

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:

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

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, $\text{м}^2/\text{с}$; $(cp)_D$ и $(cp)_H$ – 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

и глубины наклёпа и параметров шероховатости поверхности, погрешности обработки). Такие зависимости получены автором [1, 2]. С их использованием может решаться задача по определению технологических условий обработки, обеспечивающих заданные значения остаточных напряжений, глубины наклёпа, шероховатости поверхности и точности обработки. Разработан алгоритм расчёта параметров процесса резания [2].

Параметры качества поверхностного слоя представляют практический интерес с точки зрения эксплуатационных свойств изделий, таких как усталостная прочность, износостойкость, контактная жёсткость и др.

В качестве характеристик сопротивления усталости материала детали используется критерий повреждённости материала, который определяется по изменению модуля упругости $E_{обр}/E_{исх}$, где $E_{обр}$ и $E_{исх}$ – модули упругости материала поверхностного слоя детали после обработки и в исходном состоянии.

$$J_h = 0,0316 \cdot 3,7^{v+1} \alpha^{0,5} b_p \times$$

$$\times \left\{ \frac{1}{8r} \left[0,6625 a_1^{0,125} (c_p)_d \theta_0 \times \frac{4,3 \sin^{0,115} \alpha V^{0,57} a_1^{0,345} \lambda_p \left(\frac{t}{m} \right)^{0,3} + \lambda_p \beta \varepsilon a^{0,57} \rho_1^{0,075}}{\tau_p a^{-0,43} \sin^{0,05} \alpha V_0^{0,25} c_0 m^{0,74-n_0} \times b^{0,04} \rho_1^{n_0-0,1} (1-0,45 \sin \gamma)} \right]^{0,719-0,2(v+1)+5,2t_y} \right\} \times \left(\frac{34,64 \sigma_0}{k f_m} \right)^{t_y} \left(\frac{N}{A_c} \right)^{-0,323(v+1)+0,161-0,16t_y} \left(\frac{1-\mu^2}{E_d} \right)^{0,161+0,84t_y-0,323(v+1)}, \quad (3)$$

где a_1 – толщина среза, м; b_p – длина контакта режущих кромок инструмента с обрабатываемым материалом, м; β и ε – угол заострения и угол при вершине резца в плане, радиан; V_0 – оптимальная скорость резания, м/с; C_0 – величина, зависящая от предела прочности обрабатываемого материала; m – величина, зависящая от соотношения подачи, глубины резания и радиуса при вершине резца в плане; v и b – параметры кривой аппроксимации опорной поверхности; α – величина, зависящая от вида контакта поверхностей; σ_0 – действующее напряжение, Па; k – коэффициент, характеризующий напряжённое состояние на контакте; f_m – молекулярная составляющая коэффициента трения; N – сила, сжимающая контактируемые тела,

Исследованиями автора совместно с кандидатами технических наук Драпкиным Б.М., Тимофеевым М.В., Осадчим Н.В., Любимовым Р.В., Водолагиным А.Л. получена зависимость:

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

где B, Γ, D, E – безразмерные параметры процесса резания [3]; C и K – величины зависящие от свойств обрабатываемого материала; σ_{-1} и $\sigma_{исх}$ – предел выносливости материала детали после обработки и в исходном состоянии (до обработки).

При обработке точением с оптимальной скоростью резания θ , соответствующей минимуму износа режущего инструмента и минимальной высоте неровностей на обработанной поверхности, интенсивность изнашивания обрабатываемой поверхности J_h определяется по следующей зависимости:

N ; A_c – номинальная площадь, очерченная размерами соприкасающихся тел, мм²; t_y – параметр кривой функциональной усталости.

Таким образом, интенсивность изнашивания поверхности является функцией условий её обработки, а также свойств материала детали.

Библиографический список

1. Инженерия поверхности деталей / Колл. авт.; под. ред. А. Г. Сулова. -М: Машиностроение. 2008. 320 с.
2. Безъязычный В.Ф. Метод подобия в технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2012. 320 с.
3. Силин С.С. Метод подобия при резании материалов. – М.: Машиностроение, 1979. 152 с.