

УДК 621.01(06)

А.Н. Михайлов, д-р техн. наук, проф., **А.С. Долгих**, аспирант
Донецкий национальный технический университет, Украина
Тел./Факс: +38 (062) 3050104; E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua
Тел./Факс: +38 (062) 3050104; E-mail: anneto4ka.87@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ДИСКОВЫХ ОТРЕЗНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Данная работа направлена на повышение стойкости особо тонкого дискового инструмента за счет возможности управления динамическими параметрами. Установлено, что основной причиной низкой стойкости этого инструмента является возникновение автоколебаний и резонансных явлений при частичном изменении жесткости конструкции и повторно-резком изменении частоты вынужденных колебаний. В работе предложен способ защиты инструмента от резонанса при вибрационных нагрузках, включающий измерение частоты вынужденных колебаний при возрастании (снижении), путем изменения напряженного состояния инструмента.

Ключевые слова: *особо тонкий дисковый отрезной инструмент с внутренней режущей частью, динамические колебания, автоколебания, исключение резонанса, точность линии реза, повышение качества*

1. Введение

Разработка технологии резки диском внутренним резом, в прошлом, концентрировалась на постоянном на постоянном увеличении размера диска, конструкции станка, свободного от вибрации и зажимных приспособлений.

Анализ усилий резания показывает, что предел срока службы диска не определяется износом режущей поверхности, а снижением его режущих характеристик. При снижении режущей способности увеличивается нормальная составляющая силы, что приводит, к перенапряжению режущего диска. Известны специальные диски для резки сапфира Winter, отличительной характеристикой которых является исключительная жесткость корпуса диска в центре и длительной способностью свободного реза и большие диаметры диска. Также эти диски не позволяют выполнять тонкие и особо тонкиерезы на отрезных операциях при обеспечении заданной производительности и точности резания. При выполнении отрезных операций тонким лезвийным или абразивным инструментом, возникают динамические колебания и резонансные явления, которые, надо регулировать. Все это ведет к снижению стойкости применяемого инструмента. Поэтому данная работа направлена на повышение стойкости особо тонкого дискового инструмента за счет возможности управления динамическими параметрами.

Целью работы является улучшение динамических свойств тонкостенного дискового отрезного инструмента на основе управляющих воздействий.

В соответствии с поставленной целью, в данной работе определены следующие задачи: исследовать особенности работы дискового отрезного инструмента, предложить способы улучшения динамических свойств этого инструмента, рекомендовать метод снижения динамических свойств, а также разработать способы управляющего воздействия напряжённого состояния. Эти задачи планируется решить в данной работе.

2. Основное содержание и результаты работы

На рисунке 1, а представлен отрезной инструмент типа кольцо с внутренней режущей частью, выполненный на базе регулируемых воздействий, с шириной реза менее 1 мм, который смонтирован в жесткой обойме при помощи растягивающих сегментов, закрепленных на наружной стороне кольца с возможностью их радиального перемещения [3]. Однако, за счет того, что окончательное растягивание металлического диска, осуществляется механически, невозможно управлять динамическими параметрами и исключать автоколебания и резонансные явления, что в свою очередь, отображается на точности реза и производительности. На рисунке 1б - отрезной инструмент типа кольцо с внутренней режущей частью, на базе управляемых воздействий, важной особенностью которого является возможность управлять динамическими параметрами, а также исключать автоколебания и резонансные явления. В нем между растягивающими сегментами и обоймой смонтированы управляющие элементы, выполненные на базе механизмов малых перемещений, работающих, например, на основе пьезоэлектрического или магнитострикционного эффекта, соединенные с токосъемником, через который передается электричество к управляющим элементам. Управляющие элементы позволяют регулировать динамические параметры и исключать автоколебания и резонансные явления. Также обеспечивается возможность повышения стойкости инструмента к воздействию напряжения, повышению производительности при расширении функции инструмента [4].

