

ФРЕЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ С ЧПУ

с системой ЧПУ FANUC

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ, ВЕРСИЯ 0.1



2005

Настоящее издание является собственностью ЗАО «ИРЛЕН-инжиниринг». Любое копирование и распространение разрешается только с согласия собственника. Не допускается использование издания в коммерческих целях.

1. Классификация фрезерных станков.	3
2. Основные узлы фрезерных станков с ЧПУ.	5
3. Основы проектирования технологии обработки на фрезерном станке с ЧПУ.	8
3.1 Подбор режущего инструмента.	8
3.2 Подбор инструментальной оснастки.	11
3.3 Программирование.	15
3.4 Применение САМ систем в программировании.	21
3.5 Пример написания программы для детали Крышка.	26
4. Порядок работы на станке.	33
4.1 Загрузка инструмента.	33
4.2 Привязка инструмента.	33
4.3 Привязка к нулю детали.	37
5. Приём – передача данных в системе ЧПУ FANUC 0i.	39
6. Заключение.	40

1. Классификация фрезерных станков.

Фрезерные станки можно классифицировать по различным признакам.

По расположению шпинделя:

1. Вертикальные.
2. Горизонтальные.

Вертикальные станки являются наиболее универсальными и применяются в большинстве случаев. На горизонтальных станках обрабатываются в основном крупногабаритные корпусные детали.

По количеству управляемых осей (степеней свободы):

1. Однокоординатные.
2. Двухкоординатные.
3.

Ось шпинделя всегда является осью Z и направлена на инструмент. Оси X и Y – перпендикулярные направления перемещения режущего инструмента в плоскости стола. Оси A , B , C – это вращение вокруг осей X , Y , Z .

По типу стола:

1. С неподвижным столом (рис.1.2).
2. С подвижным столом (рис.2.1).

Наиболее распространённой является компоновка станка, где оси X и Y реализованы перемещением стола относительно шпинделя. Для обработки крупногабаритных деталей и для улучшения обзора рабочей зоны изготавливают станки, где стол неподвижен, а вся шпиндельная бабка перемещается относительно него.

Многокоординатные станки различаются по способу реализации 4, 5 и более осей:

1. С поворотным столом (рис.1.1, 1.3, 1.4).
2. С поворотной головкой (рис.1.2).

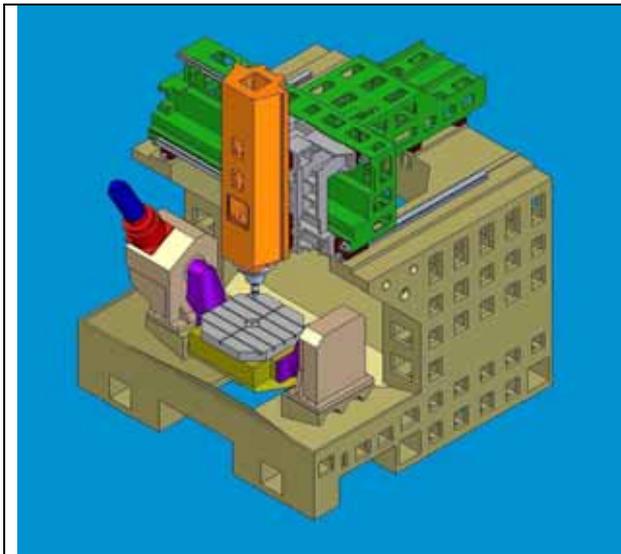


Рис.1.1

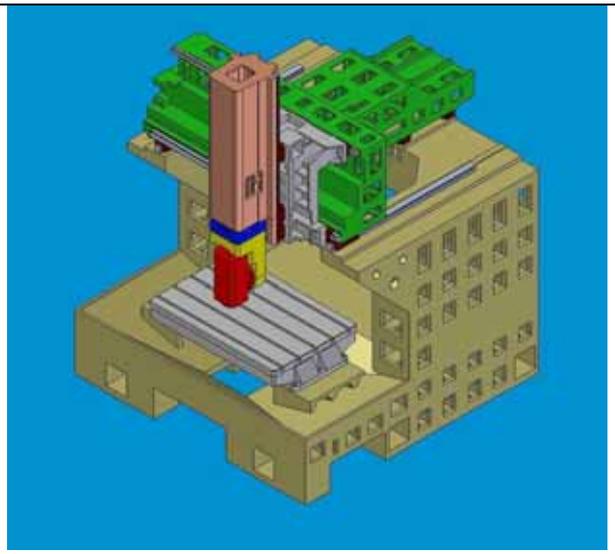


Рис.1.2

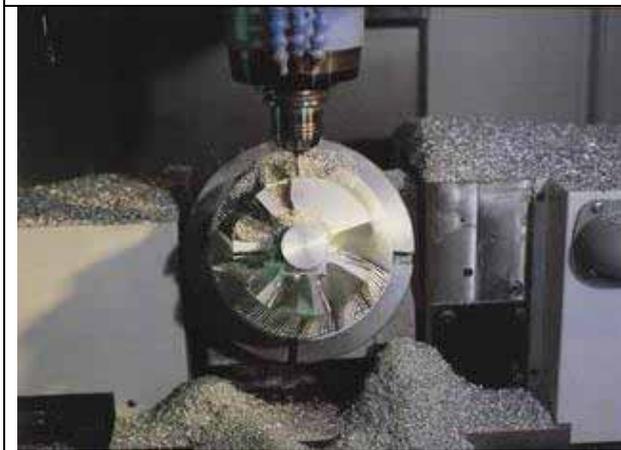


Рис.1.3



Рис.1.4

Самый простой способ сделать из 3 координатного станка 4 или 5 координатный – это установить на основной стол станка дополнительный поворотный стол. Главным недостатком этого решения является уменьшение рабочей зоны станка. В общем случае, поворотный стол может быть встроенным изначально. Более крупные станки оснащают поворотной головкой, которая имеет 1 или 2 степени свободы и может работать как с индексированием, так и в режиме непрерывного управления.

2. Основные узлы фрезерных станков с ЧПУ.

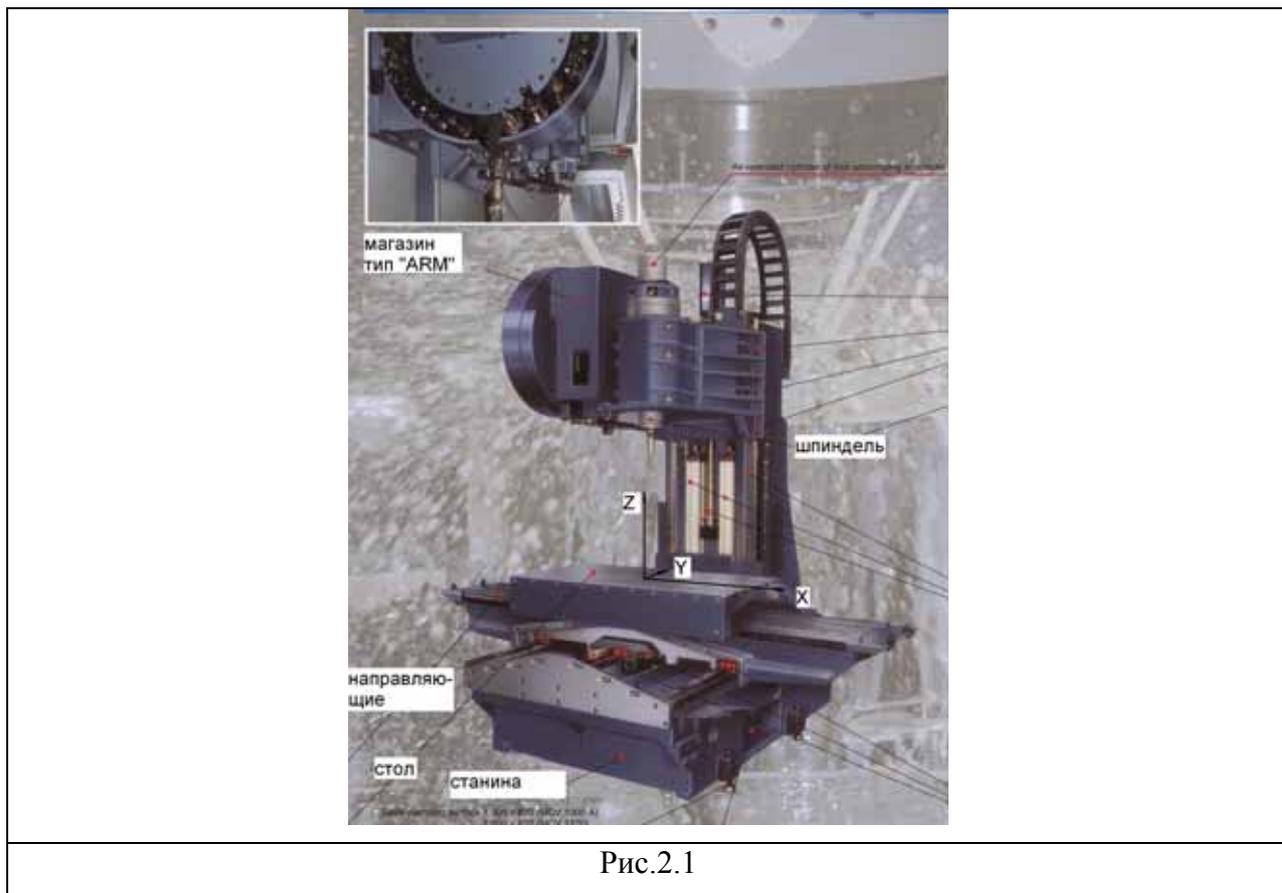
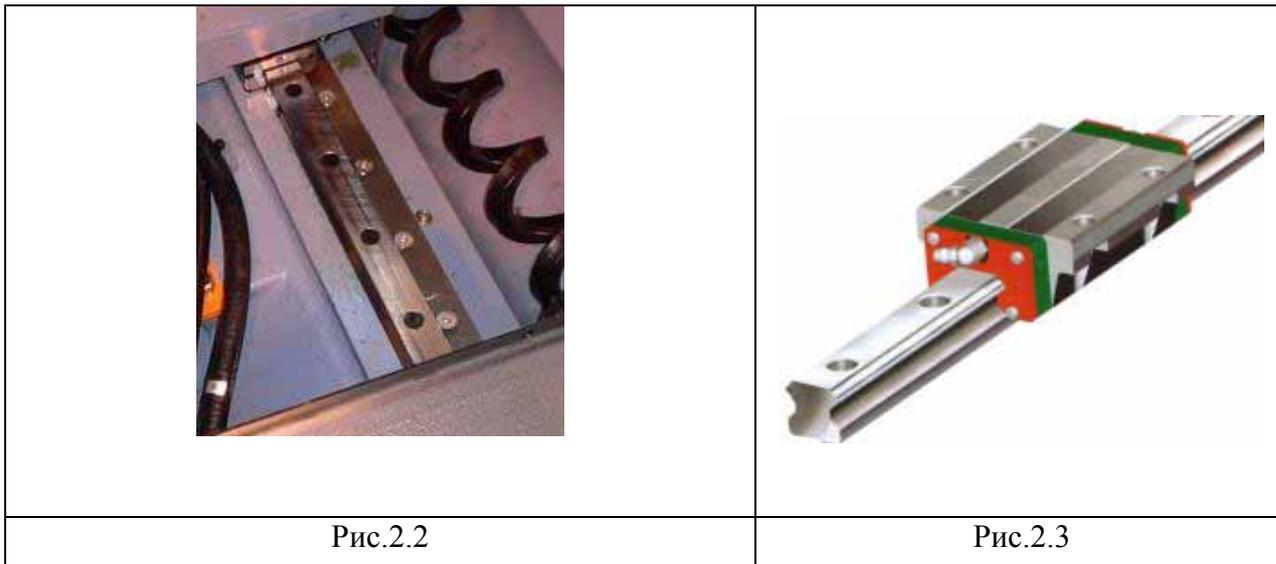


Рис.2.1

Фрезерный станок с ЧПУ состоит из следующих элементов:

1. Станина. Бывает 2-ух видов – литая и сварная. Первый вид имеет преимущества из-за большей жёсткости и лучшей демпфирующей способности. В то же время, сваркой можно получить более сложную конфигурацию, что, иногда, необходимо.
2. Направляющие. Существуют линейные направляющие (рис.2.2, 2.3) и направляющие скольжения. Второй вид используется повсеместно в универсальном оборудовании. Обладает большей жёсткостью, что обуславливает их применение на станках для черновой обработки. Однако, данный тип направляющих имеет трение скольжения, которое является причиной низкой скорости перемещения рабочих узлов станка (до 10м/мин) и меньшей точности интерполяции. Линейные направляющие работают на трении качения. Обеспечивают высокие скорости перемещения (до 100м/мин) и более высокую точность, чем направляющие скольжения. Недостатком этого типа является более низкая жёсткость. Однако его можно нивелировать, увеличивая количество установленных направляющих.



