

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ РЕЖУЩЕ-ДЕФОРМИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

Алабин В.И., Отений Я.Н., Никифоров Н.И., Лаврентьев А.М.

Камышинский технологический институт (филиал) Государственного образовательного учреждения «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, Россия (403874, г. Камышин, ул. Ленина, 6А) nikiforovni@rambler.ru

В статье рассмотрены особенности комбинированной режущо-деформирующей обработки длинномерных нежестких валов с самоподачей обкатниками, когда режущая часть расположена между ними. Приведен анализ и выявление причин несогласованности работы составных частей установки для комбинированной режущо-деформирующей обработки с самоподачей обкатниками. На основе решения задачи обеспечения равенства скоростей, передаваемых обрабатываемой заготовке обоими обкатниками, предложены способы улучшения конструкции инструмента путем изменения кинематики привода и размеров рабочих элементов обкатников. Для предлагаемых способов выявлены математические зависимости, позволяющие определять изменяемые конструктивные параметры. Численным анализом полученных зависимостей показано, что наиболее предпочтительным направлением совершенствования конструкции инструмента является применение деформирующих роликов, выполненных комплектами разного диаметра для обкатников, расположенных до и после режущей части.

Ключевые слова: ППД, поверхностное пластическое деформирование, самоподача, комбинированная обработка, совмещенная обработка резанием и ППД роликами.

DESIGN FEATURES OF A TOOL FOR COMBINED CUTTING-DEFORMING TREATMENT

Alabin V.I., Oteny Y.N., Nikiforov N.I., Lavrentyev A.M.

Reader of Kamyschin Technological Institut (branch) of Volgograd State Technical University, Cand. Tech. Sci.

The article describes the features of a combined cutting-deforming machine processing of long-measuring non-rigid shafts with self-feeding by rollers, when cutting part located between them. There is gives analysis and identification of the causes of inconsistency of the work of the components of the plant for combined cutting-deforming with self-feeding by rollers. There are suggests ways to improve the design of the instrument by changing the kinematics of the drive and the size of work parts of rollers on the basis of the solution problem of the equality velocities which transmitted to the work piece by means of rollers. For proposed methods was identify mathematical relationships allow you to define the variable design parameters. Numerical analysis of the obtained dependences shows that the preferred way to improve the design tool is the use of deforming rollers made kits of various diameters for rollers located before and after the cutting part.

Key words: SPD, surface plastic deformation, self-feeding, combined machine processing, overlapped processing by cutting and SPD by rollers.

Для чистовой обработки деталей машин, вместо абразивной, находит применение высокопроизводительный процесс поверхностного пластического деформирования (ППД)

роликами. Дальнейшего повышения производительности достигают при использовании эффекта самоподачи и организации обработки напроход по принципу бесцентрового шлифования [4]. Однако полный технологический цикл должен содержать и предварительную черновую обдирочную обработку для снятия с поверхности дефектного слоя и обеспечения размерных характеристик будущей детали. Этого можно достичь совмещенной обработкой резанием и ППД роликами с самоподачей обкатниками [1; 2; 3]. Схема такой обработки представлена на рис. 1. В процессе обработки обкатники 1 и 2 передают обрабатываемой детали 9 вращение, но при этом они взаимодействуют с разными по диаметру поверхностями детали ввиду удаления резцовой головкой 3 припуска. Возникающая при этом несогласованность работы обкатников по передаваемым скоростям влечет за собой нестабильность работы устройства в целом и возможность, в частности, поломки резцов резцовой головки в момент прекращения действия вспомогательного обкатника, установленного перед резцовой головкой. Следовательно, необходимо решить задачу обеспечения равенства скоростей, передаваемых обрабатываемой заготовке обеими обкатниками.

Примем, что проскальзывание отсутствует в точке наибольшего внедрения в заготовку роликов первого обкатника. При вращении опорного конуса с частотой n_k частота вращения обрабатываемой заготовки равна:

$$n_{\partial} = n_k \cdot \frac{r_k}{r_3 - h_m}, \quad (1)$$

где r_k , r_3 – радиусы опорного конуса и заготовки в сечении их контакта; h_m – максимальная глубина внедрения ролика вспомогательного обкатника (рис. 1).

Когда в процессе обработки радиус детали изменился на глубину резания t , то ролики 5 в основном обкатнике получают смещение относительно конуса 7 по радиусу на величину t . Изменение частоты вращения этим обкатником определится по формуле:

$$\Delta n_{\partial} = n_k \cdot \left(\frac{r_k}{r_3 - h_m} - \frac{r_k - t}{r_3 - h_m - t} \right). \quad (2)$$

Если исходить из того, что $\Delta n_{\partial} = 0$, то уравнение (2) выполняется только при условии $t = 0$. Таким образом, оба обкатника будут вращать заготовку с разными угловыми скоростями. Для обеспечения уравнивания скоростей возможны следующие подходы: приводить во вращение оба обкатника от отдельных приводов с требуемыми скоростями; изменить передаточное отношение в цепи привода одного из них; изменить конструкцию одного из обкатников.

