

#### SUMMARY

Necessity of introduction of numerical criterion thin wall for powder pipes is proved. The settlement sham for his definition is offered. Dependence in which mechanical properties of plasticized material are taken into account this received. The received dependence is intended for calculation of critical thickness of a wall of a porous pipe.

УДК 621.914.3-52

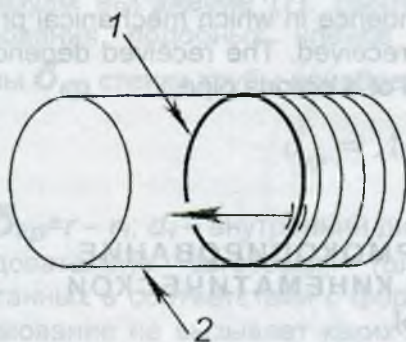
### АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМОКОПИРОВАНИЕ НА СТАНКАХ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Д.Н. Свирский

Воплощение первичной информационной модели нового изделия в конструкционном материале является важной составной частью промышленного формообразования [1]. В настоящее время указанный процесс формокопирования часто осуществляется механической обработкой заготовок на металлорежущих станках. Известно, что основу кинематики резания составляют реализованные в виде линий резания а) геометрическая форма режущих кромок инструмента и б) результирующая траектория рабочих движений исполнительных органов, несущих инструмент и заготовку [2]. В работе [3] впервые была предпринята попытка раздельного рассмотрения методов геометрического формообразования и резания, и специально подчеркивалось, что первые служат теоретической базой для вторых. Там же дана характеристика метода формообразования обработкой резанием на основе связи производящих линий режущей части инструмента и движений исполнительных органов станка. Однако производящие линии инструмента связываются с реальными режущими кромками, а производящие линии исполнительных движений – с проекциями результирующего движения на координатные плоскости. В этой ситуации автором статьи [4] предлагается в качестве идентификатора связи и различия методов геометрического формообразования и обработки резанием принять материальную точку режущей кромки инструмента – точку контактного взаимодействия заготовки и инструмента (станка). Здесь же показано, что контакт инструмента и заготовки по линии не обладает инвариантными свойствами точечного контакта, т.к. например, реальная режущая кромка фрезы воплощена в виде винтовой линии, однако образующая цилиндрической поверхности как компонента геометрического формообразования фрезерованием отображается в виде плоской линии – прямой. Таким образом, принципиальной особенностью самого общего метода формообразования поверхностей резанием – метода следа – является одновременное генерирование образующих и направляющих линий путем движения их общей точки, которая является также точкой, характеризующей контакт заготовки и инструмента (рис. 1а).

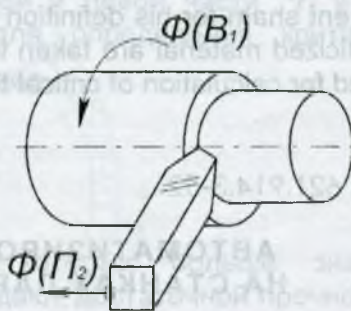
Формокопирование резанием осуществляется на основе той или иной схемы распределения рабочих движений исполнительных органов, несущих заготовку и инструмент. В структуре формообразующих движений различают простые и сложные рабочие движения исполнительных органов. В станках традиционной кинематической и компоновочной структуры любое сколь угодно сложное движение реализуется суперпозицией нескольких простых «плоских» движений (рис. 1б), которые: «1) совершаются вдоль или вокруг координатных осей по прямой или окружности соответственно; 2) принадлежат только какому-либо одному исполнительному органу и 3) не могут быть далее разложены на составные, выполняемые одновременно» [4]. Траектории таких простых движений заложены в конструкции станка (рис. 1в) как «эталонные геометрической информации» [6],

реализуемые в прямолинейных и круговых направляющих компонентах. Однако из-за специфики формообразования режущим клином, в частности, точением, имеет место известная погрешность микрогеометрии производимой поверхности (рис. 1г), на которой, впрочем, в случае резьбонарезания зиждется сам технологический метод (рис. 1д).



