

УДК 621.923.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОПЕРАЦИИ ЗАТЫЛОВАНИЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНОЙ ФРЕЗЫ

Студент гр.10305216 Минасян Г.О.

Научный руководитель – ст. преподаватель Ажар А.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Затылование шлифованием зубьев фасонных фрез является наиболее трудоёмкой, сложной и ответственной операцией на которой достигается требуемая точность и качество изготовления инструмента. Анализ существующих технических решений и методов изготовления сложнопрофильных насадных затылованных фрез (дисковых фасонных, червячных, резьбовых, цилиндрических многоконических) показал [1], что в целях оптимизации конструкции и технологии производства рассматриваемого инструмента необходимо использовать возможности компьютерного 3D-моделирования для выбора оптимальных параметров шлифовального круга, применяемого для затылования задней поверхности зуба фрезы. Моделирование операции заточки инструмента методом затылования позволяет выбрать оптимальный диаметр, форму, профиль и положение шлифовального круга, что в свою очередь дает возможность эффективно решать задачи экономии материальных ресурсов на изготовление фрез и увеличения срока службы изготавливаемого инструмента. Возникает возможность еще на этапе проектирования проводить анализ конструкции фрезы с точки зрения увеличения числа зубьев, изменения размеров стружечной канавки и самого зуба с точки зрения не только возможности размещения стружки и допустимой прочности зуба, но и возможности его изготовления на существующем заточном оборудовании (токарно-затыловочных, резьбофрезерных станках).

В производстве получили применение три метода шлифования профиля сложнопрофильных фрез: 1-й – чашечным коническим кругом (рисунок 1, а), 2-й – пальцевым кругом (рисунок 1, б) и 3-й – фасонным дисковым кругом (рисунок 1, в). В двух последних случаях шлифовальные круги заправляют соответственно профилю шлифуемых фрез.

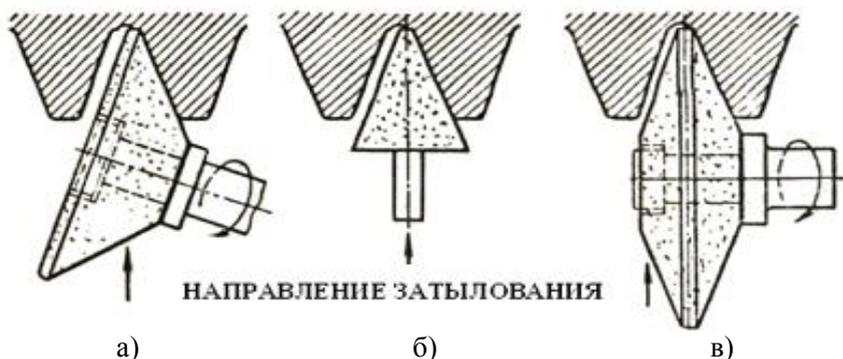


Рисунок 1 – Схемы затылования шлифованием зубьев, на примере червячной модульной фрезы

Наибольшие проблемы при выборе метода затылования связаны с точностью получаемого профиля и производительностью операции. Это актуально для фрез с винтовыми зубьями такими, как червячные, особенно в случае когда угол подъёма $\omega > 5^\circ$

При шлифовании зубьев червячной фрезы дисковым шлифовальным кругом, заправленным по прямой, профиль зуба фрезы в осевом сечении получается криволинейной формы. Профиль зуба срезается у головки и основания зуба и имеет форму выпуклой кривой. Наибольшие значения искажения профиля зуба фрезы наблюдается на основном цилиндре. Искажение профиля зуба по его длине неодинаковое: чем дальше по длине зуба от его передней грани, тем больше искажение профиля. В наиболее удалённых участках образуется седловина по длине зуба с утолщением ножки. С увеличением диаметра шлифовального круга размеры «седловины» по длине зуба увеличиваются.

Высокое качество получается при затыловании шлифованием червячных фрез пальцевым кругом. Профиль практически не искажается, однако широко применения этот метод не нашёл из-за больших трудностей получения на малых диаметрах пальцевых шлифовальных кругов требуемых скоростей резания (порядка 25 – 30 м/с). Рекомендуется этот метод для крупномодульных червячных фрез с $m \geq 6$ мм.

Метод затылования червячных фрез чашечным коническим кругом является промежуточным по точности между вторым (рису-

нок 1, б) и третьим (рисунок 1, в) случаями. Контакт поверхностей шлифовального круга и зуба приближается к прямой линии, поэтому искажение профиля зубьев получается намного меньше, чем при затыловании дисковым шлифовальным кругом. Чашечными кругами с углом профиля $35 - 37^\circ$, диаметром не более $70 - 80$ мм затыловывают червячные фрезы $m = 2,5 - 8$ мм.

Для получения требуемой точности червячные фрезы классов ААА и АА $m \leq 4$ мм рекомендуется шлифовать дисковым кругом, $m = 4,5 - 6$ мм – чашечным и $m = 6 - 10$ мм – пальцевым.

При отсутствии винтообразности зуба и наличии не глубокого профиля безальтернативным остается метод затылования фасонным цилиндрическим (дисковым) кругом (рисунок 1, в). Наряду с высокой точностью обработки спрофилированные многониточные шлифовальные круги обладают наибольшей производительностью, не требуют переналадки при затыловании, обеспечивают хорошие показатели стойкости и общего ресурса после правки.

