

УДК 621.9.04

В.А. Настасенко, канд. техн. наук, проф.Херсонская государственная морская академия (Украина)
Тел./Факс: +38 (050) 8079199; E-mail: Nastasenko2004@front.ru

НОВЫЙ ВИД ПРУЖИННО-ПЛАСТИНЧАТЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Работа относится к области червячных зуборезных инструментов, в частности – сборных червячных фрез и шеверов из твердых сплавов, а также к технологиям их изготовления. Проведен анализ известных пружинно-пластинчатых червячных инструментов, показаны их достоинства и недостатки и предложены новые конструкции, устраняющие данные недостатки. Показана предпочтительная сфера их применения – в виде червячных фрез и шеверов, и разработана технология их изготовления. Совокупность проведенных исследований позволяет рекомендовать разработанные инструменты для высокопроизводительной высокоточной обработки зубчатых изделий с различными видами профилей.

Ключевые слова: *твердосплавные сборные червячные зуборезные инструменты и технологии их изготовления.*

Введение. Червячные зуборезные инструменты, в частности – фрезы, относятся к наиболее распространенным инструментам для обработки зубчатых изделий, что объясняется их относительной простотой, высокой точностью и производительностью, а также относительно низкой стоимостью, высокой точностью и производительностью применяемых для их эксплуатации зубофрезерных станков и оснастки. Однако по производительности их превышают обкатные резцовые головки [1] и протяжки [2], а по точности – дисковые и концевые фрезы с простой формой образующих поверхностей, получаемых с высокой точностью, и применяемых на высокоточных станках с ЧПУ. При этом повышение производительности обкаточного зуботочения объясняется не только лучшими условиями для оснащения данных инструментов твердыми сплавами, но и возможностями повышения скоростей резания у станков для зуботочения, а для зубопротяжных инструментов – увеличением количества участвующих в резании зубьев. Однако более высокая, по сравнению с червячными фрезами и зубофрезерными станками, сложность и стоимость таких инструментов, в сочетании со сложностью и стоимостью применяемого оборудования, снижает их экономические показатели.

Совокупность указанных факторов требует повышения конкурентоспособности червячной зубообработки, поэтому задача усовершенствования червячных зуборезных инструментов является актуальной и важной, а конкурирующие с ними инструменты – обкаточные резцы и протяжки, определяют пути совершенствования червячных фрез: 1) потребность улучшения условий оснащения их твердым сплавом; 2) увеличения количества их режущих лезвий; 3) улучшения кинематики применяемого для их эксплуатации оборудования.

Анализ состояния проблемы, цели и задачи работы.

В работах [3, 4] строго доказано, что повышение производительности червячной зубообработки возможно только путем увеличения количества заходов червячных зуборезных инструментов. Однако при этом проявляются 3 неблагоприятных фактора: 1) уменьшается количество режущих реек, приходящихся на 1 заход фрезы, что

увеличивает огранку нарезаемых зубьев [5]; 2) снижается точность профиля зубьев за счет увеличения угла подъема винтовой линии основного червяка [6]; 3) требуется увеличение частоты вращения поворотного стола зубофрезерного станка, которое ограничено допускаемыми скоростями скольжения червячной пары его привода [7].

Если последний фактор успешно устранен в станках с ЧПУ, имеющих прямые индивидуальные приводы для механизмов вращения червячной фрезы и стола станка без червячной пары, за счет согласования этих вращений электронными следящими системами, то два первых фактора – можно уменьшить только усовершенствованием конструкций червячных фрез. Простейший путь – увеличение их наружного диаметра – приемлем в узких пределах, поскольку ведет к увеличению габаритов и массы фрез, что в свою очередь требует применения более габаритных и, как следствие, более дорогих зубофрезерных станков, занимающих большие площади и имеющих более высокую мощность привода, с соответствующим усложнением их обслуживания и увеличением затрат силовой электроэнергии на зубообработку.

