

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ С ПРОГРЕССИВНОЙ СХЕМОЙ РЕЗАНИЯ

О. А. Барсукова, П. О. Черданцев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Известно, что одной из важнейших проблем машиностроения является снижение себестоимости изделий при условии обеспечения требуемого качества. При этом в настоящее время для отрасли характерно увеличение доли предприятий малого и среднего бизнеса. Одним из направлений снижения себестоимости изделий на таких предприятиях является сокращение издержек, связанных с инструментальным хозяйством. Это достигается, в частности, за счёт применения режущего инструмента, работающего без переточек до полного износа. При таком подходе исключается необходимость в наличии заточного и инструментального участков. Однако работа без переточек может быть экономически эффективной только при использовании инструмента с сопоставимой стоимостью и со значительно большей стойкостью по сравнению с аналогичным, предназначенным для работы с переточками.

Эвольвентные зубчатые передачи имеют весьма широкое распространение. Среди методов зубонарезания наибольшее распространение получило зубофрезерование как наиболее производительный по сравнению с прочими. Однако ему присущ ряд недостатков, к которым можно отнести высокую стоимость инструмента, его низкую стойкость, несмотря на невысокие скорости резания и подачи, необходимость в трудоёмких наладочных работах и в наличии заточного участка для его восстановления, повышающих себестоимость обработки зубчатых колёс. Поэтому повышение стойкости зуборезного инструмента и снижение затрат на его изготовление является важнейшими факторами снижения затрат на операциях зубофрезерования.

На наш взгляд, перспективной представляется комбинированная конструкция неперетачиваемых червячных фрез, работающих по прогрессивной схеме резания. За счёт раздельного стружкообразования, уменьшения толщины срезаемых зубьями слоёв и

возможности увеличения боковых задних углов, не опасаясь сокращения числа возможных переточек, такая фреза по стойкости должна существенно превосходить стандартную, что, учитывая работу без переточек, особенно актуально. В то же время, за счёт увеличенного числа зубьев по окружности, может быть исключён один из основных недостатков фрез с прогрессивной схемой резания, сдерживающих их широкое применение, – увеличение огранки нарезаемых зубьев.

С целью оценки увеличения стойкости неперетачиваемых червячных фрез с прогрессивной схемой резания по сравнению со стандартными, а также установления зависимости стойкости от режимов резания, необходимых для разработки рекомендаций по их эксплуатации, проведены две серии экспериментов.

Поскольку вдоль витка износ по задним поверхностям зубьев червячной фрезы неравномерен (рисунок 1), оценить увеличение стойкости фрезы при изменении задних углов и параметров коррекции зубьев целесообразнее на примере рассмотрения увеличения стойкости наиболее изнашиваемого зуба. Таким образом, целесообразно моделировать процесс резания одного (N-го) из зубьев червячной фрезы, подвергающегося наибольшему износу.

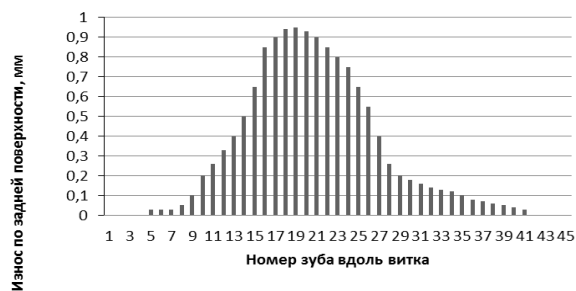


Рисунок 1 – Гистограмма износа зубьев стандартной червячной фрезы по задней поверхности

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ С ПРОГРЕССИВНОЙ СХЕМОЙ РЕЗАНИЯ

Разработана следующая модель процесса зубофрезерования. В качестве режущего инструмента в модели используется дисковая однозубая фасонная фреза (рисунок 2), профиль зуба и геометрические параметры которой соответствуют профилю зуба и геометрическим параметрам червячной фрезы. В качестве заготовки используется цилиндр с предварительно нарезанными продольными канавками, имитирующими впадину зубчатого колеса, остающуюся после работы предыдущего (N – 1)-го зуба.

