

УДК 621.452.3

Контроль поверхностных остаточных напряжений в деталях ГТД

Яковлев Максим Григорьевич

m.yakovlev@uecrus.com

Ширваньянц Григорий Геннадьевич

g.shirvanyanc@uecrus.com

Газина Полина анатольевна

p.gazina@uecrus.com

Филиал АО «ОДК» «НИИД», Москва, Россия

Аннотация. Представлены результаты межлабораторного исследования в рамках выполнения НИР по теме «Исследование влияния способов поверхностного упрочнения и контроль остаточных напряжений на деталях ГТД». Участниками исследования были десять организаций входящих в структуру АО «ОДК» и восемь внешних организаций. Для исследования филиалом АО «ОДК» «НИИД» была изготовлена партия образцов по принципу: «один материал, одна геометрия, одна технология изготовления». На основании собранных данных оценили повторяемость и воспроизводимость результатов измерений конкретным методом, а также сравнили результаты измерений остаточных напряжений, полученные разными методами. В работе представлен анализ полученных результатов измерений остаточных напряжений следующими методами: методом Давиденкова — Биргера и методом дифракции рентгеновских лучей.

Ключевые слова: поверхностные остаточные напряжения, метод Давиденкова — Биргера, метод дифракции рентгеновских лучей

Control of surface residual stresses in GTE parts

Yakovlev Maxim Grigorievich

m.yakovlev@uecrus.com

Shirvanyants Grigory Gennadievich

g.shirvanyanc@uecrus.com

Gazina Polina Anatolyevna

p.gazina@uecrus.com

Branch of JSC UEC NIID, Moscow, Russia

Abstract. The paper presents the results of an interlaboratory study within the framework of research on the topic “Investigation of the effect of surface hardening methods and control of residual stresses on gas turbine engine parts”. The study participants included 10 organizations within the structure of JSC UEC and 8 external organizations. For the study, the branch of JSC UEC NIID produced a batch of samples according to the principle of “One material, one geometry, one manufacturing technology”. Based on the collected data, the repeatability and reproducibility of the measurement results by a specific method were evaluated, and the measurement results of residual stresses obtained by different methods were compared. In this paper, we consider the analysis of the obtained results of residual stress measurements using the following methods: the Davidenkov — Birger method and the X-ray diffraction method.

Keywords: surface residual stresses, Davidenkov — Birger method, X-ray diffraction method

Цель данного межлабораторного исследования — оценка возможностей общественных предприятий и научных организаций в части контроля остаточных напряжений и оценка компетентности заводских и научно-исследовательских лабораторий на основе анализа результатов типовых измерений остаточных напряжений.

Объекты исследования и анализа — образцы-пластины из титанового сплава ВТ6 размерами 90,0×7,5×3,0 мм, изготовленные филиалом АО «ОДК» «НИИД».

При обработке результатов измерений принято допущение о том, что значения остаточных напряжений на одинаковой глубине, измеренные на различных образцах, подчиняются нормальному закону распределения.

По результатам проведенных исследований остаточных напряжений в поверхностном слое образцов из сплава ВТ6, упрочненных ультразвуковым методом, сделан ряд выводов, касающихся особенностей измерений остаточных напряжений различными методами.

Остаточные напряжения, определенные методом Давиденкова — Биргера и рентгеновским методом, в основном не выходят за пределы интервала $\pm 2\text{СКО}$ (среднее квадратическое отклонение), что показывает определенную стабильность результатов определения ОН в организациях-участниках. Более того, ОН, полученные методом Давиденкова — Биргера в неупрочненных образцах, за редким исключением лежат в интервале $\pm 1\text{СКО}$.

Рентгеновский метод дает значения ОН, как минимум в два раза большие по сравнению с методом Давиденкова — Биргера, что следует учитывать при назначении норм на ОН в конструкторской и технологической документации.

Остаточные напряжения, определенные методом Давиденкова — Биргера, имеют большой разброс значений ОН. Объяснить это можно многими факторами:

- особенностью процесса упрочнения, приводящей к определенной шероховатости поверхности, которая влияет на процесс неравномерного травливания поверхности;

- различными составами электролита, в котором происходило травление упрочненного поверхностного слоя образцов (у всех организаций-участников состав электролита разный, как по химическому составу, так и в количественном соотношении компонентов электролита);

- нестабильностью начальной фазы травления, в результате чего увеличивается дисперсия значений ОН, ближайших к поверхности. На скорость травления, а, следовательно, и стабильность показаний прибора, влияет изменение потенциала поверхности в начальном этапе травления (0–5 мкм) из-за большой шероховатости поверхности (неравномерности, волнистости, дефекты и др.) или наводороживания образцов из титановых сплавов, вследствие адсорбции кислорода из электролита в момент включения тока травления;

- на некоторых установках измерения остаточных напряжений вводится корректировка процесса травления (имеются в виду установки с возможностью временного отключения и регулировки тока травления, например установка

МерКулОН «Тензор-3», разработанная в филиале АО «ОДК» «НИИД»). Поэтому достаточно корректными следует считать результаты, полученные этим методом на глубине от поверхности 5 мкм и более;

- на разброс значений ОН также может влиять различная по длине область травления образца (в некоторых случаях образцы травились на части образца длиной 1 см), что обуславливается меньшим прогибом образца и, возможно, неточностью показаний перемещений датчика;

- также на результат измеряемых ОН влияет и метод обработки кривой деформирования, полученной в результате травления образца, сплайн-обработка которой может внести существенные коррективы в получаемую эпюру ОН;

- учитывая перечисленные факторы, в дальнейшем при проведении перекрестных исследований ОН необходимо четко прописать данные условия для достижения более точных результатов получения ОН в организациях-участниках.

На основании полученных результатов сделан вывод о необходимости систематического проведения межлабораторных сравнительных измерений остаточных напряжений среди предприятий авиадвигателестроительной отрасли и других заинтересованных научно-исследовательских лабораторий.

Список источников

- [1] *Исследование влияния способов поверхностного упрочнения и контроль уровня остаточных напряжений на деталях ГТД*. Отчет о НИР №0102/02-498 от 28.12.2021 г., этап 2. Филиал АО «ОДК» «НИИД», 99 с.
- [2] *Формирование научно-методической и нормативной базы по обеспечению и контролю поверхностных остаточных напряжений (ПОН) в деталях ГТД*. Отчет инв. № 15669, этап 2, в рамках НИР. ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», 70 с.