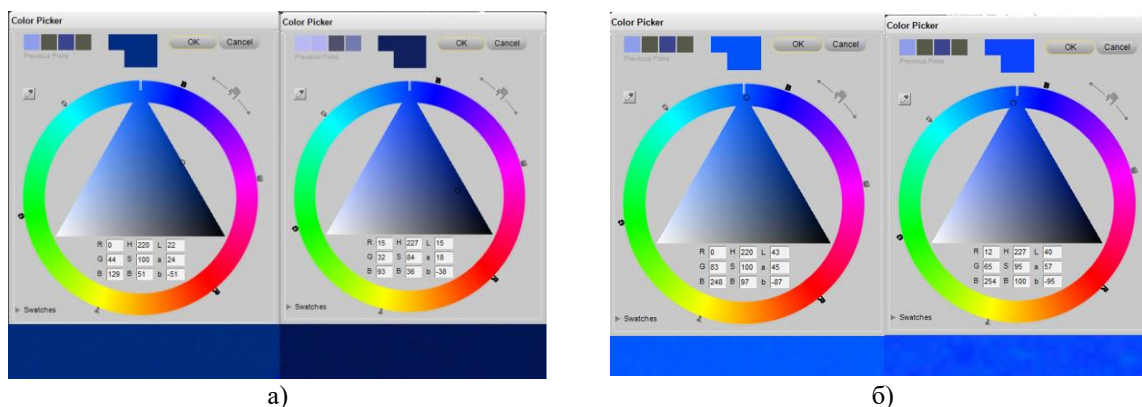


Рис. 1 а) Цветовые пробы образца, до регулировки, б) после регулировки

В данном случае, из-за невозможности использовать метод регуляции яркости, предлагается коррелировать референтные значения с реальными по соотношению RGB компонентов. Суть методики в том, чтобы поделить каждый из цветовых компонентов референса на соответствующий компонент испытуемого изделия. В случае соответствия цвета, все коэффициенты должны быть примерно равны. На рис. 2 показаны выкраски термоиндикаторной краски, нагретые до определенных температур, а также температуры испытуемого образца в разных точках, определенные при использовании данного метода.

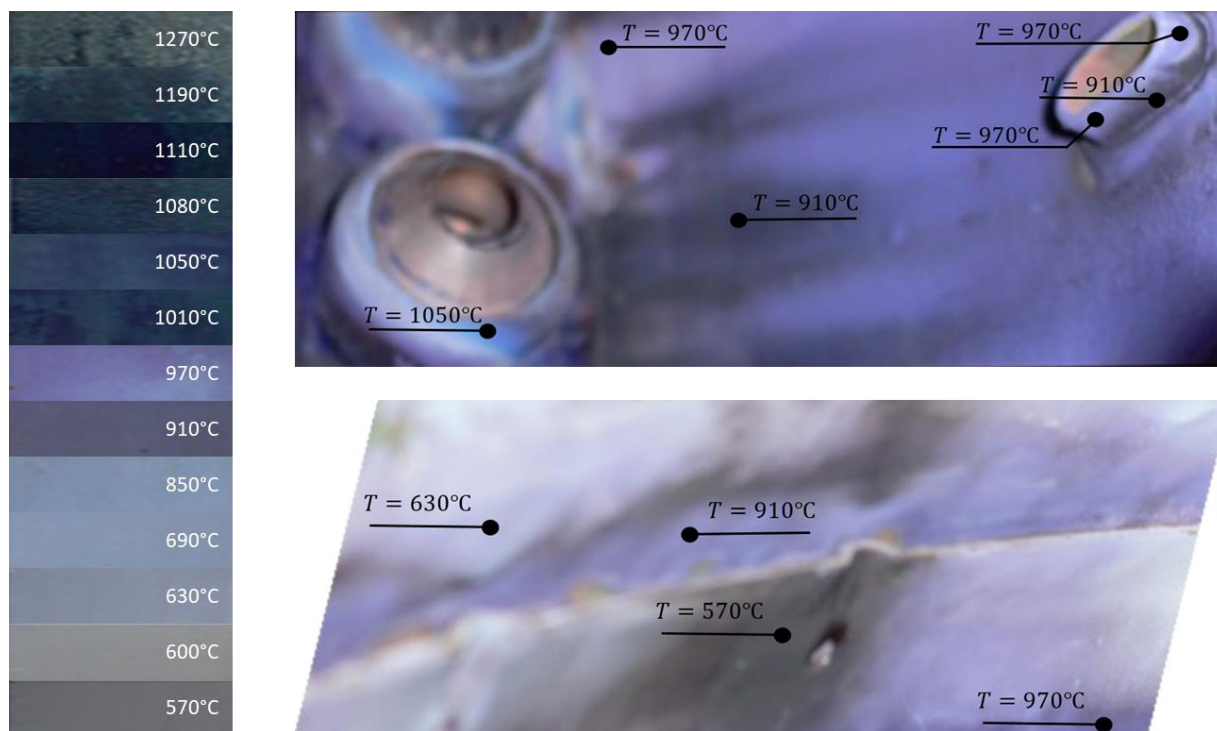


Рис. 2 Шкала температур и температуры образца в разных точках

Поставленный эксперимент показал, что, с использованием программного обеспечения для обработки фотографий, возможно с некоторой точностью соотнести цвет испытываемого изделия и референтного образца. В дальнейшем, работа будет направлена на оценку достоверности данной методики. Ее результаты могут быть использованы, для разработки методики картирования температурных полей по полученным фотографиям испытуемых образцов.

Список литературы

1. Neely A.J., Riesen H. Permanent-Change Thermal Paints for Hypersonic Flight-Test: Final Report / University of New South Wales; AFOSR/AOARD Reference Number: AOARD-09-4025. – Canberra: UNSW@ADFA, 2010. – 50 p.
2. Russell, B. Automating the Interpretation of Thermal Paints Applied to Gas Turbine Engines Using Raman Spectroscopy and Machine Learning: a thesis submitted to The University of Manchester for the degree of Doctor of Philosophy / Bryn Russell; School of Chemical Engineering and Analytical Science. – Manchester, 2015. – 206 p.

Сведения об авторах

Савельева Е.А. – инженер-конструктор. Область научных интересов: испытания камер сгорания ГТД.

Ревков В.Д. – инженер-конструктор. Область научных интересов: конструкция и проектирование камер сгорания ГТД, тепловое состояние корпусных элементов конструкции КС.

Кручинина Юлия Сергеевна –инженер-конструктор. Область научных интересов: разработка суррогатов углеводородных топлив, численное моделирование процесса горения в КС ЖРД.

Грязнова А.А. – инженер-конструктор. Область научных интересов: проектирование выходных устройств, тепловое состояние.

Рассказчиков Д.С. – инженер-конструктор. Область научных интересов: методы расчета и доводки камер сгорания ГТД.

ANALYSIS OF THE THERMAL STATE OF FLAME TUBE CASINGS USING THERMAL PAINTS

Savelyeva E.A., Revkov V.D., Kruchinina Y.S., Gryaznova A.A., Rasskazchikov D.S.
JSC «UEC-Kuznetsov», Samara savelevaeam@gmail.com

Keywords: temperature indicating paint, combustion chamber.

The use of thermal paints allows mapping of temperature fields during bench tests. To overcome varying lighting during shooting, a method based on correlating RGB component ratios between reference samples and test objects is proposed, matching colors with reasonable accuracy.