

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО ПРОЦЕССА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ФОРМЫ КРУПНОГАБАРИТНОГО ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ, НЕ ИМЕЮЩЕГО СТАЦИОНАРНУЮ ОСЬ ВРАЩЕНИЯ

maslova_distant@list.ru

В статье описана процедура формирования алгоритма управления нестационарным станочным модулем при бесцентровой восстановительной обработке крупногабаритных деталей технологического оборудования. Авторами предложен алгоритм управления станочным модулем основанный на предварительной диагностике радиуса восстанавливаемой детали и её мгновенного центра непосредственно перед съемом припуска.

Ключевые слова: бандаж, ролик, станочный модуль, алгоритм, радиус, схема, погрешность, привод.

Восстановление наружных поверхностей катания крупногабаритных деталей с нестационарной осью вращения технологического оборудования без их демонтажа позволяет продлить сроки эксплуатации самого оборудования.

Используемые и предлагаемые в настоящее время технологические процессы восстановления деталей круглой формы предполагают выполнения значительного числа проходов, даже при использовании специальных приспособлений, например, плавающего суппорта. Эти методы восстановления изделий круглой формы, в общем случае, занимают значительную часть времени технологического процесса. Например, для восстановления бандажа цементной вращающейся печи достаточно съема припуска в поперечном сечении 5...10мм, что сложно выполнить за 2-3 прохода, с учетом возможностей оборудования и инструмента. На практике съем припуска выполняется за 8...10 проходов, что значительно удорожает сложность ремонта детали [4]. Т.к., в процессе обработки необходимо учитывать величину снимаемого припуска, т.е. изменять глубину резания, или, вернее, управлять ею, то передняя кромка резца оказывается не всегда направленной по нормали к обрабатываемой поверхности, что увеличивает силу резания, которая может привести к поломке инструмента или вывести из строя оборудование.

Предлагаемое автоматизированное оборудование [2] для восстановительной обработки, учитывающее положение резца всегда направленного по нормали к обрабатываемой поверхности, имеет устройство управления, работающее согласно алгоритма управления.

Для обоснования величины снимаемого припуска на обработку необходимо знать погрешность формы детали и ее текущие геометрические характеристики. С этой целью выпол-

няется бесконтактные измерения погрешности наружной поверхности катания тела вращения.

Существуют современные оптические приборы, выполняющие измерения расстояний по световому пятну на поверхности объекта, такие приборы нашли широкое распространение в строительстве, геодезии и т.п. В этих отраслях при определении расстояния до объекта допускаются большие погрешности, чем в машиностроении, но, очевидно, при соответствующей модернизации существует возможность повысить точность прибора, да и расстояния, с которых производится замер, в машиностроении значительно меньше.

Рассмотрим схему выполнения измерений расстояния до объекта, приведенную на рис. 1.

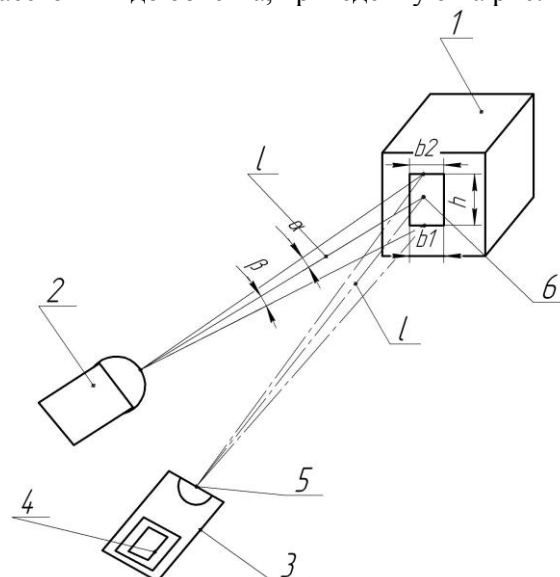
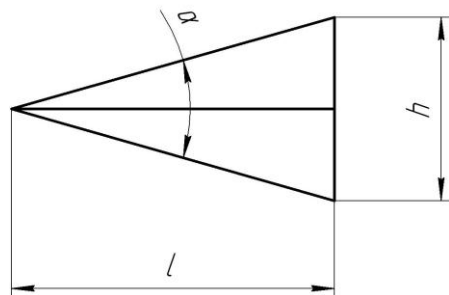


