

вадет необходимый технологический припуск для шлифовки наплавленных валиков. При токе плазменной дуги 70 А припуск должен быть не менее 0,7 мм, при 85 А – не менее 1 мм, а при токе дуги 100 А – около 1,4 мм.

Литература

1. Моргунов Ю.А., Панов Д.В., Саушкин Б.П., Саушкин С.Б. Научно-технические технологии машиностроительного производства. Физико-химические методы и технологии: учебное пособие. / Под ред. Б.П. Саушкина. – М.: Издательство «Форум», 2013. 928 с. ISBN – 978-5-91134-774-1.
2. Паркин А.А., Жаткин С.С., Ткачев С.П. Структура и свойства плазменно-наплавленного порошка WOKA PTA-6040. XVI Междунар. конф. «Физика прочности и пластичности материалов», Самара. Июнь 2006. С. 194.
3. Ana Sofia C.M. D' Oliveira, Paulo Sergio C.P. da Silva, Rui M.C. Vilar. Microstructural features of consecutive layers of Stellite 6 deposited by laser cladding // Surface and Coatings Technology 153 (2002) 203-209.
4. ZHU Yuan-zhi, YIN Zhi-min, TENG Hao. Plasma cladding of Stellite 6 powder on Ni76Cr19AlTi exhausting valve // Trans. Nonferrous Met. Soc. China 17 (2007) 35-40.
5. Hazoor Singh Sidhu, Buta Singh Sidhu, S. Parkashc. Characteristic Parameters of HVOF sprayed NiCr and Stellite-6 coatings on the boiler steels using LPG as fuel gas // International Journal of Engineering and Information Technology Copyright© 2010 waves publishers IJEIT 2010, 2(2), 133-139.
6. Ибатуллин И.Д. Кинетика усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев // Монография / И.Д. Ибатуллин – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 387 с. ISBN – 978-5-7964-1211-4.
7. Ибатуллин И.Д. Новые методы и приборы для экспрессной оценки энергетических параметров усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев. // Диссертация на соискание ученой степени д. т. н. Специальность: 01.04.01. Год: 2010. 387 с.

Оптимизация процесса комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием

к.т.н. доц. Пини Б.Е., Ветрова Е.А., д.т.н. проф. Максимов Ю.В.
Университет Машиностроения
495 223-05-23, доб. 1327

Аннотация. Рассмотрена возможность оптимизации процесса комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием с использованием новых решений по конструкциям режущей и обкатной части устройства для комбинированной обработки.

Ключевые слова: комбинированная обработка, регламентированное усилие обкатывания, вращающийся режущий блок, нежесткие цилиндрические детали, устройство для комбинированной обработки, точность обработки, шероховатость поверхности.

В машиностроении широко применяются изделия с гладкими протяжёнными поверхностями с точностью обработки IT 7...9 и шероховатостью поверхности $R_a = 0,32 - 0,63 \text{ мкм}$. Такая шероховатость поверхности обеспечивает высокие эксплуатационные показатели в гидро- и пневмоцилиндрах, широко применяемых в различных механизмах, например таких, как автомобили с установленными на них гидрофицированными кранами, автомобили для транспортирования мусорных контейнеров, мусоровозы, снегоуборочные машины, тракторы с навесными орудиями, дорожно-строительные машины и т.д. Широко используются также гладкие приводные и свободно вращающиеся ролики в системах транспортирования изделий

в различных линиях, в том числе в складских системах, где их может быть многие десятки и сотни штук.

Технология изготовления деталей с цилиндрическими гладкими протяженными поверхностями на отечественных предприятиях предусматривает использование в качестве заготовок прутковый прокат. Поэтому они имеют значительные припуски на обработку и широкие допуски на непрямолинейность образующих поверхностей, их некруглость и нецилиндричность. В результате заготовки приходится подвергать предварительной механической обработке под последующую окончательную обработку. Для повышения производительности обработки используются комбинированные устройства, совмещающие процесс резания и выглаживания обточенной поверхности роликами, то есть поверхностное пластическое деформирование (ППД). Однако процесс комбинированной обработки довольно сложный в связи с нежесткостью изделий из-за большого соотношения диаметрального и линейного размеров [1, 2]. Кроме того, значительные геометрические погрешности заготовок, в частности погрешность непрямолинейности, вызывает большие динамические воздействия на систему СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь) и не позволяют создавать оптимальные условия для работы режущей и деформирующей частей устройств для комбинированной обработки [3]. Оказывает влияние на качество обработки и то обстоятельство, что процесс резания лезвийным инструментом и обработка ППД имеют существенные различия по оптимальным скоростям резания и подачам. Так, для обточки резцом с механическим креплением неперетачиваемой пластинки скорость резания составляет $V=150$ мм/мин, а для обкатывания роликами $V=200-250$ мм/мин. Соответственно, подача при черновой обработке резцом со снятием припуска $t=2-2,5$ мм на сторону составляет $s=0,5$ мм/об, а для обкатывания роликами с получением $Ra=0,63$ подача составляет на один ролик $0,9-1,1$ мм/об. В результате при небольшой подаче может происходить перенаклёп металла детали с образованием шелушения на её поверхности.

