Министерство образования Российской Федерации Ярославский государственный технический университет

О.Н.Калачёв

Моделирование в CAD/CAM Cimatron механообработки на станке с ЧПУ



Ярославль 2003

Содержание

1.Интег	грирование информации в подсистемах CAD и CAM	3
2.Мето	дика моделирования в подсистеме САМ	6
0	Начало работы	6
0	Система координат станка	6
0	Создание инструмента	7
0	Выбор метода, процедуры,	
	траектории инструмента	8
0	Ручной контроль	15
0	Имитация обработки	16
3.Парал	метры высоты инструмента	
4.Полу	чение управляющей программы	23
5.Прим	еры обработки	
Вывод	цы	
Литер	атура	
	51	

1.Интегрирование информации в подсистемах САD и САМ

При традиционном для 80-х гг. XX в. "ручном" проектировании технолог создавал программу для станка с числовым программным управлением (ЧПУ) на основе проекций чертежа детали, полученного от конструктора. При этом ему приходилось, как видно из рис. 1, расчленять обрабатываемые поверхности на отдельные примитивы (точки, отрезки прямых и окружности), а затем описывать их геометрию на специализированном текстовом языке автоматизации программи-



Puc. 1

рования обработки типа APT (Automatic Programming Tools), разработанном в середине 50-х годов в Массачусетском технологическом институте. Вот, например, как выглядит описание фрезерной обработки контура рычага на рис. 1, подготовленное на языке САП-ЧПУ (г.Пермь):

```
IPOFPAMMA=GKK;
CTAHOK=205;
                                     ПР5=TK1.Б/-60.;
                                     ПР7=БУ//ПР1.B/40:
*РЫЧАГ - июль 1995 г.;
                                     TK2=X/90, y/45;
KP1=X/0, Y/0, R/20;
                                     КРЗ=MXПР7, TK2, R/25;
ПP1=У/-20;
                                     тк3=х/120, у/50;
ПР2=X/90;
                                     тк4=х/160,У/80;
KP2=MYIIP1,MXIIP2,R/25;
ПРЗ=У/-50;
                                     HI0;N/300;S/70000;ZA/5;SN/0.01;TK4; PP+;R/10;TK3; HP6; HP2;
ПР4=EX//ПР2, R/40;
                                     -KP3; [IP7; +KP1; [IP1; -KP2; [IP2; [IP3; +KP4;
КР4=БУПРЗ, МХПР4, R/25;
                                     ПР4; TK1; ПР5; ДОПР6; ФР0; S/70000; ZA/50; TK4;
TK1=X/130.Y/15:
                                     кп0:
ПР6=БУ//ПР1, R/70;
```

В современном компьютерно-интегрированном проектировании технолог получает от конструктора электронную 3D-модель спроектированной детали в виде файла, которую в дальнейшем использует для интерактивного создания формы заготовки и указания обрабатываемых поверхностей. Файл может передаваться на дискете, а в случае территориальной удаленности конструкторских и технологических служб – по корпоративной сети или электронной почтой через Internet.

Одной из важных особенностей компьютерно-интегрированного проектирования является наличие единой или конвертируемой программной и информационной среды CAD/CAM-системы у конструктора и технолога (рис. 2), что принципиально исключает необходимость создания и обмена бумажными документами. Очевидно, что такое оперативное взаимодействие двух групп разработчиков повышает производительность проектирования, а следовательно, ускоряет технологическую подготовку машиностроительного производства.



Итак, получив файл модели, технолог загружает его в CAD/CAM-систему на своем компьютере, просматривает особенности конфигурации детали – как и конструктор – в подсистеме CAD (рис. 3), а затем переходит в среду CAM (Computer Aided Manufacturing).



Далее, используя свой опыт обработки на станках с ЧПУ, технолог выбирает положение детали в системе координат станка; намечает подходящую форму заготовки (устанавливает припуски); указывает

процедуры обработки для получения той или иной поверхности; подбирает инструмент и, наконец, отмечает на модели поверхности и ребра, определяющие геометрию зоны обработки, а также узловые точки положения инструмента и технологические параметры резания.

На основе введенной информации система создает траектории (рис. 4) перемещения инструмента для каждой процедуры и показывает их на экране. Теперь геометрия исходной 3D-модели дополнена информацией о заготовке, об инструменте, о его перемещениях и дру-



Puc. 4

гими технологическими параметрами. Предварительный просмотр перемещений инструмента по блокам – будущим кадрам управляющей программы – может быть выполнен в режиме ручного редактирования. Окончательная визуальная проверка спроектированной технологии проводится в модуле под названием «Симулятор». Здесь можно детально, с фотореалистическим качеством (рис. 5) просмот-



реть процесс удаления материала и выявить, например, недообработанные участки заготовки. Заключительным этапом является получение файла с кадрами управляющей программы в заданном постпроцессоре, учитывающем специфику системы ЧПУ выбранного станка.

Рассмотрим более конкретно особенности системы и действия

технолога в CAD/CAM Cimatron. В Cimatron [1,2] можно программировать различные виды обработки. К ним относятся: фрезерование (5-, 3-, 4- и 5-координатное), электроэрозионная обработка (2- и 4-координатная), токарная обработка и листопробивка. Принципы построения траектории для всех видов обработки идентичны. Поэтому подробно остановимся только на одном из видов – фрезерной обработке.

