

Міністерство освіти і науки України  
Кіровоградський державний технічний університет  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"  
Державне підприємство "Український інститут промислової власності"  
Московський державний технічний університет ім. Н.Е. Баумана  
Академія Наук вищої школи України  
Кіровоградське обласне відділення Інженерної Академії України  
Науково-координаційна рада  
Придніпровського наукового центру по Кіровоградській області

# МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ КАПІТАЛ

*Збірник наукових праць  
за матеріалами  
Першої міжнародної науково-технічної конференції  
"Машинобудування та металообробка – 2003"*



Кіровоград – 2003

УДК 62:631.3

Машинобудування та інтелектуальний капітал (збірник наукових праць за матеріалами Першої міжнародної науково-технічної конференції "Машинобудування та металообробка – 2003") – Кіровоград: КДТУ, 2003. – 99 с.

**Рекомендовано до друку** вченою радою Кіровоградського державного технічного університету. Протокол № 6 від 24 лютого 2003 р.

**Відповідальний за випуск:**

Секретар оргкомітету Першої міжнародної науково-технічної конференції "Машинобудування та металообробка – 2003", доц., к.т.н. Кириченко А.М.

25006, м. Кіровоград, пр. Університетський, 8, Кіровоградський державний технічний університет, тел.: 597-558, e-mail: [tools@kdtu.kr.ua](mailto:tools@kdtu.kr.ua)

© Збірник наукових праць машинобудування  
та інтелектуальний капітал, 2003  
© Комп'ютерна верстка, 2003

## МОДУЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ

В соответствии с теорией модульной технологии проф. Б.М. Базрова [1] поверхности обработки деталей классифицируются по функциональному назначению: базовые, рабочие и связующие. Эта теория явилась основой передовых технологий, так как в сравнении с традиционным подходом позволяет повысить точность металлообработки за счет снижения влияния погрешностей переустановки заготовок в ходе выполнения технологических операций.

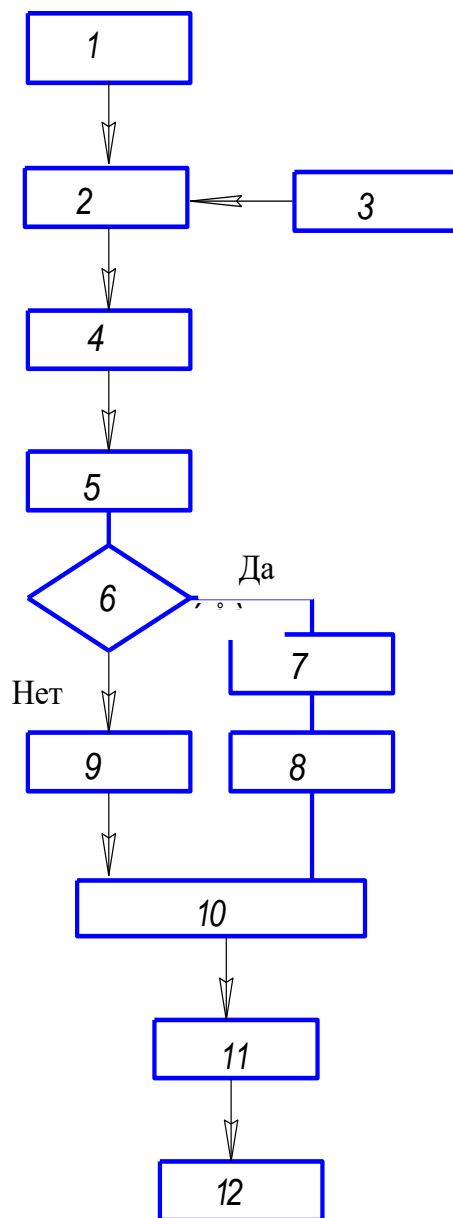
Однако эта теория не решает проблемы технологической совместимости операций по обработке различных модулей деталей машин. Так, традиционно принято считать не совместимыми такие технологические операции, как зубофрезерование и зубодолбление, точение и зубофрезерование и др. А поскольку указанные поверхности обычно относятся к одному модулю, а обрабатываются на разных станках то и преимущества модульной технологии теряются. Все это ограничивает область эффективного использования модульной технологии.