3. Шпиндель. Одна из самых важных частей станка. Обеспечивает главное движение резания. Первый вид – шпиндель установлен отдельно от привода и вращение передаётся с помощью ременной передачи или напрямую через муфту. Шпиндель может иметь как подшипники качения, так и аэродинамические или гидростатические подшипники. Второй вид – шпиндель представляет собой электродвигатель, в роторе которого закрепляется инструмент. Первая разновидность наиболее распространена, т.к. значительно дешевле в изготовлении. Её главным недостатком является невысокая частота вращения (до 15000 об/мин). Для многих операций этот недостаток не является существенным, однако, при обработке сложных поверхностей штампов или прессформ высокая частота вращения необходима. Второй тип шпинделей может развивать более 100000 об/мин.
4. Приводы подачи. Высокомоментные электромоторы, вращательное движение ротора которых превращается в линейные перемещения рабочих узлов станка с помощью шарико-винтовых пар (ШВП) (рис.2.4). Текущее положение определяется либо с помощью круговых датчиков на приводе, либо с помощью линейных датчиков (линеек), расположенных вдоль направляющих. Линейные двигатели – особый вид двигателей, у которых ротор и статор расположены вдоль направляющих, а текущее положение определяется только с помощью линеек. Последние имеют значительно более высокую точность, т.к. из передаточной цепи исключена ШВП – звено, вносящее погрешность, особенно, при изменении

направления движения. Однако, линейные двигатели очень дороги и сложны в изготовлении.

5. Система ЧПУ. Существует большое количество различных систем, имеющих свои достоинства и недостатки. Самые распространённые в мире это – Fanuc (рис.2.5) и Siemens.

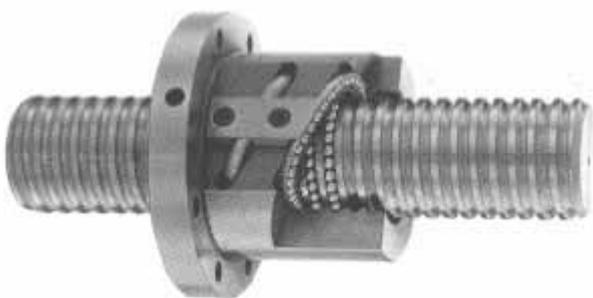


Рис.2.4



Рис.2.5

6. Магазин для инструментов. Тип «Зонтик» (рис.2.6) - инструменты расположены вертикально. За каждым карманом жёстко закреплён свой номер. Недорогой, но медленный (время смены 8-15с). Тип «Рука» (рис.2.7) - инструменты расположены горизонтально. Манипулятор ставит инструмент в ближайшую ячейку. Возможен «предвыбор» инструмента, когда магазин вращается одновременно с работой станка. Всё это в несколько раз уменьшает время смены инструмента (2 – 5с). Также, существует целый ряд других систем для смены инструмента.



Рис.2.6

Рис.2.7

3. Основы проектирования технологии обработки на фрезерном станке с ЧПУ.

3.1 Подбор режущего инструмента.

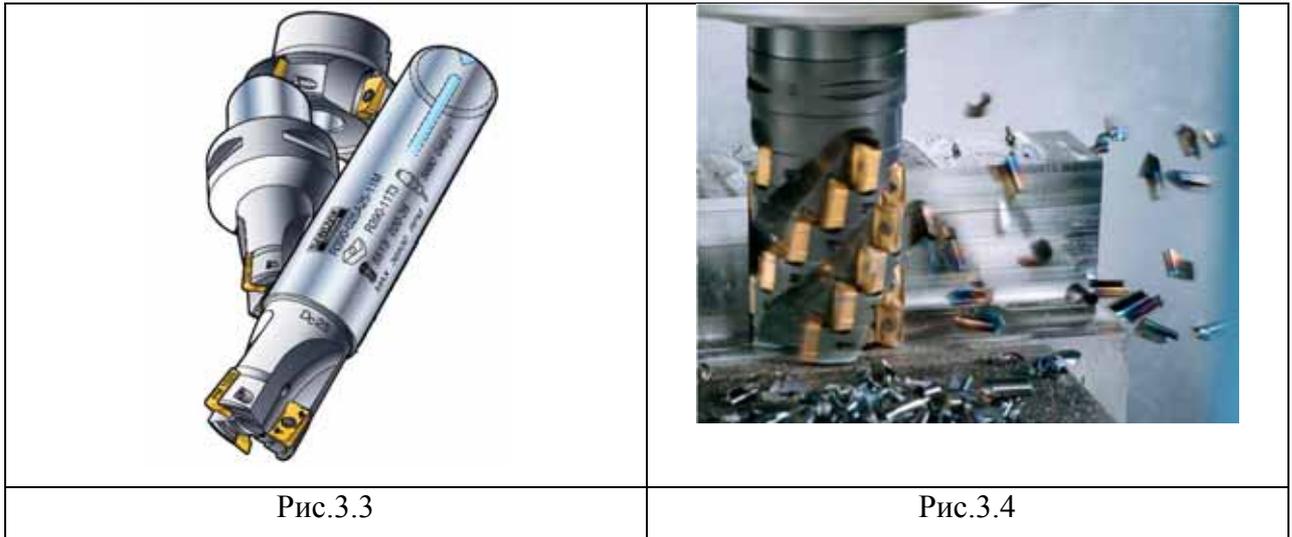
В настоящее время на мировом рынке работает большое количество фирм, производящих режущий инструмент. Лидерами являются: концерн Sandvik, (в который, кроме одноимённой фирмы, входят Walter, SECO, Titex, Prototyp, Dormer и др.); Kennametal, ISCAR, Mitsubishi.

Всю гамму режущего инструмент можно разделить на две большие группы: инструмент со сменными пластинами (или вставками) и монолитный инструмент. В подавляющем большинстве случаев, рекомендуется использовать инструмент с пластинами. Это оказывается экономически более эффективным, т.к. отпадает необходимость в переточке. Кроме того, заменив пластины, оператор всегда может быть уверен в стабильности условий обработки, т.е. не нужно поднастраивать режимы резания, а в некоторых случаях, перепривязывать инструмент.

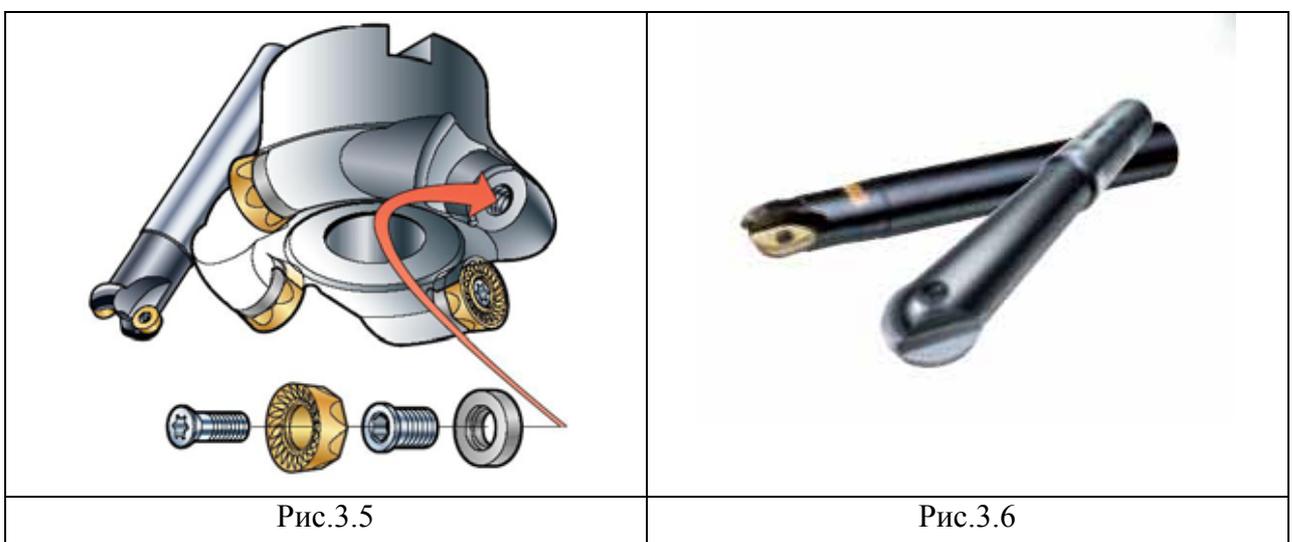
Для обработки плоскостей и уступов Sandvik выпускает целый ряд фрез с различными формами пластин и углами в плане. Семейства CoroMill 245 (рис.3.1) и 290 (рис.3.2) – угол в плане 45° и 90° , предназначены для снятия большого объёма материала по плоскости, для снятия фасок. Обеспечивают высокую чистоту поверхности.



CoroMill 390 (рис.3.3) – более универсальная фреза, пластины которой имеют спиральную режущую кромку, что способствует более плавному резанию. Предназначена для обработки плоскостей, уступов, винтовой интерполяции. Существуют «длиннокромочные» исполнения этих фрез (рис.3.4), т.е. инструменты с несколькими рядами пластин по длине. Они используются для обработки глубоких уступов и стенок детали за один проход.



Для обработки сложных поверхностей штампов и прессформ предназначена гамма фрез с круглыми пластинами. CoroMill 200 (рис.3.5) – фреза для черновой обработки. CoroMill 300 – фрезы небольшого диаметра для получистовой обработки. CoroMill R216 и R216F (рис.3.6) – сферические фрезы для получистовой и чистовой обработки. Последняя может обрабатывать закалённые материалы с твёрдостью до HRC63.



Инструмент небольших диаметров, который нельзя оснастить пластинами из конструктивных соображений, выполняется со сменными вставками, закреплёнными либо на резьбе, либо посредством сил упругости (рис.3.7).



Рис.3.7

Стоит обратить внимание на модульный инструмент. Он сконструирован таким образом, что в одном и том же корпусе можно закрепить вставки различной формы от сферической и концевой, до дисковой и грибковой. Это позволяет сэкономить на инструменте, получить большую универсальность, но имеющее место снижение жёсткости оказывает негативное влияние на процесс резания.

Тела вращения и сложные цилиндрические поверхности типа кулачков можно получать фрезерованием. Данную обработку можно делать как на токарно-фрезерных обрабатывающих центрах, так и на фрезерных станках с 4-ой осью. Инструментом могут служить торцевые (рис.3.8), концевые (рис.3.9, 3.10) и дисковые фрезы (рис.3.11)

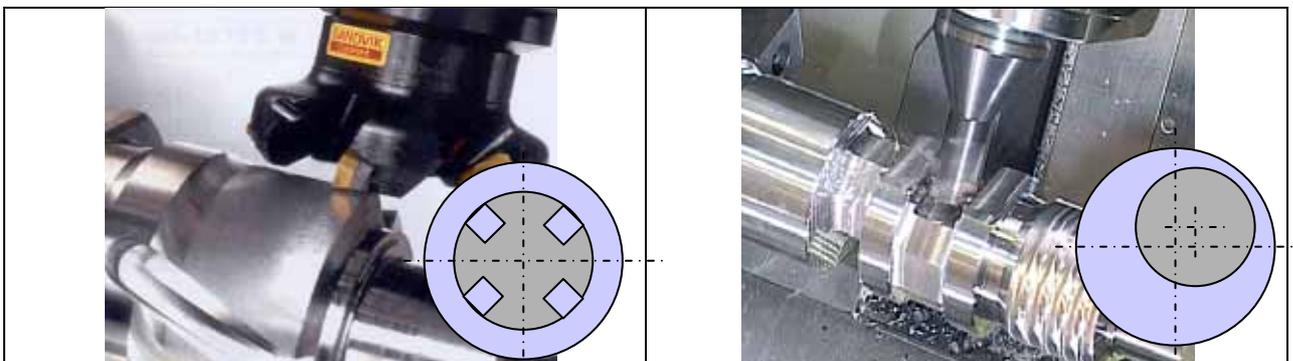
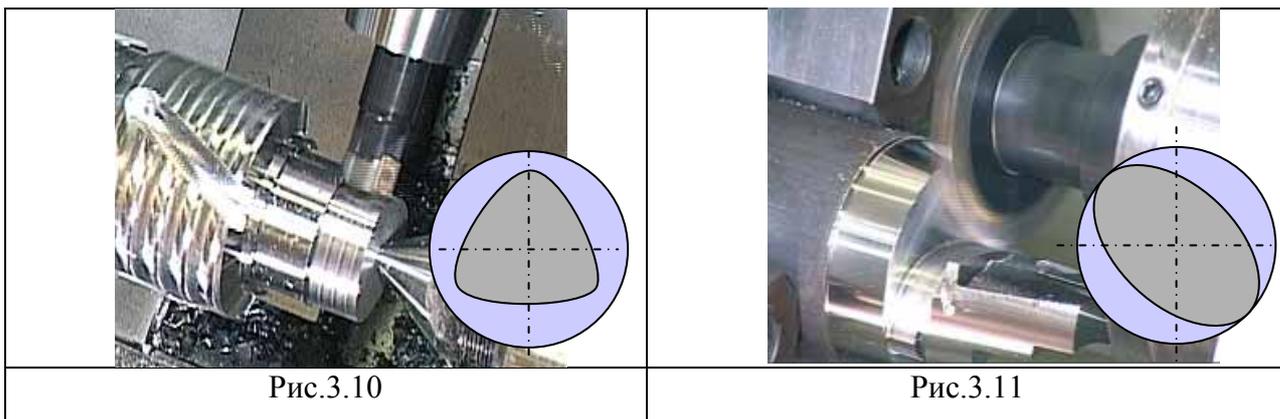


Рис.3.8

Рис.3.9



Наиболее эффективный съём большого объёма материала можно достичь, работая «плунжерными» фрезами (рис.3.12). Эти фрезы работают с осевой, а не радиальной подачей. За счёт этого они менее подвержены вибрациям и можно более полно использовать все возможности станка, работая на больших подачах.