Более предпочтительным путем является увеличение количества режущих реек на 1 заход фрезы за счет уменьшения толщины их зубьев, но он ограничен прочностью зубьев и количеством их возможных переточек. Таким образом, выявленные недостатки дополнительно определяют пути совершенствования червячных фрез – это увеличение количества режущих реек на виток и исключение их переточек. Решение данных задач составляет главную цель выполняемой работы, а ее научную новизну составляет обоснование наиболее эффективных конструкций фрез и технологий их изготовления.

В работах [8, 9] показано, что наиболее эффективное решение задачи увеличения количества режущих кромок на 1 заход обеспечивают пружинно-пластинчатые фрезы, разработанные в патентах России [10, 11], принципиальная схема которых показана на рис. 1. Чередование режущих пластин 1 плоской прямой формы с клиновыми вставками 2 между ними, размещенных на пружине 3 во впадинах витков корпуса 4 инструмента, позволяет уменьшить толщину зубьев до 6...8 мм и, без изменения диаметра фрезы, увеличить количество режущих пластин в одном витке с 12 до 90 штук, что создает адекватный резерв для повышения их производительности.

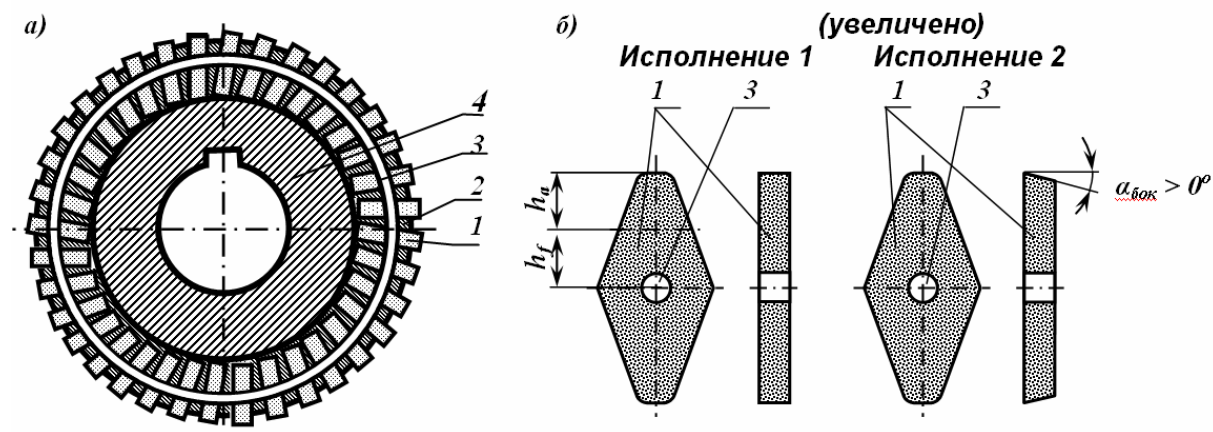


Рис. 1. Сборная червячная фреза с установленными между витками ее корпуса неперетачиваемыми режущими пластинами, закрепленными пружинами, введенными в их отверстия (а), и режущие пластины для ее оснащения(б)

Осесимметричное выполнение на верхней и нижней частях пластин профилей режущих зубьев с высотой головки h_a и ножки h_f , в исполнении 1 позволяет выполнять

4 переустановки, а при наличии заднего угла $\alpha_{бок} > 0^\circ$ (исполнение 2) – 2 переустановки, что при наличии на них износостойких покрытий, неудаляемых при переточках, в первом исполнении сводит их суммарную стойкость до 6 переточек зубьев, а во втором – до 3 переточек зубьев аналогичных перетачиваемых червячных фрез.

Однако недостатком данных инструментов является потребность выполнения высокоточного отверстия в пластинах, что ограничивает их минимальные размеры, удорожает их производство и усложняет технологические процессы сборки, поэтому необходимо устранение указанных недостатков.

Предлагаемый путь реализации поставленной цели.

Главным отличием предлагаемых в заявке на патент Украины [12] червячных фрез от базовых [10, 11], является размещение крепежных пружин между витками, собранными из режущих пластин и клиновых вставок (рис. 2).

