

ТЕХНОЛОГИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПРОФИЛЕМ В ВИДЕ ТРЕУГОЛЬНИКА РЕЛО НА УНИВЕРСАЛЬНЫХ СТАНКАХ

А.А. ДАНИЛОВ

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Рассмотрены реализуемые на универсальных станках методы формообразования наружных моментопередающих поверхностей с профилем в виде треугольника Рело, обеспечивающие по сравнению с известными повышение производительности, а также упрощение конструкции инструмента, благодаря отсутствию влияния параметров формируемого профиля на геометрию режущих лезвий.

Профильные моментопередающие соединения (ПМС) по сравнению со шлицевыми при меньшей до 50% стоимости изготовления имеют преимущества по усталостной прочности, уровню шума и другим эксплуатационным характеристикам. Для более широкого их применения в отечественном машиностроении необходимы простые в реализации на универсальных станках технологии формообразования моментопередающих поверхностей (МП). Поэтому актуальна их разработка, включающая синтез рациональных методов формообразования и схем обработки МП, создание режущих инструментов.

Решение этой задачи зависит от геометрии профиля МП. За рубежом в ПМС обычно применяется равноосный РК-3 профиль (DIN 32711-79), реже синусоидальный профиль. Поверхности с РК-3 профилем обрабатывают на станках, которые в СНГ не производятся. Экономически оправдано применение вместо них универсальных станков за счет расширения их технологических возможностей.

Свойством равноосности обладает также треугольник Рело (Рело-профиль) – фигура равной ширины (рисунок 1) со сторонами в виде дуг окружностей, центры которых расположены в вершинах правильного треугольника ABC , а радиус равен ширине b треугольника Рело. От ширины b зависят радиусы вписанной r и описанной R_0 окружностей.

По сравнению с РК-3 и синусоидальными профилями Рело-профиль имеет следующие преимущества:

- постоянство кривизны во всех точках профиля, что упрощает схему его формирования и расширяет возможности применения универсальных станков для обработки МП;

- обладает свойствами РК-3 профиля (DIN 32711-79) в виде самоцентрирования и Кс-4 профиля (DIN 32712-79) в виде отсутствия заклинивания под нагрузкой, что позволяет применять Рело-профиль, как в подвижных, так и неподвижных ПМС;

– меньшие распорные усилия и соответственно силы трения в ПМС при равной площади поперечного сечения и одинаковом крутящем моменте, что важно для повышения долговечности передачи.

Технологии формообразования МП с Рело-профилем могут быть основаны на его образовании известными методами копирования, следа, касания, обката и предложенным методом огибания [1].

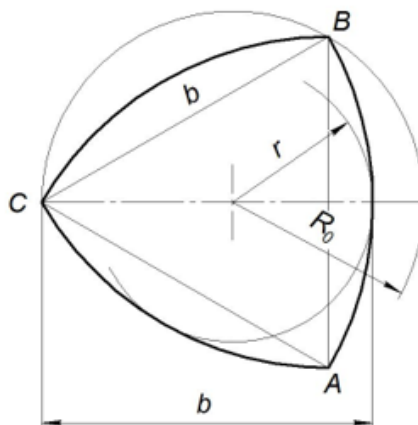


Рисунок 1. – Геометрические параметры Рело-профиля

При профилировании Рело-профиля *методом копирования* грани МП обрабатывают последовательно фасонными инструментами (фрезой, абразивным кругом) по аналогии с обработкой МП с РК-3 профилем (диссертация А.Н. Шитикова, РФ, Тула, 2007). Фрезерование возможно на горизонтально-фрезерных, а шлифование на плоскошлифовальных станках с делительным устройством.