На основании теории процесса формообразования и привода с перераспределенной нагрузкой [2, 5] разработаны новые многооперационные станки, защищенные патентами Украины [3, 4].

На основании обобщенного опыта проектирования многооперационных станков под модульную технологию разработан алгоритм (рис. 1) решения проблемы совмещения технологических операций в соответствии с модульной технологией.

Созданные по этим принципам схемы и конструкции многооперационного оборудования рассмотрены ниже. На рис. 2 показана схема многооперационного станка, осуществляющего токарную обработку и зубофрезерование методом обкатки.

Поскольку режимы формообразования указанных операций трудно совместимы, то они на станке могут выполняться лишь последовательно с использованием единых баз установки и закрепления заготовки



1. Исходные данные.
2. Постановка задачи.
3. Традиционные методы ее решения.
4. Анализ кинематики совмещаемых процессов.
5. Анализ параметров составляющих движения формообразования.
6. Сравнение параметров элементарных составляющих совмещаемых процессов.
7. Общую составляющую движения формообразования совмещаемых процессов сообщают заготовке.
8. Разработка структуры и кинематики привода.
9. Разработка структуры и кинематики привода при неподвижной заготовке.
10. Технический проект.
11. Рабочий проект.
12. Изготовление и испытание станка.

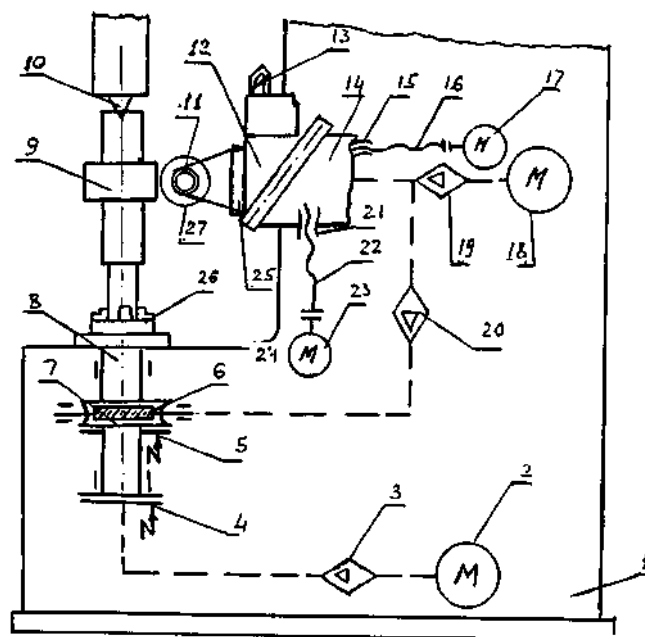
**Рисунок 1 – Алгоритм решения проблемы совмещения технологических операций в соответствии с модульной технологией**

Станок содержит станину 1, электродвигатели 2, 23, 18 и 17, элементы настройки кинематических цепей 20, 19 и 3, винтовые передачи 21-22 и 15-16, червячную передачу 5-6, шпиндели 11 и 8.

Все узлы и кинематические цепи, включая электродвигатели, расположены в станине 1. Двухпозиционный суппорт имеет кинематические цепи продольной (вдоль оси заготовки) подачи и поперечной подачи. В станине 1 расположен привод вращения заготовки 9. Кинематическая цепь откатки включает электродвигатель 18, звенья настройки 19 и 20, червячную передачу 5-6 и муфту 5. Цикл работы станка складывается из токарных и зуборезных

технологических операций, которые могут чередоваться в любой последовательности в соответствии с технологией обработки и управляющей программой.

