

На основании полученной зависимости разработан модуль оценки упругой деформации заготовки при точении, который является частью системы, направленной на повышение точности токарной обработки.

### Литература

1. Жолобов, А.А. Застосування 3D моделі ГВМ для підвищення продуктивності та якості механічної обробки / А.А. Жолобов, А.В. Казаков // Весник ЖДГУ. – 2006. – № 4 (39). – С. 21 – 25.
2. Сопротивление материалов: учеб. пособие / А.В. Александров; под ред. А.В. Александрова. – М.: Высш. шк., 1995. – 560 с.

УДК 621.923

## ФЕРРОАБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ПРЕРЫВИСТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев, В.В. Головков, В.Е. Бабич, Е.В. Сенчуров  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск*

**Введение.** Современные тенденции в машиностроении направлены на реализацию уменьшения количества операций в общем объеме технологического процесса изготовления деталей машин [1]. Ввиду этого всякий раз возникает необходимость в повышении качественных показателей точности и качества после каждой отдельной операции, поскольку выходные показатели продукции остаются на заданном уровне. Особая ответственность в связи с изложенным возлагается на финишные методы механической обработки изделий. Решение данной проблемы приводит к тому, что некоторые технологические операции, относящиеся к ряду финишных по причине достижения высоких показателей точности и качества на предшествующих операциях, связанных с лезвийной обработкой, могут быть заменены либо исключены вообще.

**Постановка задачи исследования.** Одними из самых ответственных деталей в машиностроении являются зубчатые колеса, финишная обработка которых связана с рядом технологических и организационных трудностей. Профиль межзубной впадины имеет сложный характер конфигурации, в связи с чем всякий раз возникает необходимость в проведении мероприятий по созданию аналогичного профиля формообразующего инструмента. Известно, что поскольку форма детали – след инструмента, то достижение требуемой ориентации границ режущего контура, например, шлифовального круга

представляет сложную задачу. Что касается самого метода шлифования, то для него характерно образование прижогов поверхностного слоя и низкий коэффициент использования абразивных зерен, и это ухудшает качественные показатели обработанной поверхности детали [2].

**Результаты и обсуждение эксперимента.** Согласно представленному анализу другим вариантом служит возможность создания инструмента на упругой связке, позволяющей осуществлять заполнение пространства впадины между двумя зубьями шестерни. Однако упругая связка или, иначе говоря, свободное закрепление абразивного зерна, что характерно для метода полирования, обладает низким показателем его давления на

обрабатываемую поверхность, высокой текучестью суспензии или пасты и не имеет требуемого диапазона размерного и массового съема материала. В таком случае следующим вариантом выступает абразивная обработка [3, 4] с подвижно-координированным закреплением зерна в связке инструмента, образованном магнитным полем (рис. 1).

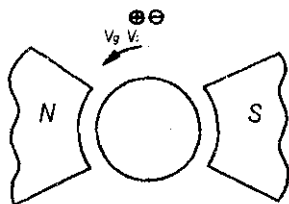


Рис. 1

Данное закрепление зерна позволяет произвести заполнение указанной выше межзубной впадины и путем регулирования подачи тока на катушки соленоидов электромагнитной системы (ЭМС) изменять давление ферроабразивного порошка (ФАП) на обрабатываемую поверхность зуба. Известно, что уровень этого давления составляет 0,4 – 2 МПа и данный показатель ниже, чем при шлифовании, который равен 10 – 15 МПа. Диапазон достигаемой на данный момент времени величины магнитной индукции находится в пределах 0,8 – 1 Тл, и этому диапазону и соответствует уровень давлений инструмента. Повышение силы тока с целью образования больших по значению показателей магнитной индукции, которая является силовой характеристикой процесса магнитно-абразивной обработки (МАО), связано с пределом магнитного насыщения сердечника и увеличением неоправданного расхода электроэнергии. В таком случае существует возможность интенсификации процесса МАО сложно-профильных поверхностей и зубчатых колес в частности за счет увеличения давления инструмента путем воздействия двух факторов: магнитного и механического. Указанное выше решение приводит к росту давления и обеспечивается созданием конструкции схемы МАО, заключающимся в дополнительном ограничении и уплотнении съема порции ФАП. Это связано с тем, что для данной порции ФАП, находящейся в межзубном пространстве, не существует возможности ограничить свою раз-

ерность, кроме как использованием магнитного поля. Поэтому если осуществлять дополнительное уплотнение этой порции ФАП, находящейся в пространстве межзубной впадины, то можно увеличить размерный и массовый съем материала детали. Вращение зубчатого колеса как заготовки осуществляет доставку порции ФАП между зубьями шестерни к месту уплотнения. Кроме того, уплотнение этой порции носит характер постоянного и плавного увеличения, не обладающего дискретностью, что положительно сказывается на качестве обработки (рис. 2).