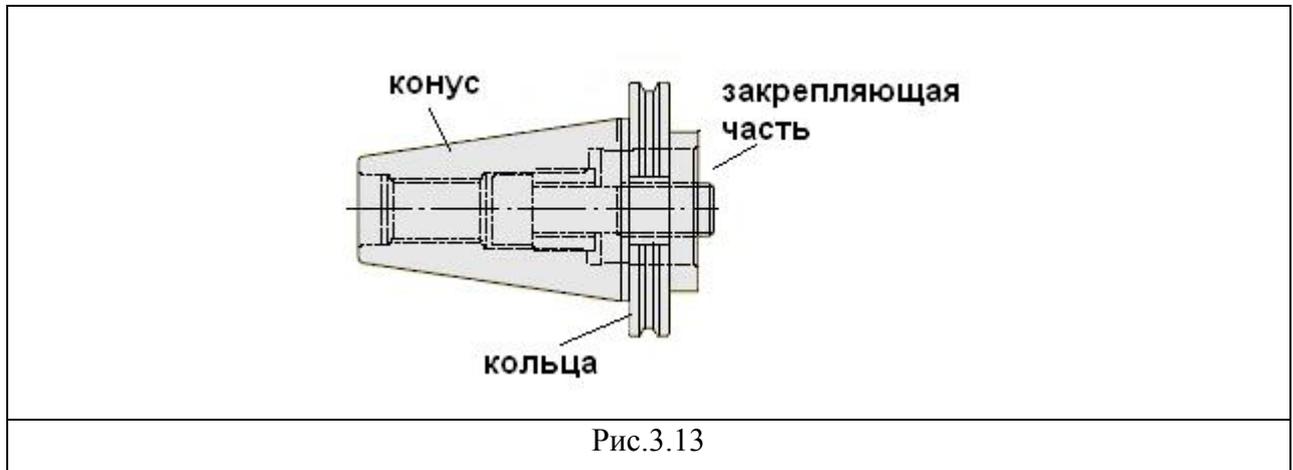


3.2 Подбор инструментальной оснастки.

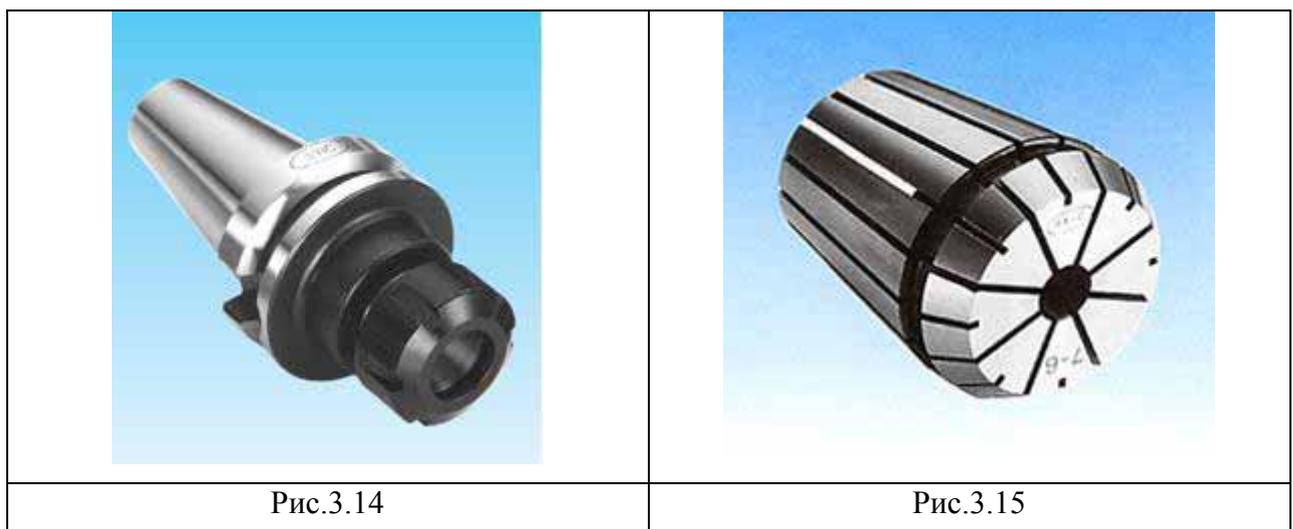
Основными элементами любой фрезерной оправки являются: конус, кольца («юбка»), закрепляющая часть (рис.3.13).

- Основные типы конусов – 7:24, конус Морзе, HSK. Наиболее часто используется первый вариант. В станках, оснащённых высокоскоростными шпинделями (свыше 15000 об/мин), чаще применяется последний тип.

- Кольца необходимы для захвата инструмента манипулятором магазина. На равных существуют множество стандартов (MAS 403 BT, DIN 69871-1, Yamazaki...).
- Закрепляющая часть предназначена для зажима инструмента и может иметь сотни различных форм.



Для закрепления концевой инструмента небольшого диаметра (до 20мм) широко применяются цанговые патроны (рис.3,14). Они обеспечивают достаточную жёсткость закрепления для лёгких и средних операций. Биение установленного инструмента зависит, в основном, от точности цанги и составляет 0,02 – 0,005мм. Наиболее часто встречаются цанги типа ER, которые имеют 2 конуса (рис.3.15).



Инструменты с диаметром более 20мм, или инструмент, работающий на тяжёлых режимах резания, рекомендуется закреплять в оправках типа Weldon (цилиндр с лыской), с конусом Морзе или оправках с двумя шпонками (рис.3.16, 3.17).



Рис.3.16



Рис.3.17

При работе с высокими частотами вращения шпинделя (более 10000 об/мин), одним из основных требований к оправкам являются высокие и стабильные усилия закрепления и минимальное биение инструмента. Им соответствуют оправки с гидропластом (рис.3.18), гидро-механическим зажимом (рис.3.19) и термическим зажимом.

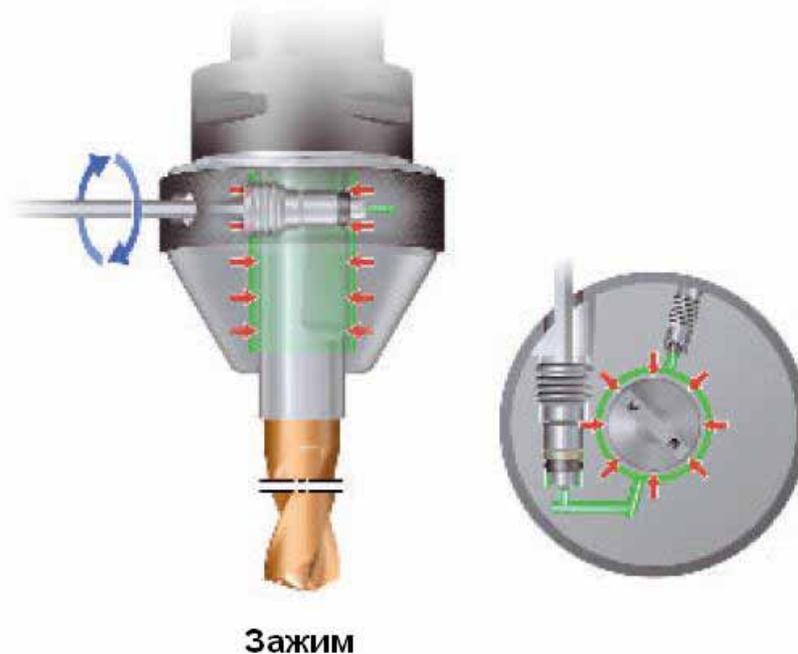
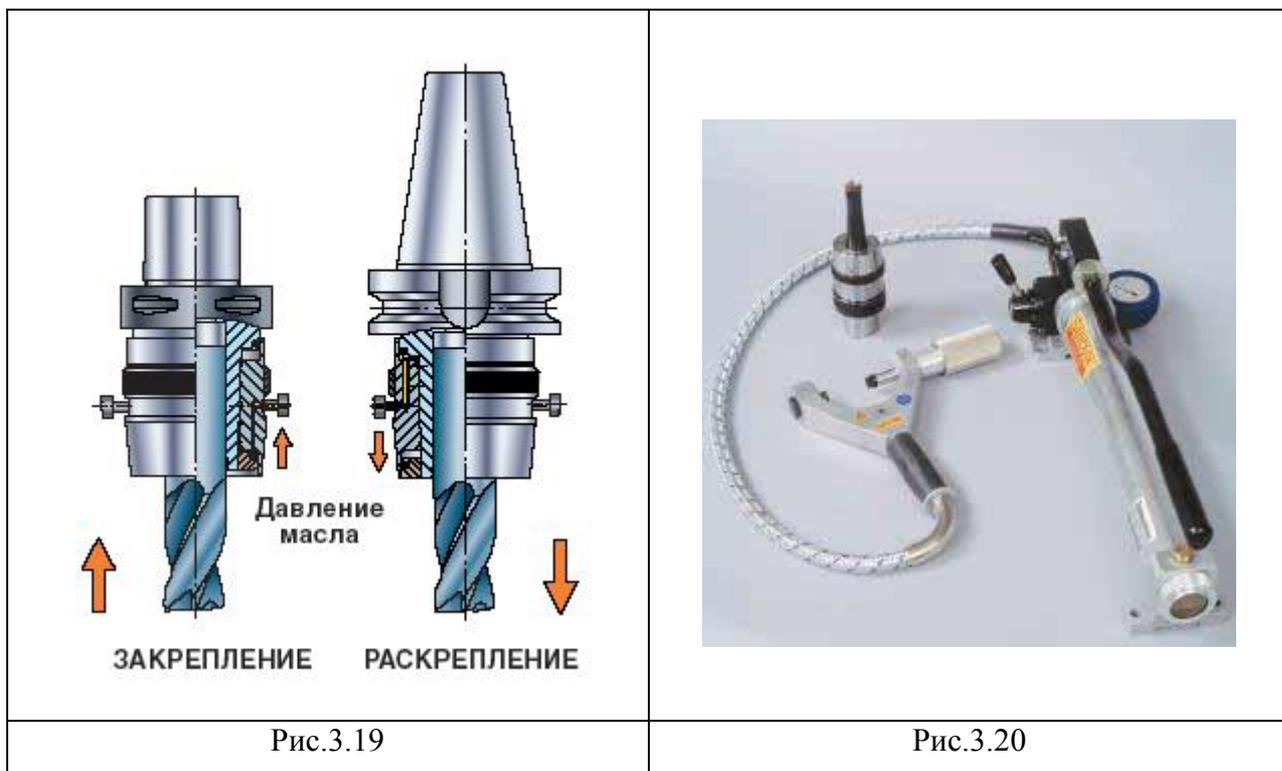


Рис.3.18

В оправках первого типа давление зажима создаёт малосжимаемое вещество гидропласт, при завинчивании винта в корпус.

Принцип работы гидро-механических оправок схож с предыдущим, только давление создаётся не винтом, а специальным насосом (рис.3.20). При этом жидкость, находящаяся в корпусе, действует на клиновой механизм, зажимающий инструмент.



Последний тип оправок основан на свойстве металлов расширяться при нагревании. Корпус помещается в специальное устройство индукционного нагрева, нагревается и в него помещается инструмент. После охлаждения посадочный диаметр уменьшается и инструмент закрепляется силами упругости. Необходимо помнить, что в эти оправки можно вставлять только твёрдосплавный инструмент, т.к. его коэффициент теплового расширения ниже, чем у стали.