В связи с этим предложено ввести дополнительное вращение резцового блока устройства для комбинированной обработки от отдельного электродвигателя с системой регулирования частоты вращения выходного вала, что позволяет повысить скорость резания без изменения скорости вращения детали.

На такую систему в Университете машиностроения получен патент на полезную модель № 117106 с приоритетом от 03.02.2012 [6]. Регулирование частоты вращения резцового блока необходимо в связи с широким диапазоном диаметральных размеров деталей. Например, размерный ряд штоков цилиндров включает диапазон диаметров от 8 до 160 мм. Также в широком диапазоне находятся и их длины, размеры которых составляют от 40 до 8000 мм. Чем больше величина соотношения L к D , тем меньше жёсткость детали и, следовательно, сложнее её обработка, и, соответственно, ответственнее выбор чисел оборотов вращения детали и резцового блока.

Если ввести вращение резцового блока, то появляется возможность использования оптимальных режимов обработки резанием каждого конкретного штока гидро- и пневмоцилиндров разных диаметров и длин с учётом режущей способности инструментов и их количества в резцовом блоке. Учитывая, что жесткость всех механизмов продольной подачи станка может быть достаточно большой, основным нежестким элементом в системе оказывается заготовка штока, продольная жесткость которой становится фактором, влияющим на точность и возможность получения высокого качества по шероховатости поверхности. Поэтому целесообразно снижать величину подачи при резании за счёт увеличения количества резцов в головке.

Как известно, необходимая шероховатость наружной поверхности обточенных деталей может быть получена путём её обкатывания роликами. Объединение двух процессов резания и ППД в едином устройстве для комбинированной обработки обеспечивает наиболее высокую производительность изготовления деталей типа штоков цилиндров. Для обеспечения

стабильной величины шероховатости поверхности при обкатывании целесообразно создать условия по поддержанию определённого усилия воздействия роликов на обкатываемую поверхность. Эта задача решена в конструкции комбинированного устройства, на которую Университетом машиностроения получен патент на полезную модель №111052 с приоритетом от 15.06.2011 [5]. Одновременно была разработана структура расчёта осевого усилия обкатывания [4], позволяющая определить энергетические затраты на эту обработку. Учитывая, что несложно определить и осевые усилия обтачивания детали во взаимосвязи с количеством резцов в резцовом блоке, можно определить суммарные энергетические затраты на комбинированную обработку и требуемые мощности привода продольного перемещения устройства.

Таким образом, полагаем, что наилучшие результаты по производительности и качеству обработки нежестких штоков гидроцилиндров и других подобных деталей могут быть достигнуты при использовании комбинированного устройства, в котором будут объединены новые решения по режущей и обкатной его частям.

На основе этого вывода предлагается устройство для комбинированной обработки штоков, сочетающего резание и поверхностное пластическое деформирование, имеющее вращающийся резцовый блок и возможность регламентировать усилие деформирования обкатываемой поверхности роликами за счёт пружинного поджима обкатных роликов. Данное устройство представлено на рисунке 1.