Рис. 1. Схема определения расстояния до объекта с использованием оптического дальномера

На рис. 1 показаны: 1 – объект, до которого определяется расстояние, для упрощения расчетов принято – поверхность объекта, на которую

проецируется изображение абсолютно плоская и ее расположение перпендикулярно направлению на него световому лучу; 2 - световой измеритель, формирующий на поверхности объекта световое изображение b в виде прямоугольника; 3 - видеоустройство, содержащее объектив 5 и a



ПЗС-матрицу, на поверхности которой формируется изображение светового пятна в виде прямоугольника. Способ определения расстояния до светового пятна заключается в использовании схемы расчетов, приведенной на рис. 2.

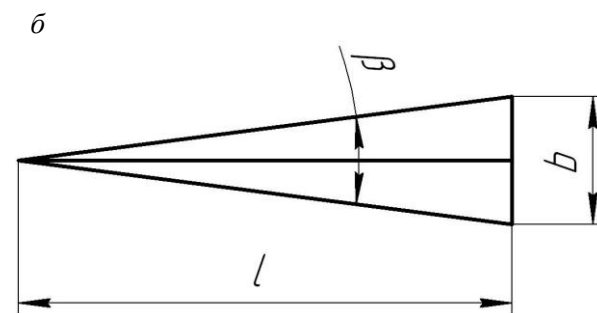


Рис.2. Схема расчета расстояния до объекта:

a – определение расстояния l по высоте h ; b – определение расстояния l по ширине b

Возможны два способа расчета: по высоте формируемого прямоугольника или его ширине, но суть их сводится к следующему – расстояние до объекта определяется выражением:

$$L = \frac{h}{\text{tg}(\alpha/2)}, \text{ мм} \quad (1)$$

где α – угол светового луча, (°).

Из выражения (1) становится ясным, что, чем меньше расстояние до объекта, на котором расположен излучатель и оптическая система, тем выше точность измерений.

Обработка получаемого изображения выполняется аналогично приведенному в [1]. Но в виду значительных и однозначных перепадов яркости изображения значительно проще, например, обработанные изображения сигнала яркости одного столбца будет выглядеть согласно рис. 3. Четкие границы яркости одного столбца позволяют произвести однозначную оценку высоты спроецированного прямоугольника.

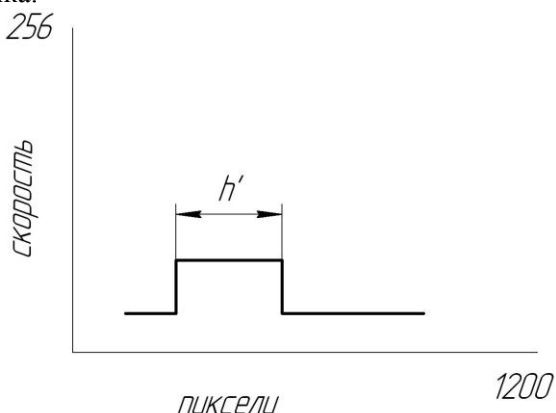


Рис. 3. Иллюстрация сигнала яркости столбца

На рис. 3 показаны высота h_1 светового прямоугольника, выраженная в пикселях. Перевод высоты h в привычные для машиностроения мм выполняется по формуле:

$$h = \frac{25.4}{d} \cdot h', \text{ мм} \quad (2)$$

где d – разрешение картинки, пиксель x дюйм (dpi).

