

УДК 621.914

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СТРАТЕГИЙ СОВРЕМЕННЫХ РЛМ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ

Авдошин Кирилл Александрович, Чибисов Виктор Андреевич

Студенты 6 курса,

кафедра «Металлорежущие станки»,

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Научный руководитель: В.Б. Мецержакова,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлорежущие станки»

Высокоскоростная обработка (High Speed Machining или ВСО) — одна из современных технологий, которая, по сравнению с обычным резанием, позволяет увеличить эффективность, точность и качество механообработки. Ее отличительная особенность — высокая скорость резания, при которой значительно увеличивается температура в зоне образования стружки, материал обрабатываемой детали становится мягче, и силы резания уменьшаются, что позволяет инструменту двигаться с большой рабочей подачей.

Станки для ВСО должны позволять производить обработку на больших частотах вращения (до 40000 об/мин), больших рабочих подач (до 20 м/мин) на достаточно маленьких глубинах и ширине резания, что приводит к увеличению объема удаляемого металла в несколько раз по сравнению с обычной обработкой (рис. 1).

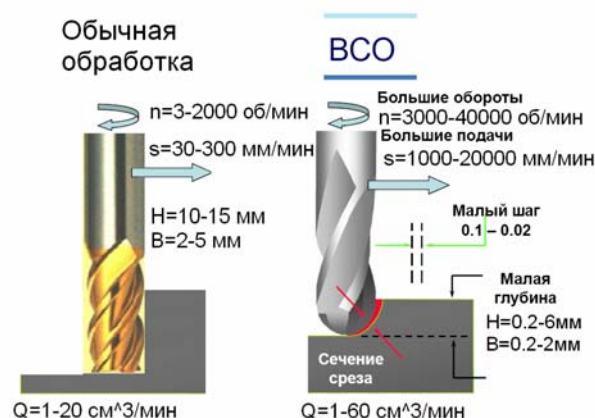


Рис. 1. Характеристики ВСО по сравнению с обычной обработкой

Время контакта режущей кромки с заготовкой и стружкой так мало, а скорость отрыва стружки столь высока, что большая часть тепла, образующегося в зоне резания, удаляется вместе со стружкой, а заготовка и инструмент просто не успевают нагреваться. При проведении ВСО, во время формирования стружки, 80 % тепла образуется в зоне механической деформации материала, 18 % — в зоне контакта стружка-инструмент, и 2 % — в зоне трения режущей кромки о материал. Исследования, проведенные во время ВСО обработки с правильно подобранными параметрами, показали, что 75 % произведенного тепла отводится со стружкой, 20 % — через инструмент, и 5 % — через обрабатываемую деталь.

Температура стружки в зоне резания может достигать 600 °С (рис. 2).

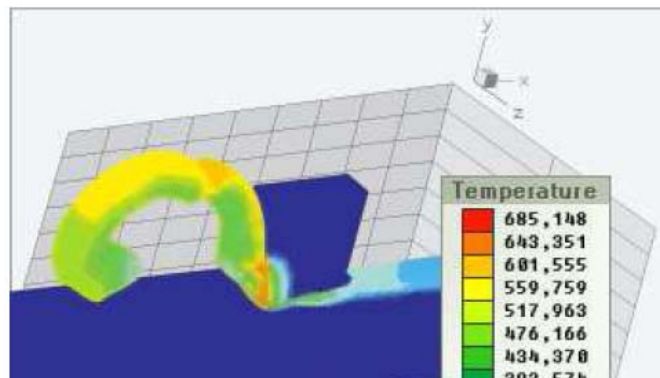


Рис. 2. Диаграмма температуры в зоне резания

Основные стратегии ВСО в CAD/CAM системах

Главное требование ВСО при создании траекторий обработки - это обеспечение минимальной и постоянной нагрузки на инструмент, а также создание минимальных холостых ходов.

Для этого рассматриваются различные виды основных стратегий ВСО, которые предлагают CAD/CAM системы.

