

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПОДАЮЩЕГО
ПАТРОНА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Ю.Н. Кузнецов, д.т.н.; А.П. Ватолкин, асп.

(Национальный технический университет Украины «КПИ»)

Одним из элементов типового механизма подачи прутка, применяемого в токарных автоматах и токарно-револьверных станках с различными системами управления, являются подающие цанги (подающие патроны). Они предназначены для набора и подачи прутково-трубных заготовок. Основными требованиями, предъявляемыми к ним, являются: обеспечение требуемого диапазона силы сцепления с прутком при заданном диапазоне изменений диаметра прутка, быстродействие, надежность и долговечность.

В процессе работы подающая цанга испытывает интенсивный износ губок от трения при проскальзывании прутка на этапе его набора и частично подачи. Износ постепенно уменьшает силу сцепления цанги с прутком и приводит к ее непригодности в результате неподачи прутка при значительном проскальзывании. К уменьшению силы сцепления с прутком ведет также и уменьшение жесткости лепестков цанги. По данным ОАО «Веркон», ресурс работы стандартной подающей цанги составляет 200-800 часов работы, что соответствует 400-1200 метров пути трения, а коэффициент использования металла не превышает 20-25%. Более точно ресурс определяется с учетом конструктивных размеров и материала самой подающей цанги, параметров обрабатываемой детали и прутково-трубной заготовки. Цельные подающие цанги изготавливаются из дорогих пружинных сталей, имеют существенную металлоемкость и трудоёмкость изготовления. Кроме того, процесс замены изношенной цанги требует дополнительных затрат времени, что снижает производительность станка из-за простоя. Таким образом, указанный ресурс работы подающих цанг не является достаточным.

Имеется ряд конструкций подающих цанг (патронов), которые отличаются повышенной стойкостью, например, за счет армирования губок твердым сплавом. Однако они не получили широкого практического применения из-за усложненной конструкции и увеличенных габаритов, что существенно ограничивает рабочий диапазон станка. Для многих из них требуется специальная методика расчета, а применение некоторых из них требует конструктивного изменения линии шпинделя станка.

Используя метод морфологического анализа (табл. 1), предложены варианты сборного подающего патрона [6] с различными связями его с подающей трубой подачи: жесткой (рис. 1,а), упругой (рис. 1,б), упруго-демпфирующей (рис. 1,в), демпфирующей (рис. 1,г).

Для варианта жесткой связи разработана гамма подающих патронов (табл. 2) со стандартным исполнением присоединительной части 1 и сменной рабочей (упругой) частью 4, соединяемыми пакетной гайкой 3. Кольцо 2 служит для направления прутка и тоже подлежит замене при переходе на другой диаметр прутка. Указанная таблица может быть основой для разработки соответствующего стандарта.

Износ губок цанги такого патрона примерно соответствует ресурсу стандартной цанги. При этом сменными элементами являются только рабочие части (лепестки с губками), что приводит к экономии конструкционных сталей, например, марки 65Г и ей подобных, примерно на 25%. Корпус, присоединительный и направляющий элементы имеют значительно больший ресурс, практически несменяемые и изготавливаются

более дешевых конструкционных сталей типа сталь 45 или подобных. Такое изменение конструкции позволяет сохранить достоинства стандартных подающих цапг при существенном сокращении металла на заменяемые рабочие части и снижении трудоемкости их изготовления.

Таблица 1 – Морфологическая матрица схем подающего патрона

1 Объект подачи	Структура (элементы)			
	2 Рабочая часть – подающий элемент	3 Корпус	4 Упругая часть	5 Вспомогательный элемент
1.1 Пруток	2.1 Губка	3.1 Втулка	4.1 Лепесток консольный	5.1 Сепаратор
1.2 Труба	2.2 Шарик	3.2 Цилиндр упругий с разрезами	4.2 Лепесток двухопорный	5.2 Кольцо направляющее
1.3 Пруток и труба	2.3 Ролик	3.3 Цилиндр цельный	4.3 Винтовая	5.3 Втулка направляющая
1.4 Мерный пруток	2.4 Шайба наклонная	3.4 Нет	4.4 Цилиндрическая пружина	5.4 Нет
1.5 Мерная труба	2.5 Пружина сжатия		4.5 Втулка разрезная	
	2.6 Шайба многолепестковая		4.6 Нет	
	2.7 Разрезное кольцо			