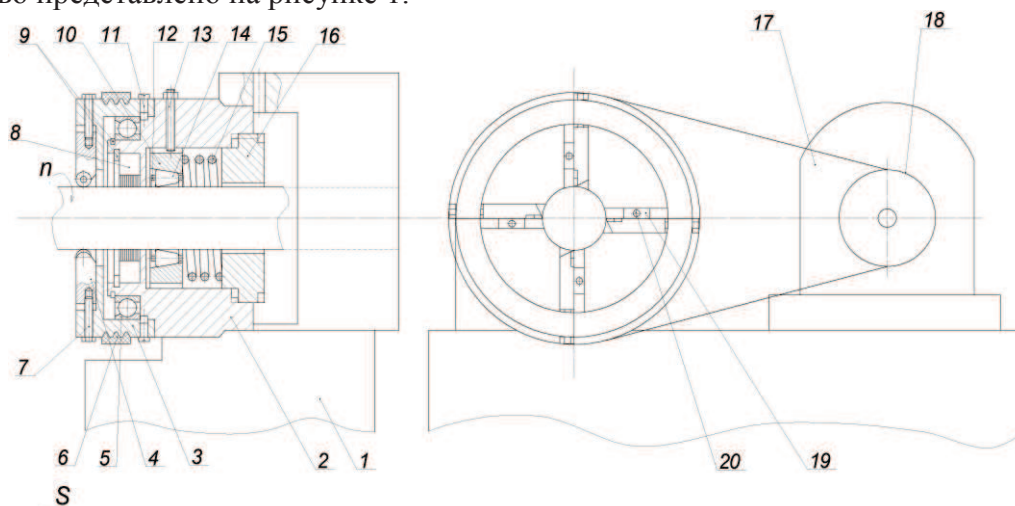


Рисунок 1. Устройство для комбинированной обработки резанием и ППД с вращающимся резцовым блоком и регламентированным усилием деформирования

Устройство состоит из основания 1, корпуса 2, в котором размещена деформирующая (или обкатывающая) его часть, состоящая, в свою очередь, из нажимного кольца 10 с конической внутренней поверхностью, обкатывающих конических роликов 14, сепаратора 12. Регламентированное осевое усилие воздействия, а следовательно, и радиальное давление роликов деформирующей части устройства на заготовку осуществляются за счёт использования пружины 15, расположенной непосредственно за нажимным кольцом 10. Тип пружины зависит от диаметра обрабатываемой заготовки. Например, при обработке заготовок большого диаметра требуются большие усилия, которые могут быть обеспечены тарельчатыми пружинами, а при обработке заготовок малого диаметра вполне могут быть использованы пружины из круглой проволоки.

Обкатывающие ролики 14, установленные в сепараторе 12, контактируют своей наружной поверхностью с нажимным кольцом 10, имеющим такой же угол конусности внутренней поверхности, как и обкатывающие ролики 14. Левый торец нажимного кольца 10 не доходит до торца расточки в корпусе 2, что позволяет пружине 15 смещать обкатной ролик в осевом направлении для создания радиального воздействия на обрабатываемую поверхность с определённым усилием.

Пружина 15 сжимается гайкой 16, которая имеет пазы на торце для вворачивания её в корпус 2 с помощью торцевого ключа. При этом каждый полный оборот гайки обеспечивает ее линейное перемещение на величину, равную шагу резьбы. Например, если шаг резьбы 2 мм, то за один оборот гайка 16 перемещается на 2 мм; за 0,5 оборота – на 1 мм и т.д. Это позволяет обеспечивать различные степени сжатия пружины, а значит, и различные осевые усилия, которые могут быть определены при тарировании пружины с нагружением её определённым грузом и фиксированием величины сжатия пружины. Зная исходную длину пружины, можно обеспечить ее сжатие с обеспечением необходимых осевых усилий в соответствии с тарировочным графиком. По величине же шага резьбы гайки 16 можно определить число ее оборотов, необходимых для достижения нужной величины сжатия пружины.

Для обеспечения осевой подвижности нажимного кольца 10 без его проворачивания на наружной поверхности кольца нажимного конуса формируются три продольных паза, в которые через корпус вводятся стопорные винты 13 с размером конечной части, немного меньшим ширины паза. Причем эти винты не упираются в дно паза. Чтобы нажимное кольцо 10 имело возможность осевого смещения, оно устанавливается в корпусе 2 по скользящей посадке.

Корпус 2 имеет выступающую часть, предназначенную для установки шарикового радиально-упорного подшипника 5. На наружном кольце этого подшипника, в свою очередь, смонтирован резцовый блок 3, в котором закрепляются равномерно распределенные по окружности резцы 4. Их число, в зависимости от размера наружной поверхности обрабатываемой заготовки, варьируется от двух до восьми (например, на рисунке 1 их четыре).

В качестве режущих элементов целесообразно использовать неперетачиваемые пластины круглой формы, это повышает стойкость резцов за счет возможности периодического углового поворота пластины и введения в работу неизношенной ее части. Крепление пластин целесообразно использовать стандартное, в частности, винтом с фаской у головки по фаске на отверстии пластины.

На наружной поверхности резцового блока 3 располагается поликлиновой ремень 6, соединенный со шкивом 18 дополнительного электродвигателя 17. С целью фиксации резцового блока в осевом направлении по его периферии установлены от четырех до восьми (в зависимости от размера блока) стопорных винта 11 с коническими поверхностями на концах. Эти винты вворачиваются в резьбовые отверстия в резцовом блоке и своими окончаниями касаются наружного кольца подшипника 5, которое вращается вместе с резцовым блоком. Перед внутренним кольцом подшипника 5 устанавливается разрезное стопорное кольцо 9, исключающее возможность его осевого смещения в сторону обрабатываемой заготовки.