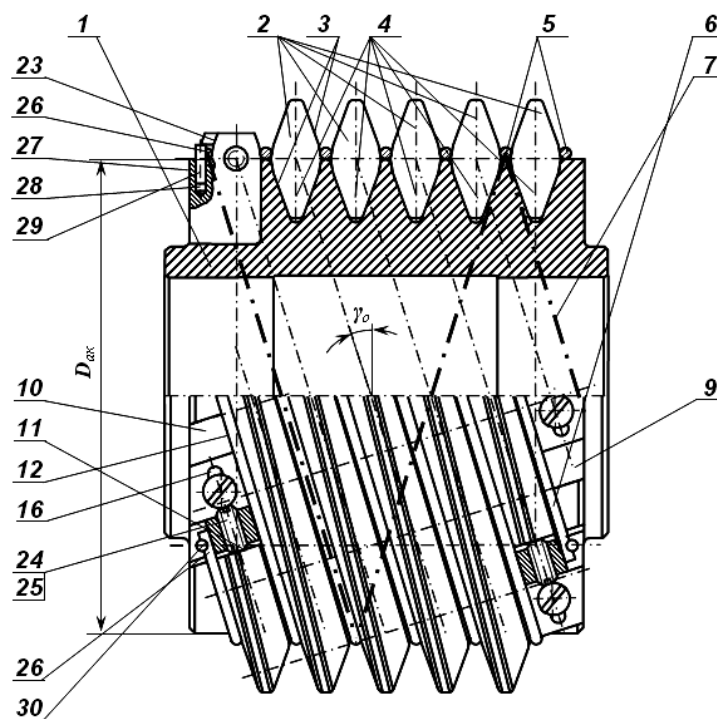


Рис. 2. Сборная червячная фреза с пружинным креплением режущих пластин между витками ее корпуса

Фреза имеет корпус 1 и режущую часть, выполненную из отдельных сменных неперетачиваемых пластин 2, профиль 3 которых является производным от профиля обрабатываемых этими инструментами зубьев зубчатых колес. Основания пластин введены в выполненные на наружной поверхности корпуса винтовые канавки 4, с углом подъема γ_0 винтовой линии на наружном диаметре $D_{ак}$ корпуса, поэтому профиль витков адекватен профилю 3 нижней части пластин. Комплекты из режущих пластин, которые чередуются с клиновыми вставками, собраны в винтовых канавках и снаружи закреплены спиральными пружинами 5, введенными во впадины между боковыми сторонами соседних витков, а для упрощения конструкции инструмента, количество винтовых канавок под витки, собранные из пластин, выполнено одинаковым с количеством его заходов $z_ч$. Для повышения надежности крепления пластин в зоне неполных витков, на участках 6 и 7 длина l пружин увеличена относительно длины l_1

одного витка, не менее чем на длину Δl , которая обратно пропорциональна количеству заходов и составляет величину:

$$\Delta l \geq \frac{l_1}{z_q} \text{ (мм)}. \quad (1)$$

Входные 9 и выходные 10 участки винтовых канавок, на каждом из заходов с противоположных торцов корпуса, на длине Δl в сечении по нормали 11 к их оси, и по радиальным касательным к внешней боковой поверхности 12 пружин, выполнены срезанными по тангенциальным плоскостям 13. На них, с правого и левого торцов корпуса, зеркально симметрично установлены L подобные опорные элементы 14, основания 15 которых совмещены с тангенциальными плоскостями и имеют по ним возможность относительного движения, для чего основания имеют выполненную вдоль оси витка сквозную канавку 16. В нее введен винт 17, завинченный в резьбовое отверстие 18, выполненное на тангенциальной плоскости для закрепления на ней оснований 15, а вертикальные части 19 опорных элементов – на правом торце обращены к передней поверхности 20 образованных пластинами зубьев, а на левом – к спинкам 21 клиновых вставок и имеют головку 22 с уменьшенным относительно пластин профилем 23. В середине вертикальной части опорного элемента, вдоль оси витка, выполнено резьбовое отверстие 24, в которое введен винт-пробка 25 для зажима комплекта режущих пластин между пружинами в канавках корпуса.

На выходе окончания 26 продленной части Δl пружины на опорный элемент, на нем, на высоте основания боковой поверхности пружины, выполнен боковой выступ 27 с радиальным отверстием 28, в которое введен штифт 29, имеющий боковой контакт с адекватной им выемкой 30, выполненной на пружине.