2. Методика моделирования в подсистеме САМ

В процессе работы следует придерживаться определенной последовательности действий.

Начало работы. Для перехода в подсистему САМ из меню в правой части экрана (рис. 6) выберем пункт NC.

Система координат станка. Теперь необходимо указать Ма-



шинную Систему Координат – MACSYS (MAchine Coordinate SYStem), чтобы система знала, как располагаются оси станка по отношению к заготовке после закрепления ее на столе для обработки.

Плоскость стола – это плоскость XY системы координат MACSYS, следовательно, ось инструмента при 5 и 3-координатной фрезерной обработке будет параллельна оси Z. Для создания MACSYS нужно ввести ее имя (например, инициалы технолога – KON) и, используя привязки к геометрическим элементам модели, указать направления осей X и Y. Направление оси Z определится ав-

BNTIRE	MODEL	?		YES	NO	
MODEL			3 D	ISO	L	EVELO
I			Puc	. 7		

томатически. Начало MACSYS по умолчанию совпадает с началом системы координат MODEL. Согласимся с таким выбором системы MACSYS для всей модели MODEL (рис. 7).

Создание инструмента. Воспользуемся функцией TOOLS [ИН-СТРУМЕНТ]. Под *инструментом* в Cimatron понимается набор пара-



метров, определяющих геометрию инструмента, его режимы резания и другие характеристики. Создание, например, фрезы, означает не только ввод набора значений параметров, но и присвоение этому набору произвольного имени, под которым фреза будет идентифицироваться в системе.

Итак, открывшееся меню предлагает СОЗДАТЬ новый инструмент (рис. 8). Возможно также редактирование существующего описания режущего инструмента из библиотеки (рис.9).

💐 CIMATRON IT-10 version 10.02			
<cr> = ПРОДОЛЖИТЬ</cr>			
HANM. = KON	Posobie	INT.TOOL:MILL	СИСТ.СИМВОЛ ИНСТР. >
КОНЦ.ФРЕЗА >	ДИАМ.ИНСТР.=10.000	РАД.СКРУГЛ.=0.000	номвр позиции = 2
ВЕЗ ОПРАВКИ >			ЦВЕТ ИНСТРУМ.
РЕЖУЩ.ДЛИНА =15.000	ЕЕЗОП.ДЛИНА =30.000	дл.до оси пов.=100.0	УГОЛ ЗАОСТР.=0.000
ТЕХНОЛ. ПАРАМ		вще данные инстр	

Puc.	10	
------	----	--

В любом случае следует установить размеры фрезы: длину режущей части, диаметр, радиус скругления режущей кромки (рис. 10), а также режимы резания и припуск на обработку (рис. 11).

Number of the second se			
<cr> = ПРОДОЛЖИТЬ</cr>			
SIDE CUT	SLOTTING	END CUT	СВЕРЛИТЬ
Vp(M/МИН)=30.000	Vp (M/MNH)=30.000	Vp (M/МИН) = 30.000	Vp(M/MNH)=30.000
OB/MNH=1000	OE/MNH=1000	OB/MNH=1000	OE/MNH=1000
Под/зуб =0.175	Под/зуб =0.175	Под/зуб =0.175	Под/об.=0.350
подача =350.000	ПОДАЧА =350.000	ПОДАЧА =350.000	ПОДАЧА =350.000
ШАГ ВНИЗ =10.000	ШАГ ВНИЗ =10.000		ШАГ ВНИЗ =10.000
MAF BEOK =1.000	MAF BEOK =1.000	MAF BEOK =1.000	1

Puc.	11

Пояснения к таблице даны ниже.

DOWN STEP = 10.000	Глубина резания - расстояние между срезаемыми слоями ма-
ШАГ ВНИЗ = 10.000	териала по оси Z.
SIDE STEP = 000	Расстояние между проходами (припуск) - расстояние между цен-
ШАГ ВБОК = 000	трами инструмента двух соседних проходов в плоскости ХҮ.

Заметим, что создание инструмента можно выполнить и позже, по запросу системы в Менеджере траектории.

Выбор метода, процедуры, траектории инструмента. Выбор метода и процедуры обработки, а также создание траектории перемещения инструмента выполняется с помощью разнообразных настроек функции Менеджера траектории ТР.МNGR. Откроем меню СОЗДАТЬ (рис. 12) и отметим метод обработки – "фрезерование с 5 координат". Затем введем имя будущей траектории (рис. 13).



Под *траекторией* ТРАЕКТ. [TOOLPATH] в системе понимается не только геометрия, но и технологическая информация для обработки детали на станке с ЧПУ. Траектория создается и сохраняется непосредственно в файле детали. С помощью постпроцессора она может быть впоследствии преобразована в управляющую программу для конкретного станка.

Траектория в общем случае состоит из одной или последовательности нескольких процедур (PROCEDURE).