Связи (отношения)				
Подающего элемента с			Корпуса с	
6 объектом подачи	7 корпусом	8 упругой частью	9 упругой частью	10 приводом подачи
6.1 Упругим воздействием	7.1 Жесткая	8.1 Жесткая	9.1 Через пружину	10.1 Резьба
6.2 Силовым воздействием	7.2 Упругий шарнир	8.2 Упругий шарнир	9.2 Жесткая	10.2 Байонетный замок
6.3 Фрикционная	7.3 Механическое крепление	8.3 Механическое крепление	9.3 По конусу	10.3 Упругий замок
6.4 Акклиниванием	7.4 Через пружину	8.4 Пайкой	9.4 Через резьбу	10.4 Фрикционная
6.5 Комбинированная	7.5 Фрикционная	8.5 Клеем	9.5 За одно целое	10.5 Нет
6.6 Магнитным воздействием	7.6 Комбинированная	8.6 За одно целое	9.6 Нет	
6.7 Нет	7.7 За одно целое	8.7 Нет		
	7.8 Нет			

Дополнительную экономию металла можно также получить при работе в нижнем диапазоне рабочих диаметров станка за счет уменьшения внешнего диаметра упругой части, а значит, и диаметра заготовки, из которой она изготавливается. Однако в этом случае необходимо заменить накидную гайку, которая изготавливается на определенный внешний диаметр упругой рабочей части. Таким образом, весь диапазон рабочих диаметров может быть распределен между несколькими накидными гайками. Внутри поддиапазона варьирование рабочих диаметров осуществляется за счет изменения толщины губок.

Кроме того, данная конструкция позволяет размещать данный патрон в двух и более местах вдоль трубы подачи (рис. 2). В этом случае роль накидной гайки и присоединительной части для внутренних упругих элементов играет труба подачи, разделенная на несколько частей. Такой механизм подачи прутка позволяет лучше перераспределить силы сцепления вдоль прутка, снизить шумы и поперечные колебания вращающегося прутка, снизить жесткость лепестков упругих элементов, а значит, расширить их рабочий диапазон и повысить долговечность.

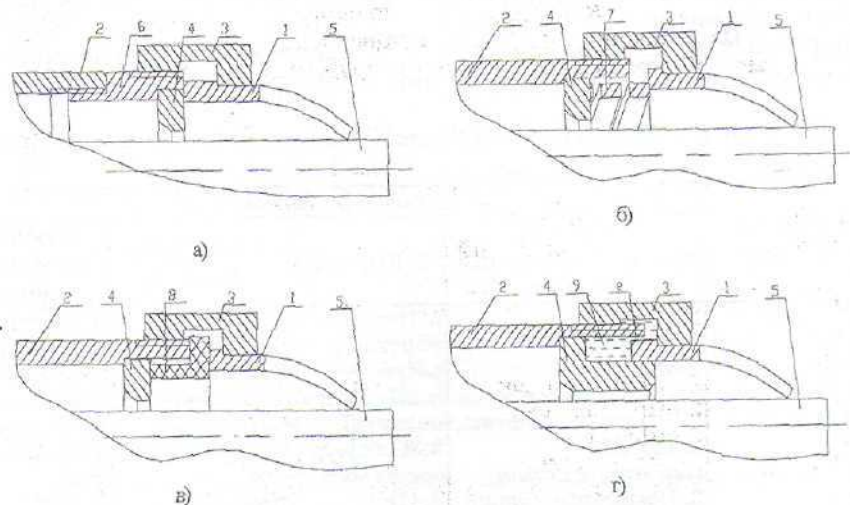


Рисунок 1 - Варианты сборного подающего патрона с различными связями упругой рабочей части с трубой подачи: а - жесткой; б - упругой; в - демпфирующей; г - упруго-демпфирующей

