

## ОПТИМИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИИ ЗАТОЧКИ ЗАТЫЛОВАННЫХ ДИСКОВЫХ ФАСОННЫХ ФРЕЗ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ажар А.В., Минасян Г.О., Кошевой А.Н.  
Белорусский национальный технический университет  
e-mail azhar.a@bntu.by

**Summary.** A method is proposed for determining the optimal diameter of a grinding wheel for sharpening shaped disk mills, based on computer 3D modeling of the grinding operations, taking into account the restrictions on the formation of a saddle on a tooth and a gouge on an adjacent tooth. For the feasibility study of the wheel toolkit at the stage of production preparation, a complex indicator of the relief operation is proposed, taking into account the level of resources of the grinding wheel and disk cutter during operation.

Затылование шлифованием является наиболее трудоёмкой, сложной и ответственной операцией на которой достигается требуемая точность и качество изготовления фасонного инструмента. Анализ существующих технических решений и методов изготовления дисковых фасонных затылованных фрез [1] показал, что в целях оптимизации производства рассматриваемого инструмента возможен и в ряде случаев необходим анализ с помощью средств 3D-моделирования параметров шлифовальных кругов, применяемых для затылования задней поверхности зуба фрезы. С помощью моделирования данного этапа производства можно выбрать оптимальный диаметр, форму, профиль и положение шлифовального круга, что в свою очередь дает возможность эффективного решения задач экономии материальных ресурсов на изготовление фрез и увеличения срока службы изготавливаемого инструмента.

Наибольшую производительность операции затылования обеспечивают дисковые шлифовальные круги. Однако часто не удается получить затылок, отшлифованный по всей длине зуба инструмента, т.к. в конце рабочего хода круг может задеть соседний зуб (рис. 3).

Решить данную проблему не удастся даже при уменьшении числа зубьев. По принятым рекомендациям минимальный диаметр шлифовального круга для затылования задних поверхностей фасонных фрез определяется по формуле:

$$D_{кр.min.} = \frac{D_{фр}}{2} * \sin \frac{180}{z} * \frac{1}{\sin \alpha_\alpha}, \quad (1)$$

где  $D_{фр}$  - диаметр затачиваемой фрезы, мм;  $z$  - число зубьев фрезы;  $\alpha_\alpha$  - задний угол затылуемой задней поверхности.

В этом случае предполагается, что остается 1/3 длины зуба, которая не шлифуется, а затыловывается резцом со спадом затылка в 1,5...1,75 раза большим величины спада шлифованной части. Расчет диаметра круга по формуле (1) дает приблизительный результат проверку которого осуществляют опытным путем, как и выбор круга возможно большего диаметра обеспечивающего допустимую длину затылования. Большему шлифовальному кругу требуется меньше правок в ходе затылования, что повышает точность профиля затылуемого инструмента, увеличивает общий ресурс круга. Для обеспечения заданной скорости резания порядка 25 – 30 м/с нет необходимости в увеличении частоты вращения шпинделя станка, которая при малом

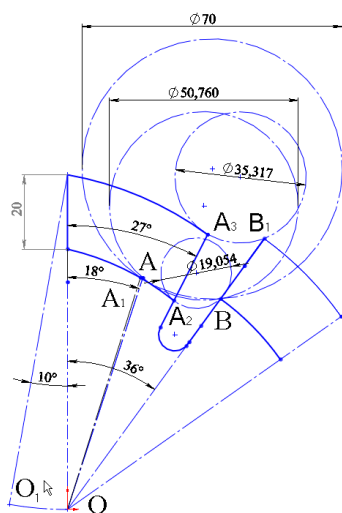


Рисунок 1 - Выбор диаметра круга

диаметре круга может быть не реализована по техническим причинам. Недостатком в этом случае является меньшая длина обработки зуба, т.к. прошлифовав зуб до конца появится зарез на следующем зубе (рис. 3). В результате получаем меньшее число переточек изготовленной фрезы и сокращенный срок службы. Путем геометрических построений с использованием векторных САПР можно точно определить наибольший диаметр круга, который сможет прошлифовать не менее 2/3 длины зуба, не зарезав следующий, а также определить крайнее положение круга выбранного диаметра при затыловании (рис.1). Полученный эскиз средствами компьютерного 3D моделирования преобразуется в точный профиль фасонного круга. Анализ параметров сопряжения моделей фрезы и круга в условиях, имитирующих процесс резания позволяет выбрать оптимальную форму, размеры и положение круга обеспечивающие необходимую производительность и стойкость как режущего, так затылующего инструмента, при сохранении точности обработки без зареза зубьев (рис.2).

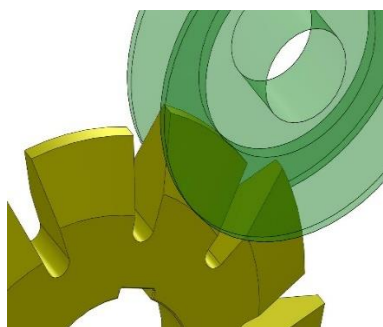


Рисунок 2 - Затылование зуба на 2/3 длины без зареза

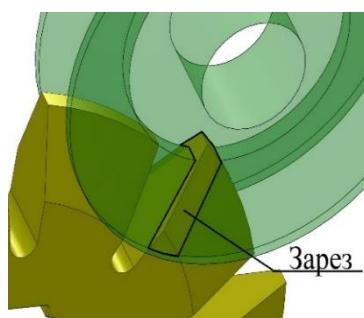


Рисунок 3 - Затылование зуба на полную длину с зарезом

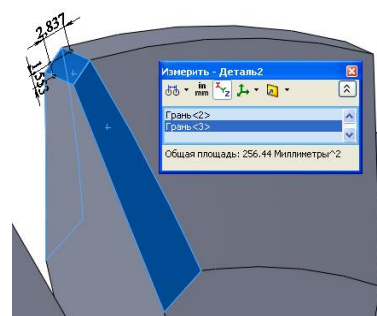


Рисунок 4 - Зарез следующего зуба за шлифуемым

Компьютерный анализ диаметров кругов и длин затылования позволяет выбрать оптимальный круг с учетом комплексного показателя операции затылования учитывающего отношение ресурса шлифовального круга (количество правок) и затылуемой фрезы после заточки (количество переточек):