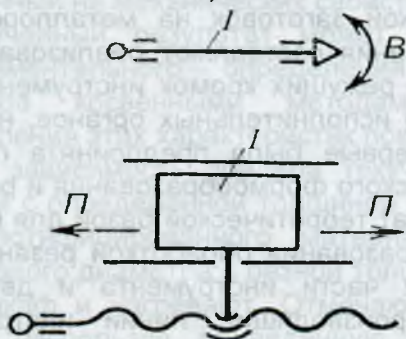
1 – образующая линия,  
2 – направляющая линия

а)



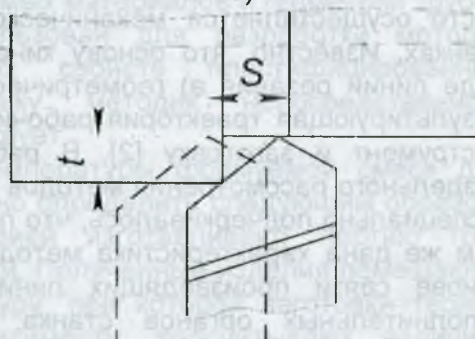
$\Phi(B_1)$  – вращательное формообразующее движение скорости резания,  
 $\Phi(\Pi_2)$  – поступательное формообразующее движение подачи

б)



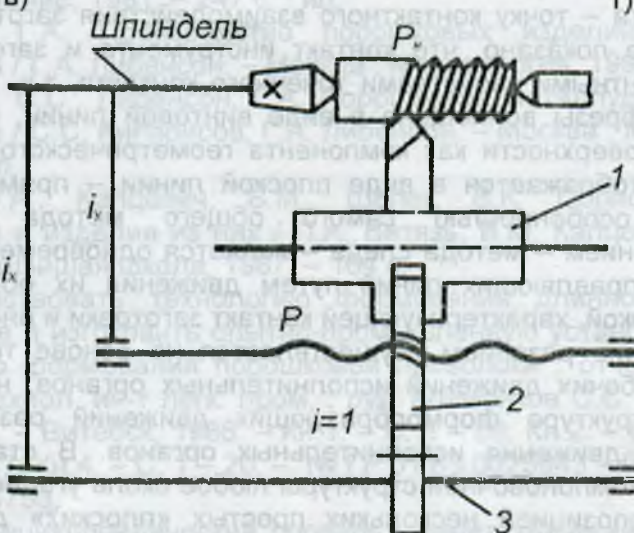
I – исполнительный орган; V, П – вращательное и поступательные движения

в)



S – подача на оборот, t – глубина резания

г)

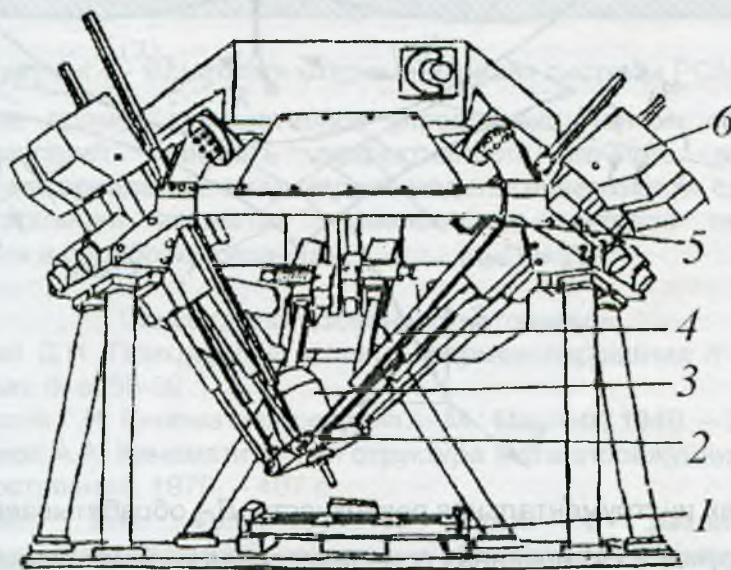


1 – суппорт, 2 – гайка ходового винта, 3 – ходовой валик,  $i_x, i_y$  – гитары настройки ходового валика и винта соответственно, P – шаг винта,  $P_n$  – шаг полученной резьбы

д)

Рисунок 1 - Особенности формокопирования резанием при точении

На рубеже XXI-го века появилось металлорежущее оборудование с параллельной кинематической структурой, в котором отсутствует чрезмерно жесткая связь между методом геометрического формообразования с одной стороны и физико-технологическим эффектом обработки режущим клином с другой стороны [6, 7]. Прежде всего, это связано с тем, что в конструкции станка нет традиционных эталонов геометрической информации в виде прямолинейных и круговых направляющих компонент формообразования. При использовании параллельной кинематики пространственное положение материальной точки контактного взаимодействия инструмента и заготовки и траектория ее движения в пространстве обеспечивается управлением  $I$ -координатами – значениями переменных длин штанг, несущих платформу с режущим инструментом, например, фрезой со сферической исходной поверхностью (рис. 2).