Процедура – это отдельная технологическая операция (например, фрезерная – MILL) по обработке заданных поверхностей (участков) заготовки одним инструментом в соответствии с определенной *схемой* механообработки, например, фрезерование плоского профиля, послойная черновая выборка материала из колодца и др. Каждая процедура обработки имеет системное имя, отражающее эту схему обработки, например, PROFILE – получение профиля, POCKET – выборка колодца.



Для примера рассмотрим задачу фрезерной обработки боковых поверхностей призматической детали, показанной на рис. 13.

Если инструмент был ранее создан или извлечен из библиотеки, то после выбора метода обработки система предложит определить начальную точку инструмента (см. рис. 13). Координаты Х, Ү, Z этой точки можно либо ввести в виде чисел, либо выбрать вариант НА-ЧАЛЬН.ТЧК [IND.TOOL START POINT] и указать положение исходной точки на модели. Координата Z будет одновременно определять положение плоскости безопасности при обработке (подробнее о плоскости безопасности и других параметрах положения инструмента по оси Z будет рассказано позже).

🔹 CIMATRON IT-10 version 10.02								
УК.ПРОЦЕДУРУ, <ЕХІТ>								
ПЕРЕЗАПУСК ИЗМЕНИ	ть выполнить	РУЧН.РЕДАКТ.	CORTARS	зыход				
ИЗМЕН.ШАБЛ> СОХР.Ш	АБЛ. ПРИМВН.ШАБЛ.	OTHET	2 PAROMORY	ігнор. Апрокс.				
пвремещ. копиро	в. удален.	СКРЫТЬ/ПОКАЗ.	(TRMATI	:КРЫТЬ ИНСТ.>				
COMP. TPAEKT. > OCBEM.	травк. Отмена измен	. CWATL TPAEKT>	ITEDEMEN	ІОСТПРОЦЕССОР				
покз.заг/дет>	NHCTPYMEHT	> ЗАК.ТРАНСФ. >	поп ауни	АМЕНЫ >	$<-C\varpip$.			
РЕЖ.ПРОЦЕДУР В РЕЖ.	TPAEKT. CKH = MODEL		(CDRDRMMI	IOKA3. (0)=20	Стр>			
	1		CBBPJINID					
			пьофиир					
			колодвц					

Puc. 14

Обратим внимание на появление в нижней части экрана таблицы, отображающей разнообразную текущую технологическую информацию.

Как всегда, для завершения ввода информации нажмем на верхнюю левую экранную кнопку <u><CR> = ПРОДОЛЖИТЬ</u>. После этого на экран вернется основная таблица Менеджера траектории, и можно перейти к созданию заготовки (рис. 14).

Раскроем меню СОЗДАТЬ [CREATE] и выберем пункт ЗАГО-ТОВКА [STOCK]. Система предложит варианты формирования заготовки на основе геометрии модели детали.

*	CIMATRON IT-10 version 10.02		
3	ЗАДАЙ ЗАГОТ./ДЕТАЛЬ macsys : M MODE 3D	КОНДУРАМИ БОКСОМ (МИН-МАКС) ИЗ ФАЙЛА	
🗞 CIMATRON IT-10 versio	n 10.02		
вывври опцию/<в	XIT> ROHTYP	плоская грань	ПЕТЛЯ
macsys : M MOD	E 3D LE	VELO	

Puc. 15

Поскольку нас интересует обработка профиля, т.е. боковых поверхностей, воспользуемся первым пунктом меню – КОНТУРАМИ, а затем из возможных вариантов отметки контура выберем КОНТУР (рис. 15). В следующем меню, на рис. 16, для указания первого контура (в принципе их может быть несколько) сначала укажем, насколько габариты заготовки будут превышать размер контура (по верхней плоскости детали). Фактически ОФСЕТ [OFFSET] – это задание бокового припуска на обработку, который будет впоследствии показан при визуализации снятия металла в Симуляторе.



Puc. 16

Наконец, для выбора контура определимся с направлением обхода и последовательно отметим четыре ребра верхней плоскости модели (см. рис. 16).

Теперь на экране появится таблица параметров протяженности заготовки по оси Z в выбранной системе координат (рис. 17). Здесь впоследствии можно также редактировать контур.

v. CIMATRON IT-10 version 10.02					
<cr> = ПРОДОЛЖИТЬ</cr>					
3 AT OT OB K= 1	Posobie		1		овслужив
ШАБЛОН: ПРИМЕНИТЬ>	ШАБЛОН:СОХРАН.				
	ТИП:КОНТУРЫ				
точка у Z-верх.	Z-верх.~20.000				
ТОЧКА У Z-нижн.	Z-нижн.~-30.000				
ПЕРЕЗАД. ТИП ЗАГОТ.					РЕДАКТИР. КОНТУР
ur -	I	~		1	

Puc. 17

Завершается эта группа диалога запросом системы на выполнение расчетов по формированию заготовки (рис. 18). Ответим выбором "ДА", а от предложения создать 2-й контур откажемся, т.е. просто подтвердим выбор 1-го контура нажатием клавиши F5 или средней кнопки мыши (напомним, что таким способом вводится <EXIT>).

