

УДК 621.923

Исследование погрешностей при глубинном шлифовании хвостовиков турбинных лопаток

***Малинин А.В.**, студент*

*Россия, 248005, г. Калуга, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Тепловые двигатели и теплофизика»*

***Захарова В.С.**, студентка*

*Россия, 248005, г. Калуга, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Тепловые двигатели и теплофизика»*

Научный руководитель: Бушуев А.А., старший преподаватель

Россия, 248005, г. Калуга, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

Гридчин Н.В., ассистент

Россия, 248005, г. Калуга, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

bauman@bmstu.ru

Одним из немногих методов обработки жаропрочных сплавов является метод глубинного шлифования. При методе глубинного шлифования в мелкосерийном производстве чаще всего используется схема односторонней обработки, которую можно осуществить на универсальном плоскошлифовальном станке модели ЛШ-220 (Россия, Липецкий станкостроительный завод). Данный станок имеет 3 одновременно управляемые координаты: перемещение рабочего стола по оси x , перемещение колонны по оси y , перемещение шлифовальной головки по оси z и 4 - управление правящим роликом. Динамика процесса глубинного шлифования определяется взаимодействием трех основных объектов: шлифовального круга, обрабатываемой детали, алмазного правящего ролика. Правка круга алмазным роликом обеспечивает высокую точность профиля режущего инструмента благодаря точному позиционированию алмазного ролика и круга, совпадению осей их симметрии. При данной схеме они в течение всего цикла обработки находятся в постоянном контакте.

Менее изученной проблемой нарушения устойчивости процесса глубинного шлифования является износ оборудования, а именно деталей несущих основные нагрузки (подшипники). В связи с износом подшипника происходят смещения оси правящего ролика одновременно в двух плоскостях, что влечет за собой возникновение погрешностей обрабатываемой детали.

Установление связи между смещением осей и возникновением погрешностей можно осуществить с помощью аналитических и экспериментальных исследований. Для этого рассмотрим обработку хвостовика лопатки газовой турбины методом глубинного шлифования на станке ЛШ-220 (схема данной установки приведена на рис. 1).

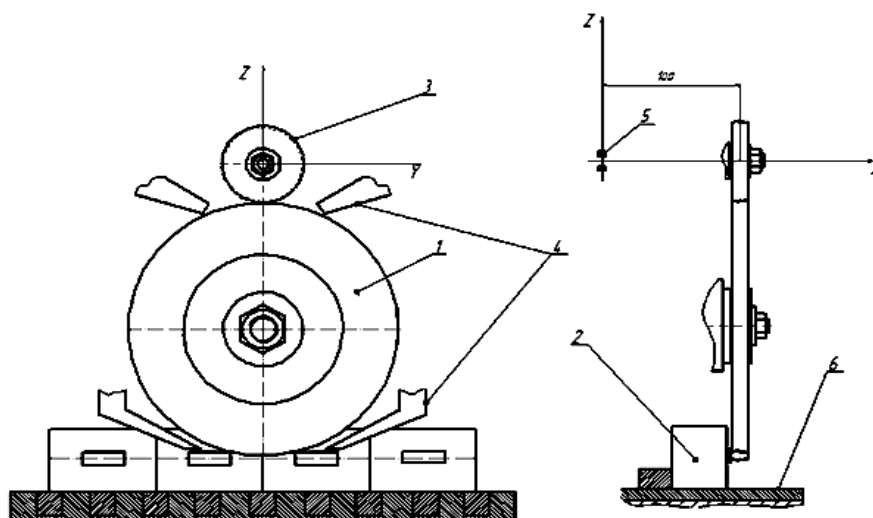


Рис. 1. Схема глубинного шлифования на станке ЛШ-220: 1 - шлифовальный круг; 2 - кассета с деталью; 3 - правящий ролик; 4 - сопла для СОЖ; 5 - подшипник, 6 – стол

Данная система рассматривается относительно опорного подшипника правящего устройства. Условно выбирается система координат с началом в точке на пересечении оси вала правящего устройства и плоскости подшипника. Расстояние по оси от центра подшипника до центра ролика (S) известно по техническим данным станка.

Ролик входит в контакт со шлифовальным кругом рис. 2. При вращении валов в точке контакта ролика и шлифовального круга возникают силы, которые в сумме равны нулю.