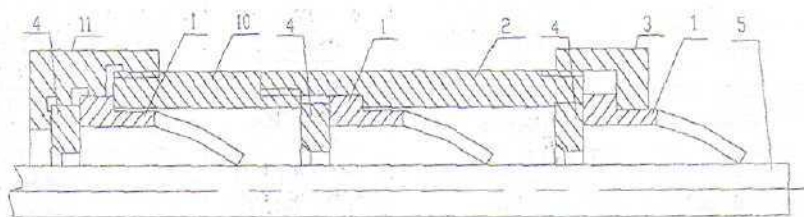


Рисунок 2 - Схема размещения подающего патрона в трех местах вдоль трубы подачи

Введение между упругой рабочей частью-цангой и присоединительной частью упругого, упруго-демпфирующего или демпфирующего элементов позволяет снизить продольные колебания и отскок прутка при встрече его с упором, что повышает точность позиционирования прутка и приводит к уменьшению припусков, снимаемых во время обработки на станке.

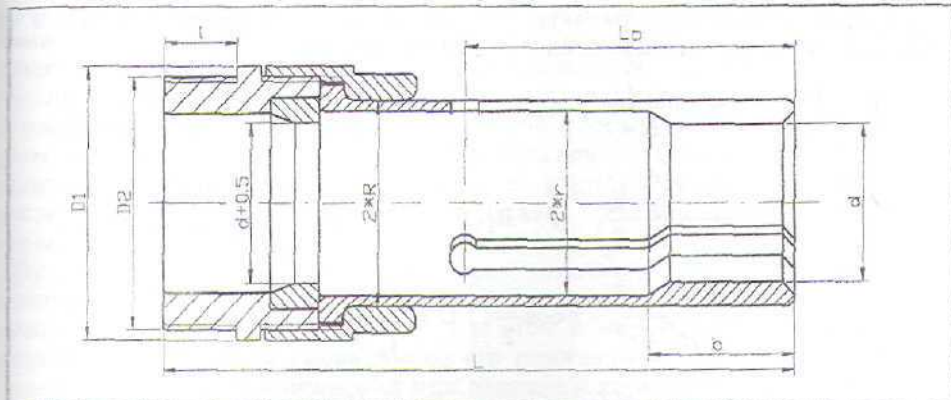
Упругая рабочая часть такого патрона может быть выполнена не только по принципу стандартной подающей цанги, но и в виде штампованной многолепестковой цанги Срибного Л.Н. [3], скрученной многолепестковой цанги Дементьева В.И. [1] или в виде других цанг. Губки цанги могут быть армированы износостойкими сменными вкладышами (например, из твердого сплава) или на них могут быть нанесены износостойкие покрытия и т.д.

Данный подающий патрон имеет широкие возможности по варьированию конструкции путем применения в нем других идей, методов, конструктивных решений, удобно совмещающих собственные достоинства предлагаемого патрона с достоинствами других подающих патронов.

В комплект станка может входить: присоединительный элемент, накидная гайка (одна или несколько - на разные диапазоны), набор направляющих колец (по одному в каждом диапазоне) и набор упругих

рабочих частей (по несколько штук для каждого диаметра прутка). Таким образом, экономия материала, трудовых и производственных ресурсов имеет место не только при заменах изношенных упругих частей, но и при переходах на другой рабочий диаметр прутка. При этом эффект тем выше, чем больше номенклатура диаметров при повышении гибкости производства. Дополнительно в набор могут входить упругие элементы нестандартного исполнения.

Таблица 2 – Основные геометрические размеры подающих патронов различных типоразмеров предлагаемой конструкции



Геометрические размеры, мм

Макс. диаметр рабочего отверстия d_0 подающей цанги		D1	D2 (x1,5 LH)	2R	2r	L	Lp	Z	t
цельной по ГОСТу 2877-80	в новом патроне								
20	15	25	M24	19	15,5	85	57	3	3
25	20	30	M30	25	21	100	60	3	3
32	27	40	M39	34	30	115	64	3	4
40	35	52	M48	43	39	130	68	3	4
50	45	60	M56	51	47	160	100	3	6
65	60	76	M72	67	63	180	135	4	6
80	75	92	M90	85	80	210	156	4	8
100	95	115	M110	105	100	240	182	4	12
125	120	140	M140	135	129	270	210	4	16

Применение предлагаемого патрона по сравнению с цельной стандартной подающей цангой несколько уменьшает максимальный диаметр прутка, обрабатываемый на данном станке, примерно на 5 мм (табл. 2). Так как данный патрон не требует изменений в механизме подачи прутка, то для "перекрытия" верхней части диапазона рабочих диаметров станка, для которого данный патрон не может быть применен, в комплект могут быть введены, например, стандартные цанги. Однако, как показывает статистика, вышеупомянутый верхний диапазон используется достаточно редко.