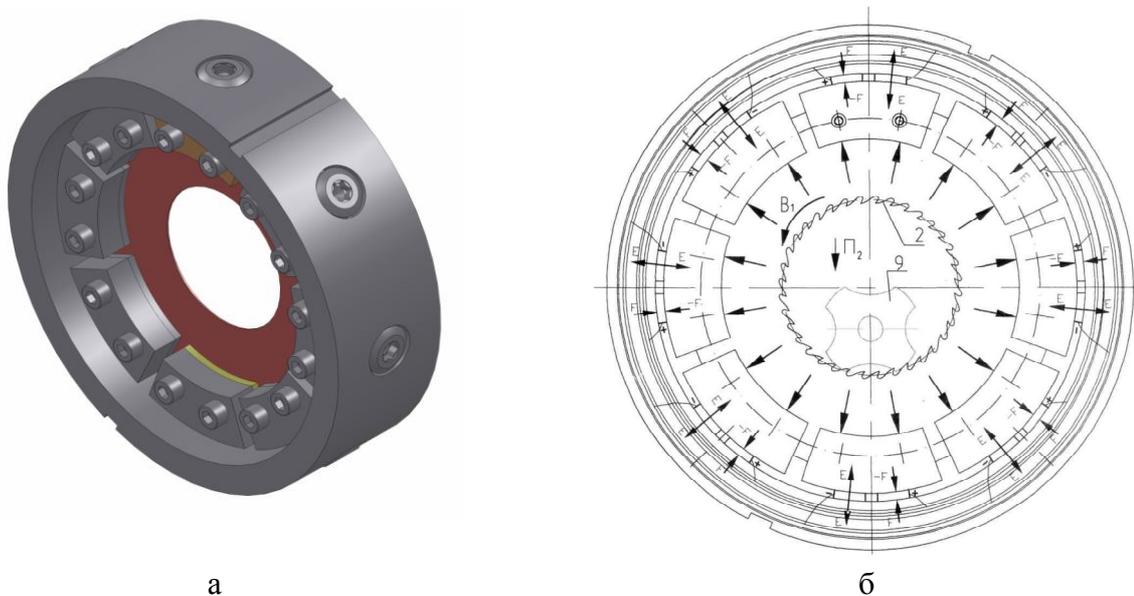


Рис. 1. Показан отрезной инструмент типа кольцо с внутренней режущей частью: а - на базе регулируемых воздействий, б - на базе управляемых воздействий

3. Общий алгоритм и рекомендации

Данный способ реализуется следующим образом: для того, чтобы снизить динамические свойства, при возрастании частоты вынужденных колебаний, изменяют напряженное состояние инструмента при этом, предельное отношение частот вынужденных к собственным колебаниям определяют по формуле:

$$G_1 = R_i + m - 1,0, \quad (1)$$

где R_1 – резонансное значение отношения частот вынужденных к собственным колебаниям инструмента при нелинейности упругих характеристик и наличии демпфирования; i – количество степеней свободы системы или количество собственных колебаний тонкостенного инструмента; m – предельное отношение частот вынужденных к собственным колебаниям инструмента при линейных упругих характеристиках. А при снижении частоты вынужденных колебаний, предельное отношение частот вынужденных к собственным колебаниям обеспечивается отношением из условия:

$$G_2 = R_1 + n - 1,0, \quad (2)$$

где n – предельное отношение частот вынужденных к собственным колебаниям инструмента при линейных упругих характеристиках [5].

На рис. 4 показано изменение частот собственных (p) и вынужденных (w) колебаний в зависимости от времени t , на рис. 5 – изменение отношения частот w/p в зависимости от времени t , на рис.6 – изменение динамического коэффициента K_d в зависимости от отношения частот w/p .

При нелинейности упругих характеристик и демпфирования элементов конструкции, в период t_0 возрастания частоты вынужденных колебаний w (см. рис.4), когда отношение частот w/p меньше σ , где $\sigma = R_1 + m - 1,0$ [5]. В момент времени

$$\frac{w}{p} = \sigma$$

(точка В), когда отношение частот w/p производят непрерывное плавное или ступенчатое повышение жесткости конструкции, например, за счёт ее напряжения, при этом увеличивается частота собственных колебаний конструкции p . Начала повышения жесткости (точка В), см. рис. 4, определяется датчиком, например акселерометром, установленным на конструкции, в зависимости от отношения частот w/p .

