

УДК 622.23.233

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЧЕРВЯКОВ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

С.А. Сивун<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ведущий инженер-программист ПАО «Днепрополимермаш», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [sergey\\_sivun@mail.ru](mailto:sergey_sivun@mail.ru)

**Аннотация.** В работе проведено альтернативное гибкое программирование обработки цилиндрических червяков на фрезерных станках с ЧПУ. Практическое подтверждение правильности программирования сопровождается изготовлением различных видов цилиндрических вал-червяков на фрезерном станке с ЧПУ модели ВФ1П.

*Ключевые слова:* программирование, фрезерной станок с ЧПУ ВФ1П, цилиндрический вал-червяк.

## AUTOMATIZATION OF THE PROCESSING OF CYLINDRICAL WORM SCREW ON CNC MILLING MACHINES

S.A. Sivun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Leading Software Engineer PSC “Dnepropolimermash”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [sergey\\_sivun@mail.ru](mailto:sergey_sivun@mail.ru)

**Abstract.** In the paper the alternative flexible is programming processing cylindrical worms on CNC milling machines. Practical validation of programming accompanied by manufacturing various types of cylindrical shaft worms on a milling machine with CNC model VF1P.

*Keywords:* programming, CNC milling machine VF1P, cylindrical shaft worm.

**Введение.** Современное машиностроительное производство должно обеспечивать два требования рынка:

1) сокращение сроков подготовки и выпуска, а также серийности продукции.

2) снижение трудоёмкости изготовления и стоимости при обеспечении качества изделий.

Для обеспечения этих требований производству необходимо:

– гибкость и маневренность, то есть способность быстро перестраивать выпуск продукции на различные типы станков.

– высокий технический уровень и инженерную подготовку производства.

– экономичность, минимальные затраты на изготовление [1].

Типовыми деталями в машиностроительном производстве считаются валы и зубчатые колеса. Передатки с зацеплением, в том числе червячные цилиндрические передачи широко используются в большинстве современных механизмов [2].

При всем многообразии изготовления цилиндрических червяков, они имеют сложные рабочие поверхности зацепления, которые требуют постоянной оптимизации технологии их изготовления.

Одним из наиболее распространенных методов формообразования витков червяка является нарезание червяка резцом на токарном станке. Предпочтительна обработка на токарных станках с ЧПУ, что позволяет увеличить производительность [3]. А множество пакетов программного обеспечения помогают в быстром и эффективном составлении управляющих программ для обработки витков червяка.

Но главные составляющие, которые не дают производству быстро и гибко реагировать на изготовление различных типов витков червяка это:

- использование программного обеспечения для постройки твердотельной модели и составления программы под станок с ЧПУ;
- привлечение инженера-программиста для составления программы, что может способствовать к недопониманию оператора и программиста и ошибке изготовления «человеческий фактор»;
- под обработку цилиндрических червяков с различными параметрами необходимо постоянно составлять различные программы, что не позволяет производству быть гибким.

**Цель работы.** Целью работы является:

- 1) усовершенствование технологического процесса изготовления однозаходного и многозаходного цилиндрического червяка с использованием фрезерных станков с ЧПУ;
- 2) усовершенствование программирования обработки червяка без привлечения CAD-CAM систем;
- 3) разработка алгоритма программирования обработки цилиндрического червяка на фрезерном станке с ЧПУ ВФ1П;
- 4) минимальная технологическая себестоимость;
- 5) технико-экономические критерии: максимальная производительность, наименьшее штучное, основное и вспомогательное время, минимальная станкоемкость изготовления изделия [3];
- 4) гибкость и простота программирования обработки витков червяка.

**Материал и результаты исследований.** Условия обработки цилиндрического червяка на токарном станке с ЧПУ:

- 1) обязательна черновая обработка (обычно на универсальном токарном станке) перед чистовой;

2) используется разный режущий инструмент в зависимости от параметров червяка;

3) многопроходная обработка, то есть из-за большой угрозы поломки реза или револьверной головки необходимо разбивать нарезку витков червяка на несколько проходов глубиной по 0.2 мм;

4) инженер-программист должен использовать программное обеспечение для написания программы обработки, при чем на различные типы червяка будут различные программы;

5) при обработки подача инструмента завязана с шагом витка червяка;

6) ограничение нагрузки на револьверную головку и реж. инструмент, что уменьшает диапазон обработки параметров витков червяка.

В данной работе предлагается оптимизация технологического процесса обработки цилиндрического червяка по технико-экономическим критериям, т. е. благодаря использованию фрезерных станков с ЧПУ увеличивается производительность обработки, уменьшается штучное и основное время.

Фрезерный станок с ЧПУ ВФ1-П имеет 3 линейные оси (X, Y, Z) и одну поворотную ось (A) «поворотный шпиндель».