Плавность рабочих ходов достигается применением различных видов траекторий:

- сглаживание острых углов (рис. 3)

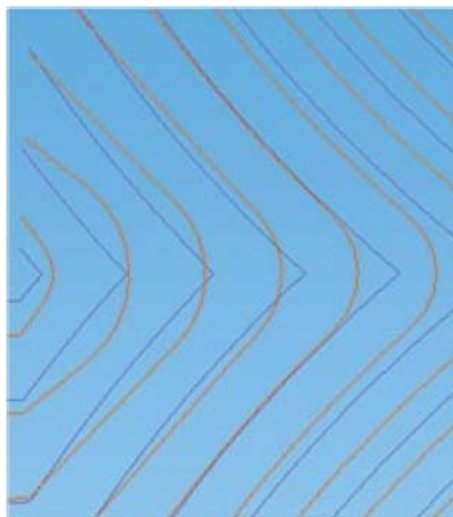


Рис. 3. Сглаживание острых углов

- применение спиральных траекторий (рис. 4)

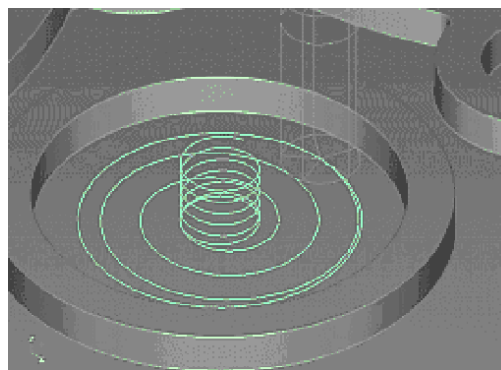


Рис. 4. Применение спиральных траекторий

- применение трохоидальных траекторий (рис. 5)

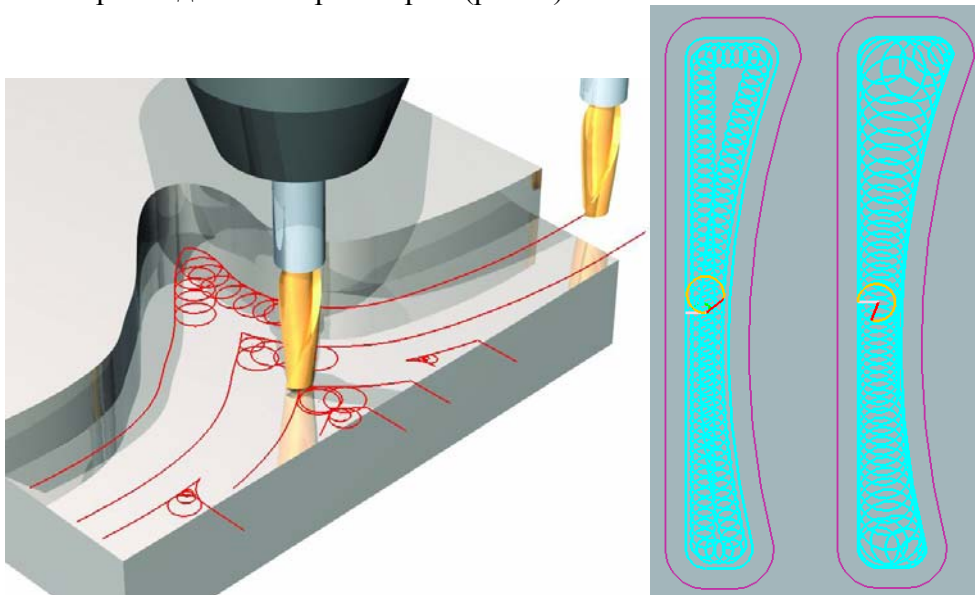


Рис. 5. Применение трохоидальных траекторий в САМ системе MasterCam и Unigraphics

- использование доработки инструментом меньшего диаметра;
- введение трохоиды в углах

Многократные проходы фрезы удаляют припуск слой за слоем, что обеспечивает малую площадь контакта инструмента с заготовкой и низкие значения сил резания (рис. 7)

- послойное снятие припуска в углах (рис. 6)