В результате этих действий на экране появится тонированная

🗞 CIMATRON IT-10 version 10.02							
выполнить ?	ЛА	HET	отлож. "НА ПОТОМ"				
macsys : M MODE 3D	LEVELO						
		10					

Puc.	1	8
------	---	---

плоскость (рис. 19), имитирующая габаритные размеры заготовки. Заметим, что она приподнята над поверхностью детали. Зазор между этой плоскостью и плоскостью детали – общий припуск на обработку.

€, CIMATRON IT-10 ver	sion 10.02										- I X
УК.ПРОЦЕДУРУ, «	EXIT>										
ПЕРЕЗАПУСК	NSMEHNTL	выполнить	РУЧН. РЕДАН	KT.	создать	>	выход				
ИЗМЕН.ШАБЛ>	COXP. MAET.	ПРИМЕН.ШАЕЛ.	OTHET		ЗАДАТЬ АГ	IPOKC	MTHOP.	АПРОКС.			TOH
ПЕРЕМЕЩ.	копиров.	УДАЛЕН.	CKPNT5/DO	каз.	CKPNTL	>	инстр.	: IIOKA3>		OKH	KHT
COXP. TPAEKT.>	OCBEN. TPAEK.	OTMEHA N3MEH	. CMATE TPAD	EKT>	пров.гвой	1.000	ПОСТПР	ОЦЕССОР		скп	ΦHK
HOK3.3AP/JET>		NHCTPIMENT	> SAK. TPAHC	¢. >	симуляция	: >	3 AME HN	>	<-C mp.	OTM	MCK
РЕЖ.ПРОЦЕДУР	B PEX.TPAEKT.	CKII = MODBL			одиночн.н	SN B . >	показ.	(1)=20	Стр>	ATP	сло
3A1	OTOBK=5				Без описа	RNH		MODEL		чп	У
					L					УПРА	B.TP
										KOHT	FPAM
	1									УПРА	B.TP
							1				
	1										
				in .			1				
		100 March 100 Ma			the star					NHC 7	рум.
						Sec.	.			ВИВЛ	.NHC
l (1				
	1 5					h.				3AK0	н кп
						t	_				_
			1.4	~ ~			-			CTAB	XoY
										наза	Д
			IMODEL	-		ť				УДАЛ	NTP
			1							CKPM	Tb
	_									слои	
							I			ПВРО	,ЦВТ
Å		<hr/>								скп	
						1				ФАЙЛ	
1 77	(-			-	OKHA	
Процедура 3	AFOTOBK = 5 sa	амещена.								KOHT	РОЛЬ
				_		_	_		_	MP	D M
x=-20.000	z=0.000 z	=30.000 П	од.=500.000	BPAL	Q=1000	ОХЛ	выкл	T=		BNXO	п
		t	p=KON	ΦPB:	32.5x						

Puc. 19

Поскольку нас интересует обработка боковых поверхностей – профиля контура, то ранее заданный боковой припуск на эту обработку можно выявить, несколько развернув модель на экране (рис. 20).

Обратим внимание на нижнюю часть таблицы Менеджера траектории (см. рис. 19). Там появилась строка ЗАГОТОВКА=5. Технолог может удалить эту строку и, соответственно, 5-й вариант заготовки так: выделить строку, а затем отметить кнопку УДАЛЕН [DELETE] в Менеджере, и подтвердить свое решение клавишей F5 или средней кнопкой мыши.

Таким же образом, с помошью одноименной экранной кнопки. можно ИЗМЕНИТЬ [MODIFY] параметры заготовки. Неплохо также подобрать отличный от модели детали цвет заготовки, открыв меню цветов крайней правой кнопкой в строке ее описания.

Определим теперь проиедуру для фрезерования. В нашем приме-



Puc 20

ре была поставлена задача получения боковых поверхностей детали. Подходящим решением будет выбор в меню СОЗДАТЬ схемы обработки по процедуре ПРОФИЛЬ [PROFILE] (рис. 21).

Чтобы сформировать зону обработки система предложит указать

💐 CIMATRON IT-10 vei	sion 10.02							
УК.ПРОЦЕДУРУ, «	EXIT>							
ПЕРЕЗАПУСК	NSMEHNTL	выполнить	РУЧН.РЕДАКТ.	C	000 TATL	зыход		
ИЗМЕН.ШАЕЛ>	СОХР.ШАБЛ.	ПРИМЕН.ШАЕЛ.	OTHET	E	SATOTORY	ігнор. Л	АПРОКС.	
ПЕРЕМЕЩ.	копиров.	УДАЛЕН.	СКРЫТЬ/ПОКАЗ.	C	TREAT.	 КРЫТЬ	ИНСТ.>	
COMP. TPAEKT. >	OCBEM. TPAEK.	отмена измен.	СЖАТЬ ТРАВКТ>	Ι	TEDEMEN	 юстпро	рцвссор	
ПОКЗ.ЗАГ/ДЕТ>		ИНСТРУМЕНТ >	$3AK.TPAHC\Phi. >$	C	поп жуни	 замены	>	$<-C\taup$.
РЕЖ. ПРОЦЕДУР	Β ΡΕΧ.ΤΡΑΕΚΤ.	CKII = MODEL		C	CDEDEMEL	 юказ.	(1)=20	Стр>
3A1	COTOBK=1			F	CBBFARIB		MODEL	
				T.	профиць			
		-		8-s)	кололви			

ограничивающие контур геометрические элементы модели (рис. 22).