3.3 Программирование.

Программа для системы ЧПУ Fanuc выглядит следующим образом (рис.3.21).



Рис.3.21

В начале и в конце программы ставится знак «%». По этому символу система определяет область, где находится программа. Далее идёт заголовок программы, обозначаемый буквой «O» или «:» с последующим номером (максимум 4 цифры). Каждая строка программы называется кадром. Каждый кадр всегда заканчивается символом «;». Концом программы является команда M2, M30 или M99.

Кадр состоит из следующих элементов (рис.3.22):



Рис.3.22

N – порядковый номер кадра. Не обязателен для написания.

G – подготовительная функция. Отвечает, практически, за все действия станка. Тип траектории перемещения, включение – выключение системы координат, выбор размерности подачи...

X, Y, Z ... - координаты перемещений.

M – дополнительная функция. Отвечает за включение – выключение рабочих узлов станка (шпиндель, насос СОЖ...), обозначает конец программы.

S – функция шпинделя. Задаёт частоту вращения шпинделя.

T – функция инструмента. Задаёт номер инструмента.

F – функция подачи. Задаёт значение подачи.

Список функций G для системы ЧПУ Fanuc 0i-MB.

G код	Функция	
G00	Позиционирование.	
G01	Линейная интерполяция.	
G02	Круговая интерполяция/винтовая интерполяция (по часовой стрелке).	
G03	Круговая интерполяция/винтовая интерполяция (против часовой стрелки).	
G04	Остановка с выдержкой времени, Точная остановка.	
G05	Высокоскоростной цикл обработки.	
G07	Интерполяция гипотетической оси.	
G07/1 (G107)	Цилиндрическая интерполяция.	
G08	Упреждающий контроль.	
G09	Точная остановка.	
G10	Ввод программируемых данных.	
G11	Отмена режима ввода программируемых данных.	
G15	Отмена команды полярных координат.	
G16	Команда полярных координат.	
G17	Выбор плоскости XpYp	Xp: ось X или параллельная ей ось

G18	Выбор плоскости ZpXp	Yp: ось Y или параллельная ей ось
G19	Выбор плоскости YpZp	Zp: ось Z или параллельная ей ось
G20	Ввод в дюймах.	
G21	Ввод в миллиметрах.	
G22	Включенная функция проверки хода.	
G23	Выключенная функция проверки хода.	
G25	Выключение распознавания колебаний скорости шпинделя.	
G26	Включение распознавания колебаний скорости шпинделя.	
G27	Проверка возврата в исходную позицию.	
G28	Возврат к исходной позиции.	
G29	Возврат из исходной позиции.	
G30	Второй, третий и четвертый возврат в исходную позицию	
G31	Функция пропуска.	
G33	Нарезка резьбы.	
G37	Автоматическое измерение длины инструмента.	
G40	Отмена коррекции на радиус.	
G41	Левая коррекция на радиус.	
G42	Правая коррекция на радиус.	
G43	Коррекция на длину инструмента + направление.	
G44	Коррекция на длину инструмента – направление.	
G45	Увеличение коррекции на инструмент.	
G46	Уменьшение коррекции на инструмент.	
G47	Двойное увеличение коррекции на инструмент.	
G48	Двойное уменьшение коррекции на инструмент.	
G49	Отмена коррекции на длину инструмента.	
G50	Отмена изменения масштаба.	
G51	Изменение масштаба.	

G52	Установка локальной системы координат.
G53	Выбор системы координат станка
G54	Выбор системы координат детали 1
G55	Выбор системы координат детали 2
G56	Выбор системы координат детали 3
G57	Выбор системы координат детали 4
G58	Выбор системы координат детали 5
G59	Выбор системы координат детали 6
G60	Определение координат в одном направлении.
G61	Режим точной остановки.
G62	Автоматическая коррекция угловой точки.
G63	Режим нарезка резьбы метчиком.
G64	Режим обработки резанием.
G65	Вызов макрокоманды.
G66	Модальный вызов макрокоманды.
G67	Отмена модального вызова макрокоманды.
G68	Поворот системы координат.
G69	Отмена поворота системы координат.
G73	Цикл сверления с периодическим выводом сверла из отверстия.
G74	Цикл счетчика нарезки резьбы метчиком.
G76	Цикл чистового растачивания.
G80	Отмена работы встроенного цикла.
G81	Цикл сверления или цикл чистового растачивания центра отверстия.
G82	Цикл сверления или цикл чистового растачивания.
G83	Цикл сверления с периодическим выводом сверла из отверстия.
G84	Цикл нарезки резьбы метчиком.
G85	Цикл растачивания.

G86	Цикл растачивания.
G87	Цикл обратного растачивания.
G88	Цикл растачивания.
G89	Цикл растачивания.
G90	Программирование в абсолютных величинах.
G91	Программирование в приращениях.
G92	Сдвиг текущей системы координат или ограничение максимальной частоты вращения шпинделя.
G94	Подача в мм / минуту.
G95	Подача в мм / оборот.
G96	Функция постоянной скорости резания.
G97	Функция постоянной частоты вращения шпинделя.
G98	Возврат к начальной точке в постоянном цикле.
G99	Возврат к точке R в постоянном цикле .

Список дополнительных функций M для станка Leadwell MCV-1100 с системой ЧПУ Fanuc Oi-MB.

M Код	Функция
M0	Остановка программы.
M1	Остановка по требованию.
M2	Конец программы.
M3	Включение вращения шпинделя по часовой стрелке.
M4	Включение вращения шпинделя против часовой стрелки.
M5	Остановка шпинделя.
M6	Автоматическая смена инструмента.
M7	Включение обдувки воздухом.
M8	Включение охлаждения СОЖ.
M9	Выключение охлаждения.
M10	Отключение обдувки воздухом.
M11	Зажим инструмента.
M12	Разжим инструмента.

M13	Включение вращения шпинделя по часовой стрелке совместно с включением СОЖ.
M14	Включение вращения шпинделя против часовой стрелки совместно с включением СОЖ.
M15	Включение СОЖ для смыва стружки в поддон.
M19	Ориентация шпинделя.
M21	Включение зеркального отображения программы вдоль оси X.
M22	Включение зеркального отображения программы вдоль оси Y.
M23	Отключение зеркального отображения программы.
M29	Включение режима жёсткого резбонарезания.
M30	Конец программы с возможностью одновременного отключения питания станка.
M52	Перемещение магазина на позицию вправо.
M53	Перемещение магазина на позицию влево.
M70	Инициализация магазина.
M71	Опускание активного кармана магазина.
M72	Поворот манипулятора магазина на 60°.
M73	Разжим инструмента.
M74	Поворот манипулятора магазина на 120°.
M75	Зажим инструмента.
M76	Поворот манипулятора магазина на 180°.
M77	Поднятие активного кармана магазина.
M98	Вызов подпрограммы.
M99	Возврат в основную программу.

3.4 Применение САМ систем в программировании.

Разделим все виды фрезерной обработки по количеству одновременно программируемых осей.

1. Простейший уровень – 2 или 2.5 оси. Основные операции – это обработка по контуру, выборка кармана и сверление отверстий. В данном случае программируются перемещения по осям X, Y и позиционирование по оси Z. Существует достаточно большой класс деталей, для обработки которых достаточно только этих операций. Большое количество программных пакетов справляется с такими задачами хорошо. Например, программа MasterCam (МС) имеет модуль Mill для фрезерования. Рассмотрим основные действия технолога, работающего в данной системе.

- Создание геометрии обрабатываемой детали либо средствами самого МС, либо в любой системе САД. Во втором случае необходимо транслировать контуры или 3D модель в МС (рис.3.23).

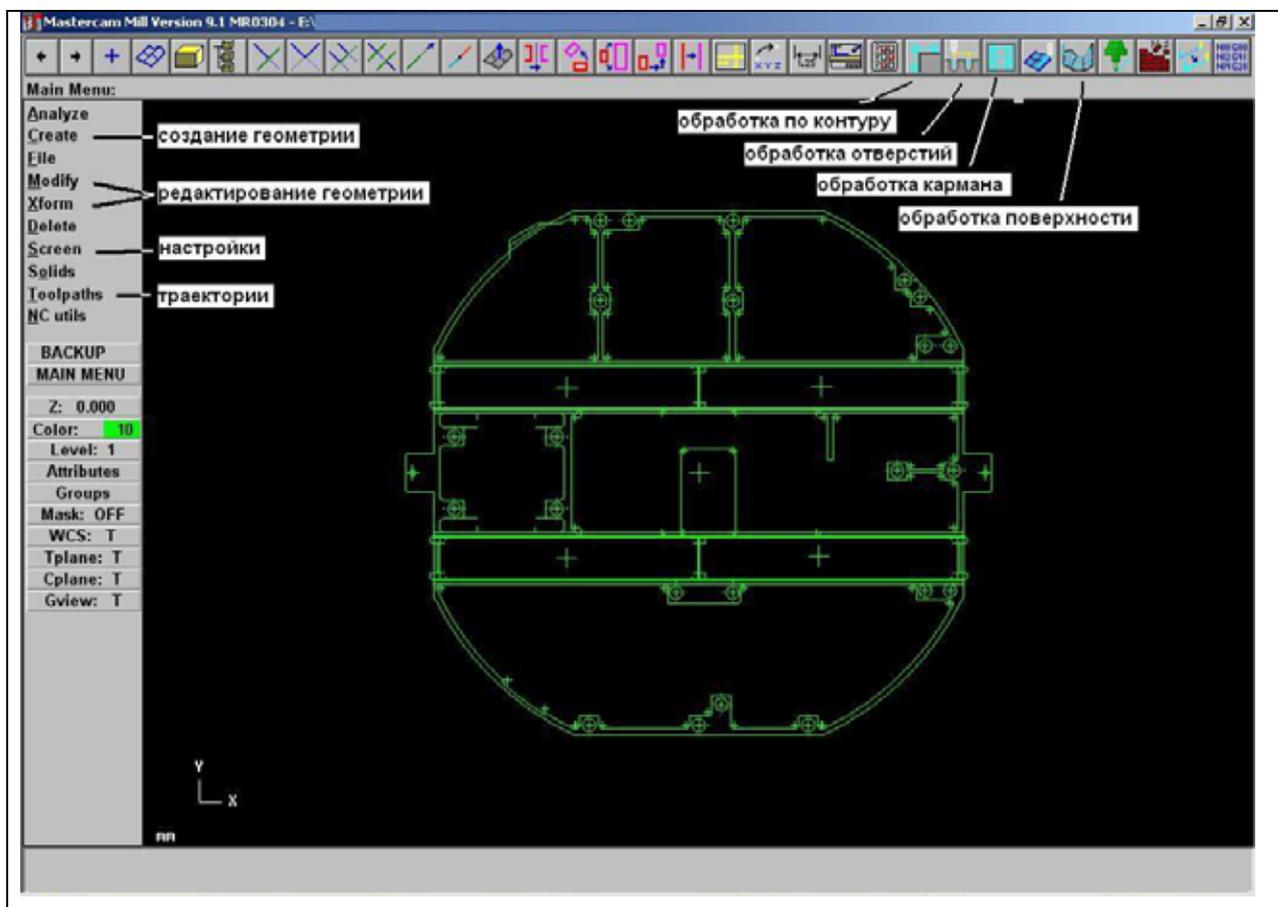


Рис.3.23

- Выбор типа операции, в соответствии с написанной технологией. Для 2,5 осевой обработки в МС существует 3 вида операций: Фрезерование по контуру, фрезерование кармана и обработка отверстий концевым инструментом (рис.3.23).
- Указание обрабатываемого контура.
- Выбор режущего инструмента, задание режимов резания, условий обработки (рис.3.24, 3.25). Также задаётся ряд специфичных параметров, таких как: тип фрезерования – встречное, попутное; включение (или отключение) коррекции на радиус инструмента и её тип; количество проходов по глубине и вдоль контура и т.д..