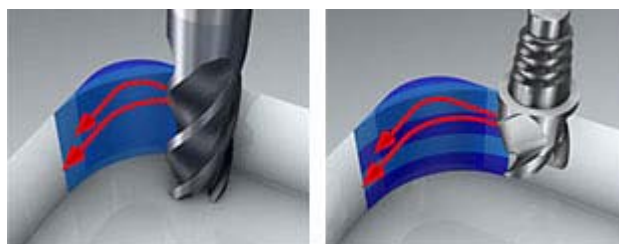


Рис. 6. Послойное снятие припуска в углах

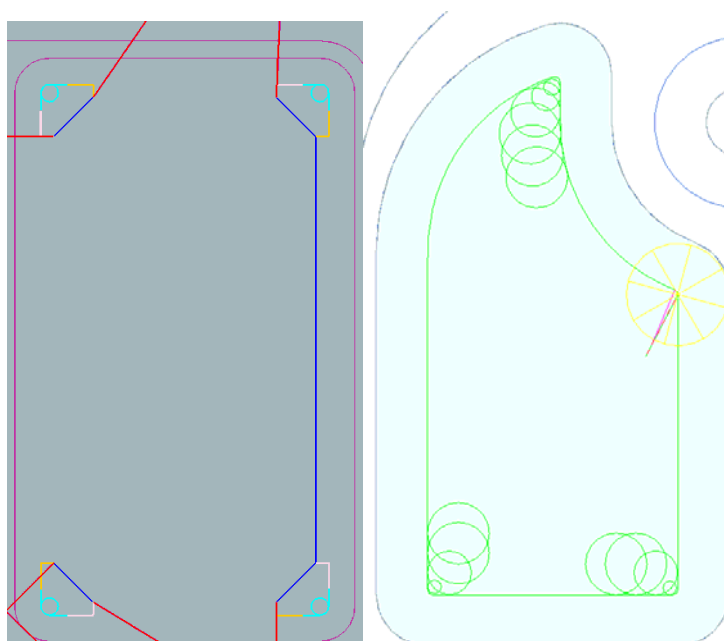


Рис. 7. Введение трохоиды в углах в САМ системах Unigraphics и Powermill

- при равномерном и плавном врезании применяются спиральное и трохоидальное врезание (рис. 8)

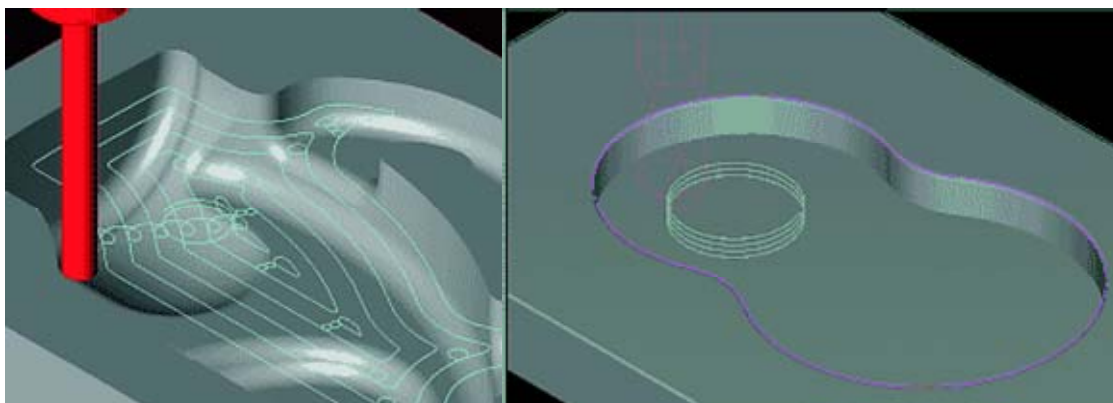


Рис. 8. Спиральное и трохоидальное врезание

Экспериментальное исследование

Для определения влияния стратегий на качество и производительность получаемых тонкостенных деталей, был произведен эксперимент. В качестве исследуемой детали (рис. 9) была выбрана корпусная тонкостенная деталь, содержащая 4 кармана, из алюминиевого сплава марки Д16Т.