Выберем пункт ЗАКРЫТЫЙ КОНТУР, а затем отметим ребра, ограничивающие [КОНТУР НОМЕР 1] – верхнюю грань детали (рис. 23). Последовательность действий здесь та же, что и ранее, при создании контура заготовки.

💐 CIMATRI	ON IT-10 version 10.02					
вывври	опцию/<вхіт>	открытый	контур	ЗАКРЫТЫЙ КОНТУР	плоская грань	ПЕТЛЯ
macsys	s : M MODE 3D		LEVEL	0		

Puc	22
1 000.	~~~

🗞 CIMATRON IT-10 version 10.02								
ОТМЕТЬ 15Т КРИВАЯ	КОНТУР	HOMEP	1	OΦCET =0.000		УГОЛ	уклона	=0.000
_	CTOPOHA	ФРВЗ.	: СНАРУЖИ>	ИНСТР.КАСАТЕЛЬНО	KOHT.			

Puc. 23

Для формирования профиля обработки необходимо по запросу системы (рис. 24) отметить положение начальной точки врезания инструмента (рис. 25). (Ранее, при создании инструмента, было определено начальное положение инструмента на плоскости безопасности

PAH.MTC	тчк	/ <bxit></bxit>	
macsys	: M	MODE 3D	LEVELO

CINATRON IT-10 vertice 10.02				
e, chartron II-to vehich to.oz				
вызов.экр.вяда	Deschie VOV		LODGEV WYD	_
	POSODIE-KON	NCROBLE OFFICER	> OTEVNISLEOD	
DEPENDER 7 DEPUTYUU	Z-DODY +20 000	Z-BURN -24 000	THE PRESSION	TOH
DESARTS 2 DEARGARE >	2-Bepx29.000	BADNAN 2000 -0.000	BAT BHAS ~5.000	OKH KHT
OTHE TROAKTS	TORXCE FORTURA -0 100	DAPANA JONA -0.000	OPPRS RETRICE	CKII NHO
OTHO HATRART	CULTAN - THATNA -0.100		OPPESTIBLIAR TRADE.	J OTM MCK
DORY & FORT TO HORM >	FORT BORY HORM =2 000	ADD RYTRNSTON-0 000	HAN MON DOD 2-1 000	ATP CHO
OTY TO NORM KONT	KONT OTY HOPM =2 000	PRT EXTENSION-0.000	DODYTH ADRORD	V 4 11 3
OFTA. HO ROPH. RORT. /	CEDVER VERU	NBI.BAIBABION-0.000	HOUJTH. VPRSEP.	JIPAB. TI
0.00.0000	CREFTATION	4	DREAKTND KONTYD	
				ИНСТРУМ. БИБЛ. ИНС ЗАКОН КІ СТАН ХЭЗ НАЗАД УДАЛИТЬ СКРАТЬ СКРАТЬ СКОИ ВРО,ЦВ: СКП ФАЙЛ ОКНА КОНТРОЛІ М Р D М
x=-20.000 y=0.000	z=30.000 ПОД.=	350.000 BPAH=1000	OXA BNKA T=KON	BNXOI
	tp=KC	ΦΡΕ32.5x		

над заготовкой.)

Изменяя смещение траектории относительно контура детали (левой нижней кнопкой таблицы) можно получить несколько процедур с разными траекториями и припусками на обработку (рис. 26).

🔅 CIMATRON IT-10 version 10.02						
УК.ПРОЦЕДУРУ, < ВХІТ>						
ПЕРЕЗАПУСК ИЗМЕНИТЬ	выполнить	РУЧН.РЕДАКТ.	создать >	выход		
ИЗМЕН.ШАБЛ> СОХР.ШАБЛ.	ПРИМЕН.ШАЕЛ.	OTHET	задать апрокс	ИГНОР. И	АПРОКС.	
перемещ. копиров.	УДАЛЕН.	СКРЫТЬ/ПОКАЗ.	СКРЫТЬ >	NHCTP.:	показ>	
COMP. TPAEKT. > OCBEM. TPAEK.	ОТМЕНА ИЗМЕН.	СЖАТЬ ТРАВКТ>	ПРОВ.ГЕОМ. СОС	постпро	ОЦЕССОР	
ПОКЗ.ЗАГ/ДЕТ>	ИНСТРУМЕНТ >	ЗАК.ТРАНСФ. >	СИМУЛЯЦИЯ >	ЗАМЕНЫ	>	<-Стр.
РЕЖ.ПРОЦЕДУР В РЕЖ. ТРАЕКТ.	CKH = MODEL		одиночн.выв.>	показ.	(5)=20	Стр>
3AFOTOBK=5			Posobie-KON		MODEL	
ПРОФИЛЬ = 6	ИНСТ. = КОІ	N	Posobie-KON		MODEL	
3AFOTOBK=11			Без описания		MODEL	
ПРОФИЛЬ =12	ИНСТ. = КОІ	N	Posobie		MODEL	
ПРОФИЛЬ =14	ИНСТ. = КОІ	N	Без описания		MODEL	
	<u> </u>					
		Z Modat Y				
x=-48.463 y=22.736 z	=30.000 По;	Д.=350.000 ВРАІ	ц=1000 охл	выкл	T=KON	
	tp	= KON PE	32.5X			

Puc. 26

Все они попадают в список, могут иметь краткое описание и свой собственный цвет (см. рис. 26).