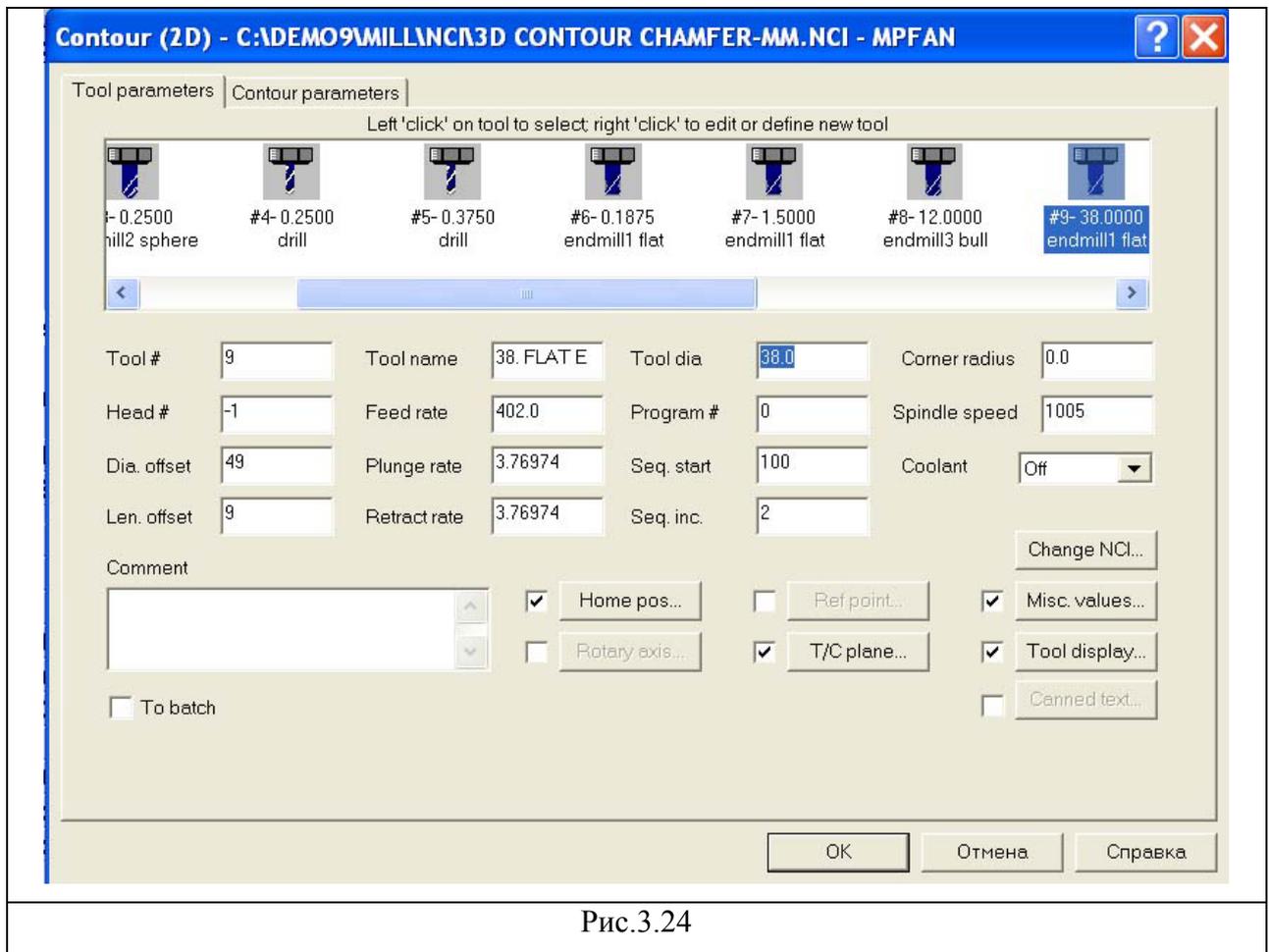


Рис.3.24

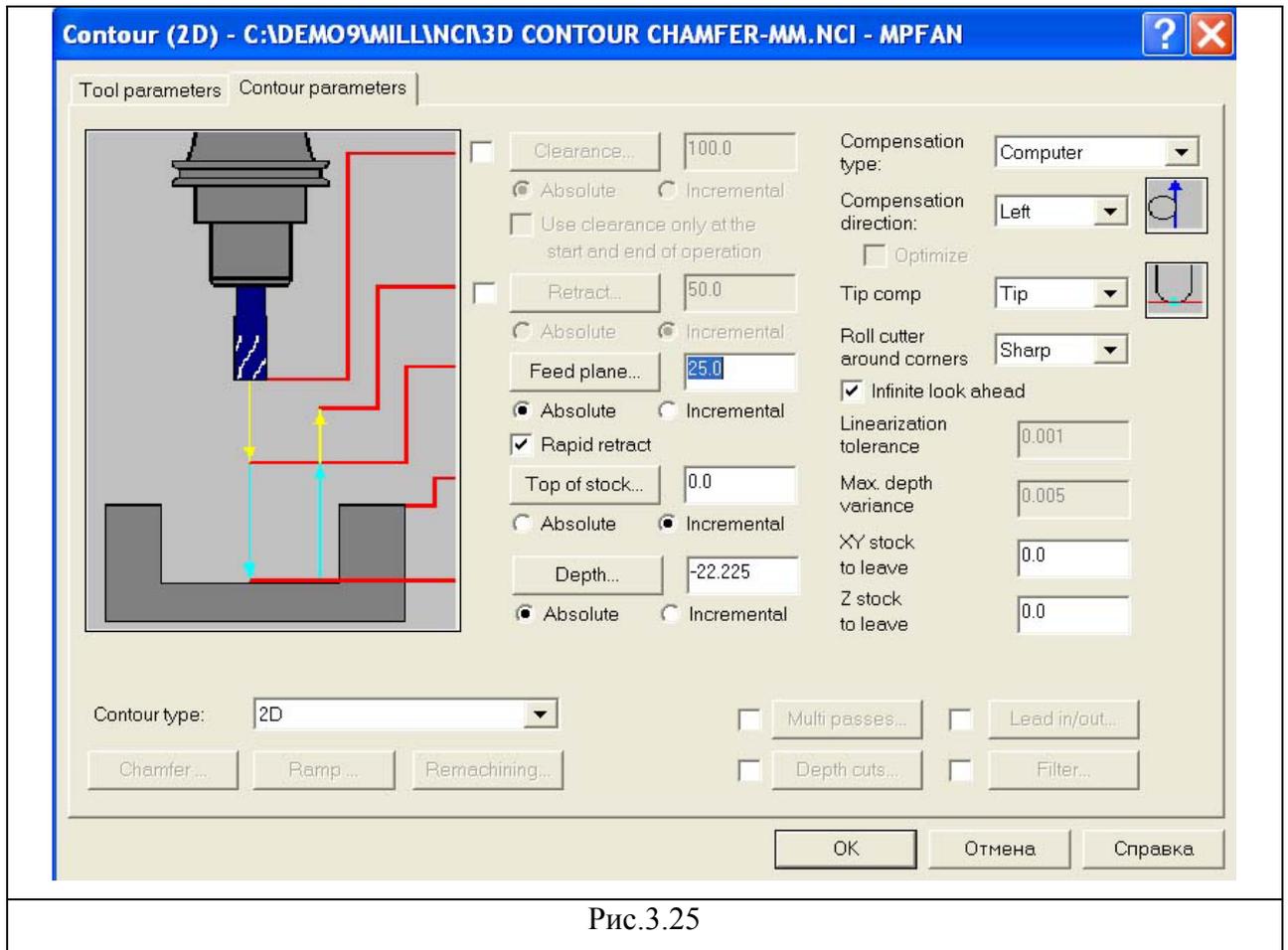


Рис.3.25

Все операции сводятся в, так называемое, дерево операций, где с ними можно совершать любые манипуляции (редактирование, удаление, изменение порядка...) (рис.3.26).

Следующее действие – проверка созданной траектории в различных режимах (двухмерном и твёрдотельном) (рис.3.26, 3.27). Технолог может в подробностях рассмотреть получившуюся деталь на экране и проверить её на наличие зарезов и других дефектов.

На последнем этапе, технолог транслирует получившуюся программу из внутреннего языка САМ системы в управляющие коды станка с помощью специализированного конфигурационного файла – постпроцессора. Постпроцессор уникален для конкретной САМ системы и станка с ЧПУ.