1 – стол с обрабатываемой заготовкой, 2 – шарнир, связанный с платформой, 3 – шпиндель, 4 – штанга, 5 – шарнир, связанный с основанием, 6 – двигатель

Рисунок 2 - Станок параллельной кинематической структуры типа «гексапод»

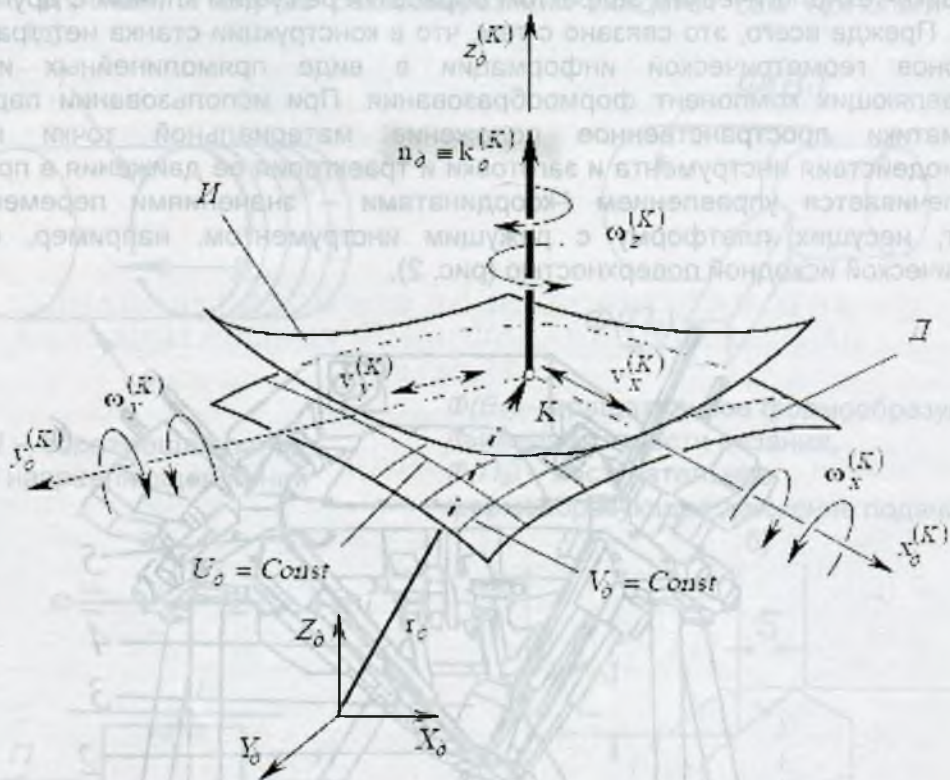
Известно [8], что «поверхность детали может быть правильно формообразована» резанием, если:

- существует сопряженная с ней исходная инструментальная поверхность;
- в текущей точке ее касания с исходной инструментальной поверхностью нормали к ним противоположно направлены;
- нет локального внедрения инструмента в деталь (интерференции) в дифференциальной окрестности каждой точки их касания;
- вне дифференциальной окрестности каждой точки ее касания с поверхностью инструмента эти поверхности не интерферируют одна с другой;
- смежные участки исходной инструментальной поверхности не пересекаются между собой;
- в процессе дискретного формообразования результирующая погрешность не превышает допуск на точность обработки.

Попутно отметим, что необходимость выполнения шестого условия ограничивает максимально допустимую величину подачи инструмента вдоль и поперек строк формообразования (т.е. производительность формокопирования) при обработке сложных поверхностей деталей на многокоординатных станках с ЧПУ.

В работе [8] приведена мгновенная принципиальная кинематическая схема многокоординатного формообразования (рис. 3), которую при обработке сложных поверхностей необходимо реализовать на любом металлорежущем станке, включая станки с параллельной кинематикой. Качество и эффективность этой реализации во

многим определяются точностью управления и быстродействием электропривода исполнительных движений.



И – исходная инструментальная поверхность, Д – обрабатываемая поверхность

Рисунок 3 - Мгновенная принципиальная кинематическая схема многокоординатного формообразования

Для эффективной реализации высокоскоростной и высокоточной обработки сложной поверхности путем управления /-координатами параллельной кинематической структуры станка целесообразно использовать гибкие программно-технические комплексы типа PCNC (Personal Computer Numerical Control) на основе двух персональных компьютеров [9]. Один из них, оснащенный операционной системой Windows, осуществляет интерфейс пользователя. Другой – с любой операционной системой, поддерживающей протокол TCP/IP – реализует функции управления исполнительными механизмами приводов станка. Более перспективной является однокомпьютерная схема PCNC (рис. 4). Здесь вторая машина может быть заменена платой встроенного программируемого контроллера и интерфейсными платами контроллеров следящих приводов и автоматики. В качестве операционной системы для однокомпьютерной архитектуры PCNC может использоваться Windows с дополнительными устройствами расширения реального времени на уровне устройств [10]. Приведенная архитектура однокомпьютерной системы дает общее представление о принципах открытой архитектуры применительно к ЧПУ: четкое разграничение между системным, прикладным и коммуникационным компонентами; возможность независимого развития любого из этих компонентов как на основе оригинальных разработок, так и путем встраивания покупных программных систем; клиент-серверная организация взаимодействия подсистем; стандартизация интерфейсов и транзакций [9].