При выполнении токарных технологических операций головка 12 суппорта 14 поворачивается на 180 градусов вокруг наклонной оси, и установленный в раздодержателе резец выходит в рабочую позицию. Одновременно включается электромагнитная муфта 4 и выключается муфта 5, которые в систему управления включены инверсно. Поэтому при включенной муфте 4 муфта 5 выключена. Заготовка 9 получает вращение с частотой, обеспечивающей заданную скорость резания. Для выполнения токарных операций используются механизмы продольной и поперечной подачи.



**Рисунок 2 – Схема многооперационного станка**

После окончания токарной обработки суппорт 14 отводится в исходное положение, головка 12 снова поворачивается на 180 град. и в рабочей позиции фиксируется шпиндель 11 с фрезой 27 на поворотной планшайбе 25. Планшайба поворачивается на угол, соответствующий углу наклона зубьев фрезы 27. Синхронно этому повороту муфта 5 включается, а – 4 выключается. Кинематическая цепь обкатки связывает вращение фрезы 27 через звено настройки 20 с вращением заготовки 9. Настройка звена 20 осуществляется в соответствии с числом зубьев нарезаемого колеса и числом заходов фрезы 27. Звено настройки 19 обеспечивает заданную скорость резания в соответствии с технологией обработки зубчатого колеса. Нарезание цилиндрического зубчатого колеса может осуществляться при использовании либо продольной подачи, либо методом поперечного врезания и продольной подачи. При нарезании червячных колес используется радикальная подача.

Таким образом, станок обеспечивает с одной установки заготовки 9 выполнение токарных и зубонарезных технологических операций. Эффективность станка обеспечивается за счет повышения точности путем



Обработка зубчатых колес осуществляется следующим образом. Заготовка 1 (рис. 3) закрепляется в шпинделе 4 и ей сообщается вращение от электродвигателя 5. Одновременно от электродвигателя 2 сообщается вращение фрезе 3, установленной на суппорте 9 с заданной частотой. В соответствии с циклом работы электродвигатель 6 через винтовую передачу 8-7 сообщает суппорту 9 полный цикл возвратно-поступательных движений, складывающихся из быстрого подвода, рабочей подачи и отвода в исходное положение.

Резцовая головка 10 установлена на планшайбе и получает вращение с заданной частотой от электродвигателя 11. Поворот планшайбы 16 осуществляется электродвигателем 12. Полный цикл возвратно-поступательных движений планшайбы 16 в радиальном направлении осуществляется электродвигателем 14 через винтовую передачу 15-13. Таким образом, обеспечивается с одной установки заготовки одновременная обработка двух зубчатых венцов конического и цилиндрического колес. Это повышает производительность станка.

Проблему повышения точности и производительности при обработке блочных колес решает схема привода станка, показанная на рис. 4.

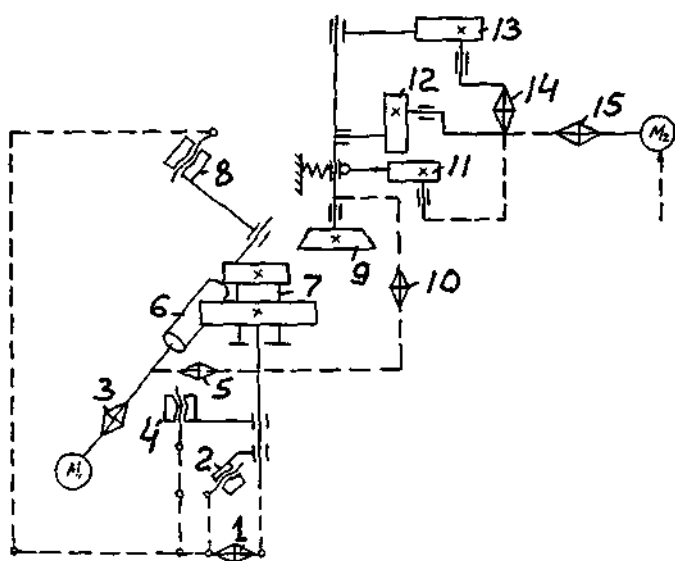


Рисунок 4 – Схема привода станка

При нарезании близкорасположенных зубчатых венцов зубофрезированием и зубодолблением блочная заготовка 7, как обычно, устанавливается на шпинделе и ей сообщается вращение в соответствии с расчетными параметрами двух процессов обработки. Фрезе 6 и долбяку 9 сообщают вращение, параметры которого взаимосвязаны. В совместных процессах зубодолбления долбяку