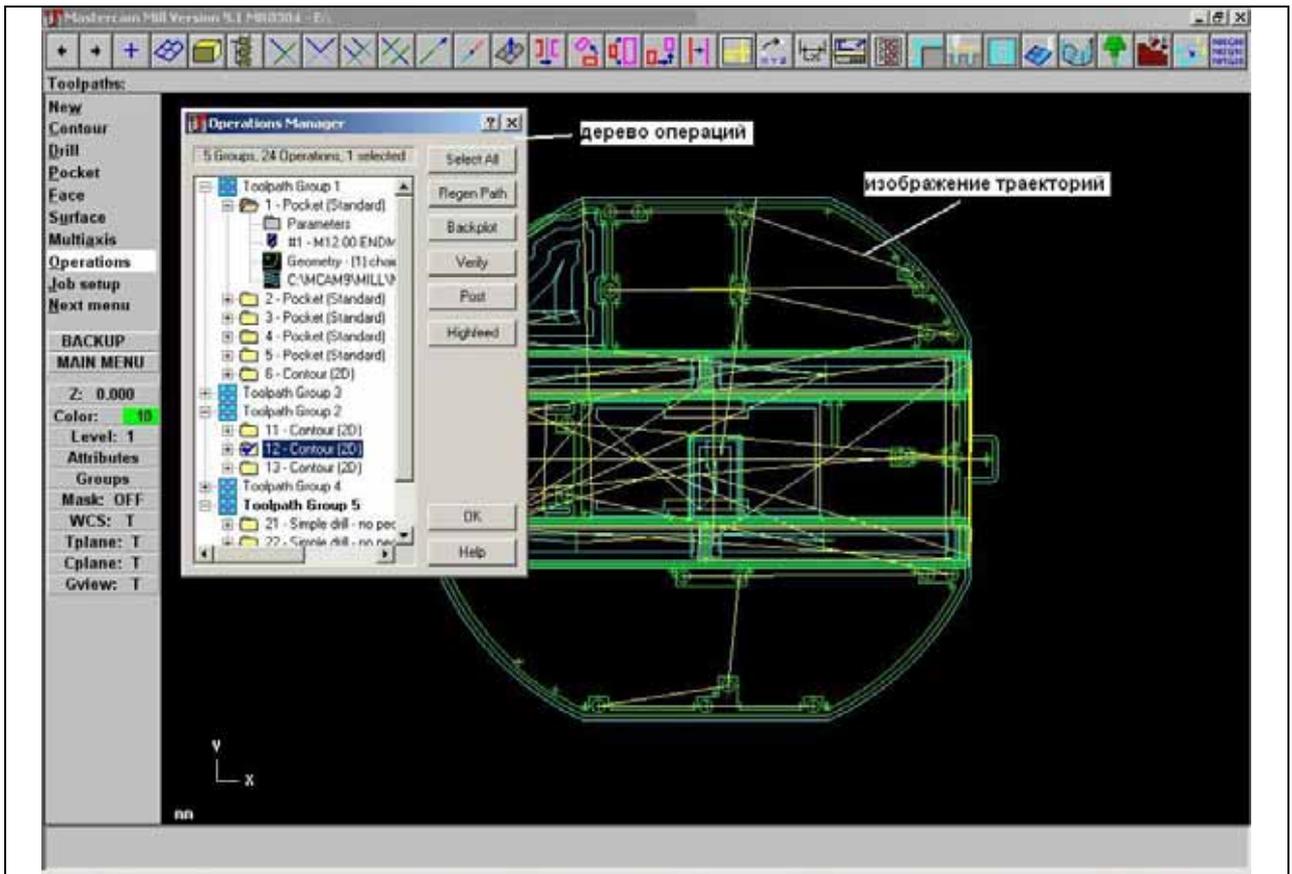


Рис.3.26

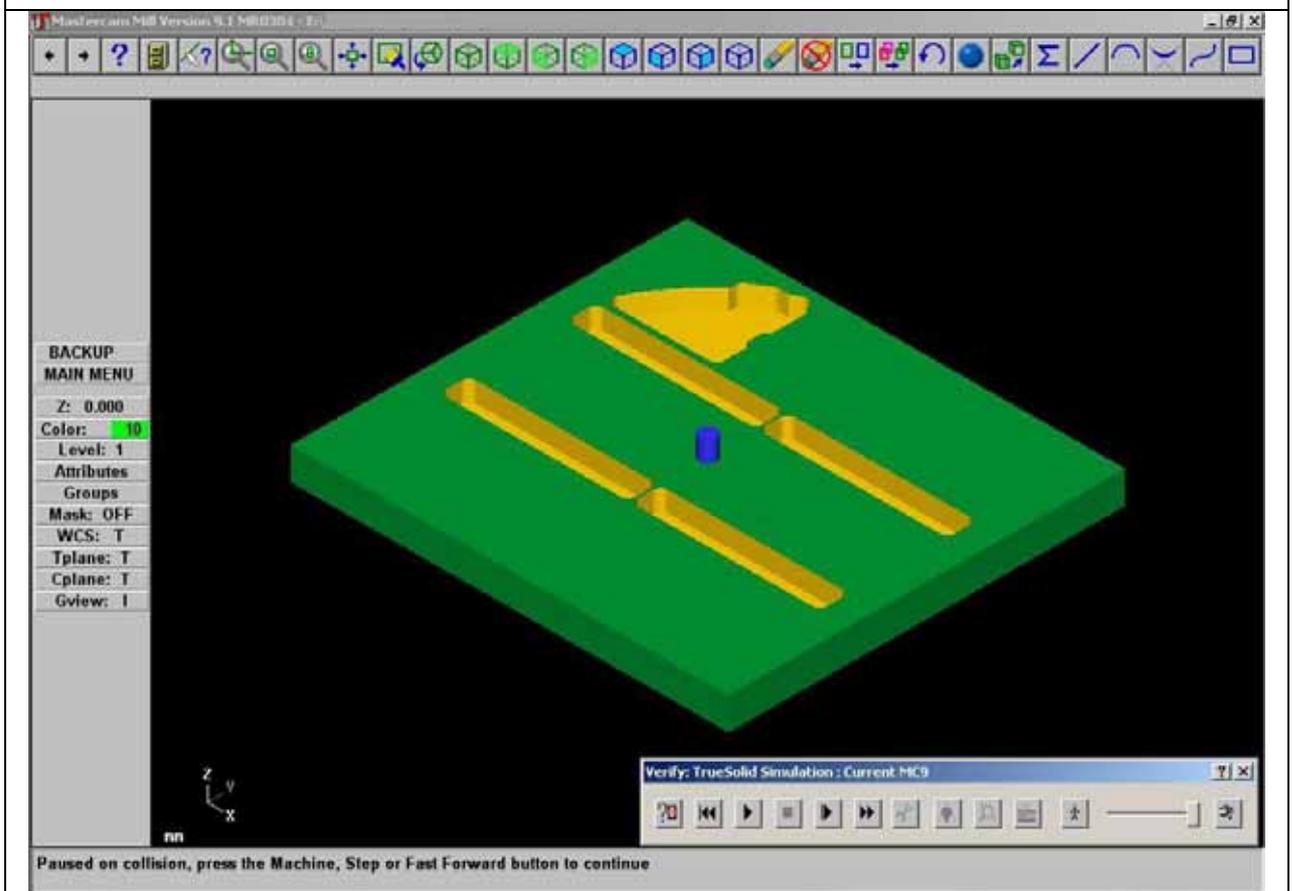


Рис.3.27

2. Полноценная 3 осевая обработка. Здесь между САМ программами начинаются различия. Теоретически существует большое количество способов обработки одной и той же трёхмерной поверхности. Разработчики программного обеспечения предлагают пользователю максимальное количество стратегий обработки. Кроме того, полученная траектория должна иметь минимальную длину, т.е. время обработки детали должно быть минимизировано. С этими задачами успешно справляется гораздо меньшее количество САМ – пакетов. Типичными представителями деталей, нуждающихся в подобной обработке, являются штампы и прессформы. Алгоритм действий технолога немного меняется. Он использует в работе трёхмерные модели и должен мыслить в трёхмерном пространстве, что сложнее, чем обработка «плоских» деталей.

3. 4 и 5 осевая обработка. Наиболее сложные типы обработки. Немногие пакеты могут корректно работать с таким количеством осей. Одной из лучших программ для фрезерования сложных поверхностей является PowerMill компании Delcam. Пакет поддерживает все 5 осей и имеет в своём арсенале огромное количество стратегий обработки. Среди его уникальных возможностей можно отметить «чувствительность» к форме заготовки, т.е. программа распознаёт толщину припуска, строит траектории в зависимости от его величины на различных участках детали и обладает широчайшими возможностями по редактированию созданных траекторий (вырезание, копирование..) и обработке «теневых» участков деталей (участков, не видимых на проекции детали на плоскость XY).

3.5 Пример написания программы для детали Крышка.

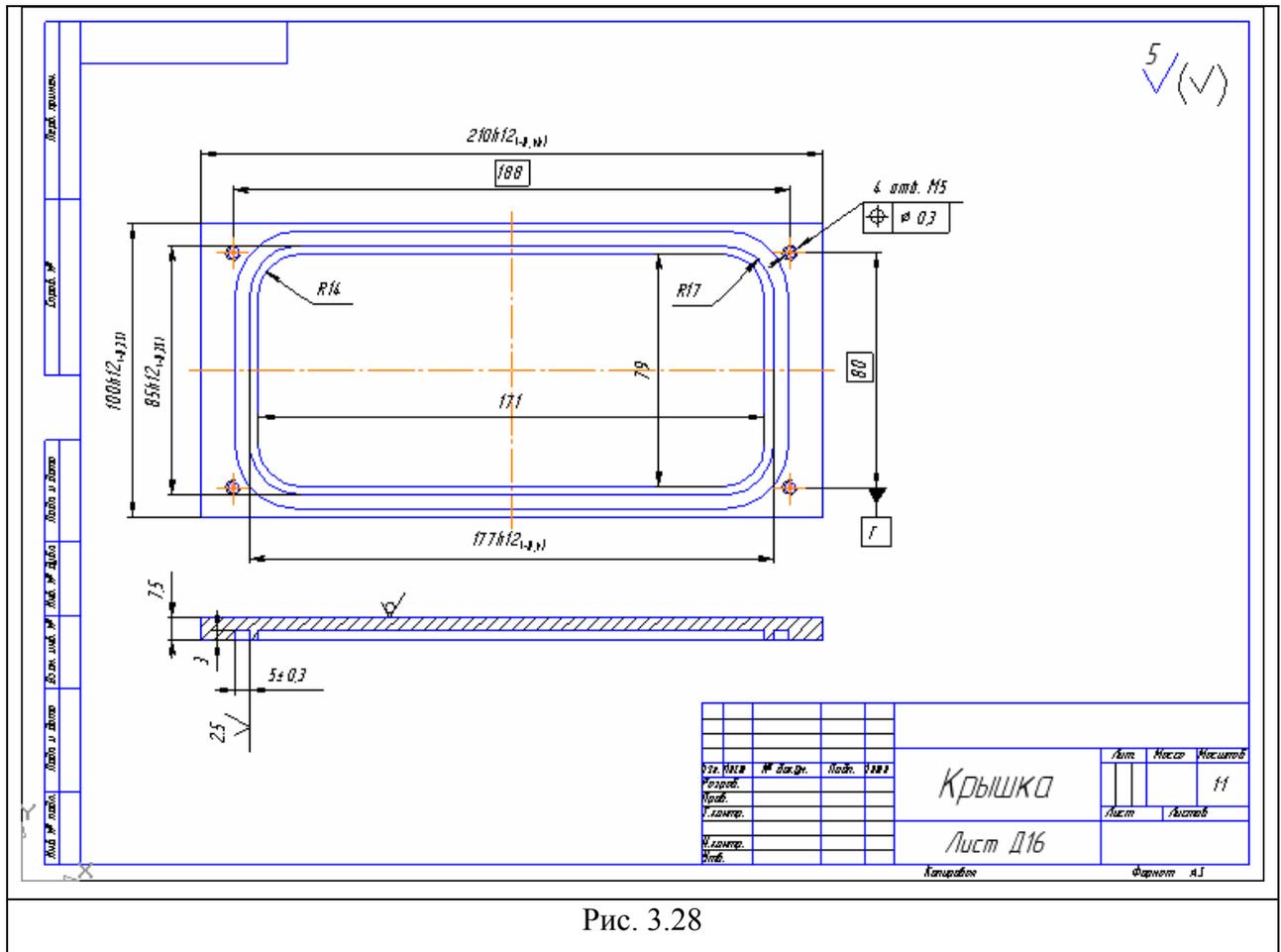


Рис. 3.28

Технологический процесс изготовления детали Крышка									
№	Наименование перехода	Наименование инструмента	Параметры перехода						
			D	V	Sz	z	S	n	S
			мм	м/мин	мм/зуб	-	мм/об	об/мин	мм/мин
1	Фрезеровать верхнюю плоскость детали	R390-020A20-11M	20	502	0,08	3	0,24	8000	1920
		R390-11T308E-ML H13A							
2	Фрезеровать паз 5мм	D2471TCN*5	5	125	0,01	2	0,02	8000	160
3	Центровать 6 отв.	A1124*12	12	100			0,1	2654	265
4	Сверлить 4 отв. D4,2	A1211*4,2	4,2	60			0,1	4550	455
5	Нарезать 4 резьбы M5	B1258TCN*M5	5	25			0,8	1592	1274

Деталь – Крышка (рис.3.28). Заготовка отфрезерована в размер 210*100 на универсальном станке, т.к. на станке с ЧПУ эта операция представляется нецелесообразной из-за большого количества установов. Обработка ведётся в соответствии с технологией на 3-ёх координатном фрезерном обрабатывающем центре с системой ЧПУ Fanuc 0i-MB.

За 0 в плоскости X-Y взят левый нижний угол, а по оси Z – верхняя поверхность детали.

%	
O0001 (752141-123)	Номер программы.
N100 G95	Включение функции программирования подачи в мм/об.
(T1 D20.)	Комментарии.
(T2 D5.)	
(T4 D12.)	
(T5 D4.2)	
(T7 D5.)	
(OVERALL MAX - Z50.)	
(OVERALL MIN - Z-9.479)	
N102 G00 G17 G21 G40 G80 G90	Отмена всех коррекций и задание начальных условий программирования.
	См. рис.3.29

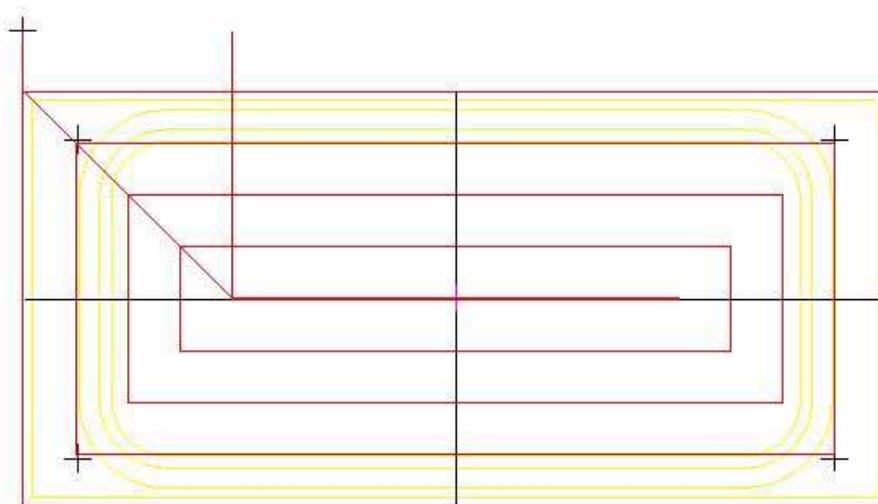


Рис.3.29	
N104 T1 M06	Смена инструмента (магазин тип «зонтик»).
N106 (MAX - Z50.)	
N108 (MIN - Z-3.)	
N110 G00 G90 G55 X-2.455 Y117.136 S8000 M03	Включение шпинделя. Задание системы координат G55.
N112 G43 H1 Z50. M08	Включение коррекции на длину инструмента.
N114 Z5.	Фрезерование верхней плоскости детали.
N116 G01 Z0. F.24	
N118 Y102.136	
N120 X212.21	
N122 Y-2.136	
N124 X-2.455	
N126 Y102.136	
N128 X10.545 Y89.136	
N130 X199.21	
N132 Y10.864	
N134 X10.545	
N136 Y89.136	
N138 X23.545 Y76.136	
N140 X186.21	
N142 Y23.864	
N144 X23.545	
N146 Y76.136	
N148 X36.545 Y63.136	
N150 X173.21	
N152 Y36.864	
N154 X36.545	
N156 Y63.136	
N158 X49.545 Y50.136	
N160 X160.21	
N162 Y49.864	

N164 X49.545	
N166 Y50.136	
N168 Y117.136	
N170 G00 Z50.	

