

## МЕТОДЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПРОФИЛЕМ В ВИДЕ ТРЕУГОЛЬНИКА РЕЛО НА ЗУБОДОЛБЕЖНЫХ СТАНКАХ

А. А. Данилов

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

В машиностроении все шире применяются профильные моментопередающие соединения типа «вал–втулка», которые по сравнению с традиционными шлицевыми соединениями обладают более высокой усталостной прочностью, износостойкостью и долговечностью при меньшей до 50 % стоимости изготовления. Поэтому актуальное значение имеет разработка эффективных технологий обработки деталей таких соединений.

Из возможных профилей моментопередающих соединений (РК-3 профиль DIN 32711–79 и синусоидальный профиль для неподвижных соединений, К-4 профиль DIN 32712–79 для подвижных соединений и др.) заслуживает внимания обладающий, как и РК-3 профиль, свойством равноосности профиль в виде треугольника Рело (Рело-профиль), который благодаря своим геометрическим свойствам может применяться как в подвижных, так и в неподвижных соединениях. Треугольник Рело представляет пересечение трех дуг окружности одного радиуса, равного его ширине.

Известен способ формообразования такого профиля на зубодолбежном станке методом обката [1], по которому специальному долбяку 1 (рис. 1) и заготовке 2 сообщают согласованные противоположно направленные вращательные движения, соответственно  $B_1$  и  $B_2$ . Существенный недостаток этого способа – криволинейная форма режущих кромок долбяка, ее зависимость от геометрии формируемого профиля, что обуславливает сложность конструкции и изготовления режущего инструмента.

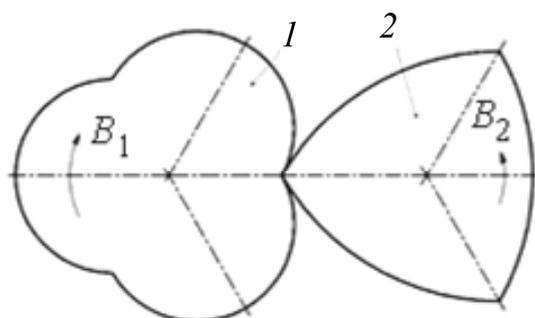


Рис. 1. Схема формирования Рело-профиля методом обката [1]

Теоретически доказана и экспериментально подтверждена возможность полигонального формирования Рело-профиля методами прерывистого огибания и следа, при которых он образуется двумя одинаково направленными вращательными движениями инструмента и заготовки с равными угловыми скоростями, что исключает необходимость в станках со сложной механикой, копировальной или числовой системами управления, применяемыми для обработки поверхностей с другими профилями. В отличие от метода обката, форма режущих лезвий не зависит от параметров Рело-профиля, что позволяет существенно упростить конструкцию инструмента, выполнять его режущие лезвия в виде сменных круглых пластин [2].

В процессе обработки заготовке *1* (рис. 2) и режущему инструменту *2* сообщают одинаково направленные вращательные движения  $B_1$  и  $B_2$  с равными угловыми скоростями вокруг параллельных осей, соответственно, *3* и *4*. Инструмент имеет три режущих лезвия *5* в виде круглых сменных пластин радиусом  $r_1$ , центры *6* круговых режущих кромок которых равномерно расположены по окружности радиусом  $R$ .

Значение  $R$  определяется из схемы профилирования, согласно которой окружность *7* радиусом  $\rho$ , ограничивающая сторону  $AB$  треугольника Рело  $ABC$ , формируется как огибающая окружности радиусом  $r_1$ , центр которой перемещается относительно заготовки *1* по окружности *8* радиусом  $\rho_1$ , эквидистантой окружности *7*. Окружность *8* является траекторией точки *6* в движении относительно неподвижной заготовки *1*. Аналитически установлено, что  $R = \frac{b}{\sqrt{3}}$ .