Сопоставив выражения (1) и (2) можно делать вывод о том, что погрешность измерения расстояния зависит от соотношения размера изображения и расстояния, на котором установлен измерительный прибор, а такие разрешения ПЗС-матрицы, в любом случае точность измерения не может превысить величины одного пикселя, например, при разрешении матрицы 1200 dpi точность измерения составляет 0,021 мм. При условии обеспечения 5% погрешности измерений, допустимой в машиностроении, возможно измерение объектов с минимальными размерами до $\approx 0,5$ мм. Но крупногабаритные детали допускают погрешность только на изготовление и эксплуатацию до 5 мм, что вполне укладывается в допустимые пределы. Следует отметить, что чем ближе расположен прибор к объекту, до которого производится измерение расстояния, тем большее формируется изображение, тем выше точность измерений. Однако это не всегда представляется возможным. Так же есть снижение разрешающей способности оптической системы в виду наличия в зоне обработки частиц, могущих вызвать загрязнения как излучения, так и оптики. Наиболее приемлемым, по мнению автора, является расположение прибора на суппорте станка, за резцедержателем в зоне, исключая попадание стружки, или примерно на расстоянии – 200...300 мм от обрабатываемой поверхности.

Так как изменение радиуса изношенного бандажа возможно только в определенных пределах, что определяется конструкцией агрегата, то из схемы приведенной на рис.4 видно, что

величину снимаемого припуска определяют как $\Delta = R - R_0$, мм, что действительно приемливо для назначения глубины резания при съеме припуска Δ .

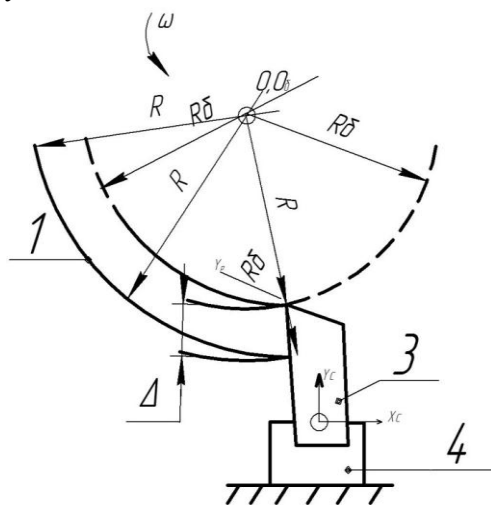


Рис. 4. Расчетная схема обработки бандажа со стационарной координатной системой

Но это выражение не учитывает перемещения режущего инструмента в направлении оси Y_c , и относительно мгновенного расположения координаты Y технологической системы, что невозможно, следовательно, инструмент в заданную точку Y_0 необходимо переместить *предварительно*, что возможно только при выполнении измерений в зоне подхода поверхности бандажа к точке резания.

Подобные измерения могут быть выполнены любым способом, например с помощью устройства [3], разработанного коллективом авторов кафедры ТМ, но в любом случае достоверность подобных измерений не должна вызывать сомнений.

Изображенная на рис.5 схема обработки с предварительными измерениями радиуса поверхности и положения центра, учитывает условия расположения измерительной оси прибора 5 и режущей кромки инструмента по нормали к поверхности.

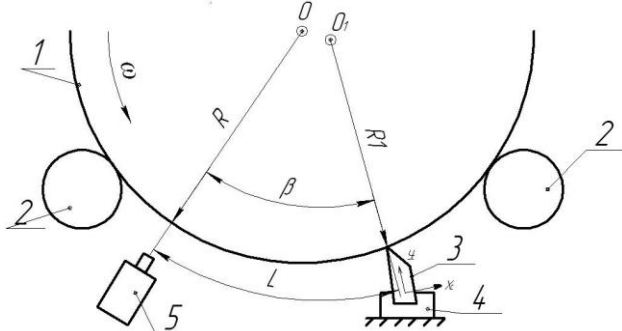


Рис. 5. Схема обработки бандажа с измерением радиуса

Глубина резания должна быть установлена за время прохождения расстояния L , со скоростью ω , при этом бандаж поворачивается на угол β . Т.о. величину поперечной подачи можно определить согласно выражения:

$$S_{\text{поп}} = \frac{t2\pi}{\omega\beta}, \text{ мм/мин} \quad (2)$$

где t – глубина резания в мм, ω – круговая частота вращения бандажа, рад^{-1} , β – угол между осью прибора и резца, рад.