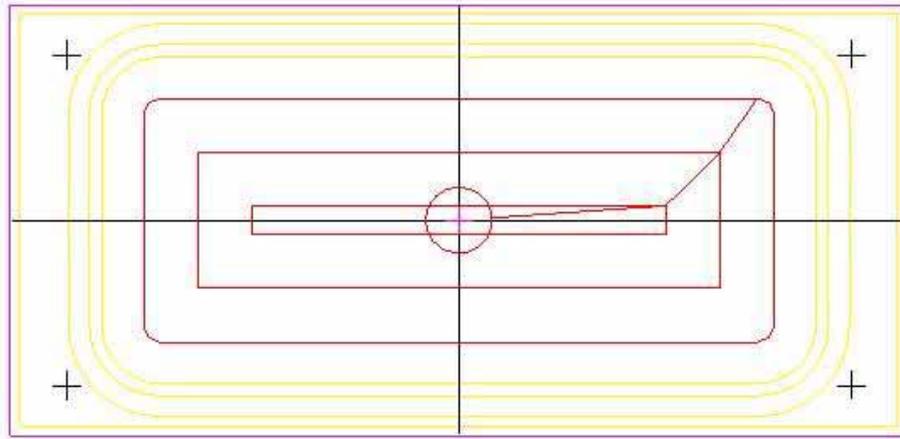
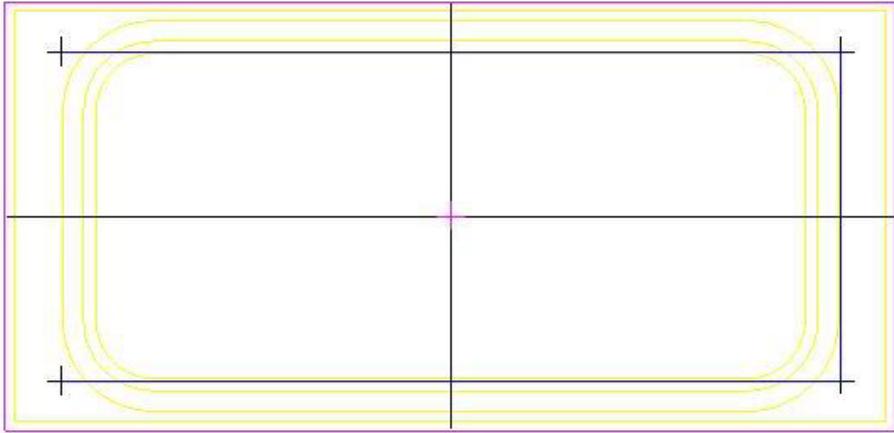


Рис.3.30

	См. рис. 3.30
N172 X109.733 Y56.45	Подход к точке врезания в карман.
N174 Z5.	
N176 G01 Z1. F.12	
N178 G02 X100.267 Y43.55 Z-.757 I-4.733 J-6.45	Врезание по спирали на Z-3.
N180 X109.733 Y56.45 Z-2.515 I4.733 J6.45	
N182 X112.98 Y50.564 Z-3. I-4.733 J-6.45	
N184 G01 X154.5 Y53.5 F.24	Фрезерование кармана.
N186 X55.5	
N188 Y46.5	
N190 X154.5	
N192 Y53.5	
N194 X167.5 Y66.5	
N196 X42.5	
N198 Y33.5	
N200 X167.5	
N202 Y66.5	
N204 X176.5 Y79.5	

N206 X33.5	
N208 G03 X29.5 Y75.5 R4.	
N210 G01 Y24.5	
N212 G03 X33.5 Y20.5 R4.	
N214 G01 X176.5	
N216 G03 X180.5 Y24.5 R4.	
N218 G01 Y75.5	
N220 G03 X176.5 Y79.5 R4.	
N222 G00 Z50. M09	
N224 M05	Отключение шпинделя.
N226 G91 G28 Z0.	Отход на Z0 в машинной системе координат.
N228 M01	Условный останов программы.
	
Рис. 3.31	
	См. рис. 3.31
N230 T2 M06	Смена инструмента.
N232 (MAX - Z50.)	
N234 (MIN - Z-3.)	
N236 G00 G90 G55 X70.029 Y95. S8000 M03	Включение шпинделя. Задание системы координат G55.
N238 G43 H2 Z50. M08	Включение коррекции на длину инструмента.
N240 Z5.	
N242 G01 Z0. F0.02	
N244 G41 D2 X104.319 Z-3. F.02	Врезание под углом на Z-3.

N246 X176.5	Фрезерование канавки.
N248 G02 X196. Y75.5 R19.5	
N250 G01 Y24.5	
N252 G02 X176.5 Y5. R19.5	
N254 G01 X33.5	
N256 G02 X14. Y24.5 R19.5	
N258 G01 Y75.5	
N260 G02 X33.5 Y95. R19.5	
N262 G01 X70.029	
N264 G40 X105.319	
N266 G00 Z50. M09	
N268 M05	Отключение шпинделя.
N270 G91 G28 Z0.	Отход на Z0 в машинной системе координат.
N272 M01	Условный останов программы.
	
Рис. 3.32	
	Рис. 3.32
N274 T3 M06	Смена инструмента.
N276 (MAX - Z10.)	
N278 (MIN - Z-1.)	
N280 G00 G90 G55 X11. Y90. S2600 M03	Включение шпинделя. Задание системы координат G55.
N282 G43 H3 Z10.	Включение коррекции на длину инструмента.
N284 G99 G81 Z-1. R5. F.1	Цикл простого сверления.

N286 X199.	Координаты отверстий.
N288 Y10.	
N290 X11.	
N292 G80	Отмена цикла сверления.
N294 M05	Отключение шпинделя.
N296 G91 G28 Z0.	Отход на Z0 в машинной системе координат.
N298 M01	Условный останов программы.
N300 T4 M06	Смена инструмента.
N302 (MAX - Z10.)	
N304 (MIN - Z-9.479)	
N306 G00 G90 G55 X11. Y90. S4550 M03	Включение шпинделя. Задание системы координат G55.
N308 G43 H4 Z10. M08	Включение коррекции на длину инструмента.
N310 G99 G81 Z-9.479 R10. F.1	Цикл простого сверления.
N312 X199.	Координаты отверстий.
N314 Y10.	
N316 X11.	
N318 G80 M09	Отмена цикла сверления.
N320 M05	Отключение шпинделя.
N322 G91 G28 Z0.	Отход на Z0 в машинной системе координат.
N324 M01	Условный останов программы.
N326 T5 M06	Смена инструмента.
N328 (MAX - Z10.)	
N330 (MIN - Z-8.941)	
N332 G00 G90 G55 X11. Y90. S1600 M03	Включение шпинделя. Задание системы координат G55.
N334 G43 H5 Z10. M08	Включение коррекции на длину инструмента.
N336 G99 G84 Z-8.941 R10. F.8	Цикл нарезания резьбы с шагом 0.8.

N338 X199.	Координаты отверстий.
N340 Y10.	
N342 X11.	
N344 G80 M09	Отмена цикла сверления.
N346 M05	Отключение шпинделя.
N348 G91 G28 Z0.	Отход на Z0 в машинной системе координат.
N350 G90	
N352 M30	Конец программы.
%	

4. Порядок работы на станке.

4.1 Загрузка инструмента.

Вначале необходимо загрузить режущий инструмент в магазин станка. Как было описано выше, наиболее часто встречаются 2 типа магазинов: «Зонтик» и «Манипулятор».

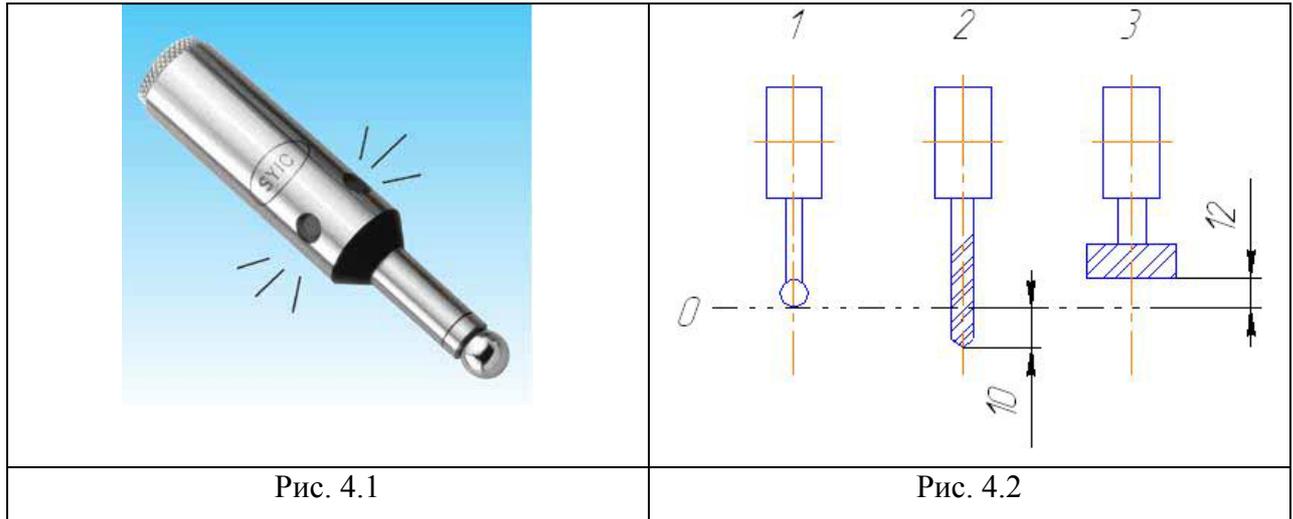
В первом случае загрузка всегда идёт через шпиндель. Необходимо задать команду: Tn M6 (где n - номер позиции) в любом автоматическом режиме (*MDI*, *AUTO*). После этого перейти в ручной режим (*MPG*, *JOG*, *RAPID*) и вставить инструмент в шпиндель. Для загрузки следующей позиции – повторить действия.

Во втором случае, магазин работает по более сложному алгоритму. Вначале необходимо освободить шпиндель от инструмента (например дать команду T0). Далее, в любом ручном режиме, используя утилиту *Leadwell tool management system* (находится в меню *CUSTOM/GRAPH*), выполнить операцию загрузки: *Load – Load – номер инструмента – Standart/OverD – Start*. В ходе этой операции заполняется таблица инструментов, в которой система содержит информацию о расположении инструментов ячейках магазина. Номер ячейки, в общем случае, не тождественен номеру инструмента. Во время работы таблица постоянно изменяется, т.к. сменяемый инструмент устанавливается каждый раз в новую позицию.

4.2 Привязка инструмента.

Все инструменты, установленные в магазине, естественно, имеют различную длину, т.е. их режущие кромки находятся в различных точках пространства. Операция, во время которой мы сообщаем станку где именно находятся эти точки, называется привязкой инструмента.

Воспользуемся датчиком привязки РМ-20 (рис. 4.1). Он реагирует на касание в любом направлении, зажигая светодиод и включая зуммер.



Будем считать, что датчик, установленный в оправку, имеет корректор на длину «0». Коснёмся им любой поверхности и нажмём на клавиатуре *POS – REL – Z – ORIGIN*. После этого поменяем инструмент и коснёмся им той же самой поверхности. На экране мы увидим координаты по Z, отличные от 0. Это будет разница в длине между «нулевым» инструментом и текущим, которая называется «корректор на длину». Если инструмент длиннее «нулевого», его корректор имеет знак «+», если короче – «-». На рисунке (рис. 4.2) – корректор инструмента №1=0, №2=10, №3=-12. Полученные значения необходимо занести в таблицу корректоров станка (меню *OFFSET – GEOM*). Номер корректора не обязательно должен совпадать с номером инструмента, однако, для удобства, имеет смысл задавать одинаковые номера.

Выше был описан частный случай операции привязки инструмента. Коррекция на длину – понятие относительное, поэтому нулевой уровень может быть взят где угодно (машинный «0» станка по оси Z, торец шпинделя...). Кроме того, для привязки могут использоваться различные ручные и автоматические приспособления. В качестве примера рассмотрим датчик касания TS-27 и лазерный датчик NC-3 фирмы Renishaw.

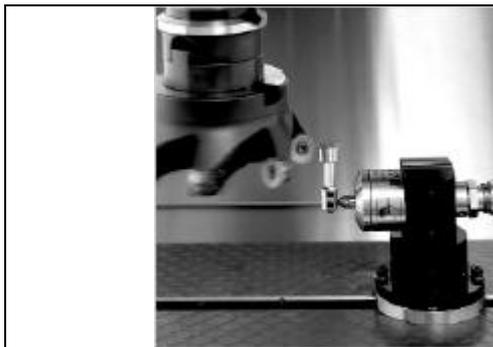


Рис. 4.3

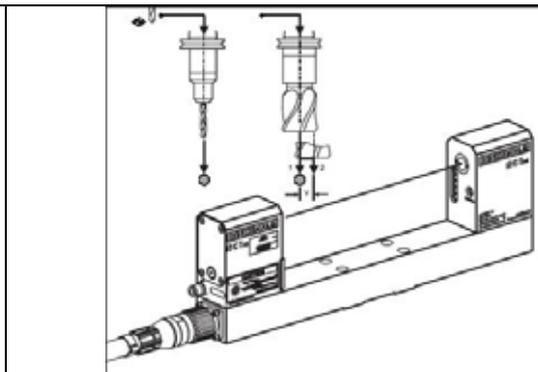


Рис. 4.4

После установки любого датчика на столе станка, необходимо откалибровать его. Это делается для того, чтобы сообщить системе ЧПУ координаты центра датчика в плоскости X-Y и задать начальный «нулевой» уровень по оси Z.