Условия обработки цилиндрического червяка на фрезерном станке с ЧПУ ВФ1-П:

1) черновая обработка производится концевой фрезой за один проход на всю глубину;

2) для чистового формообразования используется разный режущий инструмент в зависимости от угла витка червяка, то есть необходимо заточить фрезу под угол витка указанный в чертеже;

3) обработка происходит за 1 проход на всю глубину;

4) программу под обработку однозаходного или многозаходного цилиндрического червяка может рассчитать и составить оператор без привлечения программиста или использования сложного программного обеспечения;

5) при обработки подача и обороты фрезы не завязаны с шагом витка червяка, можно регулировать подачу и обороты с пульта;

6) фрезерный станок и фрезы выдерживают достаточно большие нагрузки, поэтому обработка витков ограничивается только в диапазонах  $m_{in}$  и  $m_{ax}$  диаметров закрепления шпинделя.

Алгоритм программирования обработки цилиндрического червяка на фрезерном станке с ЧПУ ВФ1П:

1. Анализ по конструкторской документации геометрических параметров и технологических требований изготавливаемого червяка.

2. Определение смещения по оси X.

$$y = \frac{L}{p} \quad (1)$$

$y$  – число полных оборотов шпинделя при нарезки витков;  $L$  – длина нарезаемого витка червяка;  $p$  – шаг нарезаемого витка.

При десятичном значении « $y$ » округляем в большую сторону до целого.

$$u = y \cdot p \quad (2)$$

$u$  – длина нарезаемого витка при расчетном значении  $y$ .

$$x = u - L \quad (3)$$

$x$  – длина смещения по оси  $X$  от «0» привязки.

3. Определяем количество поворотов шпинделя по оси  $A$ .

$$A = u \cdot 360 \quad (4)$$

$A$  – количество полных оборотов шпинделя по оси  $A$  при заданной длине на чертеже витка червяка.

4. При двухзаходном типе червяка необходимо вернуть фрезу на заданную длину смещения  $x$  при значении  $A180$ , и продолжить обработку по формуле:

$$A2 = A + 180 \quad (5)$$

$A2$  – количество оборотов шпинделя при нарезки второго витка червяка.

Пример программы нарезки двухзаходного цилиндрического червяка на фрезерном станке с ЧПУ ВФ1П представлен в табл.1.

Таблица 1 – Пример программы нарезки двухзаходного цилиндрического червяка

%
N1 (UАО,1)
N2 M44
N3 G40 G17
N4 G94
N5 G28
N6 T1.1 M6
N7 S360 M3
N8 G0 G90 X20. Y0.A0.
N9 Z88.
N10G01X-76.A288.F50.
N11 G00Z145.
N12 G00X20.A180.
N13 G00Z88.
N14G01X-134.A468.F50.
N15 G0 Z100.
N16 M9
N17 M5
N18 M30
%

**Вывод.** Рассмотрены особенности метода обработки цилиндрических червяков на станках с ЧПУ. Указаны недостатки обработки витков червяка на токарных станках с ЧПУ. Предложена обработка витков на фрезерном станке с ЧПУ ВФ1П. Перечислены условия обработки витков на ВФ1П. Разработаны методика и алгоритм программирования станка. Целесообразность и технико-экономическая превосходство подтверждено при изготовлении цилиндрического червяка на производстве.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов А. Н. Геометрическое и компьютерное моделирование формообразования и контроля рабочих поверхностей глобоидных червяков: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.01.01 / А. Н. Гаврилов. – Н. Новгород, 2005. – 20 с.

2. Верховский А. В. Геометрическое моделирование при анализе и синтезе червячных передач общего типа: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора техн. наук: 05.02.18 / А. В. Верховский. – Москва, 2000. – 46 с.

3. С.О.Сивун, В.В.Зіль, С.Т. Пацера. Технологічні можливості САМ-систем при токарній обробці циліндричних черв'яків на верстатах з ЧПУ / Науковий вісник НГУ, 2014, № 6, С.87-91.

УДК 624.074.4: 620.193

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИДЕНТИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ ПРИ ОПТИМАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ

**Г.В. Филатов**

доктор технических наук, профессор, кафедра материаловедения, Украинский государственный химико-технологический университет, Днепропетровск, Украина, e-mail: [filatovgv@mail.ru](mailto:filatovgv@mail.ru)

**Аннотация.** При оптимальном проектировании конструкция испытывает эволюцию от неоптимального состояния к оптимальному в соответствии с заданным критерием оптимальности. При этом меняются геометрические и жесткостные параметры конструкции и ее напряженно-деформированное состояние (НДС). Для описания поведения конструкции в агрессивной среде обычно используют математические модели коррозионного разрушения. Коэффициенты моделей, учитывающие влияние НДС в процессе эволюции конструкции меняются и это приводит к необходимости применять процедуру многократной идентификации моделей, что существенно затрудняет поиск оптимального решения. В работе приводится теорема о наличии «оптимальных» коэффициентов, учитывающих влияние НДС на скорость коррозии, и методика их определения. Наличие «оптимальных» коэффициентов влияния НДС существенно сокращает потери на поиск и дает более качественное решение оптимизационной задачи.