Ручной контроль. Для проверки спроектированных траекторий нажмем в таблице Менеджера кнопку РУЧН. РЕДАКТИРОВАНИЕ, отметим строку созданной процедуры и для нажмем клавишу F5 или среднюю кнопку мыши <EXIT>. В результате на экране (рис. 27) появится таблица редактирования с различными возможностями просмотра перемещения инструмента по спроектированной траектории. Например, на рис. 27 показано отображение следа инструмента.

Обычно, в учебных целях, достаточно просто "погонять" инструмент вперед-назад по дискретным перемещениям-блокам, которые позднее будут преобразованы в отдельные кадры управляющей программы. При этом в нижних строках экрана будут отображаться текущие координаты узловых точек инструмента и другие технологические параметры.



Puc. 27

Примечание. Находясь в режиме ручного редактирования подсистемы САМ можно легко манипулировать, как и в подсистеме САD, положением модели на экране посредством меню, всплывающего на экране после нажатия кнопки F8 или одновременного нажатия средней и правой кнопок трехкнопочной мыши.

Имитация обработки. Проверив правильность траектории с

💐 CIMATRON IT-10 version 10.02										
УК.ПРОЦЕДУРУ, «	EXIT>									
ПЕРЕЗАПУСК	NSMEHNTL	выполнить	РУЧН.РЕДАКТ.	создать >	выход					
ИЗМЕН.ШАБЛ>	СОХР.ШАБЛ.	ПРИМЕН.ШАЕЛ.	OTHET	задать апрокс	ИГНОР.	АПРОКС.				
ПЕРЕМЕЩ.	копиров.	УДАЛЕН.	СКРЫТЬ/ПОКАЗ.	СКРЫТЬ >	ИHCTP.	: показ>				
COXP. TPAEKT. >	OCBEM. TPAEK.	ОТМЕНА ИЗМЕН.	СЖАТЬ ТРАВКТ>	пров.гвом.сос	постпр	оцвссор				
ПОКЗ.ЗАГ/ДЕТ>		ИНСТРУМВНТ >	ЗАК.ТРАНСФ. >	CHMYTHING	рамены	>	<-Стр.			
РЕЖ. ПРОЦЕДУР	B PEM.TPAEKT.	CKII = MODEL		Синулиции .	юказ.	(5)=20	Стр>			
3AJ	OTOBK=5			I CHMYRGEOD		MODEL				
ПРС	ОФИЛЬ = 6	ИНСТ. = KO	N	DDDKAKK		MODEL				
3A3	TOTOBK=11			веричик. Без описания		MODEL				
ПРО	ОФИЛЬ =12	ИНСТ. = КО	N	Posobie		MODEL				
B- ПРО	ОФИЛЬ =14	ИНСТ. = КО	N	Без описания		MODEL				

помощью ограниченных возможностей режима редактирования, технолог выбирает из меню Менеджера режим СИМУЛЯТОР (рис. 28), затем отмечает курсором строку процедуры, обработку которой необходимо просмотреть, и подтверждает выбор нажатием клавиши F5 или средней кнопки мыши, что равносильно выходу по <EXIT>.

На экране появляется (рис. 29) таблица текущих настроек "по умолчанию", которые следует принять, нажав курсором левую верхнюю кнопку <u>ССR>=ПРОДОЛЖИТЫ</u>. После этого запускается Симулятор. Во время имитации обработки на экране видны реалистическое изображение заготовки и инструмента. Инструмент двигается по спроектированной траектории и "обрабатывает" заготовку. Симулятор дает возможность просмотреть эту обработку с любой точки зрения, с заданным увеличением отдельных участков. Инструмент может быть показан в каркасном или в тонированном виде.

🖏 CIMATRON IT-10 version 10.02		
<cr> = ПРОДОЛЖИТЬ</cr>		
ЗАГОТОВКА	зкущая > файл =	imstock.stl
ПОСТПР. CL-DATA > БЕЗ ОПРАВКИ	ВЫХ.КА	галог : текущий
APPLY		

```
Puc. 29
```

При обработке простых поверхностей перед началом имитации можно выбрать из меню режим прерывистого перемещения инструмента к следующей узловой точке "Next CL point". Далее нажать кнопку перехода к тонированному изображению заготовки, и, наконец, кнопку PLAY со стрелкой вправо – запуск просмотра.

Краткие пояснения интерфейса Симулятора даны на рис. 30.





На рис. 31 показан фрагмент прогона инструмента по начальным

Puc. 31



Puc. 32

узловым точкам траектории. При этом в правом верхнем окне зафиксирован момент врезания фрезы (в каркасном представлении). Текущие координаты вершины фрезы отображаются в левой экранной панели.

Следует иметь в виду, что в Симуляторе можно легко поменять вид и диаметр фрезы, используя диалоговое окно Tool параметров режущего инструмента, а затем "повторить" обработку (рис. 32).