Повышение жесткости инструмента производится в период t_1 , при этом, при повышении частоты вынужденных колебаний w постоянно реализуется отношение частот w/p не более σ , что обеспечивает заданное значение динамического коэффициента K_{dmax} (см. рис. 6) соответствующего отношению частот w/p равному σ . При достижении максимальной жесткости тонкостенного инструмента и отношения частот w/p не более σ (точка С см. рис.4) за период t_2 резко снижают ее жесткость до исходного состояния, при этом частота собственных колебаний p конструкции также резко уменьшается, а отношение частот w/p за счет выросшего значения частоты вынужденных колебаний w скачкообразно увеличивается (рис.5). Это обеспечивает перескакивание динамического коэффициента K_d (рис.6) с левой ветви графика на правую ветвь, сохраняет его на заданном уровне и исключает резонанс конструкции. При этом при дальнейшем повышении частоты вынужденных колебаний w динамический коэффициент K_d в период t_3 (рис.4) уменьшается [5].

В период t_3 (рис.4) уменьшения частоты вынужденных колебаний w , если отношение частот w/p не менее Ω , где $\Omega = R_1 + n - 1,0$, где n – выбирают из пределов 1,1...1,6, жесткость тонкостенного инструмента k и ее частота собственных колебаний p остается неизменной. В момент времени (точка Е) когда отношение частот w/p становится меньше Ω в период t_4 производят резкое повышение жесткости конструкции до максимума, при этом частота собственных колебаний p конструкции и отношение частот w/p (рис.6) резко увеличиваются. Это обеспечивает перескакивание динамического коэффициента K_d с правой ветви графика на левую ветвь, сохраняет его на заданном уровне и исключает резонанс конструкции. После чего, при дальнейшем снижении частоты вынужденных колебаний w , в период t_5 производят непрерывное

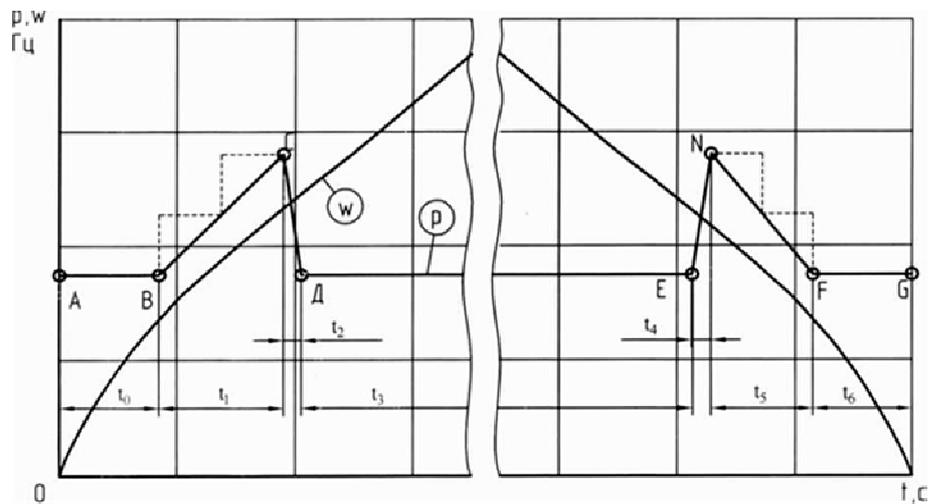


Рис. 4. Схема изменения частот собственных (p) и вынужденных (w) колебаний в зависимости от времени t : w – частота вынужденных колебаний, p – частота собственных колебаний конструкции, t – время, t_0 – время до начального момента повышения частоты собственных колебаний (жесткости) конструкции, t_1 – время непрерывного плавного или ступенчатого повышения жесткости конструкции, t_2 – время резкого снижения жесткости конструкции, t_3 – время от конечного момента резкого снижения жесткости конструкции до начального момента резкого повышения ее жесткости, t_4 – время резкого повышения жесткости конструкции, t_5 – время непрерывного плавного или ступенчатого снижения жесткости конструкции, t_6 – время от конечного момента плавного или ступенчатого снижения жесткости конструкции до момента полного затухания вынужденных колебаний