$$k = \frac{a \cdot k_1}{b \cdot k_2}, \quad (2)$$

где  $k_1 = \frac{d_1}{d_2}$  – отношение диаметров  $d$  выбранных шлифовальных кругов;  $k_2 = \frac{l_2}{l_1} = \frac{\theta_2}{\theta_1}$  – отношение длин  $l$  (углов  $\theta$ ) затылования, полученных выбранными кругами;  $a$  – весовой коэффициент фактора стоимости (удельных затрат) операции затылования;  $b$  – весовой коэффициент фактора стоимости эксплуатации затылуемого инструмента ( $a + b = 1$ ).

При выборе круга минимального диаметра необходимо учитывать ограничения на высоту профиля, влияющую на возможность установки круга на станке, и максимальную частоту вращения шлифовального шпинделя, определяющую скорость резания.

Например, для операции затылования дисковой фрезы  $\varnothing 180$ , числом зубьев  $z=10$  и высотой трапецеидального профиля  $h=20$  мм (рис.1), были смоделированы круги:  $\varnothing 19$  – для полного затылования бокового профиля у основания зуба,  $\varnothing 35,3$  – для полного затылования профиля зуба на вершине,  $\varnothing 50,7$  – для затылования 66.7% (2/3) длины профиля и  $\varnothing 70$ , полученным расчетом по формуле (1) – для затылования 64.7 % длины профиля. При полном затыловании зуба кругом  $\varnothing 70$ , происходит зарез следующего за ним зуба (рис.3). В результате недопустимо искажается профиль фрезы и нарушается ее геометрия (задние углы) у передней поверхности зуба (рис. 4). Несмотря на это при минимизации удельных затрат на операцию затылования и учете ограничений на характеристики затыловочного станка лучше принять фасонный круг  $\varnothing 70$ , обеспечивающий неполное затылование профиля зуба за один установ. При этом потеря ресурса затылуемой фрезы (количество переточек) составит 2%, при увеличении ресурса шлифовального круга на 38 % по сравнению с кругом  $\varnothing 50,7$ . Использование профильных кругов  $\varnothing 19$  и  $\varnothing 35,3$  не

приемлемо, т.к. глубина фасонного профиля больше выбранных диаметров. Анализ результатов моделирования показывает, что на выбор диаметра круга влияет не только количество зубьев, но и высота профиля фрезы, принятая схема обработки (одним кругом или несколькими) и угол установки круга относительно шлифуемой поверхности. Таким образом, замена опытных испытаний виртуальными по предложенному методу при решении проблем затылования фасонных фрез становится важным средством снижения затрат на подготовку производства и связанной с ней стоимостью и конкурентоспособностью изготавливаемого инструмента.

### *Литература*

1. Семенченко И.И., Матюшна В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. - М.: МАШГИЗ, 1963 - 952 с.

УДК 621.039.53

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ-СВИДЕТЕЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОРПУСОВ ВОДО-ВОДЯНЫХ РЕАКТОРОВ**

*Дячэк О.А., научный руководитель – Герасимова А.Г., к.т.н., доцент  
Белорусский национальный технический университет  
e-mail: ljolja@list.ru*

**Summary.** *The article analyzes the use of witness samples to determine the state of materials for VVER vessels. Three methods of obtaining information about the irradiated materials of the reactor vessel are considered. Requirements for the unloading of sample-sweepers are listed. The advantages and disadvantages of testing on witness samples are described.*

Корпус ядерного реактора является одной из основных преград для выхода продуктов деления во внешнюю среду. Ввиду этого сохранение целостности корпуса считается одной из важных задач в любых штатных и нештатных режимах работы АЭС.

Целью работы является изучение разрушающих методов контроля корпусов реакторов ВВЭР посредством образцов-свидетелей.

Характеристики охрупчивания материала снижаются из-за продолжительного воздействия рабочих температур (тепловое охрупчивание) и нейтронного облучения (радиационное охрупчивание). Радиационный ресурс материала корпуса во многом определяет эксплуатационный ресурс всей АЭС.

В настоящее время есть 3 способа получить информацию об облученных материалах корпуса реактора:

1. В исследовательских реакторах образцы подвергаются предварительному ускоренному облучению. Определяются механические свойства, изучается фазовое структурное состояние материалов.
2. Стандартные образцы-свидетели облучаются непосредственно в реакторах АЭС.
3. Исследуют материалы выводимых из эксплуатации корпусов реакторов. [1]

В связи с тем, что предсказать радиационное охрупчивание материалов при продолжительном воздействии невозможно осуществляются программы контроля по образцам-свидетелям.

Образцы-свидетели используются для мониторинга: изменений механических характеристик металла (временное сопротивление, относительное сжатие и удлинение, предел текучести), характеристик сопротивления хрупкому разрушению (крипическое раскрытие трещин или вязкость разрушения, критическая температура хрупкости), характеристик локальной и сплошной коррозии (коррозия под напряжением, язвенная коррозия, межкристаллитная). [2]