9 сообщается возвратно-поступательное движение от электродвигателя  $M_2$  через звено кинематической настройки 15 и кривошипный механизм 12. Отвод долбяка 9 от заготовки 7 перед обратным ходом долбяка осуществляется кулачком 11. Радиальная подача врезания осуществляется кулачком 13,

скорость вращения которого определяется, звеном настройки 14 цепи радиальной подачи.

Червячной фрезе 6 сообщается вращение от электродвигателя  $M_1$  через звено настройки 3. Вращение заготовки 7, согласованное с вращением фрезы 6, осуществляют через гитару сменных колес 5. Движение подачи фрезерному суппорту сообщается через звено настройки (гитару) 1 и дальше через винтовые передачи, вертикальной 4, радиальной 2 и тангенциальной 8 подачи суппорта. Согласование скорости вращения заготовки и долбяка осуществляется гитарой сменных колес 10.

Общим элементом в системе двух процессов нарезания зубчатых венцов фрезой и долбяком является заготовка. Угловая скорость, соответствующая двум процессам обкатки зубофрезерованием и зубодолблением, совмещенных во времени операций будет одна. Отсюда следует, что:

$$\frac{S_K \cdot n_g}{m_g \cdot Z} = \frac{n_\phi \cdot t \cdot k}{m_\phi \cdot Z_\phi}, \quad (2)$$

где  $S_K$  – величина круговой подачи зубодолбления мм/дв.х;  $n_g$  и  $n_\phi$  – число двойных ходов долбяка и число оборотов фрезы в минуту;  $m_g, Z, m_\phi, Z_\phi$  – модули и числа зубьев нарезаемых венцов зубодолбление и зубофрезерованием;  $K$  – число заходов фрезы.

Известно, что 
$$n_\phi = \frac{1000 \cdot V_\phi}{\pi \cdot D_\phi},$$

где  $V_\phi$  – скорость резания при зубофрезеровании м/мин;  $D_\phi$  – диаметр фрезы, мм.

Поэтому уравнение (2) можно записать в виде: 
$$\frac{S_K \cdot n_g}{m_g \cdot Z} = \frac{1000 \cdot V \cdot t \cdot k}{\pi \cdot D_\phi \cdot m_\phi \cdot Z_\phi},$$

откуда 
$$V = \frac{n_g \cdot S_K \cdot \pi \cdot D_\phi \cdot m_\phi \cdot Z_\phi}{t \cdot 1000 \cdot m_g \cdot Z \cdot k},$$
 обозначив 
$$A = \frac{\pi \cdot D_\phi \cdot m_\phi \cdot Z_\phi}{1000 \cdot m_g \cdot Z \cdot K}$$
 получим

$$V = \frac{n_g \cdot S_K}{t \cdot A}, \quad (3)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от параметров нарезаемых зубчатых венцов, диаметра и числа заходов фрезы.

Если окажется, что скорость зубофрезерования, определенная по формуле, больше технологически допустимой, то скорость зубофрезерования

принимается такой, какая допустима, а круговую подачу долбяку 5 процесса зубодолбления определяют из зависимости:

$$S_k = \frac{n_g \cdot V_T}{t \cdot A} \quad (4)$$

Обычно по условиям обработки двух зубчатых венцов лимитирующей по времени является операция зубофрезерования, поэтому для повышения производительности величину вертикальной подачи зубофрезерования принимают максимально допустимой по условиям обработки. Способ позволяет одновременно обрабатывать червячные колеса с закрытыми венцами зубодолблением. В этом случае основные параметры связанных процессов принимаются также в соответствии с вышеизложенными рекомендациями, а величину радиальной подачи принимают максимально допустимой по условиям обработки червячного колеса. Для сокращения времени нарезания цилиндрических зубчатых колес используют радиальное врезание фрезы в заготовку. Таким образом, обеспечивается одновременное нарезание различных зубчатых венцов колеса в соответствии с требованиями модульной технологии.