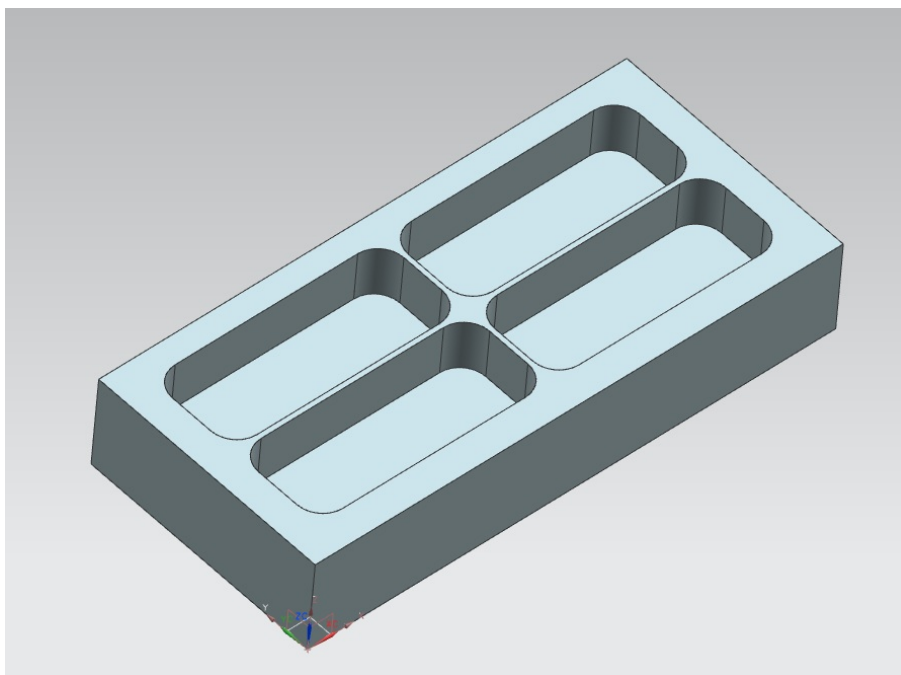


Рис. 9. Обрабатываемая деталь

Было произведено сравнение двух деталей, изготовленных с применением различных стратегий САМ среды Powermill. В качестве базового варианта была выбрана традиционная схема выборки карманов, особенностями которой является использование наклонного врезания фрезы, торможения в углах (рис. 10)

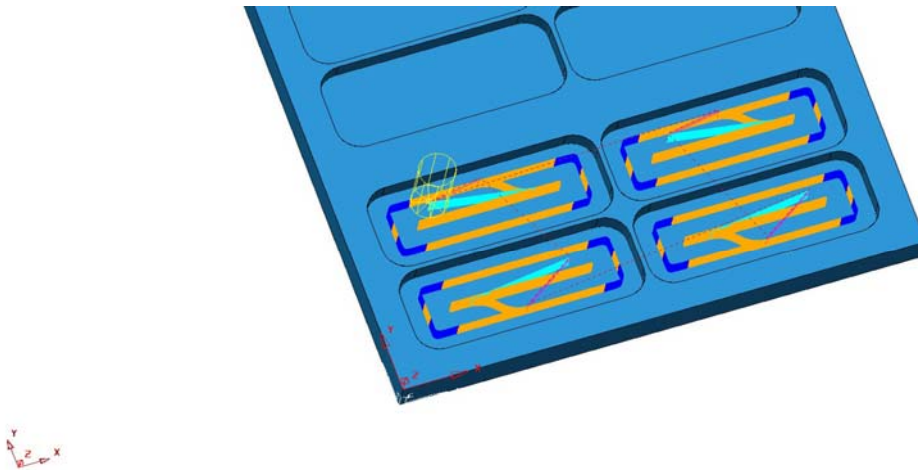


Рис. 10. Традиционная траектория выборки карманов.

В качестве второго варианта была выбрана трохоэдальная высокоскоростная стратегия (рис. 11) с повышенными режимами резания, применением спирального врезания и трохоидальной выборки углов.