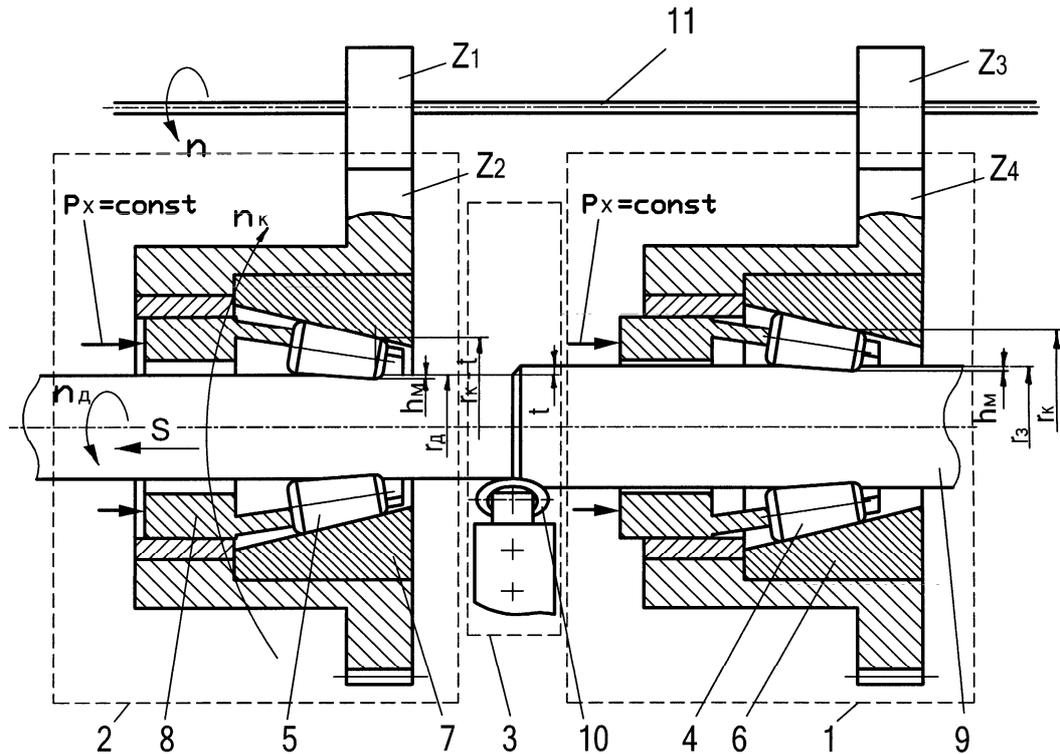


Рис. 1. Схема работы комбинированного инструмента: 1 – вспомогательный обкатник; 2 – основной обкатник; 3 – резцовая головка; 4, 5 – деформирующие ролики; 6, 7 – опорные конусы; 8 – сепаратор; 9 – обрабатываемая заготовка; 10 – резец резцовой головки; 11 – трансмиссионный вал; $z_1 \dots z_4$ – зубчатые колеса.

Применение отдельного, адаптивно управляемого привода значительно усложнит и удорожит установку.

Компенсация изменения скорости путем изменения передаточного отношения возможна применением в приводе колес разного количества зубьев при одинаковой их сумме или корригированием одного колеса с изменением его числа зубьев при одном межцентровом расстоянии. При этом передаточное отношение между ведущим валом и обкатником может быть обеспечено отличным от другого.

Согласно принятой схеме привод обкатников осуществляется от одного ведущего вала 11 через зубчатые колеса $z_1 \dots z_4$ (рис. 1). Передаточные отношения между ведущим валом и заготовкой в первом и втором обкатниках будут соответственно равны:

$$i_{1A} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{r_k}{r_p} \cdot \frac{r_p}{r_3 - h_m}; \quad i_{2A} = \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{r_k - t}{r_p} \cdot \frac{r_p}{r_3 - h_m - t}. \quad (3)$$

При равенстве передаточных отношений и числе зубьев ($Z_2 = Z_4$) в цепи привода второго обкатника число зубьев Z_3 определяется из выражения:

$$z_3 = z_1 \cdot \frac{r_k}{r_3 - h_m} \cdot \frac{r_3 - h_m - t}{r_k - t}. \quad (4)$$