Для снятия чешуек металла, которые могут образовываться на гребешках профиля при обточке заготовок, а также для предотвращения случайного попадания стружки под обкатывающие ролики 14 предназначена абразивно-полимерная щетка 8, представляющая собой диск с выступающими по направлению к заготовке волокнами, составленный из двух штампованных из листа дисков. Щетка 8 фиксируется стопорным кольцом 9.

В полимерных волокнах щетки 8 равномерно распределены абразивные зерна различной зернистости, используемые для разных условий обработки и обеспечивающие мягкое режуще-полирующее воздействие на обрабатываемый материал. Внутренний диаметр абразивно-полимерных волокон должен быть меньше диаметра обточенной заготовки не менее чем на 3 – 4 мм. В этом случае волокна щетки хорошо обеспечивают полирующее воздействие на поверхность детали и отбрасывают случайную стружку.

Технология изготовления абразивно-полимерных щеток 8 достаточно проста, имеет небольшую трудоёмкость и стоимость. Исходный материал для волокна представляет собой гранулированный полимер с добавлением в него абразивных зерен в соотношении по объему ~1:3. Смесь тщательно перемешивается, в нее добавляется порошок, обеспечивающий хорошее связующее взаимодействие абразивных зерен с полимером, затем она нагревается до

вязкого состояния и выдавливается через фильеру с заданным диаметром отверстия. Полученное таким образом абразивно-полимерное волокно наматывается на катушки. При изготовлении щёток волокно разрезается на части с необходимой длиной. Абразивно-полимерные щетки изготавливаются рядом фирм серийно и легко могут быть приобретены для различных видов обработки.

Для настройки резцов 4 на размер обработки должен использоваться эталонный пруток, диаметр которого выполнен с учётом величины сминаемого слоя при обкатывании обточенной поверхности роликами 14. Сминаемый слой должен находиться в пределах 0,1-0,4 мм для различных по диаметрам деталей.

Регулировка радиального положения резцов осуществляется за счет их перемещения по радиальным пазам резцового блока с помощью винтов 7. Для отвода стружки в противоположном по отношению к обкатывающей части устройства направлении, переднюю плоскость пластинок резцов 4 целесообразно разворачивать по отношению к направлению подачи на угол $3...5^\circ$, формируя соответствующую площадку на державке каждого резца. Резцы 4 закрепляются, как показано на рисунке 2, в пазах резцового блока клиньями 19, прижимаемыми винтами 20.

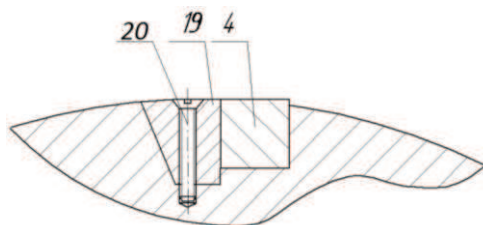


Рисунок 2. Схема расположения резцов в пазах резцового блока

Выводы

Предлагаемое устройство для комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием с вращающимся резцовым блоком и регламентированной величиной осевого усилия давления роликов на поверхность детали обеспечивает оптимизацию процессов обтачивания и обкатывания для получения требуемой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей нежестких деталей типа штоков цилиндров и других изделий.

Литература

1. Анкин А.В. Повышение производительности и качества комбинированной обработки нежестких валов. Диссер. ... канд. техн. наук. М.: МАМИ, 1993.
2. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.
3. Смелянский В.М. Механика упрочнения поверхностного слоя деталей машин в технологических процессах поверхностного пластического деформирования. М.: Объединение «Машмир», 1992. – 60 с.
4. Пини Б.Е., Ветрова Е.А., Максимов Ю.В., Анкин А.В. Устройство для комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием. «Тракторы и сельхозмашины» № 1, 2013.
5. Пини Б.Е., Максимова Ю.В. Устройство для комбинированной обработки резанием и ППД с дополнительным вращением резцового блока. Патент на полезную модель № 117106 с приоритетом от 03.02.2012.
6. Пини Б.Е., Анкина А.В., Максимова Ю.В., Ветровой Е.А. Устройство для комбинированной обработки резанием и ППД с регламентированным усилием обкатывания. Патент на полезную модель № 111052 с приоритетом от 10.12.2011. Бюл. № 34 от 10.12. 2011.