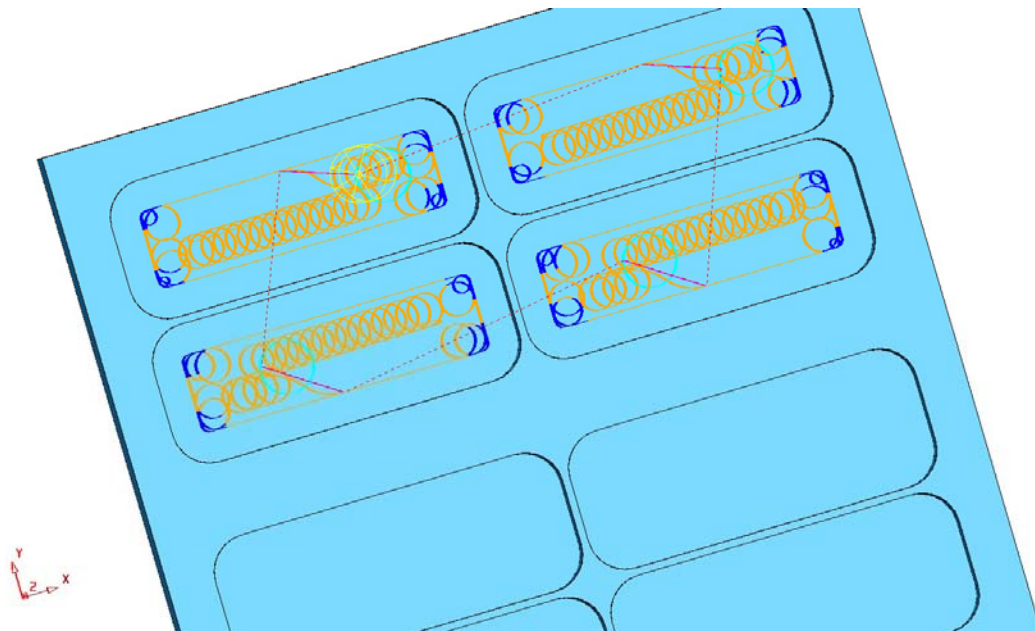


Рис. 11. Трохоэдальная траектория выборки карманов

Поскольку деталь тонкостенная, в обоих случаях использовалась стратегия послойного снятия припуска для повышения жесткости тонкой стенки. Это уменьшает упругие деформации стенки, возникающие из-за воздействия сил резания. При соотношении l/h больше 10 и большой глубине за проход, целесообразно помимо послойного снятия припуска в шахматном порядке обеспечивать перекрытие между слоями (рис. 12).



Рис. 12. Снятие припуска послойно в шахматном порядке

Обработка деталей производилась на станке модели CAM 1520 фирмы VHF (Германия).



Рис. 13. Станок CAM 1520 фирмы VHF

Для определяя нагрузки на инструмент в процессе обработки детали на станок был установлен трехкомпонентный динамометр модели 9257B (рис. 14) фирмы Kistler (Швейцария), на котором была закреплена заготовка.



Рис. 14. Внешний вид динамометра модели 9257B

Для усиления и преобразования сигнала использовался 8-канальный усилитель-преобразователь типа 5070A01110, фирмы Kistler (Швейцария) (рис. 15).



Рис. 15. Внешний вид усилителя-преобразователя типа 5070A01110

Для сбора и анализа данных использовалось программное обеспечение DynoWare фирмы Kistler (Швейцария), версия 2.4.1.6 (рис. 16).

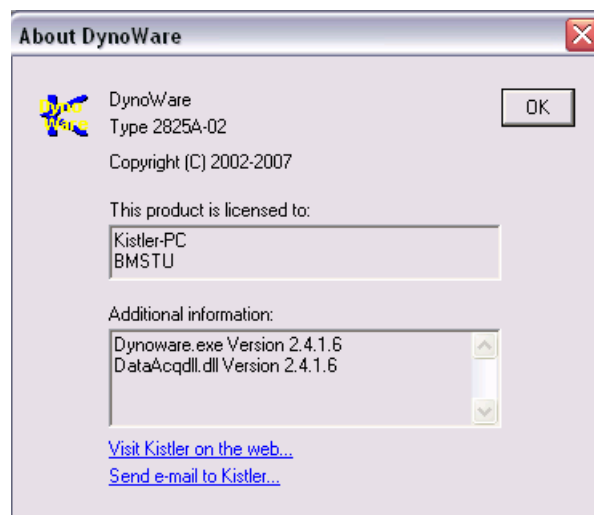


Рис. 16. Версия программного обеспечения Dyno Ware

Сначала была изготовлена деталь с применением традиционных стратегий обработки (рис. 17).