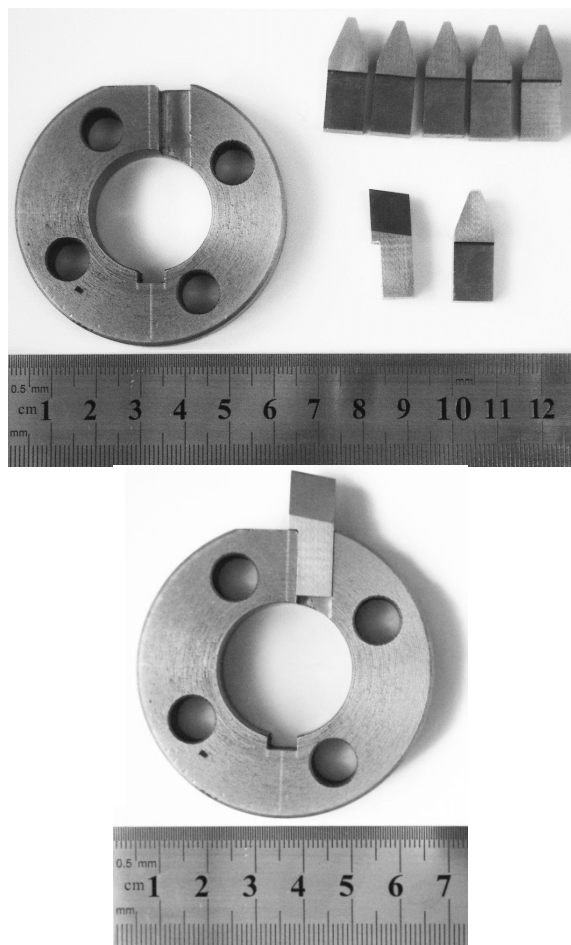


Рисунок 2 – Фреза-модель

Модель была проверена на адекватность. Для этого на первой стадии фрезой стандартной конструкции было осуществлено зубофрезерование пакета заготовок из стали 45 на режимах, назначенных согласно существующим нормативам, исходя из фактической стойкости 240 минут (скорость резания – 35 м/мин, подача – 2 мм/об.ст.). После этого был измерен износ по задним поверхностям зубьев, установлено, какой зуб червячной

фрезы подвергается наибольшему износу (зуб №19 от начала витка, износ 0,94 мм при критерии износа 1 мм, см. рисунок 1). На второй стадии был изготовлен цилиндр с продольными канавками, имитирующими впадину, остающуюся после работы зуба, предшествующего работе наиболее изнашиваемого зуба. Третья стадия заключалась в обработке подготовленного цилиндра дисковой однозубой фасонной фрезой, профиль зуба и геометрические параметры которой соответствуют аналогичным параметрам червячной фрезы. Режимы резания соответствовали режимам при зубофрезеровании на первой стадии. После 240 минут работы износ зуба модели составил 0,85 мм, а величины, соответствующей максимальному износу зуба червячной фрезы (0,94 мм) достиг после 265 минут работы. Разность в величине износа зуба модели по сравнению с износом зуба червячной фрезы по истечении 240 минут работы составила 9,6%, а по стойкости до момента достижения износа в 0,94 мм – 10,4%, что позволяет считать предлагаемую модель адекватной реальному процессу.

Первая серия экспериментов заключалась во фрезеровании фрезой-моделью с зубьями предлагаемого профиля, отличающимися геометрией режущего клина (рисунок 3). Режимы резания при моделировании назначались в соответствии с режимами при зубофрезеровании. При этом измерялось время, в течение которого износ по задней поверхности зубьев достигал той критической величины, что и в эксперименте, осуществленном на этапе проверки модели на адекватность. По результатам этой серии экспериментов установлены геометрические параметры, обеспечивающие наибольшую стойкость инструмента.

Результаты экспериментальных исследований следующие: средняя стойкость зубьев с задним углом на вершинной кромке 15° составила 850 минут, что в 3,54 раза выше стойкости зуба стандартной червячной фрезы между переточками при тех же режимах резания; стойкость зуба с задним углом на вершинной кромке 18° – 930 минут (в 3,86 раза выше стойкости стандартной фрезы); с задним углом на вершинной кромке 20° – 890 минут (в 3,71 раза выше стойкости стандартной фрезы).

