

ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ

Асс. СЮБОРОВ В.В. (ВГТУ)

Если ранжировать по величине относительную эффективность изменения параметров любого металлорежущего инструмента, то можно получить следующую картину:

- материал;
- схема резания;
- конструкция режущей части;
- прочие конструктивные параметры инструмента.

Для червячных фрез и процесса зубофрезерования существуют следующие факторы повышения эффективности:

1) Применение инструментальных материалов, позволяющих вести обработку с более высокими скоростями резания, например, быстрорежущей стали Р6М5К5 вместо Р6М5 или различных марок твердого сплава.

Однако, следует отметить, что применение этих материалов наряду с увеличением производительности ведет к увеличению стоимости червячной фрезы, особенно это касается твердосплавных червячных фрез. Кроме этого, эффективному внедрению твердосплавных червячных фрез препятствуют сколы на режущих кромках фрезы, возникающие при обработке с большими толщинами срезаемой стружки, которые снижают стойкость инструмента и увеличивают толщину снимаемого при переточке слоя, что приводит к дополнительным расходам твердого сплава и повышенным затратам на переточку [4]. В настоящее время твердосплавные червячные фрезы применяются при обработке с небольшими толщинами стружки для нарезания зубчатых колес мелких модулей $m = 1 - 2.5$ мм, а также для чистовой обработки закаленных зубчатых колес, заменяя при этом зубошлифование [2].

2) Оптимизация формы продольного и поперечного сечения срезаемой стружки.

Низкая производительность зубофрезерования червячными фрезами обусловлена несовершенством схемы резания. Каждый зуб фрезы, прорезаю-

щий впадину колеса, работает двумя или тремя режущими кромками, срезая Г- или П-образный слой с переменной по контуру толщиной. При этом сложная форма стружки в поперечном сечении вызывает повышенный износ зубьев фрезы, особенно у уголков. А переменная толщина стружки в продольном сечении приводит к тому, что при значительной длине стружки объем снимаемого металла незначителен, что влияет на производительности зубофрезерования.

Таким образом, изменение формы продольного и поперечного сечения стружки, снимаемой при зубофрезеровании, позволит за счет уменьшения износа увеличить производительность обработки, стойкость фрезы и количество ее переточек.

В настоящее время большинство исследований в области зубофрезерования направлены на улучшение стружкообразования при работе червячной фрезы. Перечислим наиболее известные способы изменения формы среза:

- двухпроходное зубофрезерование колес модулем более 4 мм с соответствующим разделением припуска на черновой и чистовой; второй рабочий ход производится при глубине резания 0.5-1 мм и повышенных режимах резания [1];

- применение многозаходных червячных фрез; при этом изменяются параметры срезаемых стружек - увеличивается доля стружек значительной толщины [1];

- применение фрез с прогрессивной схемой резания конструкции Медведицкова С.Н. [3]; в этом случае четные зубья фрезы выполняются с уменьшенной высотой, но с номинальной толщиной зуба, а нечетные - с номинальной высотой и уменьшенной толщиной зуба; подобная схема позволяет избежать взаимодействия стружек, одновременно снимаемых тремя режущими кромками фрезы;

- применение зубофрезерования с переменной подачей; в этом случае осевая подача увеличивается на входе и выходе фрезы из заготовки [1];

- выполнение заборного конуса с затылованными зубьями на входной стороне червячной фрезы для обработки зубчатых колес большого диаметра; в этом случае нагрузка, приходящаяся на крайние зубья уменьшенной высоты, распределяется на рядом расположенные зубья обычного профиля [6];

- выполнение фасок, лунок, стружкоразделительных канавок и других модификаций профиля зуба фрезы, позволяющих исключить взаимодействия стружек, срезаемых вершинной и боковыми режущими кромками зуба червячной фрезы;

- зубофрезерование с тангенциальной подачей червячной фрезой с заборным конусом [4];

- зубофрезерование червячной фрезой с прямолинейной траекторией реза.

Почти все перечисленные методы позволяют в той или иной степени изменить только поперечную форму срезаемой стружки, зубофрезерование червячной фрезой с прямолинейной траекторией реза изменяет продольное сечение стружки, и только применение зубофрезерования с тангенциальной подачей изменяет как поперечную, так и продольную форму срезаемой стружки.

3) Улучшение геометрии режущего клина.