На рис. 3 показано исполнение сменных поворотных неперетачиваемых пластин 2 для оснащения предлагаемых сборных червячных зуборезных инструментов.

Профиль предлагаемых режущих пластин является производным от профиля обрабатываемых ими зубьев и имеет головку AO и ножку OD , параметры которых в базовом варианте предназначены для обработки эвольвентных зубьев изделий, поэтому обусловлены углами профиля α_o и величиной модуля m . Они определяют их шаг $t = \pi m$ на делительном диаметре d_o , который совпадает с шагом по нормали к виткам канавок на наружном диаметре $D_{ак}$ корпуса инструмента (рис. 2), а также высоту их головки $h_a = 1,25m$ и ножки $h_f = 1,25m$, радиусы округления на вершинах и на впадинах $r_a = r_f = 0,25m$. Такие зубья на правой (n) и левой ($л$) сторонах имеют на вершинах – участки $A_n A_n$ и радиусные профилирующие участки высотой:

$$A_n B_n = A_n B_n = r_a (1 - \sin \alpha_o), \text{ (мм)} \quad (2)$$

На боковых сторонах зуб имеет профилирующие участки высотой:

$$B_n C_n = B_n C_n = 2m + r_a \sin \alpha_o, \text{ (мм)} \quad (3)$$

а на ножках – радиусные непрофилирующие участки высотой:

$$C_n D_n = C_n D_n = r_a (1 - \sin \alpha_o), \text{ (мм)}. \quad (4)$$

В новом исполнении профиль зуба 3, вместо радиусных участков на ножке, имеет удлинение на непрофилирующих участках $C_n E_n$, $C_n E_n$ для размещения между соседними витками из комплектов пластин и клиньев, спиральных пружин 5, диаметр D_{nl} которых расположенный ниже профилирующих участков $B_n C_n$, $B_n C_n$. Общая высота профиля пластин составляет величину AE , а нижняя его часть является зеркально симметричной относительно основания $E_n E_n$.

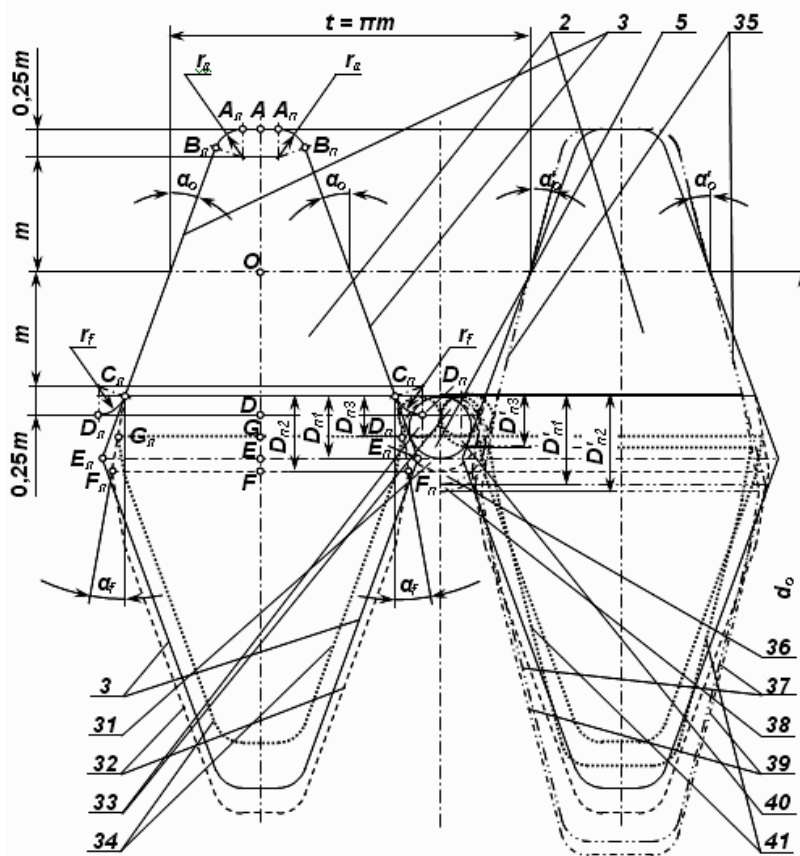


Рис. 3. Профили предлагаемых режущих пластин и варианты размещения между их боковыми поверхностями крепежных пружин

