

Г.Д. Петухов
G.D. Petukhov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ СБОРНОЙ ПРОТЯЖКИ ДЛЯ СКОРОСТНОГО ПРОТЯГИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

CALCULATION AND DESIGN OF A NEW DESIGN TEAM PULLING FOR SPEED BROACHING PARTS OF GAS TURBINE ENGINE

Приведены результаты расчета и проектирования новой сборной конструкции протяжки с неперетачиваемыми твердосплавными пластинками для обработки замковых поверхностей лопаток из титановых сплавов на повышенных скоростях резания.

The results of calculation and design of new modular design broach with either resharpenable or throwaway carbide plates for processing castle surfaces of the blades of titanium alloys at elevated speeds.

Ключевые слова: протяжка, угол наклона, пластина, размер зуба, подъем на зуб.

Keywords: broach, tilt angle dimensions, cutting inserts, the size of the tooth, the rise of the tooth.

Авиационное двигателестроение по праву считается одной из сложнейших отраслей машиностроения. Для создания современных газотурбинных двигателей необходимо постоянное совершенствование технологических процессов, разработка и внедрение новых материалов, методов и средств обработки, в основу которых положены высокие требования к качеству, надежности силовых установок, экономичности их производства и эксплуатации [1].

В свою очередь узлы компрессора и турбины состоят из большого числа дисков и лопаток, соединенных с помощью специальных профильных замковых соединений (рис. 1). Общее число профильных замковых поверхностей дисков и лопаток в одном газотурбинном двигателе составляет более 7000. Эти поверхности относятся к наиболее нагруженным и ответственным элементам газотурбинного двигателя (ГТД). Наиболее производительным методом обработки таких поверхностей является процесс скоростного протягивания твердосплавными протяжками.

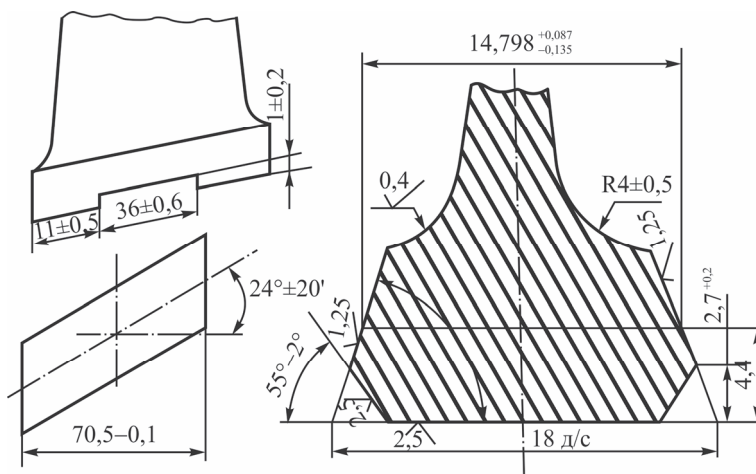


Рис. 1. Эскиз замка лопатки компрессора двигателя ПС90 2А из титанового сплава ВТ8, обрабатываемого протягиванием

Применение протяжек с горизонтально расположенными сменными пластинами вызывает ряд замечаний:

- передняя и задняя поверхность режущей кромки пластины функционально меняются местами;
- покупные пластины имеют стандартизированный задний угол α , в связи с этим возникают проблемы с получением нужного переднего угла γ ;
- получение стружки нужных форм и размеров за счет правильного выбора типа стружечной канавки невозможно, так как пластина будет работать задней поверхностью.

Нужный передний угол γ можно получить путем обеспечения нужного наклона посадочного места в протяжке под пластину (задний угол α пластины + угол наклона).

Протягивание – это наиболее высокопроизводительный процесс окончательной лезвийной обработки, обеспечивающий выполнение повышенных требований по точности, шероховатости и физико-химическим свойствам поверхностного слоя. Протягивание относится к числу наиболее ответственных директивных операций обработки деталей газотурбинного двигателя, влияющих на эксплуатационную долговечность и надежность работы. В то же время трудоемкость операций протягивания достаточно велика и часто составляет более 50 % от общей трудоемкости обработки деталей.

Обработку сложных фасонных поверхностей замков лопаток и пазов в дисках и кольцах ГТД на различных заводах моторостроения ведут различными методами: фрезерованием, маятниковым шлифованием, протягиванием и глубинным шлифованием.

Расчет протяжки производится следующим образом:

1. Принимается угол наклона зубьев. На плоских протяжках часто делают зубья наклонными, угол ω . Однако это усложняет изготовление протяжек и увеличивает их длину. Угол наклона зубьев ω может быть равен: 0° , 10° , 15° и 20° [2].