Puc. 33

Результат "обработки" в Симуляторе призматической заготовки по усложненной многослойной траектории показан на рис. 33.

3.Параметры высоты инструмента

Предварительно заметим, что перемещения инструмента (рис. 34) во время подхода выполняются на подаче PLUNGE FEED (ПО-ДАЧА ВРЕЗАНИЯ), а отход инструмента происходит на рабочей (FEED) или на ускоренной (FAST) подаче.

При описании параметров процедуры следует правильно указывать критические положения инструмента. Для каждой процедуры они имеют свои особенности. Так, рис. 35 поясняет положение таких точек для процедуры PROFILE, что применимо и к процедуре POCKET.

СLEAR [БЕЗОПАСНОСТЬ] – высота (координата по Z) плоскости безопасных перемещений. Плоскость безопасности параллельна плоскости XY системы координат MACSYS и располагается над деталью. По этой плоскости должны выполняться холостые перемещения инструмента без риска врезаться в материал. Возможность для ввода высоты плоскости безопасности предоставляется в таблице на рис. 13.





НОМЕ [НАЧ(АЛЬНОЕ) ПОЛ(ОЖЕНИЕ) ИНСТР(УМЕНТА)] – определяет высоту плоскости безопасности (CLEAR), устанавливаемую по умолчанию. Точка начального положения инструмента задается при создании траектории инструмента. В этой точке высвечи-



вается символ инструмента и из этой точки начинается обработка детали на экране. (На самом деле инструмент начнет обработку из той позиции, в которую его установит оператор станка.)

При фрезерной обработке, если в глобальных параметрах (GLOBAL PARAMS) задано перемещение по плоскости безопасности (ON CLEAR), перемещение из начального положения в первую точку обработки будет производиться сначала параллельно плоскости XY, затем – оси Z (рис. 36). Если выбрано OFF CLEAR, инструмент перемещается в точку начала обработки напрямую.

Z-UP [Z-BBEPX] – самая высокая точка детали (заготовки), т. е. точка, в которой начинается обработка (рис. 37).

Z-DOWN [Z-BHИ3] – нижняя точка заготовки (самое маленькое значение по Z), которая должна быть достигнута инструментом, т.е. обработана.





Puc. 36

DEL. Z-UP [НЕДОБ. Z-BBEPX] – расстояние по оси Z между первой точкой резания и точкой, в которой подача инструмента меняется с ускоренной на подачу врезания. Иными словами, инструмент перемещается на ускоренной подаче до точки DEL. Z-UP, затем на подаче врезания до первой точки контура резания (см. рис. 35).



Puc. 37

Z-REF. [Z-СПРАВ.] – высота по Z (в системе координат MACSYS), относительно которой откладывается боковой угол (DRAFT ANGLE). Параметр появляется только в том случае, если для какого-либо контура задан боковой угол (см. рис. 35).

DOWN STEP [ШАГ ВНИЗ] – значение глубины резания, т.е. расстояние между слоями обработки. Если DOWN STEP < DEPTH, материал снимается в несколько слоев.

4.Получение управляющей программы

Заключительным этапом моделирования в подсистеме САМ является получение управляющей программы (УП) для станка с ЧПУ. Для этого в Менеджере траектории (рис. 38) отметим кнопку ПОСТ-ПРОЦЕССОР, затем там же укажем строку процедуры, для которой создаем УП, и подтвердим выбор нажатием F5 или средней кнопки мыши (так мы реализуем указание системы в левом верхнем углу экрана завершить выбор нажатием <EXIT>).

КΤ.	создать >	выход			
	ЗАДАТЬ АПРОКС	ИГНОР.	апрокс.		
КАЗ.	СКРЫТЬ >	ИHCTP.	: показ>		
вкт>	ПРОВ.ГЕОМ.СОС	постпр	оцвесор		
Þ. >	симуляция >	замены	>	<-Стр.	
	одиночн.выв.>	показ.	(5)=20	Стр>	
	Posobie-KON	/	MODEL		
	Posobie-KON /	/	MODEL		
	[I	MODET	1	
ук.процедун	PY, <bxit></bxit>				
ПЕРЕЗАПУСК	ИЗМЕНИТЬ	выполн	ИТЬ	РУЧН.РЕДАК	т. с
ИЗМЕН.ШАЕЛ	> соще.шавл.	ПРИМЕН	.ШАБЛ.	OTHET	3
ПВРВМВЩ.	копиров.	УДАЛВН	ι.	СКРЫТЬ/ПОК	A3. C
COMP. TPAEK	T.> OCBEM. TPAEK.	OTMEHA	ИЗМЕН.	СЖАТЬ ТРАВ	КТ> П
покз.заг/д:	вт/>	ИНСТРУ	MBHT >	ЗАК. ТРАНСФ	·. > 0
РЕЖ. ПРОЦЕД	P B PEW.TPAEKT.	СКП =	MODEL		C
🕨	3AFOTOBK=5				P
	профиль = 6	ИНС	т. = ко	N	P
	3AFOTOBK=11				E
B-	ПРОФИЛЬ = 12	ИНС	T. = KO	N	P
B-	профиль =14	ИНС	T. = KOI	N	E
			and the second	$> \mathbb{O} >$	88
1		~~1%75/25#	KINDKDKD	and the second	DADKIN

Puc. 38

Далее последует диалог выбора соответствующего постпроцессора для системы ЧПУ конкретного станка. Вместе с CAD/CAM Cimatron поставляется постпроцессор DEMO, который превратит созданную нами геометрию траектории и технологические параметры обработки в файл управляющей программы (рис. 39). Отметим, что постпроцессор создал подпрограмму Р1001 цикла обхода контура, к которой четырежды обращается главная программа 00100 в ходе удаления 4-х слоев металла.

