

А.С. Букатый, С.А. Букатый, Д.П. Лёшин, А.А. Округин // Научно-технологические технологии в машиностроении и авиадвигателестроении (ТМ-2012). Материалы IV международной научно-технической конференции. В 2-х частях. Рыбинск: РГАТУ имени П.А.Соловьёва, 2012. – Ч. 1. – С. 308–312.

4. Портер, А.М. Исследование достоверности прогнозирования малоциклового долговечности деталей ГТД на основе уравнения Мэнсона / А.М. Портер, С.А. Букатый, Д.П. Лёшин // Вестник СГАУ. – 2014. – № 5 (47). – Ч. 4. – С. 142–150.

УДК 621.787

*Букатый А.С., Швецов А.Н., Лунин В.В.,
Мухин А.Ю., Сараев А.С.*

НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМОВ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ШАССИ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Повышение сопротивления усталости тонкостенных валов, работающих в условиях высоких знакопеременных нагрузок, является важной задачей, стоящей перед авиационными производствами. Решение указанной задачи достигается применением упрочняющей обработки методами поверхностного пластического деформирования. Наиболее распространёнными методами упрочнения валов являются пневмодробеструйная обработка, алмазное выглаживание, обкатка роликом. Наличие на валах посадочных поверхностей с жёсткими технологическими допусками значительно усложняет процесс назначения режимов упрочняющей обработки. Целью данной работы является разработка методик, позволяющих на стадии проектирования технологического процесса изготовления валов осуществить расчёт-

ное прогнозирование остаточных напряжений и деформаций валов, назначить параметры упрочняющей обработки, обеспечивающие оптимальное распределение сжимающих остаточных напряжений и остаточных деформаций в пределах технологических допусков.

Дробеструйное упрочнение приводит к появлению остаточных напряжений в поверхностном слое деталей и, как следствие, технологическим остаточным деформациям (ТОД), наиболее значимой из которых является увеличение диаметра посадочных поверхностей. В зависимости от интенсивности режима упрочнения и диаметра дроби увеличение может составлять до 0,1 мм. При этом наибольшее влияние на остаточные деформации оказывает диаметр дроби и давление воздуха.

Исследуемой деталью являлся тонкостенный вал из материала ВТ-22. Упрочнению на роботизированной пневмодробеструйной установке стальными микрошариками подвергались посадочные поверхности под подшипники. Режимы упрочняющей обработки вала назначались на основе энергетического метода [1] и работ [2–4]. Применение разработанных методик прогнозирования ТОД позволило провести предварительный анализ и прогнозирование изменения геометрических размеров и формы вала, что особенно актуально при упрочнении дорогостоящих ответственных деталей, подверженных короблению. Однако для данной детали наибольшую эффективность показал метод упрочнения алмазным выглаживанием.

Алмазное выглаживание относится к методам отделочно-упрочняющей обработки, повышающих качество поверхности деталей, которое приводит к снижению шероховатости поверхности и формированию в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений. В качестве образцов для выглаживания использовались кольца из сплава ЭП517-Ш (15Х12Н2МВФАБ-Ш) с наружным диаметром 108 мм, внутренним 99 мм, шириной 10,5 мм, вырезанные из вала. Режимы обработки выглаживанием устанавливались

исходя из проведённого полного факторного эксперимента. Сила выглаживания соответствовала 50 и 200 Н, радиус сферы алмазного инструмента – 1,5 и 2,5 мм, величина продольной подачи – 0,02 и 0,08 мм, скорость выглаживания – 21,5 и 68 м/мин. В качестве смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) использовалось масло И20.

Остаточные напряжения исследовались в сегментах, вырезанных из кольцевых образцов, на установке АСБ-1. С целью оптимизации процесса выглаживания была построена конечно-элементная модель процесса. Моделирование осуществлялось по аналогии с работами [5,6], где зона под сферой инструмента выделялась объёмом с густо разбитой конечно-элементной сеткой, элементами SHELL63 и SOLID45. Размеры образца были выбраны следующими: длина – 4 мм, толщина – 1,5 мм, ширина – 1,4 мм. Параметры процесса выглаживания выбирались исходя из получения наилучшей шероховатости поверхности.

Из графиков (рис. 1) видно, что при небольшом усилии на поверхности обработанного образца формируются сжимающие напряжения, а при небольшой величине продольной подачи на поверхности формируются значительные растягивающие напряжения.

Радиус сферы инструмента $R_{cf} = 2,5$ мм, величина подачи $S_o = 0,02$ мм/об, сила выглаживания $P_y = 200$ Н, скорость выглаживания в расчёте не учитывалась и задавалась величиной перемещения инструмента. Величина подачи задавалась путём создания дополнительных сфер, отстоящих друг от друга на расстоянии, равном величине подачи. Результаты численного расчёта (рис. 1) показывают, что на поверхности образца формируются напряжения растяжения, что понижает сопротивление усталости и уменьшает работоспособность деталей. Аналогичный характер распределения величины остаточных напряжений получен и при экспериментальных исследованиях (рис. 2, кривая 4).