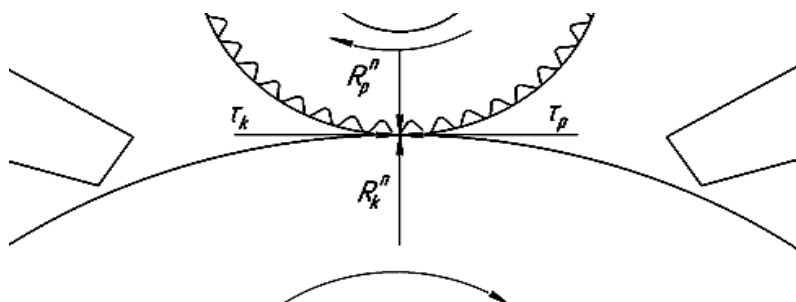


Рис. 2. Динамическая схема правки круга

R_k^n - нормальная составляющая силы реакции круга на воздействие ролика, R_p^n - нормальная составляющая силы реакции ролика на воздействие шлифовального круга,

τ_k - тангенсальная составляющая силы реакции шлифовального круга, τ_p - тангенсальная составляющая силы реакции ролика.

Рассмотрим воздействие сил реакций в плоскости x-z:

Для определения погрешности в данной плоскости мы будем использовать экран, представляющий собой щит, на котором в увеличенном 50 кратном масштабе изображен чертеж хвостовика рис. 3. Он является базовым и имеет своё поле допуска, в котором производится замер погрешности в соответствующей плоскости.

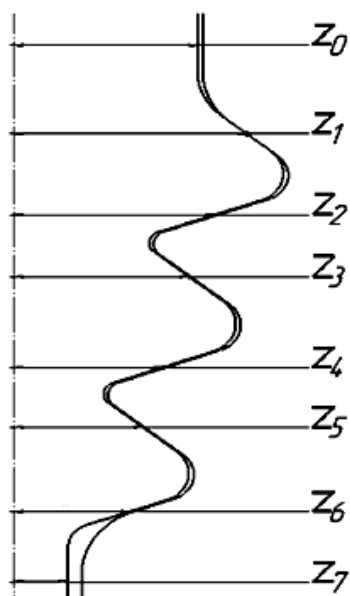


Рис. 3. Схема экрана

Рассмотрим в плоскости x-z влияние действующих сил на смещение оси вала правящего устройства. Данная схема представлена на рисунке 4.

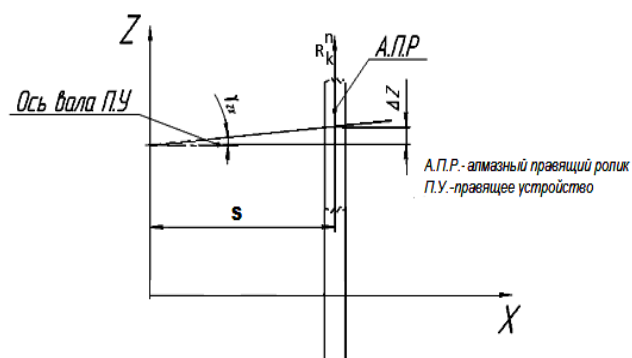


Рис. 4. Смещение оси вала правящего устройства на величину ΔZ .

Вследствие воздействия момента M_{kn} , при нарезании ёлочного профиля, возникают смещения линии профиля хвостовика, что представлено на рис. 5.

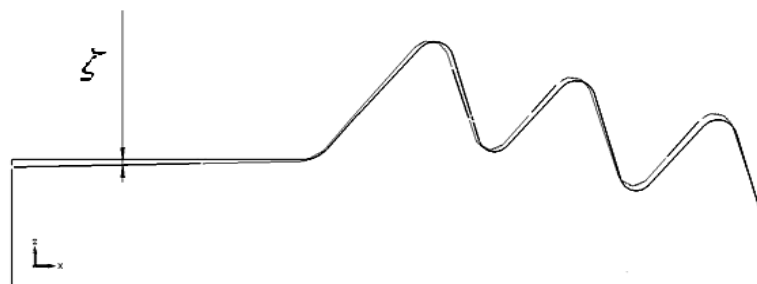


Рис. 5. Результат воздействия момента M_{kn}

Внешняя линия является базовой, без воздействия момента. Внутренняя линия является результатом воздействия момента.

Рассмотрим воздействие сил реакций в плоскости $x-y$:

В данной плоскости рис. 6 главной действующей силой будет тангенсальная составляющая силы реакции шлифовального круга τ_k , образующая момент M_{tk} относительно начало координат, который изгибает вал ролика в плоскости $x-y$ на величину ΔY .

