

стыков и по углу поворота накидной гайки, причём для трубопроводов Ду4 данный угол составляет $\sim 120^\circ$ от выборки упора (зазора) в стыке.

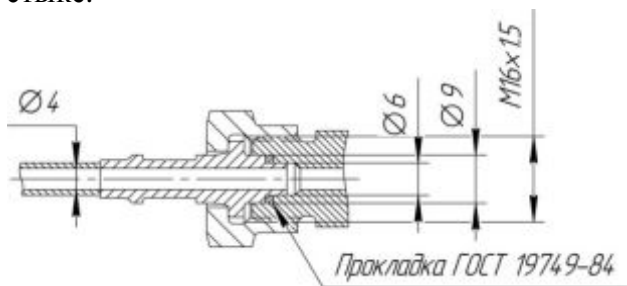


Рис. 2. Стык трубопровода Ду4 с концевой арматурой по ОСТ92-8497-93

В процессе проведения экспериментальной обработки подобных соединений с различным углом затяжки было установлено, что для рабочего давления 9МПа герметичность гарантировано достигалась при угле поворота от 60° и выше. Объединяя требования НТД и конкретные условия применения воздушных трубопроводов двигателей РД-

107А/108А, для указанных стыков целесообразно назначить величину затяжки $(120_{-30})^\circ$ от упора. Последующие теоретические расчёты показали, что при данных величинах затяжки в стыке по поверхностям пластически деформируемой податливой прокладки реализуется контактное давление до $\sim 89,2$ МПа, что обеспечивает работоспособность и герметичность системы более чем с восьмикратным запасом. Указанное обстоятельство позволяет перейти на новый тип стыка в трубопроводах двигателей РД-107А/108А без увеличения существующей номенклатуры оснастки и инструмента, используемых при сборке, ввиду отсутствия необходимости в моментных ключах

Библиографический список

1. ГОСТ 19749-84. Соединения неподвижные разъемные пневмогидросистем. Затворы закрытые. Типы и технические требования.

УДК 621.757

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЁТНОГО НАТЯГА ПРИ СБОРКЕ НЕПОДВИЖНЫХ НЕРАЗЪЁМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

©2016 В.Ф. Безъязычный, С.В. Чугуевская

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва

THE QUESTION OF DETERMINING THE THEORETICALLY-DERIVED TIGHTNESS WHEN ASSEMBLING FIXED PERMANENT CONNECTIONS

Bezyazichny V.F., Chuguevsky S.V. (P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk, Russian Federation)

The paper presents a method to estimate the tightness of the assembly with fixed permanent connections based on the cutting conditions in the processing of contact surfaces and geometry of the cutting tool.

Одним из видов соединений деталей газотурбинных двигателей (ГТД) является соединение с натягом. Требуемые прочностные характеристики сборочных единиц в этом случае зависят от физико-механических свойств материалов деталей, их геометрических размеров, вида сборки и от параметров качества обработанной поверхности (шероховатости, степени наклёпа, остаточных напряжений), которые, в свою очередь зависят от технологических условий их обработки (свойств обрабатываемого и инструменталь-

ного материалов, режимов обработки: подачи, глубины и скорости резания).

В настоящее время расчёт соединений с натягом выполняется по известным классическим формулам с использованием справочных данных, как правило, с учётом шероховатости контактируемых поверхностей. Известны также рекомендации по расчётному определению номинального натяга с учётом как шероховатости контактируемой поверхности, так и степени её упрочнения (наклёпа) [1].

Следует отметить, что учёт при расчёте величины натяга параметров качества поверхностного слоя собираемых деталей не позволяет однозначно определять степень влияния режимных условий обработки на величину номинального натяга и, следовательно, прочность прессового соединения.

Как известно, прочность прессового соединения характеризуется осевой силой P_0 , которая входит в зависимость для расчёта натяга δ_p (формула Ляме).

$$\delta_p = \frac{P_0}{\pi l f_{oc}} \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right), \quad (1)$$

где l – длина контакта сопрягаемых деталей; f_{oc} – коэффициент трения при осевом сдвиге [2]; C_1 и C_2 – величины, зависящие от номинальных размеров сопрягаемых деталей и коэффициентов Пуассона материала этих деталей [2]; E_1 и E_2 – модули упругости материалов охватываемой и охватывающей деталей.

Исследованиями установлено, что модуль упругости материала детали вследствие воздействия на него в процессе обработки теплового и силового факторов изменяется [3]. При механической обработке модуль упругости материала поверхностного слоя детали $E_{обр}$ определяется следующей зависимостью:

$$E_{обр} = C \cdot A^K, \quad (2)$$

где C и K величины, зависящие от материала обрабатываемой детали и определяемые по табл. 1, A – энергетический критерий подо-

Таблица 1 - Коэффициенты для расчёта модуля упругости в зависимости от группы материала

Группа обрабатываемых материалов	Вид обработки и коэффициенты			
	точение		фрезерование	
	$C \cdot 10^3$	K	$C \cdot 10^3$	K
Никелевые жаропрочные сплавы	165	-0,08	182	-0,08
Конструкционные стали	166	-0,10	197	-0,07
Титановые сплавы	88	-0,11	100	-0,15

Решая уравнение (1) с учётом (2) и (3), получим результаты, которые могут позволить определять величину расчётного натяга в зависимости от режимных условий обработки, а также геометрии режущего инструмента и свойств обрабатываемого и инструментального материалов.