Для калибровки датчика TS-27 (рис. 4.3) необходим инструмент, корректор на длину которого мы знаем, и шлифованный валик с минимальным биением диаметром 10-20мм. Подведём инструмент примерно к точке на 10мм выше датчика соосно с ним и запустим программу. Когда станок отработает и остановится по команде M0, необходимо заменить инструмент на валик, подвести его в ту же точку и запустить программу дальше.

O8000	Название программы
G90 G80 G40 G00 G94	Задание начальных условий
G65 P9851 K0.	Калибровка датчика по оси Z
M0	Безусловный останов программы.
#530=1	Задание оси X для калибровки в плоскости X-Y.
G65 P9852 S10. K12.7 Z-20.	Калибровка датчика диаметром 12.7мм валиком диаметром 10мм на уровне Z на 20мм ниже текущего положения вдоль оси X.
#530=-2	Задание оси Y для калибровки в плоскости X-Y.
G65 P9852 S10. K12.7 Z-20.	Калибровка датчика диаметром 12.7мм валиком диаметром 10мм на уровне Z на 20мм ниже текущего положения вдоль оси Y.
M30	Конец программы.

Для калибровки датчика NC-3 (рис. 4.4) необходим только шлифованный валик диаметром 30-50мм. Подведём его к точке, приблизительно посередине датчика на 10мм выше лазерного луча и запустим программу.

O8000	Название программы
G90 G80 G40 G00 G94	Задание начальных условий
G65 P9860 B1. T1. D30.	Предварительная калибровка датчика в плоскости X-Y валиком диаметром 30мм.
G65 P9861 B1. R30. K0	Точная калибровка датчика в плоскости X-Y и задание начального уровня по Z валиком диаметром 30мм, чей корректор на длину равен 0.
M30	Конец программы.

Привязка инструмента, в общем случае, выглядит следующим образом:

- для TS-27

O8000	Название программы
G90 G80 G40 G00 G94	Задание начальных условий
G65 P9853 B3. T1. D1. S50.	Привязка инструмента с корректорами на длину и радиус 1 и приблизительным диаметром 50мм по длине и радиусу.
M30	Конец программы.

Надо отметить, что в таблицу корректоров обязательно должны быть введены предварительные значения для привязываемого инструмента.

- для NC-3

O8000	Название программы
G90 G80 G40 G00 G94	Задание начальных условий
G65 P9862 B3. D1.	Привязка инструмента с корректорами на радиус 1 по длине и радиусу.

M30**Конец программы.**

В случае использования NC-3 нет необходимости заранее определять корректора инструмента.

Для правильной работы всех датчиков привязки, иногда заранее необходимо настроить параметры их работы с помощью макропеременных, которые находятся в меню *OFFSET – MACRO*. Для этого обращайтесь к соответствующим руководствам по эксплуатации.

4.3 Привязка к нулю детали.

При написании программы обработки, программист принимает за точку отсчёта какую-то реальную или мнимую точку (центр симметрии...) детали. После установки заготовки на станок, оператор должен сообщить станку, где находится эта «нулевая» точка, т.е. задать локальную систему координат. Это можно сделать, используя либо фрезу, либо специальные ручные и автоматические датчики.

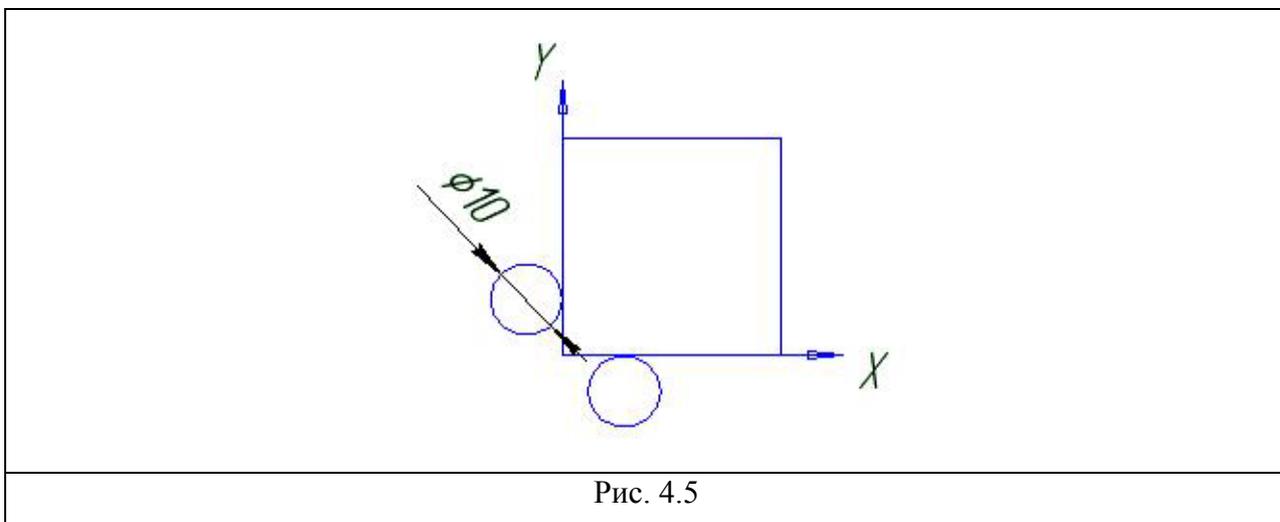


Рис. 4.5

Возьмём либо вращающуюся фрезу, либо датчик РМ-20 (рис.4.5). Коснёмся одной стороны детали. Не отводя инструмента, идём в меню *OFFSET – WORK*. Далее, в зависимости от диаметра инструмента и используемой системы координат, необходимо набрать: $Gn - Xm. - MEASURE$ (n – система координат, m – радиус инструмента). Далее касаемся следующей стороны детали и повторяем действия.

Для привязки по оси Z удобнее использовать инструмент с корректором на длину 0. Если же корректор отличен от нулевого значения, то в процессе привязки к 0 детали по

оси Z необходимо будет набрать: G55 – Z_n – MEASURE, где n - величина корректора на длину инструмента.

Чтобы автоматизировать процесс привязки к нулю детали, можно использовать автоматическую измерительную головку, которая устанавливается в шпиндель и обменивается данными с системой ЧПУ по инфракрасному или радиоканалу (рис.4.6).

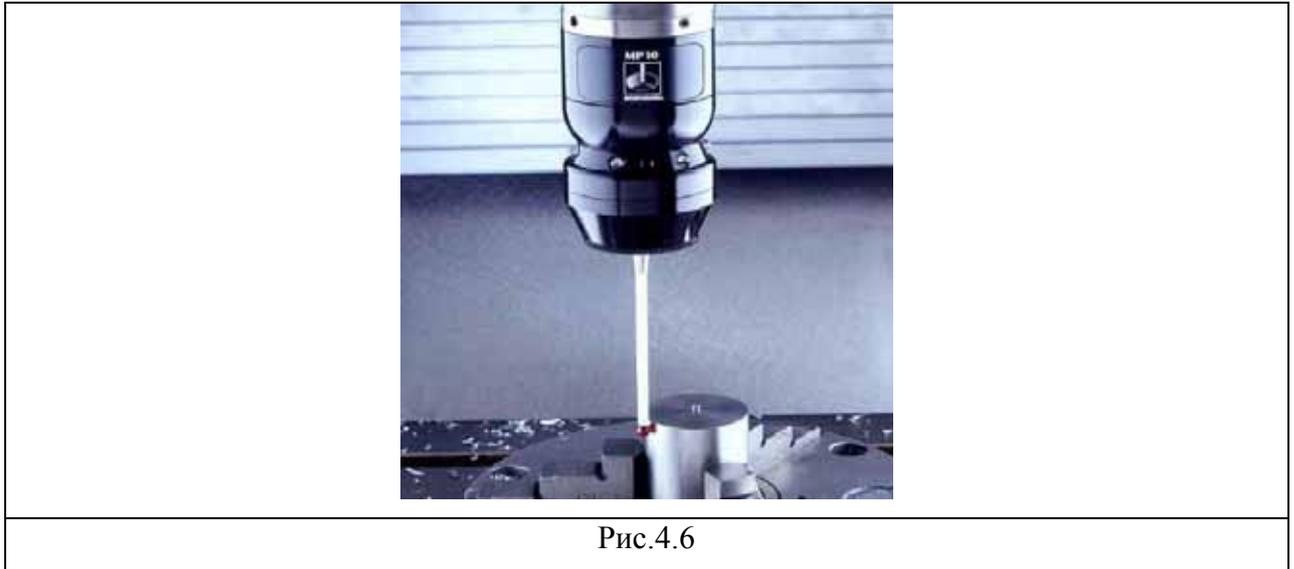


Рис.4.6

Перед работой оператор должен откалибровать измерительную головку в кольцевом калибре. В качестве калибра, удобно использовать подшипник диаметром 50 – 100мм.

Задайте систему координат G55 примерно по центру калибра. Запустите программу.

O8100	Название программы.
G90 G80 G40 G00	Задание начальных условий.
G55 X0 Y0 Z100.	Выход в начальную точку.
G65 P9014 Z-12. F200	Опускание в кольцо в защищённом режиме на подаче 200 мм/мин.
G65 P9015 D50.	Калибровка. (Диаметр кольца 50мм).
G65 P9014 Z100.	Подъём в начальную точку в защищённом режиме.
M30	

Подобные датчики можно использовать не только для установки начала системы координат, но и для измерения различных элементов детали (отверстие, бобышка, паз,

выступ). Измерительные головки, способные определять вектор нормали поверхности в точке контакта, называются трейсерами или дигитайзерами (tracer, digitizer). С помощью них может быть осуществлён т.н. обратный инжиниринг. Это процесс, в ходе которого, по уже изготовленной детали строят её компьютерную модель, с целью дальнейшего анализа и производства.

5. Приём – передача данных в системе ЧПУ FANUC 0i.

Для приёма – передачи данных существует несколько возможностей:

1. Порт RS-232. К нему может подключаться любое устройство, имеющее этот порт и соответствующее программное обеспечение. Наиболее универсальное устройство – персональный компьютер. На нём должна быть установлена специализированная программа, отвечающая за настройку порта и приём – передачу данных в порт (NCEdit, CimcoEdit...). Другое устройство, созданное специально для станков с ЧПУ, – DNC terminal. Он служит промежуточным накопителем данных между станком и компьютером. Программы сначала скачиваются из компьютера в терминал, а потом из терминала в ЧПУ. Для связи со станком по этому протоколу используется специальный кабель (рис. 5.1).

К ЧПУ		К DNC-терминалу	
1			Соединить с экранирующей оплеткой
2	TX	2	RX
3	RX	3	TX
4	RTS	8	CTS
5	CTS	7	RTS
7	GND	5	GND
20	DTR		Соединить перемычкой
6	DSP		
8			

Рис. 5.1

2. Слот PCMCIA. Через него работает накопитель на Flash памяти. Это может быть карта в соответствующего стандарта, либо переходник PCMCIA – CompactFlash. Объём карты может быть до 1 Гб.

3. Ethernet контроллер. В систему ЧПУ станка может быть установлена сетевая карта, для приёма – передачи данных с удалённого компьютера посредством сетевого протокола.

Для работы с тем или иным устройством, необходимо вначале выполнить настройки в станке. Рассмотрим основные из них.

1. Канал приёма – передачи (I/O channel) – 0 (RS-232), 4 (PCMCIA).
2. Биты данных (Data Bits) – 7.
3. Стоповый бит (Stop Bits) – 1.
4. Чётность (Parity) – есть (even).

6. Заключение.

В данной работе описаны основные понятия и процессы, относящиеся к обработке резанием на фрезерных станках с ЧПУ. Многие рассмотренные алгоритмы действий оператора и способы программирования являются частными случаями, приведёнными для фрезерных станков фирмы LEADWELL, оснащёнными системами ЧПУ FANUC и различными измерительными приспособлениями фирмы Renishaw. Более подробное описание всех функций оборудования и оснастки можно найти в специализированных руководствах.



- Фрезерные, токарные, шлифовальные, электроэрозионные станки с ЧПУ.
- Инструмент для станков с ЧПУ.
- Технологическая поддержка и разработка программ.
- Гарантийное и после-гарантийное обслуживание



www.irlen.ru

Санкт-Петербург:

- 194362, Россия, Санкт-Петербург, ул. Старожиловская, 9.
тел.(812) 513-81-70, факс (812) 513-89-76

Москва:

- 105187, Россия, Москва, ул. Вольная, 28
тел. (095) 786-77-24, факс (095) 786-77-25

Екатеринбург:

- 620041, Россия, Екатеринбург, ул. Омская, 114.
тел.(343) 213-93-07, 349-02-44, факс (343) 349-03-53