Другим решением может быть изменение соответствующим образом в одном из обкатников диаметров деформирующих роликов. При этом для любых размеров детали и роликов должно выполняться условие:

$$r_k = d_p + r_3 - h_m. \quad (5)$$

При разном диаметре роликов их контакт будет осуществляться с разными по диаметру конусами, а уравнение (2) примет вид:

$$\left(\frac{r_k}{r_3 - h_m} - \frac{r_k - \Delta r_k}{r_3 - h_m - t} \right) = 0, \quad (6)$$

откуда определяется изменение радиуса опорного конуса:

$$\Delta r_k = \frac{r_k \cdot t}{r_3 - h_m} \quad (7)$$

На основании приведенных выражений и при условии, что $Z_1=Z_3, Z_2=Z_4$, а диаметры роликов в обоих обкатниках разные, получено выражение (8) для определения диаметров роликов, установленных во втором обкатнике, при котором будет обеспечиваться постоянство угловых скоростей:

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot \frac{r_3 - h_m - t}{r_3 - h_m}. \quad (8)$$

Полученные выражения (4) и (8) позволяют обеспечить согласованность по передаваемым обкатниками заготовке скоростям при условии поддержания постоянными в процессе обработки глубины внедрения роликов h_m и глубины резания t [5; 6].

В процессе обработки, после срезания припуска, диаметр обрабатываемой поверхности уменьшается на величину $2t$. При этом передаточное отношение, обеспечиваемое вторым обкатником, изменяется, и заготовка будет приводиться во вращение этим обкатником со скоростью, отличной от скорости первого обкатника. Если не принять мер к согласованию передачи вращения обоими обкатниками, то обкатники будут передавать заготовке разные частоты вращения (рис. 2). Вследствие чего заготовка может получить деформацию кручения или в обкатниках возникнет повышенное проскальзывание.

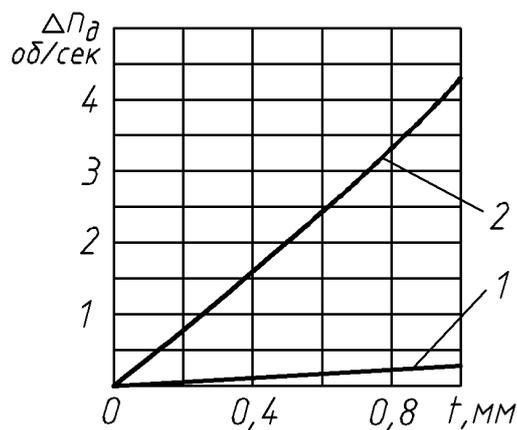


Рис. 2. Зависимость разницы в передаваемой частоте вращения обкатниками без их согласования от глубины резания для обрабатываемой заготовки: 1 – диаметром 40 мм; 2 – диаметром 16 мм; скорость обработки 120 м/мин.

В процессе обработки диаметр заготовки меняется в пределах допуска, вследствие этого произойдет изменение и передаточного отношения, обеспечиваемого обоими обкатниками. Относительное изменение передаточного отношения при изменении диаметра детали на величину δ представлено на графиках (рис. 3). Из графиков видно, что различие между обоими способами невелико, а с увеличением диаметра обрабатываемой детали уменьшается влияние изменения диаметра заготовки в пределах допуска на несогласованность передаваемых скоростей вращения обкатниками. При этом важно отметить, что полученные зависимости будут верны при условии того, что настройки величины глубины резания и внедрения остаются неизменными на протяжении обработки всей партии деталей.

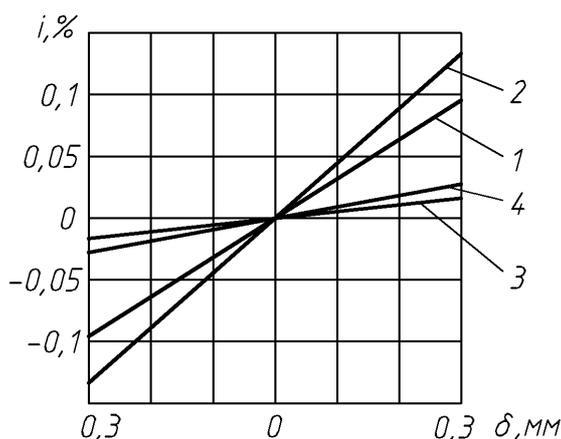


Рис. 3. Относительное изменение передаточного отношения, обеспечиваемого обкатниками до и после резания в зависимости от изменения диаметра заготовки в пределах допуска в состоянии поставки: 1, 3 – при согласовании изменением диаметра роликов во втором обкатнике; 2, 4 – при согласовании изменением числа зубьев

приводного колеса; 1, 2 – для диаметров заготовки 10 мм; 3, 4 – для диаметра заготовки 20 мм. Диаметр роликов 17,5 мм, глубина резания $t = 0,5$ мм, глубина внедрения $h_m = 0,2$ мм.