Анализируя содержание файла УП и сопоставляя значения X и Y с координатами из нижней части экрана, отображаемыми при ручном прогоне инструмента в режиме редактирования, можно расшифровать содержание УП. На рис. 39 это сделано для второй точки (врезания) после начала движения инструмента.



5. Примеры обработки

В заключение кратко рассмотрим характерные этапы проектирования обработки углубления на верхней поверхности призматической детали на рис. 40.



Puc. 40

Для обработки детали с такой геометрией воспользуемся процедурой КОЛОДЕЦ [POCKET] и в итоге получим траекторию с набором параметров на рис. 41.



Обратим внимание на схему перемещения фрезы (рисунки 41, 42) и на установленный в таблице параметрами характер обработки КОНТ.:ЧЕРНОВ.+ЧИСТОВ. (черновая и чистовая).

Выбрана зигзагообразная траектория, когда обработка ведется параллельными ходами инструмента. Возможен и другой вариант – по спирали (рис. 43). В том и другом случае траектория объединяет



черновую и чистовую обработку. Чистовая – заключается в обходе на каждом слое боковой поверхности углубления и окружности бобышки для снятия недорезанных островов. Эти необработанные участки



хорошо видны в окне имитации обработки на рис. 44. Здесь Симулятор "закончил" показ снятия второго слоя и выполняет чистовой обход фрезой профиля бобышки.



Puc. 45

На рис. 45 показана 3D-модель фрагмента автомобильной шины, разработанная на заводе ИФО (г. Ярославль) в CAD/CAM Cimatron, а также траектория перемещения инструмента для фрезерования сложной пространственной фаски сектора пресс-формы для изготовления покрышки.

Выводы

Таким образом, мы рассмотрели основные принципы интерактивного моделирования в САМ-подсистеме механообработки на технологическом оборудовании с NC (numerical control) управлением.

В отличие от ручного текстового описания контура обработки в CAD/CAM-системах используется указание курсором примитивов, образующих зону обработки; ввод вида процедуры и технологических параметров выполняется путем выбора из меню и/или заполнения полей экранных таблиц Менеджера траектории. Далее система автоматически распознает геометрию зоны обработки и рассчитывает траектории перемещения режущего инструмента. На заключительном этапе моделирования траектория дополняется технологическими командами, и формируются кадры управляющей программы для станка с ЧПУ.

На примере одной из CAD/CAM – Сітаtron наглядно показано преимущество компьютерно-интегрированного проектирования на основе использования общей для конструктора и технолога математической модели детали в виде графического 3D-объекта.

Литература

- Зильбербург Л.И, Марьяновский С.М., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Сігпаtron – компьютерное проектирование и производство / Под общей ред. С.М. Марьяновского. - СПб: КПЦ «МиР», 1998. – 166 с.
- 2. Solidtron. Твердотельное моделирование. Версия 8.0. ВееРitron Ltd., С.-Петербург.
- 3. Калачев О.Н. Компьютерно-интегрированное машиностроение и CAD/CAM Cimatron // Информационные технологии. 1998. №10.- С. 43-47, 49. www.ystu.yar.ru/tms/index.html
- 4. Научная школа члена-корреспондента РАН Ю.М.Соломенцева: Сборник научных трудов М.: «Янус-К», 1999. 144 с.
- Калачёв О.Н. Применение CAD/CAM Cimatron для создания моделей деталей./ Учебное пособие. - Яросл. гос. техн. ун-т. Ярославль, 2000. - 48 с. www.ystu.yar.ru/tms/index.html
- Калачёв О.Н. Применение CAD/CAM Cimatron для проектирования моделей сборочных единиц / Учебное пособие. – Яросл. гос. техн. ун-т. Ярославль, 2001. - 48 с. www.sapr2000.ru/pressa.html
- Калачёв О.Н. Особенности создания в CAD/CAM Cimatron параметрических моделей технологической оснастки // "Информационные технологии". Изд-во «Машиностроение».– 2000. – № 10. – С. 14-18.
- Калачёв О.Н, Яблочников Е.И. Методика использования CAD/-CAM Cimatron для интерактивного проектирования сборок технологической оснастки // "Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика". - 2001. – №12. - с. 7-11.
- Калачёв О.Н., Ломов А.А., Мясников В.К. Концепция специализации «Компьютерно-интегрированное машиностроение» для подготовки инженеров-технологов XXI века // Тр. межд. семинара «2-ой Российский семинар по инженерному образованию» – Тамбов: ТГТУ, 2001. – С. 195-198.