бия процесса резания, который определяется по формуле профессора Силина С.С. [4]:

$$A = \frac{1}{\frac{2,85E^{0,1}}{B^{0,43} \sin^{0,05} \alpha} + 0,6625 \frac{\Gamma D^{0,3} E^{-0,175}}{B \sin^{0,165} \alpha}}, \quad (3)$$

где $B = \frac{V a_1}{a}$ – безразмерный комплекс процесса резания, характеризующий степень влияния режимных условий процесса резания по сравнению с влиянием теплофизических свойств обрабатываемого материала; V – скорость резания, м/с; a_1 – толщина среза, м; a – температуропроводность обрабатываемого материала, м/с²; $\Gamma = \frac{\lambda_p}{\lambda} \beta \varepsilon$ – безразмерный комплекс, отражающий влияние геометрии инструмента и отношения теплопроводности инструментального и обрабатываемого материалов; λ и λ_p – коэффициенты теплопроводности обрабатываемого и инструментального материалов, Дж/м·с·°С; β и ε – угол заострения и угол при вершине резца в плане, радиан; $D = \frac{a_1}{b_1}$ – безразмерный комплекс, характеризующий геометрию сечения резца; b_1 – ширина среза; $E = \frac{\rho_1}{a_1}$ – безразмерный комплекс, характеризующий влияние на процесс резания геометрической формы режущей кромки резца; ρ_1 – радиус округления режущей кромки резца, м; α – задний угол режущего инструмента.

Результаты получены в рамках выполнения базовой части государственного задания Минобрнауки России (НИР 824).

Библиографический список

1. Чугуевская С.В., Безъязычный В.Ф. Определение натяга в прессовых соединениях узлов ГТД с одновременным учётом ше-

роховатости и степени наклёпа поверхностей соединяемых деталей // Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин. – Уфа: УГАТУ, 2016. С. 15-21.

2. Драпкин Б.М., Кононенко В.К., Безъязычный В.Ф. Свойства сплавов в экстремальном состоянии. – М.: Машиностроение, 2004. 256 с.

3. Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справочник. В 2-х т. / Ред. совет: В.С. Корсаков (предс.) и др. – М.: Машиностроение / Под ред. В.С. Корсакова, В.К. Замятина, 1983. 480 с.

4. Силин С.С. Метод подобия при резании материалов. – М.: Машиностроение, 1979. 152 с.

УДК 621.8

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 В.Ф. Безъязычный

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва

SERVICE PROPERTIES TECHNOLOGY SUPPORT FOR GTE PARTS

Bezyazichny V.F. (P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk, Russian Federation)

The technique of processing conditions technological purpose to ensure specified quality parameters of the surface layer while machining, as well as defining numerically operating properties of products based on the known parameters of the surface layer quality and the case of processing conditions.

Для ответственных деталей газотурбинных двигателей (ГТД) необходимо обеспечить наряду с заданной точностью обработки комплекс параметров, характеризующих поверхностный слой. В этом случае требуется определить взаимосвязь технологических условий обработки с параметрами качества поверхностного слоя, точности обработки, свойствами обрабатываемого и инструментального материалов, жёсткостью технологической системы СПИЗ, размерами детали, что может быть представлено следующим образом:

$$(t, S, V, r, \varphi) = f \left(\begin{array}{l} \sigma_{ост}, h_n, Rz, \Delta \varepsilon, T_p, \sigma_B, \sigma_T, E_D, \tau_p, \\ \mu, \beta_D, \beta_p, \lambda_{ст}, a, \lambda_D, \lambda_p, (ср)_D, (ср)_H, \\ \theta_{пл}, \gamma, \alpha, \varphi, \varphi_1, r, \rho_1, j_{сист}, B_1, H_1, L, H \end{array} \right), \quad (1)$$

где σ_B и E_D – предел прочности и модуль упругости обрабатываемого материала, МПа; β_D и β_p – коэффициент температурного линейного расширения обрабатываемого и инструментального материалов, $1/^\circ\text{C}$; τ_p – сопротивление обрабатываемого материала пластическому сдвигу, МПа; μ – коэффициент Пуассона обрабатываемого материала; λ_p , λ_D , $\lambda_{ст}$ – коэффициент теплопроводности инструментального, обрабатываемого материала и материала стержня режущего инстру-

мента соответственно, Дж/(м·сек $^\circ\text{C}$); α и γ – задний и передний углы инструмента, (радиан); φ и φ_1 – главный и вспомогательный углы резца в плане, (радиан); r и ρ_1 – радиус при вершине резца в плане и радиус округления режущей кромки резца, мм; $j_{сист}$ – жёсткость технологической системы СПИЗ, Н/м; L и H – длина и высота детали, мм; B_1 и H_1 – высота и ширина сечения державки резца, мм; V – скорость резания, м/с; σ_T – предел текучести обрабатываемого материала на разрыв, МПа; h_n – глубина наклёпа материала поверхностного слоя, мкм; Rz – высота неровностей профиля, мкм; t и S – глубина резания и подача, мм; $\Delta \Sigma$ – суммарная погрешность обработки, мкм; $\sigma_{ост}$ – величина остаточных напряжений в поверхностном слое, МПа; a – температуропроводность обрабатываемого материала, $\text{м}^2/\text{с}$; $(ср)_D$ и $(ср)_H$ – удельная объёмная теплоёмкость обрабатываемого и инструментального материалов; Дж/м³ К; T_p – стойкость режущего инструмента, мин.

Для реализации функциональной зависимости (1) необходимо иметь расчётные зависимости для определения параметров качества поверхностного слоя (остаточных напряжений в поверхностном слое, степени