Проблему расширения технологических возможностей в соответствии с требованиями модульной технологии решает схема привода станка, показанная на рис. 5.

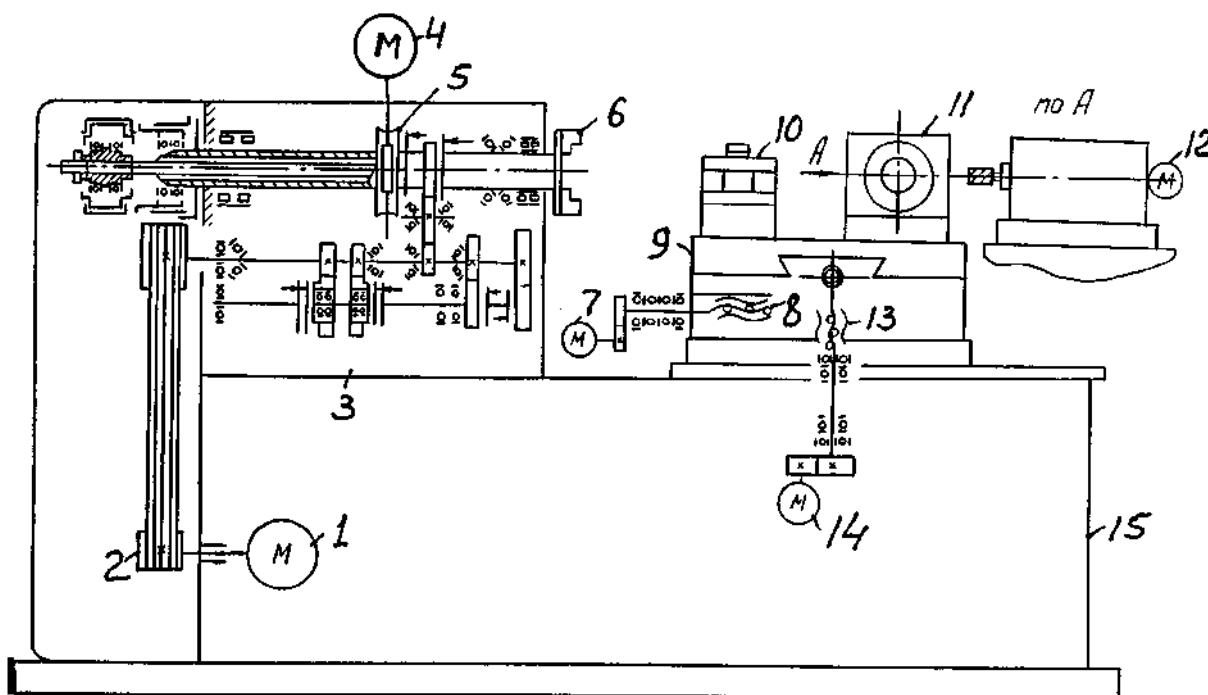


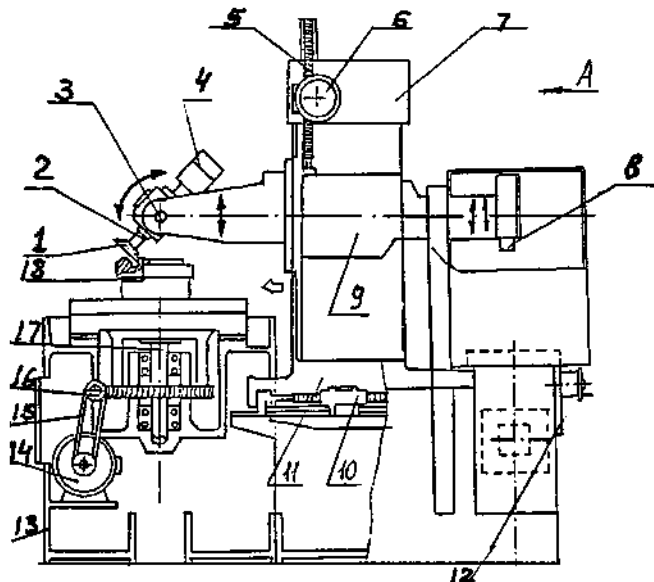
Рисунок 5 – Схема привода станка, реализующая модульную технологию