Для расчета упругой рабочей части нового подающего патрона справедливы зависимости, используемые для расчета стандартной подающей цанги [3-5]. Поэтому остановимся лишь на основных формулах и особенностях расчета такого патрона.

Основные параметры, характеризующие патрон: d - диаметр прутка, мм; Δd - допуск на диаметр прутка, мм; $[\sigma]$ - допускаемые напряжения изгиба; R_{min} - наименьшая допускаемая сила сцепления с прутком, Н; z - число лепестков; R - наружный радиус разрезанной

части, мм; r – внутренний радиус разрезанной части; μ – коэффициент сцепления с прутком; ξ – коэффициент формы лепестка; t – ширина разреза; ψ – центральный угол лепестка, радиан; K_1, K_2, K_3 и K_5 – безразмерные коэффициенты; I – момент инерции поперечного сечения лепестка относительно нейтральной оси, мм⁴; y_{\max} – расстояние до крайних внутренних волокон, мм; W – момент сопротивления, мм³; l_p – длина разрезки, мм; ε – постоянная заделки; λ – коэффициент затухания; β – коэффициент заделки лепестка; C – жесткость разрезанной части; T_{\max} – максимально допустимая сила зажима одним лепестком; $\delta_{св}$ – величина сведения губок, мм; B – длина губок, мм.

При проектировочном расчете параметры упругой рабочей части и ее характеристики рассчитываются по следующим формулам:

$$\psi = \frac{2\pi}{z} - 2 \arcsin \frac{t}{R+r}, \quad K_1 = (\psi + \sin \psi) \cdot \frac{1}{8}, \quad K_2 = \frac{1 - \cos \psi}{\psi} \cdot \frac{4}{9},$$

$$K_3 = \frac{\sin \frac{\psi}{2}}{\psi} \cdot \frac{4}{3}, \quad I = K_1(R^4 - r^4) - K_2 \frac{(R^3 - r^3)^2}{R^2 - r^2},$$

$$y_{\max} = K_3 \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} - r \cos \frac{\psi}{2}, \quad C = \frac{\beta EI}{l_p^3}, \quad T_{\max} = \frac{[\sigma]W}{l_p},$$

$$\psi_r = \frac{2\pi}{z} - 2 \arcsin \left(\frac{2T_{\max} \sin \frac{\pi}{z}}{c \cdot d} \right), \quad \delta_{св} = \frac{[\sigma]W}{l_p C}.$$

При проверочном расчете проверяется

$$P_n = z \cdot C \cdot \delta_{св} \cdot \mu,$$

где $\delta_{св} = \frac{t}{2 \cdot \sin \frac{\pi}{z}}$, а также $\sigma = \frac{I_p \cdot \delta_a \cdot C_l}{W}$

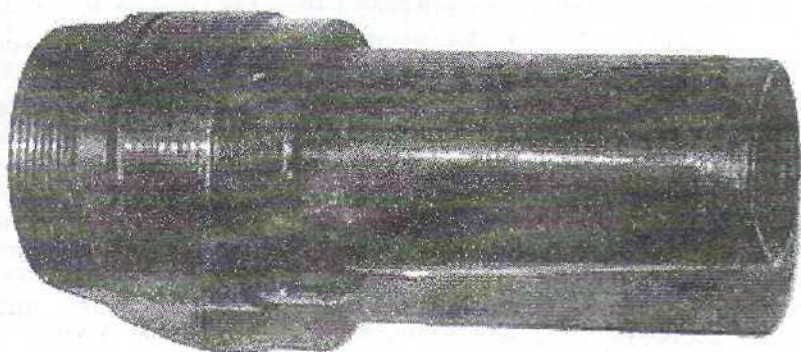


Рисунок 3 – Экспериментальный образец предлагаемого подающего патрона

Для испытуемого патрона применительно к многошпиндельному токарному автомату мод. 1Б240-6 (рис. 3) эти параметры имеют следующие величины: $d=30$ мм; $\Delta d=0,5$ мм; $[\sigma]=500$; $P_{\min}=400$ Н; $z=3$; $R=19,5$ мм;