уменьшен до величины D_{n3} , а их количество удвоено, из условия их размещения между витками. При этом профиль зуба 34 продлен на непрофилирующих участках $C_n G_n$, $C_n F_n$, а их углы α_f уменьшены относительно углов α_o для увеличения диаметра пружин. Общая высота такого профиля пластин составляет величину AG , а нижняя его часть – зеркально симметрична относительно основания $G_n G_n$.

Увеличение диаметров пружин 36, 38, 40 до диаметров D''_{n1} , D''_{n2} , D''_{n3} , относительно предыдущих исполнений 5, 31, 32, возможно за счет уменьшения угла профиля α''_o у зубьев 35, 37, 39, 41, например, с 20° у отечественных стандартов, до $14,5^\circ$ в ISO, при аналогии всех остальных параметров с предыдущими исполнениями. Дополнительное уменьшение угла профиля α_o возможно также за счет уменьшения начального диаметра обкатки.

Основными отличиями предлагаемых вариантов исполнения режущих пластин от базовых, является отсутствие отверстий для крепления их пружинами, а также выполнения новых форм и параметров продленных участков у ножки зуба.

Принцип работы всех предложенных червячных зуборезных инструментов отличается от ранее известных лишь тем, что у них имеется возможность перестановки и замены пластин после износа их режущих кромок. Вторым отличием является большое количество зубьев (до 90 на 1 виток), что соответственно увеличивает их количество, приходящееся на 1 заход. Поэтому они не увеличивают огранки профиля при обработке зубьев по сравнению с базовыми однозаходными фрезами. Изготовление корпуса фрезы не отличается от изготовления обычных многозаходных червяков.

Для увеличения у пружин 31 диаметра до величины D_{n2} и увеличения их прочности, профиль зуба 32 имеет удлинение на непрофилирующих участках $C_n F_n$, $C_n F_n$ с углами α_f , которые меньше углов α_o . Общая высота такого профиля пластин составляет величину AF , а нижняя его часть – зеркально симметрична относительно основания $F_n F_n$.

Для уменьшения общей высоты пластин, ограниченной возможностями их прессования, диаметр пружин 33 может быть

Отличия имеются лишь в изготовлении режущих пластин, клиновых вставок, пружин и L-подобных опорных элементов, предназначенных для зажима пружин и пластин, которые предварительно введены в винтовые канавки.

Конкретное исполнение предлагаемых инструментов зависит от модуля m обрабатываемых зубчатых колес. Например, для 5-ти заходной фрезы $m = 4$ мм, наружный диаметр корпуса составляет $D_{ак} = 100$ мм, диаметр отверстия 50 мм, максимальная высота двухпрофильных пластин 24 мм, что при углах профиля пластин $\alpha_o = 20^\circ$ позволяет использовать пружины диаметра $D_{n1} = 2,2$ мм, а при уменьшении углов у ножек до $\alpha_f = 10^\circ$, диаметры пружины достигают $D_{a2} = 2,6$ мм, $D_{n3} = 1,4$ мм. Поскольку при двухпружинном варианте площадь сечения пружин уменьшается в 3,2 раза, преимущества имеет однопружинный вариант, который фактически обеспечивает удержание витков двумя пружинами, из которых средняя – нагружена двумя витками пластин, однако их прочность достаточна для удержания пластин в корпусе в процессе резания. При уменьшении угла профиля зубьев до $\alpha_o = 14,5^\circ$ (в ISO) диаметры пружин соответственно увеличатся до $D'_{n1} = 3,2$ мм, $D'_{n2} = 3,4$ мм, $D'_{n3} = 1,8$ мм, что адекватно увеличит их прочность.