Установленная на станке 15 коробка скоростей 3 снабжена двумя переключаемыми приводами. Привод от электродвигателя 1 через ременную передачу и переключаемую муфтами коробку скоростей 3 обеспечивает частоту вращения шпинделя, необходимую при токарной обработке. Привод вращения шпинделя 6 от электродвигателя 4 через червячную передачу 5 обеспечивает частоту вращения, необходимую для осуществления круговой подачи, обкатки и т.п.

Двигатели 7 и 14 через соответствующие винтовые передачи 8-13 обеспечивают продольную и поперечную подачу. Двигатели 4, 7 и 14 включены в схему ЧПУ, что дает возможность согласовать их скорости при зуборезных и др. работах. Резцедержатель 10 обеспечивает токарную обработку. Установленная на суппорте 9 силовая головка с двигателем 12 обеспечивает дополнительную обработку, сверления резьбонарезания, фрезерования и т.п. При оснащении силовой головки механизмом подачи появляется возможность обработки осевых отверстий и фрезерования поперечных пазов. При оснащении станка механизмом вертикальной подачи появляется возможность зубофрезерования. Все это значительно расширяет возможности технологического оборудования и способствует модульной технологии, а вместе с ней и повышенной точности металлообработки.

Проблему расширения технологических возможностей в рамках модульной технологии решает шлифовальный станок, показанный на рис. 6.

На поворотной стойке 11 установлена траверса 9 несущая привод вращения шлифовального круга 8 и шлифовальную головку, на шпинделе 2 которой установлен шлифовальный круг 1, приводимый во вращении двигателем 4. Траверса 9 с помощью механизма 5-6-7, перемещается по вертикальным направляющим стойки 11. Стойка 11 с помощью привода 10 может перемещаться в поперечном направлении по направляющим станины 13.



**Рисунок 6 – Схема шлифовального станка**

Стол 18 с установленной заготовкой получает вращательное движение подачи от электродвигателя 14 через передачи 15-16 и шпиндель 17. Возвратно-поступательное движение стола 12 обеспечивается стандартным гидроприводом с путевым управлением. Таким образом, устанавливаемая на поворотном столе 18 или на плоском столе 12 заготовка может обрабатываться последовательно как шлифовальным кругом 1, так и кругом 8. Это значительно расширяет технологические возможности станка и повышает точность в рамках модульной обработки.

### Литература

1. Базров Б.М. Модульная технология изготовления деталей.– М.1986.– 92 с.
2. Пестунов В.М. Основы теории привода с перераспределенной нагрузкой металлорежущих станков: Автореферат дис. д-ра техн. наук: 05.03.01 / МВТУ им. Н.Э. Баумана.- М., 1983.- 32 с.
3. Деклараційний патент України № 28792А, МПК 6 В24В5/00. Шліфувальний верстат / Пестунов В.М. (Україна); Кіровоградський державний технічний університет.- Опубл. 16.10.2000 .– 3с.
4. Пестунов В.М., Михайлов В.А. Багатоопераційний верстат. Заявка на пат. України № 2002053454 від 28.04.2002 р.
5. Металлорежущие системы машиностроительных производств / Под ред. Г.Г. Земскова и О.В. Таратынова.– М.: Высшая школа, 1988.– 464 с.
6. Пестунов В.М., Кариков Е.А. Повышение точности и производительности металлорежущих станков.– К.: Техника, 1979.– 96 с.