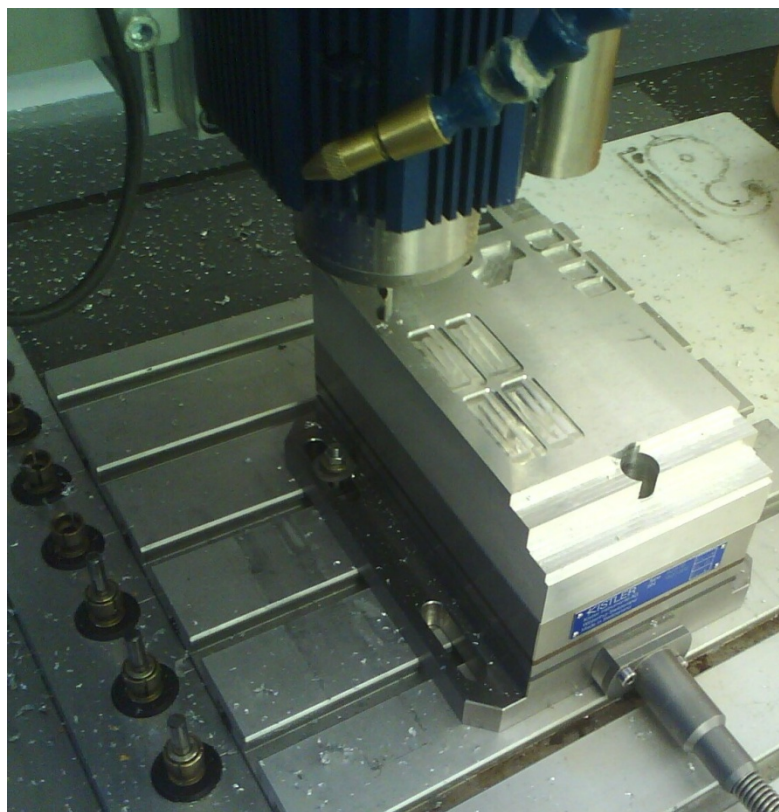


Рис. 17. Изготовление детали

Поскольку карманы детали идентичны, то дальнейший анализ будет вестись относительно обработки одного прохода кармана. В процессе обработки проводились замеры сил F_x , F_y , F_z . Используя программные средства среды Dinoware на графике сразу получается отображение интересующей нас результирующей силы, равной векторной сумме сил F_x и F_y . Поскольку измерительная система Kistler имеет конструктивный дрейф канала F_z в зависимости от времени измерения, то эта сила в расчете нагрузки на инструмент не учитывается. Сразу после измерений получаются графики с большим количеством "шумов" (рис. 18).

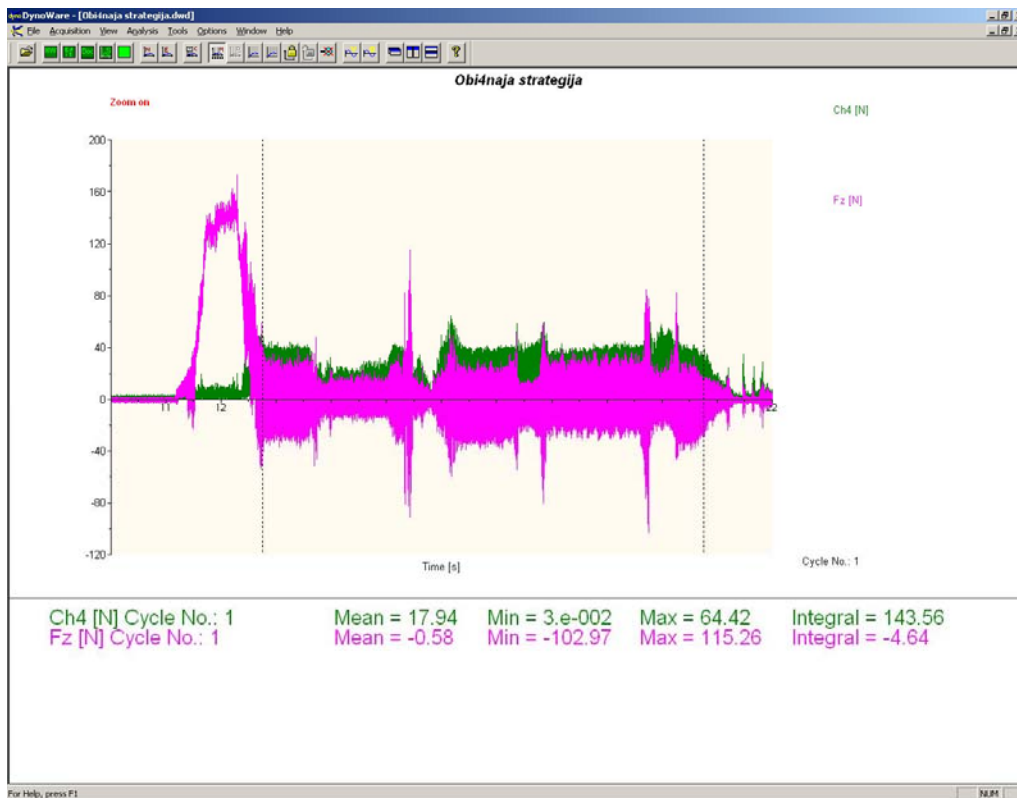


Рис. 18. Не обработанный результат измерений

После обработки результатов измерений программными средствами Dinoware получается график (рис. 19).