Количество пластин и клиновых вставок составляет 60 штук на 1 виток, или по 12 на 1 заход, что равно количеству реек стандартных однозаходных фрез. Толщина пластин и клиновых вставок 3 мм, угол клина в сечении 6° , потому он самотормозящий, зажим пластин в пакете осуществляется винтовой пробкой с резьбой М6. Такие конструктивные параметры обеспечивают работоспособность при режимах резания, аналогичных для однозаходных фрез, однако за счет увеличения количества заходов до 5, производительность обработки ими зубчатых колес растет в 4 – 4,5 раза. При этом адекватно уменьшается потребность в зубофрезерных станках, что ведет к значительной экономии рабочих площадей и средств для их приобретения и обслуживания.

Для внедрения предлагаемых фрез достаточно изготовить корпус с винтовыми канавками и комплект из 300 режущих пластин простой формы, с клиновыми вставками трапециидальной формы, что исключает потребность в существенных изменениях базовых технологических процессов. Используемое для этого оборудование и оснастка также не отличается от уже существующих. Дополнительным преимуществом новых инструментов является исключение процессов их переточек, что исключает потребность в заточных станках с занимаемыми ими площадями, в заточных инструментах и в оборудовании для его правки, в расходах электроэнергии на работу станка при заточке, в расходах на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, которые обслуживают эти станки и выполняют заточные операции.

Дальнейший анализ пружинно-пластинчатых исполнений червячных зуборезных инструментов показал, что их применение наиболее целесообразно для многозаходных цилиндрических конструкций, поскольку для гиперболических фрез, предложенных в работах [8 -11], клиновые вставки должны быть индивидуальными, у которых угол и ширина клина изменяется от среднего сечения к торцам, и от сдвига зубьев рейки в рамках 1-го захода в каждом из 5 заходов, что при исходном количестве в 300 клиньев, ведет к 60?5 исполнениям, незаметно отличающихся друг от друга. Такое количество индивидуальных исполнений клиньев существенно удорожает их производство и сборку после замены или переустановки режущих пластин, даже при их нумерации.

Наиболее целесообразна замена предлагаемыми пружинно-пластинчатыми червячными инструментами червячных шеверов, поскольку их клиновые вставки заменяют боковые канавки на витках червяка, а режущие пластины – режущие кромки. Учитывая, что их количество у базовых шеверов является большим, исключение их

изготовления строганием значительно упрощает технологический процесс. Кроме того, известные шеверы изготавливались из быстрорежущих сталей, поэтому применение твердых сплавов существенно повышает режущие свойства предлагаемых шеверов. По мере их износа заменяются только режущие пластины при многократном применении корпуса. Для повышения точности предлагаемого шевера после сборки, необходима шлифовка боковых сторон его витков. Если ранее применение шеверов ограничивалось обработкой червячных зубчатых колес, то предлагаемые шеверы, учитывая снижение трудоемкости их производства и обслуживания, позволяют применять их также для обработки цилиндрических зубчатых колес с любым профилем зубьев.

Выводы

1. Учитывая, что возможности повышения производительности червячных зуборезных инструментов обеспечивает повышение количества их заходов, реализовать их могут только многозубые системы, из которых наиболее эффективны пружинно-пластинчатые конструкции.

2. Среди пружинно-пластинчатых червячных зуборезных инструментов более предпочтительны конструкции, которые обеспечивают крепление в витках червячного корпуса комплектов пластин, чередующихся с клиновыми вставками, вводом внешних пружин во впадины между витками и боковыми сторонами из соседних пластин.

3. Применение пружинно-пластинчатых конструкций червячных зуборезных инструментов более предпочтительно для цилиндрических многозаходных фрез и шеверов, поскольку для гиперболических конструкций требуется применение большого количества клиновых вставок индивидуальных размеров, что существенно усложняет и удорожает их изготовление и эксплуатацию.