Для выполнения операции затылования стремятся выбрать круг наибольшего диаметра. Он требует меньше правок в ходе работы, 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 диаметре круга может быть не реализована по техническим причинам.

Однако при использовании больших кругов часто не удается получить затылок, прошлифованный по всей длине зуба инструмента, т.к. в конце рабочего хода круг может задеть соседний зуб. Недобег круга часто приводит к образованию «седла» на зубе. В результате получаем меньшее число переточек изготовленной фрезы и сокращенный срок службы.

Известные методы расчета не всегда обеспечивают выбор диаметра шлифовального круга с учетом изменяющихся параметров глубины фасонного профиля затылуемой фрезы.

Так 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; α_α - задний угол затылуемой задней поверхности.

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.

Разработанная методика моделирования условий затылования фасонных фрез с использованием современных САПР [2], основана на построении окружностей, образующих наружных контур профиля шлифовального круга, касательных образующей затылка зуба в выбранном радиальном сечении и проходящих через соответствующую точку профиля на передней поверхности соседнего зуба (рисунок 2).

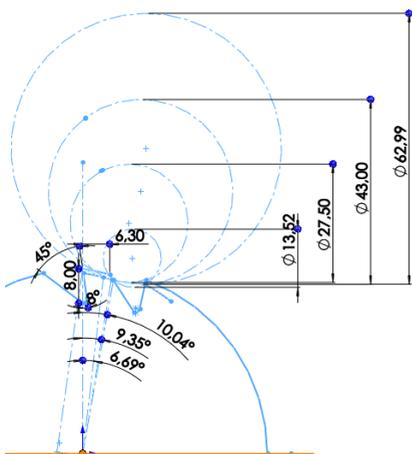


Рисунок 2 – Выбор диаметра круга

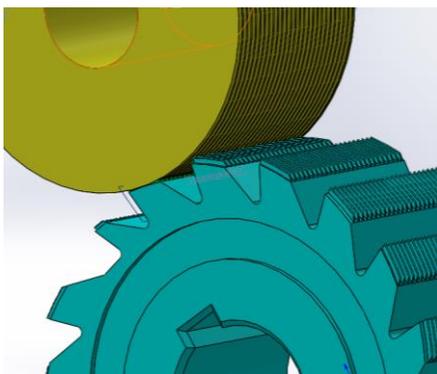


Рисунок 3 – Модель затылования фрезы; $z=18$; $\theta=45^\circ$, круг Ø63

Предложенный метода моделирования апробирован на фасонных насадных фрезах для обработки пазов в пластине из электротехнической стали приклеенной к гранитной основе статора линейного двигателя ОАО «Планар» (рисунок 4).

Смоделированы и проанализированы операции затылования 3-х фрез Ø86 с числом зубьев $z=12$ и углом впадины стружечной канавки $\theta=70^\circ$; $z=18$, $\theta=55^\circ$ и $z=18$, $\theta=45^\circ$ (рисунок 2, 3).

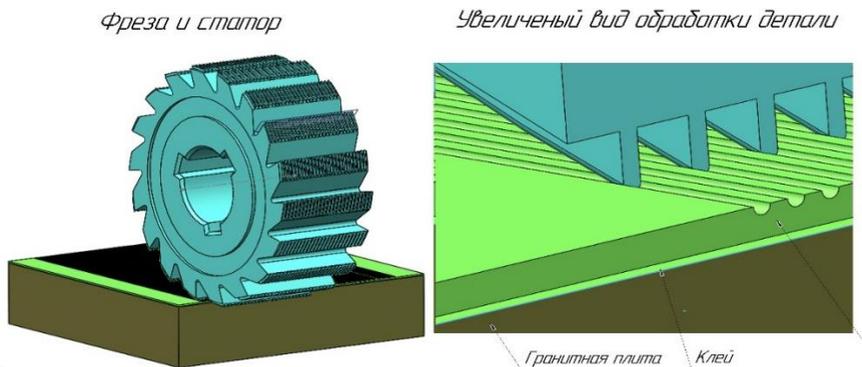


Рисунок 4 – Схема обработки статора фасонной фрезой

Пластина

Анализ конструктивных параметров, условий заточки и режимов резания при работе фрез показал, что фреза с $z=18$ и $\theta=45^\circ$ обеспечивает уменьшение машинного времени обработки на 33%. Одновременно растёт общий ресурс инструмента за счет увеличения числа переточек с 3-х до 4-х по сравнению с применяемой фрезой с $z=12$. Потери ресурса шлифовального круга из-за уменьшения оптимального диаметра с $\varnothing 80$ до $\varnothing 63$ незначительны. Анализ результатов моделирования показывает, что на выбор диаметра круга влияет, кроме количества зубьев и заднего угла заточки фрезы, высота профиля и угол впадины стружечной канавки. Таким образом, замена опытных испытаний виртуальными по предложенному методу при решении проблем конструирования и изготовления фасонных фрез позволит снизить их стоимость и общие затраты на подготовку производства.

Литература

1. Семенченко И.И., Матюшна В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. - М.: МАШГИЗ, 1963 - 952 с.
2. Ажар А.В., Минасян Г.О., Кошевой А.Н. Оптимизация операции заточки затылованных дисковых фасонных фрез методами компьютерного 3D моделирования. Научное издание «НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ-2020». Сборник материалов VII Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума 17–18 ноября 2020 года. Том 1, г. Минск, БНТУ, 2020. – 252 с.