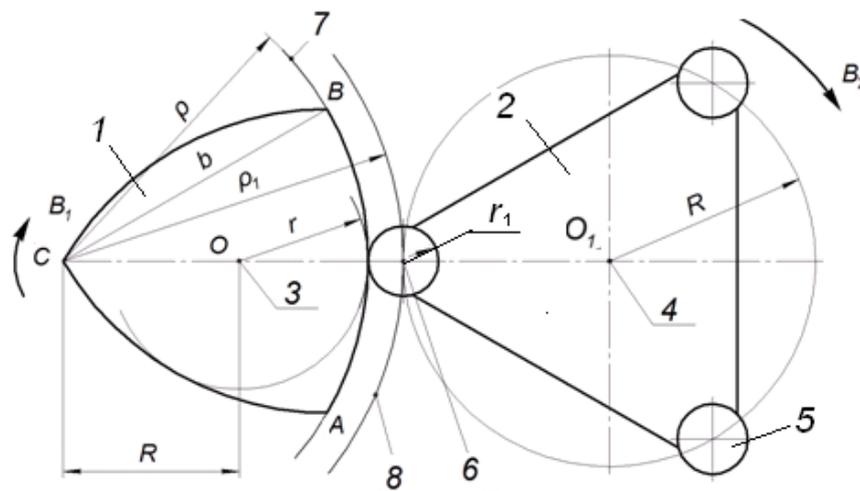
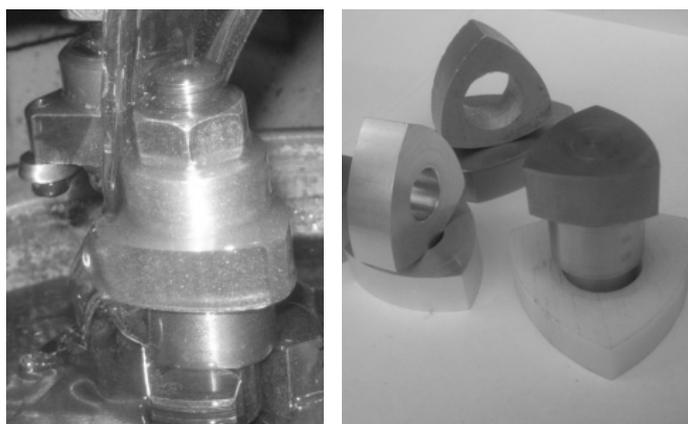


Рис. 2. Схема формирования Рело-профиля методом огибания [2]

Согласно рис. 2,  $b = R + r$ , следовательно, радиус  $r_1$  режущей кромки не влияет на ширину  $b$  формируемого треугольника Рело, что позволяет многократно перетачивать режущие лезвия *5* или периодически заменять их. Благодаря этому формирование треугольника Рело методом огибания круглой режущей кромкой имеет существенные преимущества по сравнению с методом обката инструментом с криволинейными режущими кромками [1], от формы которых зависит образуемый профиль. Оснащение инструмента сменными круглыми пластинками позволяет технически просто восстанавливать его режущую способность и точность, что невозможно при применении метода обката [1].

При  $r_1 = 0$  метод огибания трансформируется в метод следа, который реализуется цельным или сборным инструментом с прямолинейными режущими кромками.

Достоверность результатов аналитического исследования и моделирования процесса формообразования подтверждена экспериментально на зубодолбежном станке модели 5122 при обработке изделий с профилем в виде треугольника Рело инструментами с круглыми (рис. 3) и прямолинейными режущими кромками. Доказана возможность формирования треугольника Рело методами огибания и следа на зубодолбежном станке обкатного типа без его модернизации.



а)

б)

Рис. 3. Рабочая зона зубодолбежного станка (а)  
и образцы обработанных изделий (б)

Экспериментально установлено, что новые методы формообразования и созданные инструменты обеспечивают шероховатость обработанных поверхностей с профилем в виде треугольника Рело  $Ra = 1,01-1,15$  мкм и 8–9 качества точности геометрических параметров обработанных деталей, что удовлетворяет требованиям к точности деталей профильных моментопередающих соединений.

#### Литература

1. Понкратов, П. А. Разработка эффективного долбежного инструмента для обработки сложных криволинейных поверхностей : автореф. дис. ... канд. техн. наук / П. А. Понкратов. – Курск, 2013. – 20 с.
2. Способ обработки некруглых деталей с треугольным профилем равной ширины : Евраз. пат. 031383 / Данилов А. А., Данилов В. А. – Опубл. 28.12.2018.

УДК 621.923

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ СЕЧЕНИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ НА ИХ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Д. А. Роговенко, М. И. Михайлов, К. С. Теплова

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Режущий инструмент в процессе резания испытывает динамические нагрузки, которые снижают надежность процесса обработки. В среднем 40–50 % металлорежущего инструмента, изготовляемого в соответствии с существующими стандартами, теряется непроизводительно из-за поломок твердого сплава. Из них 10–15 % инструмента идет в брак уже при его изготовлении из-за образования трещин в твердом сплаве и 30–35 % выходит из строя в результате поломок изделий из твердого сплава при эксплуатации. Для обеспечения работоспособности процесса резания необходимо выбирать такие конструктивные варианты направляющих станков, которые обладают наименьшими деформациями.

Расчеты выполнялись с использованием пакета APM FEM в программе КОМПАС-3D. Прикладываемые силы составляли: 1000 Н по вертикальной плоскости на стол модели, распределенной по площадке  $20 \times 200$  мм, сбоку на стол действует сила величиной 100 Н, распределенная по площадке  $20 \times 45$  мм.