Проектируемая протяжка имеет угол наклона зубьев 0° . Угол γ_1 принимаем равным $6^{\circ+2^\circ}$. Второй передний угол γ_2 равен 17° . Задний угол α принимаем $5^{\circ+2^\circ}$. Но в связи с тем, что в протяжке будут использоваться пластины фирмы Sandvik, принимаем следующие углы: передний угол $\gamma = 4^{\circ+1^\circ}$, задний угол $\alpha = 3^{\circ+1^\circ}$. Это будет достигаться путем наклонного расположения режущей пластины, у которой задний угол $\alpha = 7^\circ$ ($\gamma + \alpha = 3^\circ + 4^\circ$) [3].

2. Рассчитываются габаритные размеры протяжек. Ширина плоских протяжек b зависит от типа и ширины обрабатываемой поверхности B . Высота плоских протяжек H по зубьям должна обеспечивать жесткость, возможность крепления. При выборе H учитывается высота зуба h и ширина протяжки b .

Высота протяжки по первому зубу $H_1 = 20 \dots 30$ мм. Уточнение величины H_1 производится при прочерчивании поперечного сечения протяжки с элементами крепления. Для возможности крепления узких протяжек увеличивают их высоту.

3. Подъем на зуб протяжки s_z на сторону [3] выбираем из диапазона $0,05-0,12$ мм. Принимаем $s_z = 0,08$ мм.

4. Размеры зуба и впадины между зубьями выбираем табличным способом в зависимости от сечения металла, снимаемого одним режущим зубом протяжки. Объемный коэффициент заполнения впадины

$$k = F_B / F_C = 2 \dots 5,$$

где F_B – площадь сечения впадины, мм; F_C – площадь сечения металла, снимаемого одним зубом, мм.

В нашем случае $k = 3$, следовательно,

$$F_C = l_n \cdot s_z = 56 \cdot 0,08 = 4,48 \text{ мм}^2,$$

где l_n – длина изделия.

$$F_B = k \cdot F_C = 3 \cdot 4,48 = 13,44 \text{ мм}^2.$$

Пользуясь таблицей [3] для ближайшего значения $F_B = 12,5 \text{ мм}^2$, при прямолинейной форме впадины зуба принимаем: шаг протяжки $t = 10$ мм; глубина впадины $h = 3,6$ мм; длина задней поверхности $b = 4$ мм; радиус закругления впадины $r = 2,0$ мм.

Учитывая, что ширина пластины $b = 16$ мм, принимаем шаг протяжки $t = 32$ мм. Соответственно, глубина впадины $h = 10$ мм; радиус закругления впадины $r = 2$ мм. Увеличение параметров t (шаг протяжки) и h (глубина впадины) приведет к увеличению площади сечения впадины F_B , что не сказывается на работоспособности протяжки.

5. Определяем общую длину протяжки:

$$L = (n \cdot t) + l_0 = (20 \cdot 32) + 40 = 680 \text{ мм},$$

где n – количество зубьев; t – шаг протяжки; l_0 – длина хвостовика плоской протяжки.

6. Подбор режущей пластины. С целью подбора режущей пластины для обработки поверхности шириной $b = 16$ мм труднообрабатываемого материала воспользуемся каталогом Sandvik Coromant.

Принимаем пластину SCMA 160808 TK25, где S – форма пластины квадратная; C – задний угол 7° ; M – класс точности; A – тип пластины без стружечной канавки (нет необходимости, так как пластина работает задним углом); 16 – длина режущей кромки, мм; 08 – толщина пластины, мм; 08 – радиус при вершине, 0,8 мм; TK20 – особо мелкозернистый твердый сплав для обработки жаропрочных и титановых сплавов. Высокая стойкость к термическому удару и фрагментарному износу делают сплав пригодным для продолжительной работы в условиях прерывистого резания.

На основании полученных данных проектируем протяжку (рис. 2). Расчет и проектирование новой конструкции сборной протяжки для скоростного плоского протягивания позволяет продолжить работу над проектированием протяжек для обработки боковых плоскостей хвостовика лопаток (ласточкин хвост), а также в будущем рассмотреть вопрос проектирования протяжек для обработки нескольких плоскостей хвостовика лопаток одновременно.

Список литературы

1. Макаров В.Ф. Выбор и назначение оптимальных условий протягивания заготовок из труднообрабатываемых материалов: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 396 с.
2. Балюра П.Г. Протягивание пазов. – М.: Машиностроение, 1964. – 171 с.
3. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: Машиностроение, 1984. – 398 с.

Получено 7.10.2014

Петухов Григорий Дмитриевич – аспирант, ПНИПУ, АКФ, e-mail: el190980@yandex.ru.