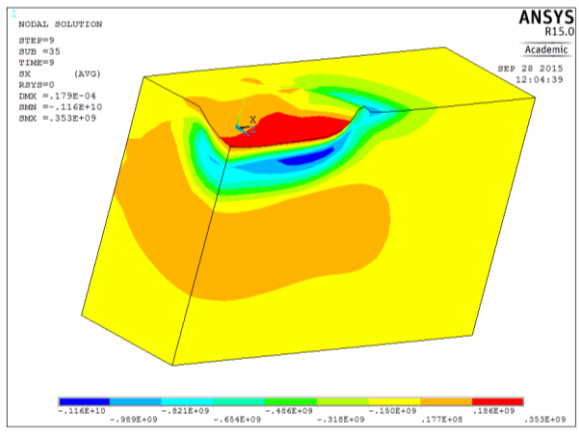


Рис. 1. Результаты конечно-элементного моделирования процесса выглаживания

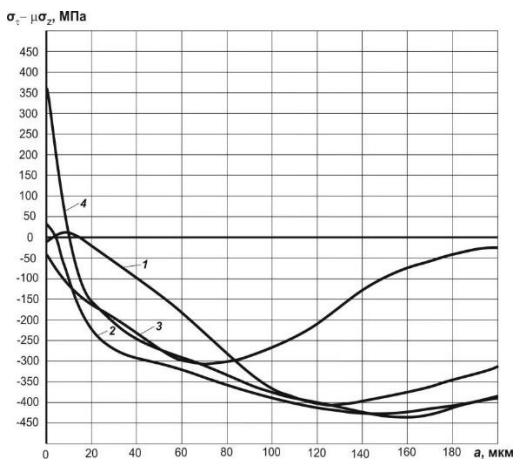


Рис. 2. Эпюры распределения остаточных напряжений в поверхностном слое образца при выглаживании:

1 – $P_y = 250$ Н, $S_o = 0,08$ мм/об, $R_{сф} = 2,5$ мм, $U = 68$ м/мин;

2 – $P_y = 250$ Н, $S_o = 0,08$ мм/об, $R_{сф} = 1,5$ мм, $U = 68$ м/мин;

3 – $P_y = 50$ Н, $S_o = 0,08$ мм/об, $R_{сф} = 2,5$ мм, $U = 68$ м/мин;

4 – $P_y = 200$ Н, $S_o = 0,02$ мм/об, $R_{сф} = 2,5$ мм, $U = 68$ м/мин

Данная конечно-элементная модель может быть использована для оптимизации режимов алмазного выглаживания с целью минимизации возможных значений растягивающих напряжений на поверхности валов, создания благоприятных сжимающих напряжений, а также для анализа ТОД.

Библиографический список

1. Букатый, А.С. Оптимизация режимов дробеструйного упрочнения высокоточных деталей на основе энергии поверхностного пластически деформированного слоя / А.С. Букатый, В.С. Стогов, А.А. Иванов // Прочность материалов и элементов конструкций. Тезисы докладов международной научно-технической конференции. – 2010. – Т. 1. – С. 56–57.

2. Букатый, С.А. Автоматизированная система определения остаточных напряжений / С.А. Букатый, А.С. Букатый // Механика и процессы управления. Труды XXXVIII Уральского семинара. – 2008. – Т. 1. – С. 191–194.

3. Букатый, С.А. Энергетический метод определения рациональных режимов упрочнения тонкостенных и маложёстких деталей ГТД поверхностным пластическим деформированием / С.А. Букатый, А.С. Букатый // Авиационно-космическая техника и технология. – 2009. – № 10(67). – С. 45–49.

4. Букатый, С.А. Изменение размеров тонкостенного вала после упрочняющей обработки поверхности / С.А. Букатый, С.И. Иванов // Вопросы прочности и долговечности элементов авиационных конструкций. Сборник научных трудов. – Куйбышев: КуАИ, 1977. – Вып. 3. – С. 83-87.

5. Швецов, А.Н. Анализ результатов моделирования алмазного выглаживания отверстий средствами CAE-технологий в программном комплексе ANSYS / А.Н. Швецов, Д.Л. Скуратов // Высокие технологии в машиностроении: Материалы Всероссийской

научно-технической конференции с международным участием. – Самара: СамГТУ, 2011. – С. 34–36.

6. Швецов, А.Н. Моделирование напряжённо-деформированного состояния поверхностного слоя детали при алмазном выглаживании в программном комплексе ANSYS / А.Н. Швецов, Д.Л. Скуратов // Фундаментальные и прикладные проблемы моделирования современного машиностроения и металлургии. Сборник научных трудов. – Липецк: Липецк. гос. техн. ун-т, 2012. – Ч. 2 – С. 49–53.