Стандартные заточенные червячные фрезы имеют передний угол 0° , задние углы при вершине $10-12^{\circ}$ и соответственно у боковых сторон $3-4^{\circ}$. Отсутствие переднего угла не обеспечивает высокой стойкости фрез. Увеличение передних углов до $10-15^{\circ}$ значительно повышает стойкость, но приводит к существенным недостаткам: снижается прочность зуба и число переточек, растут погрешности профиля зуба нарезаемого колеса. В связи с этим наличие переднего угла, отличного от нуля целесообразно только у черновых червячных фрез.

4) Уменьшение величины врезания.

При зубофрезеровании червячной фрезой с осевой подачей 25-30%, а иногда и до 60% времени машинной работы инструмента приходится на преодоление пути врезания фрезы в заготовку, что значительно сказывается на производительности обработки. Способ зубофрезерования червячной фрезой с прямолинейной траекторией реза позволяет ликвидировать врезание и тем самым повысить производительность.

5) Уменьшение угла профиля чистовой червячной фрезы.

При обработке зубчатых колес червячной фрезой на профиле зуба в продольном сечении образуются гребешки, величина которых зависит от величины осевой подачи и угла профиля зуба фрезы (угол профиля стандартных фрез равен 20°). Уменьшение угла профиля чистовой фрезы приведет к

уменьшению волнистости на поверхности зуба колеса и повышению точности чистового зубофрезерования [6].

б) Изменение технологического маршрута обработки зубьев колеса (комплексное мероприятие).

Технологический маршрут обработки зубьев цилиндрического зубчатого колеса состоит из следующих основных элементов:

- зубонарезание (зубофрезерование);
- обработка фасок зубьев;
- предварительная зубоотделка (зубошевингование);
- термообработка (для придания поверхности зубьев необходимой твердости и износостойкости);
- окончательная зубоотделка (зубохонингование или зубошлифование).

Как уже говорилось выше зубофрезерование червячной фрезой характеризуется сравнительно низкой производительностью из-за несовершенства схемы резания. Отличительной особенностью зубоотделочных операций является тот факт, что точность зубошевингования и зубохонингования напрямую зависит от точности предварительных операций зубообработки, а при зубошлифовании точность определяется только внутренними факторами данного процесса.

В связи с этим возникают следующие варианты изменения технологического маршрута обработки цилиндрического зубчатого колеса:

а) поскольку при наличии в технологическом маршруте зубошевингования нельзя применять высокопроизводительные методы зубонарезания низкой точности, то необходимо разделить зубофрезерование на черновое и чистовое. В этом случае при черновой обработке появляется возможность использовать новые высокоэффективные схемы зубофрезерования и фрезы с оптимальной геометрией режущего клина. Чистовая обработка ведется традиционным способом.

Дополнительные требования:

- черновая обработка должна вестись на базе традиционных зубофрезерных станков;
- зубофрезерный станок должен обеспечить требуемую точность на чистовой обработке.

б) заменить зубошвингование зубошлифованием.

В этом случае целесообразно использовать высокоэффективные способы зубофрезерования низкой точности и червячные фрезы с отличным от нуля передним углом.

Дополнительные требования:

- повышение стабильности и точности процесса зубошлифования;
- припуск, снимаемый при зубошлифовании, не должен превышать величины слоя с повышенной твердостью и износостойкостью, полученной при термообработке.

В заключение, необходимо отметить, что наилучший результат принесет одновременная реализация нескольких факторов, повышающих эффективность зубофрезерования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калашников С.Н., Калашников А.С. Зубчатые колеса и их изготовление. - М.: Машиностроение, 1983. - 264 с.

2. Кирсанов Г.Н., Савин П.А. Повышение точности твердосплавных червячных фрез с прямолинейной режущей кромкой. // Станки и инструмент, 1989, No 4.

3. Медведицков С.Н. Высокопроизводительное зубонарезание фрезами. - М.: Машиностроение, 1981. - 104 с.

4. Мисевич В.С., Рык С.П. Эффективность нарезания зубчатых колес твердосплавными червячными фрезами // Станки и инструмент, 1979, No 4, стр.26-28.

5. Производство зубчатых колес: Справочник / Под общ. ред. Б.А.Тайца. - М.: Машиностроение, 1990. - 464 с.

6. Семенченко И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. - М.: Машгиз, 1963. - 952 с.