Так для бандажа вращающейся печи диаметром 6 метров и максимально возможной частотой вращения 1 об/мин, при угле установки прибора $5^\circ - 10^\circ$ скорость подачи будет равна:

$$S_{\text{поп}} = \frac{20 \cdot 360}{1} = 7200 \text{ мм/мин}, \text{ что неприемлемо,}$$

т.к. наиболее оптимальными при обработке бандажа являются величины на порядок меньше [1]. Таким образом, обработку бандажа следует выполнять на скоростях значительно иных, или с глубиной резания, не превышающей 2 мм, что является весьма приемлемым. Скорость продольной подачи ограничена скоростью привода, которая в современном оборудовании может иметь величину до 1 м/с, или 60000 мм/мин, что позволит соблюсти максимальные ограничения, но, к сожалению, скорость резания при этом составит всего 20 м/мин.

Считаем, что максимальное колебания диаметра бандажа составит ± 20 мм, при диаметре 6 м, таким образом, согласно расчетной схемы, приведенной на рис.6 можно определить погрешность поверхности относительно режущей кромки инструмента 3. Согласно схеме, приведенной на рис.6, положение обрабатываемой поверхности относительно режущей кромки инструмента изменяется на величину $\pm \Delta L$. В качестве условия задачи – принимаем такое положение бандажа, когда он опирается на ролики поверхностями с максимальным радиусом и поверхностями с минимальным радиусом, так как искажения формы бандажа связаны с его деформацией, то вариант, когда осуществляется одновременное опирание только на поверхности с минимальным радиусом или только на поверхности с максимальным радиусом – невозможно.

Определим координату точки A , когда на ролик 1 происходит опирание минимальным радиусом, а на ролик 2 – максимальным:

Координата Y_0 текущего центра складывается из высоты расположения центра роликов h и расстояния $A'O$, учитывая, что расстояние между ролик-опорами B неизменно, и координата центра O определяется соответствующими радиусами R_{min} и R_{max} , но при этом изменяется и

координата X . Это изменение компенсируется установкой режущей кромки инструмента по нормали к обрабатываемой поверхности, т.о.

$$\beta = \sqrt{(R_{\min} + r)^2 - OA'^2} + \sqrt{(R_{\max} - r)^2 - OA'^2} \quad (3)$$

где r – радиус опорного ролика, мм.

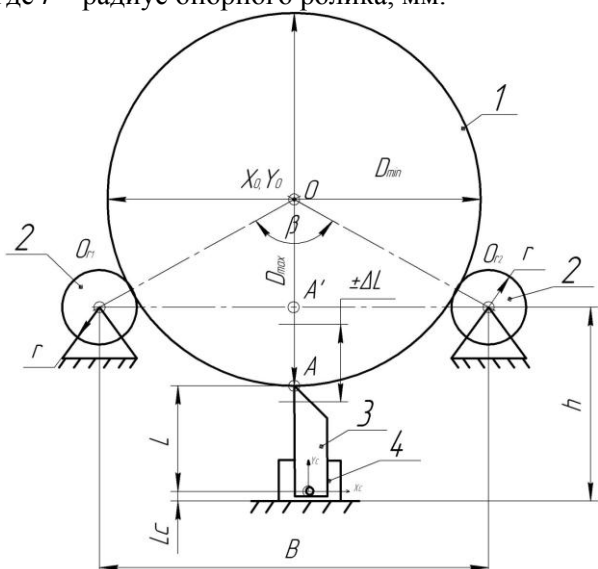


Рис. 6. Схема определения погрешности расположения обрабатываемой поверхности

Для выражения 3 принято, что радиусы опорных роликов равны. Согласно (3) OA' не делит угол β на два равных, что $O_{r2}OA'$ следовательно координата X мгновенно смещается в сторону O_{r1} , и расчетная координата точки A не будет окончанием радиуса обрабатываемой поверхности, для установки резца в точку обрабатываемой поверхности радиус его следует сместить по X в отрицательном направлении.