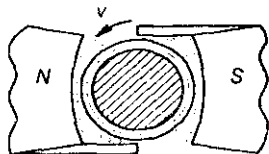


Рис. 2

Таким фактором ограничения выступает плоскость демпфера, играющего роль рабочей поверхности поршня (рис. 3, а). Разница заключается в том, что при традиционной схеме производится сжатие какого-либо объема вещества путем поступательного движения поршня, а в данном случае уплотнение порции ФАП осуществляется реализацией ее доставки элеваторным способом. Таким образом, основная задача заключается в необходимости расчета возникающего дополнительного воздействия на порцию ФАП, т. е. механического, как было указано ранее, и которое, в свою очередь, должно быть связано со скоростью вращения заготовки и, кроме

того, с геометрическими размерами инструмента, или, иначе говоря, порцией ФАП. Физическая модель имеет определенные допущения, заключающиеся в замене эвольвентного профиля впадины прямоугольным, а также представлении, как указано на рис. 3, б, суперпозиций давления, образованных окружностями

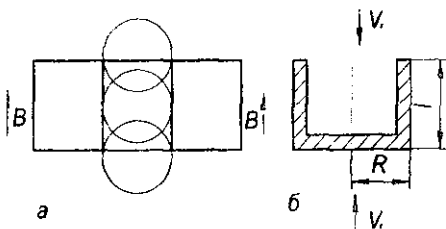


Рис. 3

стями в каждом конкретном поперечном сечении заготовки зубчатого колеса.

Для процесса MAO характерно сложное реологическое поведение порции ферроабразивного порошка, что накладывает определенные трудности на создание и построение адекватных моделей [5]. При их построении стало традиционным не учитывать сжимаемость материала, поэтому полагают, что  $\xi_c = 0$  и  $\epsilon_c = 0$ , в варианте же MAO возникает ситуация, что принимаемые допущения приводят к существенным отклонениям от реального процесса. В общем случае физическая модель будет носить нелинейный характер, что усложняет ее использование, но одновременно дает более

полную картину объемного сжатия порции ФАП в рабочем зазоре между зубьями шестерни. Поэтому из-за сравнительно небольших модулей упругости этого материала в данном зазоре возникают заметные деформации сжатия.

Проведенные исследования и полученные экспериментальные данные показывают, что использование данной схемы МАО гарантирует снижение шероховатости рабочей поверхности зубчатого контура колеса с показателя  $R_{a1} = 1,6 - 3,2$  мкм до  $R_{a2} = 0,4 - 0,8$  мкм за 120 с обработки. Модуль  $m$  этих зубчатых колес составляет диапазон 2,5 – 3,5 мм. Величина рабочего зазора варьируется от 1 до 3 мм.

**Выводы.** В результате проведения экспериментальных исследований установлено, что применение в качестве финишной обработки метода МАО приводит к достижению требуемых показателей шероховатости рабочей поверхности зубчатых колес, обеспечивающих рост эксплуатационных параметров и надежность функционирования механизмов.

### Литература

1. Сулов, А.Г. Научные основы технологии машиностроения / А.Г. Сулов, А.М. Дальский. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.
2. Ящерицын, П.И. Тонкие доводочные процессы обработки деталей машин и приборов / П.И. Ящерицын, А.Г. Зайцев, А.И. Барбоцько. – Минск: Навука і тэхніка, 1976. – 396 с.
3. Hou, Zhen Bing Magnetic field assisted finishing of ceramics / Zhen Bing Hou, R. Komanduri // Journal of Tribology, Transactions of the ASME. – v. 120. – № 4. – 1998. – p. 645 – 651.
4. Сакулевич, Ф.Я. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф.Я. Сакулевич. – Минск: Наука и техника, 1981. – 328 с.
5. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / под ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с.

УДК 621.923

## МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА МНОГОГРАННЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН

В.С. Майборода

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»*

**Введение.** Качество твердосплавного режущего инструмента в значительной степени определяется микрогеометрией его рабочих поверхностей, наличием на поверхности микроконцентраторов напряжений в виде