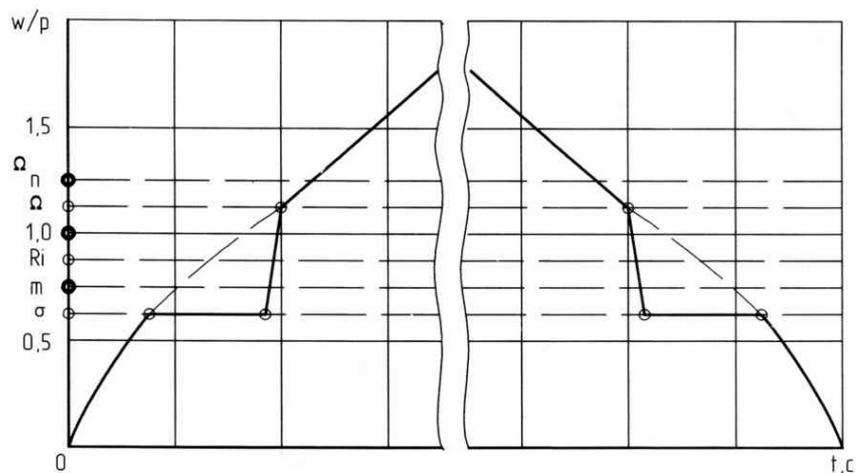


Рис. 5. Изменение отношения частот w/p в зависимости от времени t : m – предельное отношение частот вынужденных к собственным колебаниям конструкции при линейных упругих характеристиках, n – предельное отношение частот вынужденных к собственным колебаниям конструкции при линейных упругих характеристиках, R_i – резонансное значение отношения частот вынужденных к собственным колебаниям конструкции при линейных упругих характеристиках и наличии демпфирования

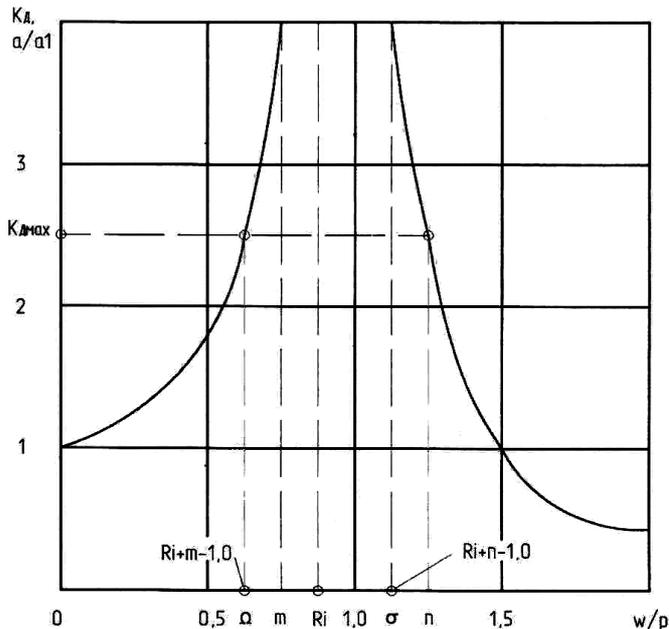


Рис. 6. Изменение предельного динамического коэффициента K_d в зависимости от отношения частот w/p

частот w/p меньше $\sigma=1,0$, жесткость конструкции, и ее частота собственных колебаний p остается неизменной. В момент времени, когда $w/p=\sigma$ производят непрерывное плавное повышение жесткости конструкции за счет ее напряжения, при этом увеличивается частота собственных колебаний конструкции p . Начало повышения жесткости определяется акселерометром, установленным на конструкции, в зависимости от отношения частот w/p . Повышение жесткости конструкции производится непрерывно и плавно, что обеспечивает заданное значение динамического коэффициента и отношения частот w/p не более $\sigma=1,0$. При достижении максимальной жесткости конструкции и отношения частот w/p более $\sigma=1$ резко снижают ее жесткость до исходного состояния. Это обеспечивает перескакивание динамического коэффициента с левой ветви графика на правую ветвь, сохраняет амплитуду колебаний конструкции на заданном уровне и исключает резонанс конструкции. При этом при дальнейшем повышении частоты вынужденных колебаний w динамический коэффициент и амплитуда колебаний уменьшается [5,6].

При снижении частоты вынужденных колебаний w , защита инструмента для резки заготовок от явления резонанса производится аналогично.

4. Заключение

В представленной работе выполнены исследования особенностей работы дискового отрезного инструмента. При этом установлено, что необходимо разработать инструмент и методы снижения колебаний конструкции инструмента, которые позволили бы проектировать инструмент с тонкой и особо тонкой режущей частью, обеспечивающие заданные параметры его стойкости, точности реза и повышение режимов обработки.