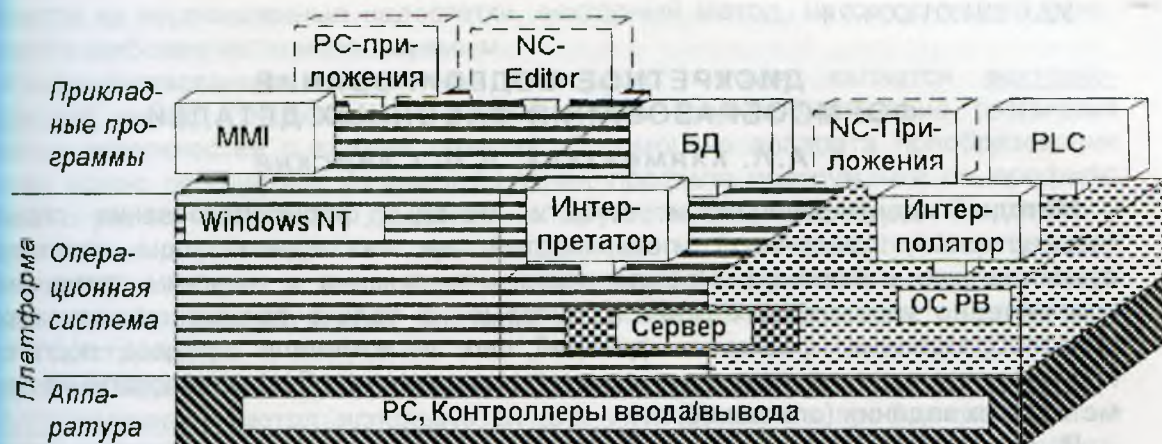


Рисунок 4 - Однокомпьютерный вариант системы PCNC

Таким образом, прямое компьютерное управление станком с параллельной кинематикой позволяет повысить эффективность точного воплощения в конструкционном материале математической модели поверхности сложной формы за счет осуществления взаимной независимости методов геометрического формообразования и обработки резанием.

#### Список использованных источников

1. Свирский Д.Н. Прикладные аспекты формокопирования // Вестник ВГТУ, 2004, вып. 6, с. 55-59.
2. Грановский Г.И. Кинематика резания. – М.: Машгиз, 1948. – 200 с.
3. Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1970. – 407 с.
4. Колыбенко Е.Н. Идентификатор связи и различия методов геометрического формообразования и обработки резанием // СТИН, 2003, № 8, с. 33-36.
5. Грубман С.А. и др. Экономический и технический аспекты применения оборудования с ЧПУ. Обзор. – М.: НИИмаш, 1982. – 48 с.
6. Свирский Д.Н., Ким Ф.А. Новое поколение компактных мехатронных обрабатывающих систем с параллельной кинематикой // Вестник ВГТУ, 2005, вып. 7, с. 64-68.
7. Свирский Д.Н. Компьютеризированные манипуляционные станки параллельной кинематической структуры для компактных систем машиностроительного производства // Вестник ПГУ, 2005, 10, с. 158-161.
8. Радзевич С.П. Формообразование поверхностей деталей. Основы теории. – Киев: Растан, 2001. – 592с.
9. Соломенцев Ю.М., Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Построение персональных систем ЧПУ (PCNC) по принципу открытых систем // Информационные технологии и вычислительные системы, 1997, №3, с.68-75.
10. Митин Г.П. Предпосылки развития однокомпьютерных систем ЧПУ класса PCNC // Автоматизация конструкторско-технологического проектирования, вып. 5. Режим доступа: [http://magazine.stankin.ru/arch/n\\_05/art/17/index.html](http://magazine.stankin.ru/arch/n_05/art/17/index.html)

#### SUMMARY

The contradiction between the mathematical method of a complex surface determination and the physical method of its machining by cutting is investigated. The way for improving the complex form surfaces manufacturing on the base of the computer control of a metal cutting machine-tool with the parallel kinematics is offered.