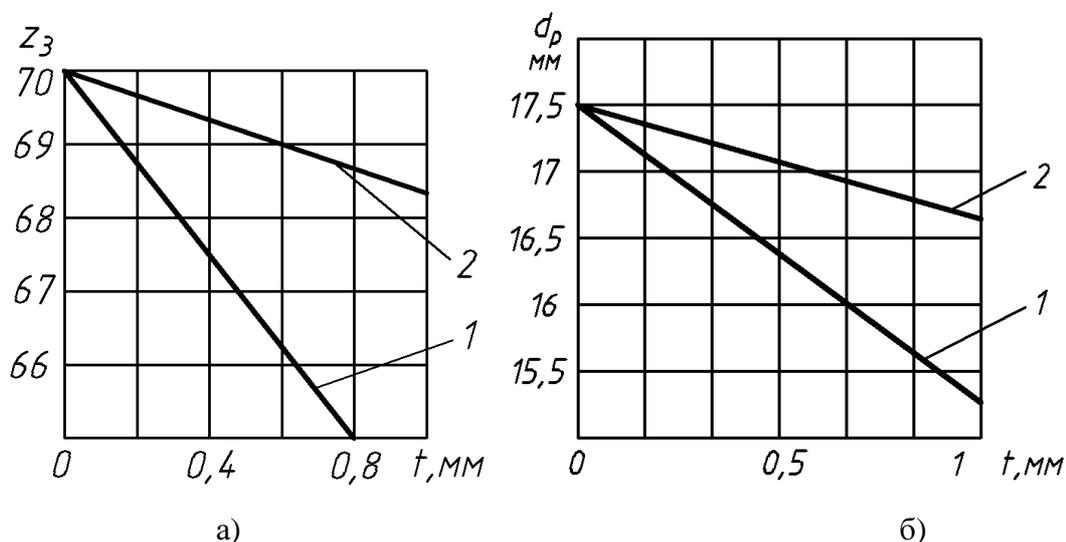


Рис. 4. Влияние глубины резания на изменение: а – количества зубьев колеса в приводе второго обкатника, при $z_1 = 70$; б – диаметра роликов во втором обкатнике при $d_{p1} = 17,5$ мм; 1 – для диаметра детали 16 мм; 2 – для диаметра детали 40 мм.

На рис. 4 представлены графики, показывающие, как должно быть изменено количество зубьев (а) или диаметр роликов (б) во втором обкатнике для обеспечения согласования по передаваемым скоростям в зависимости от назначенной глубины резания. С увеличением диаметра обрабатываемой поверхности наблюдается уменьшение влияния изменения глубины резания на изменяемый параметр. Согласование изменением диаметра роликов предпочтительно, так как возможно более точное согласование.

Список литературы

1. Смольников Н.Я. [и др.]. Способ комбинированной режущо-деформирующей обработки и устройство для его осуществления. Патент №2247016. Опубл. 27.02.2005. Бюл. № 6.
2. Комбинированная обработка длинных валов / Я.Н. Отений, Н.И. Никифоров, А.И. Журавлев // Станки и инструменты. – 2006. – № 6. – С. 36–38.
3. Структурно-функциональный синтез конструкции установки для комбинированной обработки длинномерных валов резанием и ППД роликами с самоподачей / Н. И. Никифоров // Справочник. Инженерный журнал. – 2011. – № 1. – С. 13–15.

4. Азаревич Г.М., Кирсанова-Белова У.В., Акимов Б.И. Совмещение процессов резания и поверхностного пластического деформирования при автоматизированной токарной обработке валов // Вестник машиностроения. – 1985. – № 1. – С. 46–52.
5. Смольников Н.Я., Отений Я.Н., Никифоров Н.И. Кинематическое согласование работы обкатников в комбинированном инструменте // Прогрессивные технологии в обучении и производстве : материалы Всероссийской конференции. – Камышин, 2002. – С. 34.
6. Смольников Н.Я., Отений Я.Н., Никифоров Н.И. Обработка длинномерных нежестких гладких валов резанием // Материалы и технологии 21 века : сб. материалов Всероссийской научно-технической конференции : в 3-х ч. – Пенза, 2001. – Ч. 3. – С. 17–19.

Рецензенты:

Гордеев Борис Александрович, д.т.н., профессор кафедры математики, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород.

Бочкарев Петр Юрьевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Проектирование технических и технологических комплексов», Саратовский государственный технический университет, г. Саратов.