$r=17,5$ мм; $\mu=0,3$; $\xi=1$; $t_1=4$ мм; $\psi=1,878$ рад; $K_1=0,354$; $K_2=0,308$;

$K_3=0,576$;

$K_5=3,351$; $I=380 \text{ мм}^4$; $u_{\text{max}}=5,6 \text{ мм}$; $L_p=68 \text{ мм}$; $\varepsilon=0,838$; $\lambda=0,211$;
 $\beta=0,986$; $C=238 \text{ Н/мм}$; $\delta_{\text{св}}=2,3 \text{ мм}$; $R_p=493 > 400 \text{ Н}$; $\sigma=540 < 1,500 \text{ Н/мм}$.

Как уже было сказано выше, предлагаемая конструкция нового патрона приводит к некоторому уменьшению наружного диаметра пружинной рабочей части, что при той же толщине лепестков уменьшает их жесткость (за счет уменьшения момента инерции поперечного сечения). Уменьшение жесткости и прочности можно компенсировать увеличением толщины лепестков и применением более прочных (а следовательно, и более дорогих) материалов. При увеличении толщины лепестка растет расстояние от крайних напряженных волокон лепестка до нейтральной линии изгиба. Данное уменьшение жесткости, а следовательно, и силы сцепления с прутком, может быть компенсировано за счет размещения нескольких подающих патронов вдоль трубы подачи, как было показано на рис.2, или за счет увеличения коэффициента сцепления с прутком путем выполнения на губках лепестков кольцевых канавок и насечек (что увеличивает коэффициент сцепления и пропорциональную ему силу сцепления примерно до 2 раз и более), нанесения фрикционных покрытий или накладок.

При расчете подающих цапг для нижнего диапазона рабочих диаметров станка некоторое уменьшение силы сцепления цапги с прутком может быть допустимым, т.к. при неизменной длине прутка с уменьшением диаметра уменьшается его кинетическая энергия, что ведет к уменьшению инерционных сил при разгоне и торможении прутка.

Изготовленный опытный образец подающего патрона проходит многосторонние лабораторные исследования. Рассчитанный выше патрон испытывался на усилие проталкивания прутка номинального диаметра. Оно составило 1840 Н. Аналогичные испытания для стандартной подающей цапги того же типоразмера дали результат 1240 Н. Как видим, результаты сопоставимы. С другой стороны, это значение существенно превышает расчетное (493 Н). Однако такое превышение обусловлено заведомо заниженной величиной коэффициента сцепления с прутком, который для новой неприработанной цапги может быть равным 0,7 и более. Расчетная сила проталкивания тогда составит 1150 Н. Таким образом, расчетная схема адекватна реальным процессам, а сам патрон работоспособен и может быть применен на практике.

SUMMARY

Design of feeding draw-in attachment with low steel intensity and laboriousness of manufacture is offered in the paper.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Ю.Н., Дементьев В.И. Широкодиапазонные цапговые патроны // Станки и инструмент.-1984.- №1.-С.9-12.
2. Кузнецов Ю.Н. Долговечность цапг. Технология и автоматизация машиностроения.- Киев.- Вып.2.- С. 74-86.
3. Кузнецов Ю.Н., Срибный Л.Н. Повышение эффективности токарных автоматов.- К.Техшкола, 1989.-168с.
4. Кузнецов А.Н. Усилие захвата станка подающей цапгой в прутковых автоматах//Станки и инструмент, 1983.- №12.- С.14.
5. ГОСТ 2877-80 «Цапги подающие. Основные и присоединительные размеры».
6. Патент Украины №50184А. МПК В23В13/00. Подавательный патрон/ Кузнецов Ю.Н., Рамадан В.А., Ватодкин А.П., Аль Рефе І.Ф. -№2001106946; Заявл. 12.10.2001; Опубл. 15.10.2002, Бюл. №10.
7. Кузнецов Ю.Н., Рамадан В.А., Ромашко А.С. Синтез механизмов подачи прутка и их элементов методом морфологического анализа// Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Серия Машиностроение, 2000.- №89.-С.122-132.

Поступила в редколлегию 16 декабря 2002г.