Список литературы:

1. Цвис Ю.В. Профилирование обкатного инструмента. -М.:Машгиз, 1961. -154 с.
2. Харлампиев И.С. Обкатывающее протягивание зубьев зубчатых колес. -М.: Машиностроение, 1981. -211 с.
3. Настасенко В.А. Дополнительный анализ возможности повышения производительности зубофрезерования увеличением числа заходов фрезы. //Вестник машиностроения. 1996. №1. -с.38-40.
4. Настасенко В.А. Комплексная оценка путей повышения производительности червячных фрез. // Машиностроение и техносфера XXI века. Сб. трудов X Междунар. науч.-техн. конф. в г. Севастополе. – Донецк, ДонГТУ, 2003, Т3. –с 290-297.
5. Настасенко В.А. Оценка производительности однозаходных и многозаходных червячных фрез в условиях повышения их режущих свойств. //Современные проблемы и методология проектирования и производства силовых зубчатых передач: Сб. науч. трудов. –Тула: ТГУ. 2000. –с. 148-151.
6. Настасенко В.А. Разработка нового вида червячных зуборезных инструментов и оценка его возможностей для обработки высокоточных зубчатых колес // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. -Международный сб. научных трудов.– Донецк: ДонНТУ, 2005. Вып. 30. –с.164-170.
7. Настасенко В.А. Новому поколению червячных фрез – новое поколение зубофрезерных станков. // Машиностроение и техносфера XXI века. Сб. трудов IX Междунар. науч.-техн. конф. в г. Севастополе. – Донецк, ДонГТУ, 2002, Т2. –с 164-169.

8. Настасенко В.А. Опыт изготовления пружинно-пластинчатых червячных зуборезных инструментов. //Прогрессивные технологии машиностроения. - Международный сб. научных трудов.– Донецк: ДонГТУ, 2000. Вып. 13. - с. 27-32.

9. Настасенко В.А. Новое поколение пружинно-пластинчатых червячных зуборезных инструментов // Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. Труды 7-й Междунар. науч.-техн. конф. –Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2003 г. –с. 94-97

10. Патент Российской Федерации на изобретение № 2134183. МПК В23 F 21/16. Червячный инструмент. Авт. изобр. Настасенко В.А. Заявка № 98100805/08 от 15.01.98.. БИ № 22 от 10.08.99.

11. Патент Российской Федерации на изобретение № 2169061. МПК В23 F 21/16. Червячный инструмент, способ и оборудование для его изготовления. Авт. изобр. Настасенко В.А. Заявка № 98116845/08 от 08.09.98. // БИ. 2001. № 17.

12. Заявка на патент України на винахід. МПК В23 F 21/16. № 2013 09603 Від 01.08.2013 р. Збірний багатозаходний черв'ячний зуборізний інструмент та змінні поворотні непереточувані пластини для його оснащення. Авт. заявки Настасенко В.О.

Надійшла до редакції 21.05.2014

В.О. Настасенко

НОВИЙ ВИД ПРУЖИННО-ПЛАСТИНЧАСТИХ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ФРЕЗ І ТЕХНОЛОГІЯ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

Робота відноситься до сфери черв'ячних зуборізних інструментів, зокрема - збірних черв'яч-них фрез і шеверів з твердих сплавів, а також до технологій їх виготовлення. Проведений аналіз відомих пружинно-пластинчастих черв'ячних фрез, показані їх переваги та недоліки і запропоновані нові конструкції, які усувають дані недоліки. Показана переважна сфера їх застосування – як черв'ячних фрез і шеверів, і розроблена технологія їх виготовлення. Сукупність даних досліджень дозволяє рекомендувати розроблені інструменти для високопродуктивної високоточної обробки зубчатих виробів з різними видами профілю.

Ключові слова: *твердосплавні збірні черв'ячні зуборізні інструменти і технології їх виготовлення.*

V.A. Nastasenko

TRANSFORMATION OF CYLINDRICAL HOBS IN HYPERBOLOID AND TECHNOLOGY OF THEIR MAKING

Operation treats to area worm-gears instruments, in particular - modular worm hobs and shavers from firm alloys, and also to techniques of their manufacture. The assaying of known spring -lamellar worm instruments is carried out, their merits and demerits are displayed and the new constructions eliminating given deficiencies are offered. The preferable sphere of their application, as worm hobs and shavers is displayed, and the technique of their manufacture is developed. Set of the spent probes allows to recommend designed instruments for high-efficiency high-precision handling of h-pole serrated articles with a various profile.

Keywords: *firm alloys worm-gears instruments and technologies of their making.*