Аналитически доказано, что формирование граней Рело-профиля *методом непрерывного следа* (некруглым и полигональным точением) невозможно из-за недопустимого изменения рабочих углов режущих лезвий ($\pm 60^\circ$ при некруглом точении и $\pm 30^\circ$ при полигональном точении). Для реализации метода непрерывного следа предложен способ кругового точения поверхностей с Рело-профилем (патент ВУ №22235, 2018) многолезвийным охватывающим инструментом, отличающийся от известного способа обработки по патенту РФ №2463129 сообщением главного движения не заготовке, а режущему инструменту. Эта схема обработки обеспечивает повышение технологической производительности пропорционально числу режущих лезвий, благодаря увеличению доли машинного времени в цикле обработки. Она реализуется на универсальных фрезерных, расточных и других станках с применением делительной головки.

Обработка коротких деталей ПМС *методом касания* возможна концевыми фрезами на многооперационном станке с ЧПУ (диссертация Н.В. Зенина, РФ, Москва, 2007)), однако, как отмечает в автореферате диссертации ее автор, «очевидным недостатком фрезерования профильных поверхностей является его относительно невысокая технологическая производительность» даже при высокой скорости резания (350 м/мин). Это обусловлено тем, что образующая и направляющая МП формируются прерывисто со скоростью подачи, т.е. по

наименее производительной схеме П-П (согласно классификации академика Е.Г. Коновалова).

Формирование Рело-профиля *методом обката* возможно специальными долбьями (диссертация П.А. Понкротова, РФ, Курск, 2013) на зубодолбежном станке и червячной фрезой (диссертация С.В. Волконского, РФ, Хабаровск, 2002) на зубошлицефрезерном станке. Недостаток метода обката – сложность инструмента из-за зависимости геометрии его режущих лезвий от формируемого профиля.

С учетом геометрии Рело-профиля разработаны технологии формообразования МП с таким профилем на зубодолбежном станке, основанные на полигональном профилировании методами прерывистого следа и огибания [1, 2] (рисунок 2), при которых геометрия режущих лезвий не зависит от параметров Рело-профиля, что существенно упрощает конструкцию инструмента по сравнению с методом обката. При формировании Рело-профиля методом огибания (см. рисунок 2) заготовке 1 и инструменту 2 сообщают вокруг осей 3 и 4 одинаково направленные вращательные движения B_1 и B_2 с равными угловыми скоростями. При профилировании методом прерывистого следа режущие лезвия 5 имеют прямолинейные режущие кромки, а методом огибания – в виде окружности (Евразийский патент № 031383, 2018), что позволяет оснащать инструмент круглыми сменными режущими пластинками.

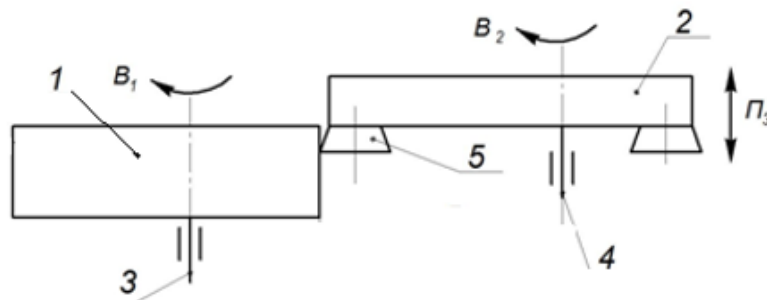


Рисунок 2. – Схема полигонального формирования Рело-профиля

Экспериментально установлено, что точность геометрических параметров Рело-профилем соответствует 8-9 квалитетам, а минимальная шероховатость поверхности, формируемой методом огибания, $Ra=1,01-1,15$ мкм [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Пантелеенко, Ф.И. Классификация методов формообразования и синтез на ее основе схем обработки профильных моментопередающих поверхностей / Ф.И. Пантелеенко, А.А. Данилов // Наука и техника. – 2020. – №4. – С. 280-287.
2. Пантелеенко, Ф.И. Обработка моментопередающих поверхностей с профилем в виде треугольника Рело на зубодолбежном станке / Ф.И. Пантелеенко, А.А. Данилов, И.К. Карась // Горная механика и машиностроение. – 2018. – №4. – С. 59-65.