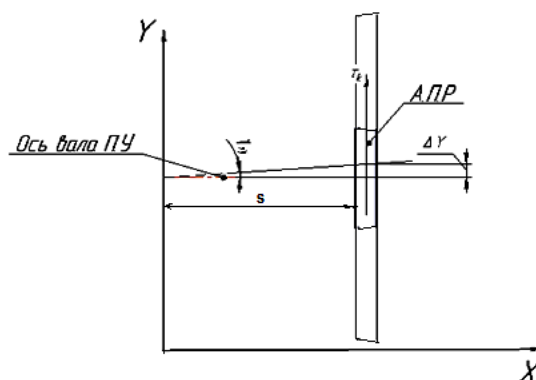


Рис. 6. Смещение вала правящего устройства на величину ΔY

Вследствие воздействия момента M_{kt} при нарезании ёлочного профиля, будет происходить угловое смещение оси вала правящего устройства в сторону воздействующей силы. Данное изменение можно увидеть на рис. 7.

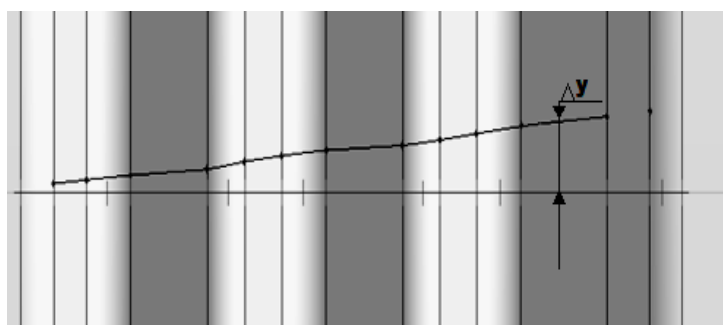


Рис. 7. Результат воздействия момента M_{kt} на сечение хвостовика

Горизонтальная линия является следом контакта при нулевом смещении, наклонная линия является следом контакта при смещении вала на угол γ_{xy} .

Для подтверждения правильности теоретических расчетов были проведены экспериментальные замеры на готовом изделии.

Эксперимент заключается в замере погрешности профиля исследуемого образца, сопоставлении данных замеров с полученными теоретическими расчетами и определении смещения по ним.

По полученным экспериментальным данным была построена модель, с которой были сняты погрешности с экрана. На фотографии экрана, представленного на рис. 8 видно, что профиль ёлочного паза выполнен по границам поля допуска. Исходя из того, что ролик был проверен неоднократно, следует, что данная погрешность вызвана смещением оси вала правящего устройства. Смещение оси вала правящего ролика равно величине предела поля допуска по вершине зуба. На чертеже экрана, имея замеры радиуса вершины зуба профиля, сопоставляем край профиля с границей предела поля допуска и производим замер погрешности.



Рис. 8. Изображение проекции профиля на экран

Получилось, что в плоскости $x-z$ смещение составило $\Delta Z = 0,056\text{мм}$, в плоскости $x-y$ смещение составило $\Delta Y = 0,081\text{мм}$.

Суммарные смещения вала по замеру рабочих:

$$\gamma_p = \sqrt{\Delta Z^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{0,056^2 + 0,081^2} = 0,0984\text{мм}$$

Суммарные отклонения, полученные теоретическим расчетом:

Смещения в плоскости $x-z$: $\Delta Z = 0,055\text{ мм}$

Смещения в плоскости $x-y$: $\Delta Y = 0,0793\text{ мм}$

$$\gamma_T = \sqrt{\Delta Z^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{0,055^2 + 0,0793^2} = 0,0965 \text{ мм}$$

Погрешность расчета и практических замеров

$$\Delta = \frac{\gamma_T - \gamma_P}{\gamma_T} \cdot 100\% = 1,9\%$$

Проведенные исследования показали, что исследуемая погрешность возникает из-за смещения оси вала правящего устройства. Для того, что бы предотвратить возникающие смещения, необходимо проводить плановый осмотр, регулярно осуществлять замеры главных рабочих частей станка, использовать запчасти для ремонта, подходящие по характеристикам.

Список литературы

1. Полетаев В.А, Волков Д.И «Глубинное шлифование лопаток турбин» Москва «Машиностроение» 2009 г.
2. Каблов Е.Н «Литые лопатки газотурбинных двигателей» издание 2, Москва НАУКА 2006 г.
3. А.М.Сулима, «Основы технологии производства газотурбинных двигателей». Издание второе, Москва Машиностроение 1996 г.