

Плунжерное фрезерование. Влияние характеристик станка на эффективность траектории плунжерного фрезерования.

Чигинев Андрей Олегович

Студент 6 курса,

кафедра «Инструментальная техника и технологии»

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель: Б. Д. Даниленко, доцент кафедры «Инструментальная техника и технологии»

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

В связи с постоянным развитием металлообрабатывающих станков, особенно в области скоростей, такие методы обработки как плунжерное фрезерование становятся все более и более эффективными. Тем не менее, этот метод еще не изучен до конца и мы не знаем всех его возможностей, так же как и не имеется достаточно рекомендаций по выбору режимов обработки. В данной работе представлена попытка оценить основное технологическое время обработки с помощью предложенного алгоритма и предложены рекомендации по настройке станка перед работой.

Описание плунжерного фрезерования:

Плунжерное фрезерование представляет собой последовательность погружений концевой фрезы в обрабатываемый материал вдоль своей оси. Дискретное движение фрезы в плоскости XY по определенной траектории формирует требуемую поверхность (см. рис. 1).

Вследствие особенностей данного вида обработки, формируемая поверхность получается фестончатая (см. рис. 1), что может требовать дополнительного чистового прохода классическим способом. Таким образом, плунжерное фрезерование представляет собой прежде всего черновой метод обработки.

При плунжерном фрезеровании обработка осуществляется не периферийной, а торцевой частью инструмента, что кардинально перераспределяет направление усилий резания с радиальных на осевые (см. рис. 2). Это заметно снижает вибрации системы, уровень потребляемой мощности и шума, повышает стойкость инструмента. Данный метод можно сравнить с растачиванием при прерывистом резании.

При классическом концевом фрезеровании при большом вылете фрезы ($> 4 \times D_{\text{фрезы}}$) наблюдается сильный отгиб фрезы, особенно при обработке углов, что затрудняет получение требуемой формы и взаимного расположения поверхностей.

Условия применения плунжерного фрезерования:

- При вылете инструмента больше чем $4 \times D_{\text{фрезы}}$;
- При нежесткой системе;
- При ограниченности станка по мощности и крутящему моменту;
- При жестких требованиях по форме и взаимному расположению в углах;

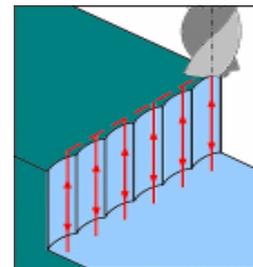


Рис. 1 : Плунжерное фрезерование уступа

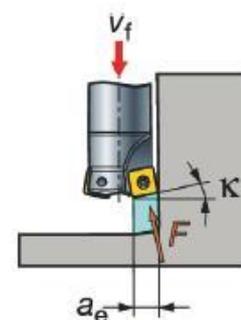


Рис. 2 : Направление сил резания при плунжерном фрезеровании

- При обработке труднообрабатываемых материалов.
- Основные особенности фрез, применяемых при плунжерном фрезеровании:
- Большой объем стружечной канавки.
 - Внутренние каналы для подвода СОЖ или сжатого воздуха, который вымывает/выдувает стружку.
 - Тангенциальное крепление пластин на торцевой части фрезы для увеличения жесткости пластины и уменьшения изгибающих напряжений.
 - Баланс между перераспределением результирующей силы вдоль оси фрезы и отсутствием трения вспомогательной режущей кромки по обработанной поверхности.

Основные области применения - обработка:

- Пазов;
- Выборок/карманов;
- Уступов/открытых профилей;
- Углов.

Влияние характеристик станка на эффективность плунжерного фрезерования:

В статье [1] авторы опираются на упрощенную динамическую модель подачи фрезы, которая связывает следующие параметры: определяемый оператором силовой импульс подачи (в англоязычной литературе обозначается J – “Jerk”, [м³/с]), желаемая максимальная скорость подачи V_{\max} и единичное перемещение фрезы $dist$ (которая определяется формой траектории, геометрией кармана и диаметром фрезы). В результате анализа этой модели мной были получены формулы, позволяющие оценить время обработки прямоугольного кармана заданных размеров, фрезой заданного диаметра, с заданной минутной скоростью подачи.

Данная модель была подтверждена экспериментальным путем. В качестве заготовки использовался блок алюминия. Необходимо было получить прямой паз глубиной 30 мм и длиной 90 мм фрезой CoroMill Plura фирмы Sandvik диаметром 20 мм, высота холостого хода над деталью 10 мм, шаг 3,05 мм. Полученное расхождение измеренного времени с оцененным не превышало 3,6%.

Итак, при фрезеровании максимальная скорость подачи определяется возможностями станка или условиями обработки (материал режущей части, обрабатываемый материал, конструкция инструмента и др.). Существует определенное минимальное расстояние между двумя точками остановки фрезы ($dist_{\min}$), на котором она может достичь своей заданной максимальной скорости. Дабы минимизировать суммарное время обработки, оптимальный силовой импульс J , необходимый для достижения заданной скорости без появления вибраций в системе, можно рассчитать по формуле:

$$J_{\min} = \frac{4v_{\max}^3}{dist^2} \leq J_{optimal} < 10 \cdot J_{\min}, \text{ где } dist = \{ \text{глубина} + \text{высота холостого хода, шаг} \}$$

Литература:

1. М. Рош, Ж.-И. Аскуэ. Черновое фрезерование выборков и карманов трохойдальным и плунжерным методами.
2. Д. Хун Кхо, Ю. Альтинтас. Динамика и устойчивость операций плунжерного фрезерования // «Journal of Manufacturing Science and Engineering». – Июль 2006 г.
3. Б. Кеннеди. Плунжерное фрезерование // «Cutting Tool Engineering Plus». – Март 2012 г.
4. www.sandvik.coromant.com
5. www.kennametal.com