При смене радиусов, смещение инструмента выполняется в противоположном направлении. Этому операции проще выполнить смещением режущей кромки инструмента, т.к. измерения текущих радиусов поверхности, опирающийся на роliko-опоры связано со значительными затратами.

На основании представленных расчетов и рассуждений можно заключить, что погрешность расположения бандажа на роliko-опорах легко компенсируется отслеживанием расположения режущей кромки инструмента к поверхности. Остановимся подробно на алгоритме управления поперечной подачей.

В начале работы следует задать получаемый радиус поверхности или определить его как минимальный возможный поверхности катания. Прибор, выполняющий измерение поверхности [3], выдает не только информацию о радиусе поверхности, но и о расположении мгновенного центра бандажа, что является исходными данными об установке угла инструмента и координаты X , на основании заданной глубины резания и требуемого радиуса. Приводы перемещают рабочие органы станочного модуля в требуемом направлении. Поскольку изменение радиуса обрабатываемой поверхности не может происходить скачкообразно, выбоины и впадины могут быть легко идентифицированы, то и положение рабочих органов происходит плавно.

наты X , на основании заданной глубины резания и требуемого радиуса. Приводы перемещают рабочие органы станочного модуля в требуемом направлении. Поскольку изменение радиуса обрабатываемой поверхности не может происходить скачкообразно, выбоины и впадины могут быть легко идентифицированы, то и положение рабочих органов происходит плавно.

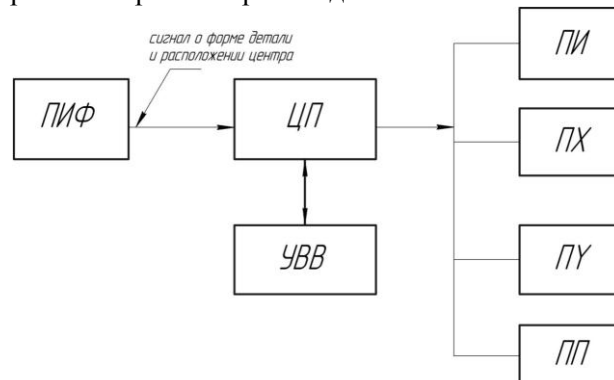


Рис. 7. Схема управления станочным модулем

На схеме представлены: ПИФ – прибор измерения формы; ЦП – центральный процессор; УВВ – устройство ввода-вывода; ПИ – привод инструмента, или угла установки инструмента; ПХ – привод по оси X технологической системы; ПУ – привод по оси Y технологической системы; ПП – привод продольной подачи.

При выполнении измерений с большой частотой возможны перемещения рабочих органов, искажающие форму полученной поверхности. Т.о., чем меньше расстояние L между прибором и режущим инструментом, тем больше частота измерений и тем выше вероятность получения точной поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чепчуров, М.С. Обработка деталей с неравномерным по структуре материалом припуска [Текст] / М.С. Чепчуров // Технология машиностроения. – 2008. – №10. – С. 12 – 14.
2. Патент №101952 РФ, МКИ⁷ В 23 В 5/32. Станочный модуль для восстановительной обработки бандажей и роликов / И.В. Маслова, Д.А. Погонин, М.С. Чепчуров, А.В. Хуртасенко (РФ). - № 2010138151/02, заявлено 14.09.2010; опубл. 10.02.2011, Бюл. № 4, - 9 с.
3. Патент №110181 РФ, МКИ⁷ В 23 В 5/32. Устройство для определения погрешности формы крупногабаритных объектов / М.С. Чепчуров, И.В. Маслова, А.В. Хуртасенко (РФ). - № 2011120357/28; заявлено 20.05.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 31, - 8 с.
4. Технология машиностроения: учебник для студ. высш. учеб. заведений / [Л.В. Лебедев, В.У. Мнацаканян, А.А. Погонин и др.]. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.