плавное или ступенчатое снижение жесткости конструкции до исходного состояния, при этом постоянно обеспечивается отношение частот w/p не более Ω . Эти мероприятия обеспечивают динамический коэффициент на заданном уровне K_{dmax} и позволяют разгрузить конструкцию от напряжения, создаваемого при повышении ее жесткости. При последующем снижении частоты вынужденных колебаний w в период t_0 динамический коэффициент продолжает уменьшаться.

В период возрастания частоты вынужденных колебаний, когда отношение

Предлагаемая конструкция инструмента и способ его защиты от резонанса при вибрационных нагрузках позволяет управлять динамическими параметрами элементов конструкции инструмента, а также исключать автоколебания и резонансные явления в условиях применения тонкой и особо тонкой режущей части инструмента при резке заготовок. Применение предлагаемого инструмента и способа его защиты от резонанса при вибрационных нагрузках обеспечивает возможность уменьшения ширины реза, повышения точности резки заготовок и увеличения режимов его работы.

Выполненные исследования позволяют значительно уменьшить ширину реза заготовок и обеспечить заданные параметры стойкости инструмента, что в целом повышает технико-экономические параметры резки заготовок.

Список литературы:

1. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
2. Резка сапфира дисками с внутренним резом. / Под ред. Рогова. - М.: Машиностроение, Т.1, 1977, - 656 с.; Т.2, 1985, - 496 с.
3. Патент України № 102873, Кл. В23D45/00. Инструмент для резания заготовок/ А.Н. Михайлов, А.С. Долгих, Д.А. Михайлов.; заявл. 04.07.2011; опубл. 27.08.2013, Бюл. №16. – 4 с.
4. Патент України 81412, Кл. В24D 5/00 Инструмент для резания заготовок/ А.Н. Михайлов, А.С. Долгих, Т.Я.Аль-Судани, Д.А. Михайлов.; заявл. 04.02.2013; опубл. 29.04.2013., Бюл. №12. – 7 с.
5. Патент України 86878, Кл. МПК 9 G01N1/00, G01M7/00 Способ защиты инструмента для резки заготовок от резонанса / А.Н. Михайлов, А.С. Долгих, А.П. Недашковский, Д.А. Михайлов.; заявл. 05.08.2013; опубл. 10.01.2014., Бюл. №1. – 4 с.
6. Тимошенко С.П. Теория колебаний в инженерном деле. – Л.: Машиностроение, 1934. – 344 с.

Надійшла до редакції 21.05.2014

О.М. Михайлов, Г.С. Долгих

ДИНАМІЧНІ ІНВАРІАНТНІ ДИСКОВІ ВІДРІЗНІ ІНСТРУМЕНТИ

Дана робота спрямована на підвищення стійкості особливо тонкого дискового інструменту за рахунок можливості управління динамічними параметрами. Встановлено, що основною причиною низької стійкості цього інструменту є виникнення автоколивань та резонансних явищ при частковій зміні жорсткості конструкції і повторно-різкій зміні частоти вимушених коливань. Виконані дослідження дозволяють значно зменшити ширину різки заготовок і забезпечити задані параметри стійкості інструменту, що в цілому підвищує техніко-економічні параметри різання заготовок.

Ключові слова: особливо тонкий дисковий відрізний інструмент з внутрішньої ріжучої частиною, динамічні коливання, автоколивання, виключення резонансу, точність лінії різки, підвищення якості.

A.N. Mikhaylov, H.S. Dolhykh

DYNAMIC DISC CUTTING TOOLS INVARIANT

This work is aimed at improvement of durability of especially thin disc tools, by means of controlling their dynamic parameters. It was found out that it is necessary to design tools and methods of reducing oscillations of the tool's structure that could allow designing tools with thin and especially thin cutting pieces, ensuring the specified parameters of its durability, cutting precision and improvement of cutting modes. The performed investigations allow to reduce substantially the cut's width and ensure the prescribed parameters of the tool's durability, thus improving the overall technical and economic parameters of blanks cutting.

Key words: fine disc tool with internal cutting tool, dynamic fluctuations, oscillations, resonance exclusion, precision cutting line, improving quality.