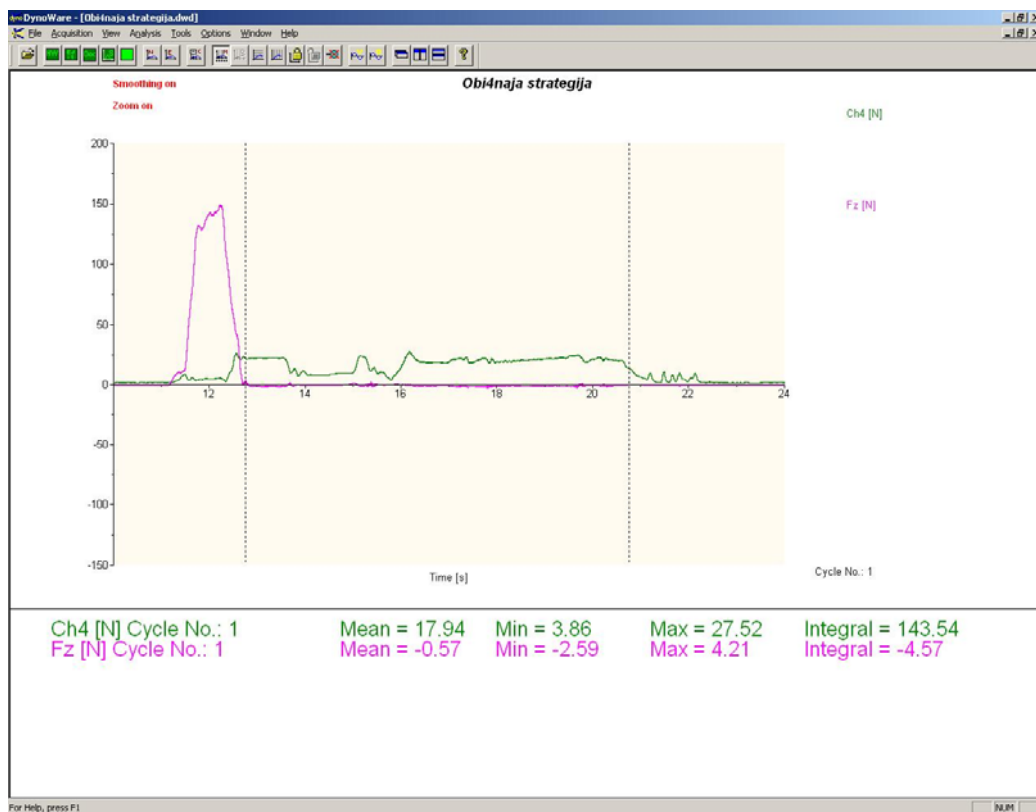


Рис. 19. Обработанный результат измерений при фрезеровании кармана традиционной траекторией

Далее была произведена обработка такой же детали, но уже с применением высокоскоростных траекторий на повышенных режимах резания (рис. 20).



Рис. 20. Высокоскоростная обработка

Результаты измерений высокоскоростной обработки получаются в таком же виде (рис. 21).