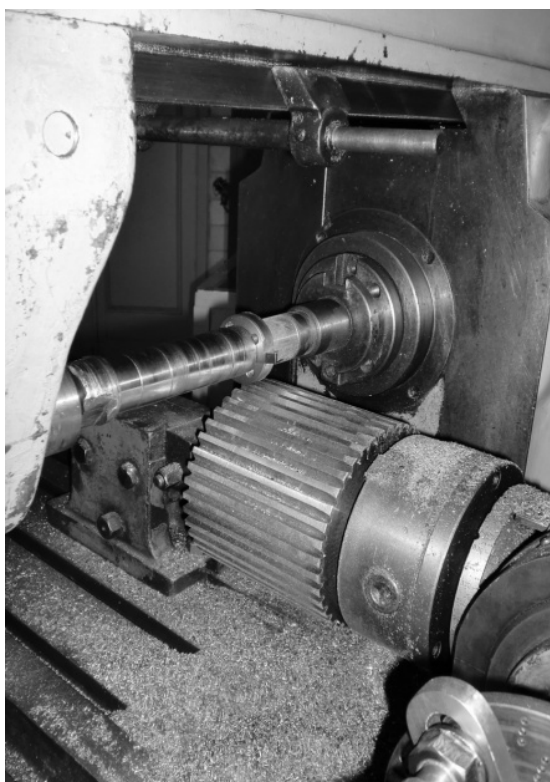


Рисунок 3 – Экспериментальная наладка

Вторая серия экспериментов, проведённая как полный факторный эксперимент 2^2 (таблица 1). Задний угол на вершинной кромке зубьев при этом был назначен равным 18° , как обеспечивающий наибольшую стойкость по результатам первой серии экспериментов.

Математическая обработка полученных результатов позволила установить зависимость стойкости предлагаемых червячных фрез от режимов резания (скорости резания и подачи на оборот стола) в виде степенной модели:

$$T = 15520693,753 \cdot v^{-2,5456} \cdot S^{-0,9574} \quad (1)$$

На рисунке 4 полученная зависимость представлена графически.

Таблица 1 – Режимы резания и полученные результаты во второй серии экспериментов

v , м/мин	S , мм/об. ст.	T , мин
60 (1)	3 (1)	160
		165
		155
		240
60 (1)	2 (-1)	230
		250
		640
35 (-1)	3 (1)	655
		630
		915
35 (-1)	2 (-1)	945
		930

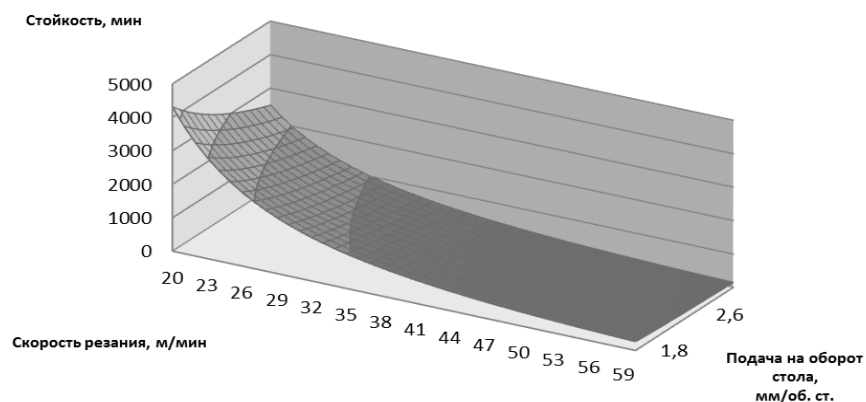


Рисунок 4 – Зависимость стойкости неперетачиваемых червячных фрез от режимов резания

На основании полученной зависимости стойкости от скорости резания и подачи на оборот стола могут быть разработаны рекомендации по назначению экономически целесообразных режимов резания на зубофре-

зерные операции с использованием в качестве режущего инструмента предлагаемых неперетачиваемых червячных фрез с прогрессивной схемой резания.