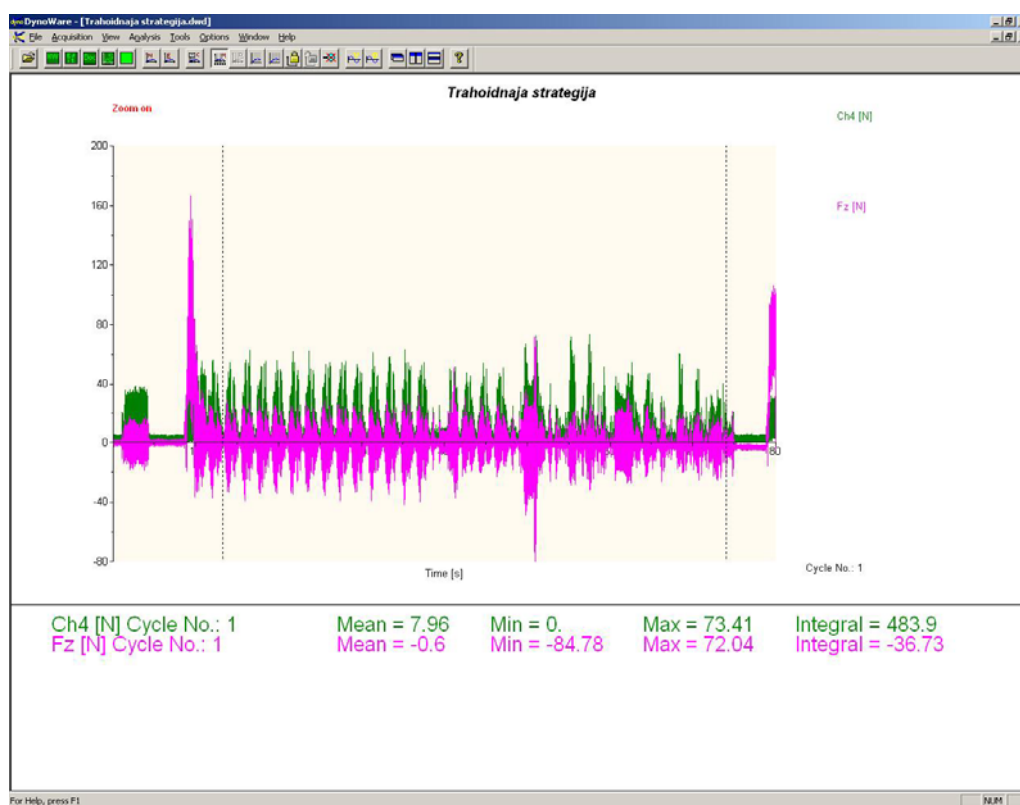


Рис. 21. Необработанные результаты измерений

После обработки результатов получаем график (рис. 22).

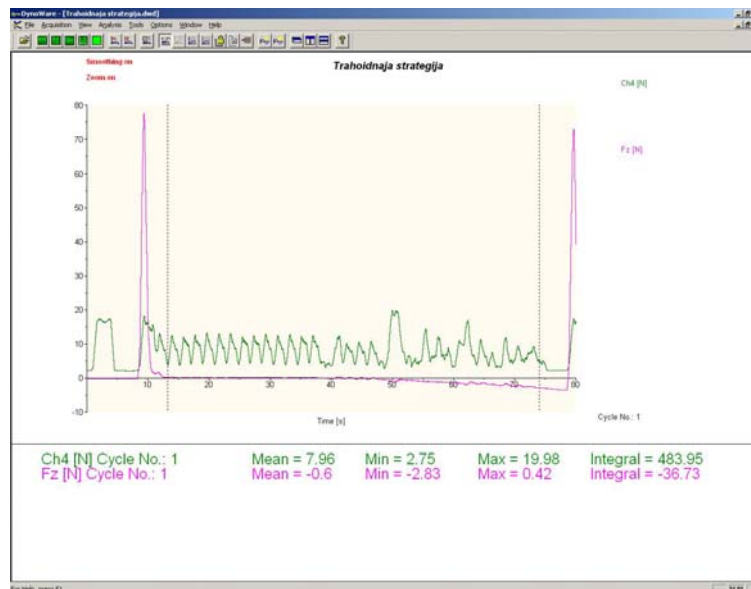


Рис. 22. Обработанный результат измерений при высокоскоростном фрезеровании кармана

На графике (рис. 31) хорошо заметно конструктивный дрейф нуля канала Fz измерительной системы Kistler.

После изготовления двух деталей различными стратегиями (рисунок 23) был произведен замер линейных размеров, обе детали попали в допуск.



Рис. 23. Готовая деталь

Проанализировав и сравнив получившиеся графики можно сделать вывод о том, что обработка традиционной стратегией обеспечивает более постоянную нагрузку на инструмент. Хотя мы и не смогли в полной мере оценить возможности высокоскоростной обработки, поскольку возможности нашего станка и системы ЧПУ вносили коррективы в режимы и стратегии.

При трохоедальной траектории движения происходит многократное врезание - выход инструмента из материала заготовки, но при незначительных толщинах срезаемого слоя это не создает пагубных условий для инструмента. Отчетливо видно, что средняя нагрузка на инструмент при трохоедальной обработке намного ниже, чем при традиционной, а максимальная нагрузка при врезаниях находится на уровне средней нагрузки на инструмент при традиционной обработке.

Уменьшение сил резания и толщины срезаемого слоя хорошо сказывается на точности и шероховатости получаемой поверхности, а высокие режимы обработки при этом обеспечивают большую производительность. Эти критерии лежат в основе современной стратегии "Тонко, но быстро".

Литература

- 1 К. Виттингтон, В. Власов. “Высокоскоростная механообработка”. Журнал “САПР и графика” 11/2002.
- 2 В. А. Потапов. “Проблемы вибраций при высокоскоростном фрезеровании алюминия в авиакосмической промышленности и способы их решение”, по материалам журнала “MODERN MACHINE SHOP” январь/2001.
- 3 “Высокоскоростное фрезерование: за и против”. Журнал “САПР и графика” 2/2003.
- 4 “Средства HSM в Mastercam”. CAD/CAM/CAE Observer #1(14)/2004.
- 5 Smith, S. Three rules for cutting thin parts // Cutting Tool Engineering.- 2009.- №9
- 6 Sandvik Coromant. Нервюра крыла
- 7 Электронный каталог компании Kistler
- 8 Kistler Training Course CD-ROM.