

УДК 621.7

Обеспечение точности измерения деталей, изготовленных ротационной вытяжкой на операционном контроле

Третьяков Михаил Алексеевич

tma20t330@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена проблема контроля точности деталей, изготовленных методом ротационной вытяжки, и предложено автоматизированное решение на основе лазерного 3D-сканирования. Разработанная система позволяет оперативно анализировать промежуточные и конечные состояния заготовок с точностью до 0,05 мм, что значительно ускоряет процесс отладки управляющих программ и контроля качества. Проведен сравнительный анализ с традиционными методами измерения, подтверждающий эффективность предложенного подхода.

Ключевые слова: ротационная вытяжка, лазерное трехмерное сканирование, автоматизированный контроль, дефекты ротационной вытяжки

Ensuring the accuracy of measurement of parts manufactured by rotary drawing during operational control

Tretiakov Mikhail Alexeevich

tma20t330@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. This research paper examines the problem of accuracy control of parts manufactured by the method of rotary drawing and proposes an automated solution based on 3D laser scanning. The developed system allows for prompt analysis of intermediate and final states of workpieces with an accuracy of up to 0.05 mm, which significantly speeds up the process of debugging control programs and quality control. A comparative analysis with traditional measurement methods was conducted, confirming the effectiveness of the proposed approach.

Keywords: rotary drawing, laser 3D scanning, automated control, rotary drawing defects

Существующей сегодня проблемой в разработке технологического процесса выполнения деталей с помощью технологии ротационной вытяжки является контроль как полученных деталей, так и промежуточных заготовок.

Основными техническими требованиями к таким деталям:

– эквидистантность поверхности детали к поверхности оснастки на толщину конечной детали. Данное техническое требование достигается путем многопроходной вытяжки с применением как укладок в сторону шпинделя, так и укладок в противоположную сторону с заранее деформированной части заготовки. При выполнении эквидистантности также достигаются требования к размерам конечной детали;

– отсутствие дефектов на поверхности детали. К таким дефектам относятся: надрывы, забоины, микротрещины. Поверхность детали, выполненной с помощью технологии ротационной вытяжки, должна быть равномерной. Данное техническое требование достигается путем равномерного шага отвода между проходами при многопроходной вытяжке или наличием чистового прохода на стадии осаживания заготовки на оснастку. При отсутствии дефектов также достигаются требования к качеству поверхности конечной детали;

– отсутствие дефектов во время вытяжки. К таким дефектам относятся: гофрообразование, нагартованность, утонения и утолщения. Данное техническое требование выполняется путем многоитерационного построения траекторий с их отладками на станке и последующим анализом полученного брака. При выполнении многопроходной вытяжки основной проблемой является построение правильной траектории движения инструмента. Соотношение количества проходов, части входа к части выхода с заготовки инструмента, точки выхода и входа в эквидистантную часть для каждой детали и для каждого типоразмера детали — уникальны [1–4].

На сегодняшний день не существует инструмента, который позволил бы просчитать математическую модель пластических деформаций и составить оптимальную траекторию движения инструмента для ротационной вытяжки деталей даже простой геометрической формы, таких как полусфера, цилиндр или конус.

По этой причине последующая отладка построенной траектории часто сопровождается появлением дефектов, которые делают невозможным выполнение перечисленных выше основных технических требований. После отладки необходимо производить контроль полученной детали для оценки управляющей программы и внесения в нее корректировок.

Все методы контроля технических требований к деталям, полученных методом ротационной вытяжки, довольно трудоемки. Каждый из существующих методов требует наличия стандартного измерительного инструмента для оценки отклонения от размеров, контрольно-измерительных машин (КИМ), часовых индикаторов, закрепленных в револьвере, для оценки отклонения от чистового профиля образующей детали или специальных калибров (лекал), повторяющих образующую. Однако на данный момент не существует метода, а тем более единого инструмента, который способен проверить выполнение всех основных технических требований [5–7].

Проверка двух из основных общих технических требований возможна при условии использования КИМ, однако данное средство измерения не способно оценить дефекты во время отладки управляющей программы, что является одним из основных требований, с помощью которого достигается построение технологического процесса.

Поскольку не существует единого метода контроля, который включал бы в себя проверку выполнения всех основных технических требований, предъявляемых к детали и процессу ротационной вытяжки, а также мог проводить операцию количественной оценки и с точностью, соответствующей точности

измерения стандартных инструментов, и со скоростью, близкой к скорости простукиваний, необходимо разработать новый метод контроля.

В основе данного метода предлагается использовать технологию лазерного 3D-сканирования, которая позволяет с высокой точностью до 0,02 мм [9] и с высокой скоростью 100 см²/с оцифровывать физический объект [8, 9].

Преимущества 3D-сканеров лазерного типа заключается в устойчивости к переменным способностям к отражению поверхностей, которые постоянно меняются во время процесса ротационной вытяжки из-за изменения температуры, шероховатости и цвета наружной поверхности детали [6].

Так как необходимо постоянно перемещать поле зрения сканера, предлагается установить на его кронштейн шаговый двигатель с драйвером, способным управлять местоположением сканера и перемещать его для сканирования полного тела заготовки или детали. Отправлять команды на перемещение планируется с контроллера станка с Human Machine Interface [7] — стойки.

В основе системы управления предлагается использовать персональный компьютер для оцифровки отсканированного облака точек, перевода его в твердотельную 3D-модель и внедрения в единый файл 3D-сборки, а также управления движением сканера по объему станка.

Команду на сканирование и движение предлагаемая система будет получать от реле системы ПЛК станка ротационной вытяжки. Для запуска реле внутрь стойки с помощью языка лестничных диаграмм вводится дополнительная М команда по активацию свободного реле. После ее активации в управляющей программе сканер начинает свою работу при вращающемся шпинделе.

Таким образом, после выполнения управляющей программы, оператор или наладчик будет получать на персональный компьютер сборку, состоящую из положений заготовки после каждого шага и конечной детали. Данная сборка позволит ему проводить процесс контроля на всей партии деталей с высокой точностью и скоростью за счет современных систем автоматизированного проектирования.

На основе испытаний автоматизированной системы при оценке выполнения технических требований, предъявляемых к 3 различным деталям, выполненными технологией ротационной вытяжки выявлена погрешность данного метода контроля, которая составила 0,044 мм.

Следовательно, для контроля деталей, полученных технологией ротационной вытяжки, разработанный метод является единственным способным измерять дефекты во время обработки. Также данный метод является самым скоростным.

Погрешность разработанного метода сравнима с погрешностью измерения штангенциркулем, что для технологии ротационной вытяжки является нормальной погрешностью [2].

Проведенный сравнительный анализ с известными методами контроля показал, что разработанный метод позволяет помимо оценки промежуточных состояний заготовки, также уменьшить время контроля, без ущерба точности.

Список источников

- [1] Корольков В.И. *Технология и оборудование процессов ротационной вытяжки*. Воронеж, Изд-во ВГТУ, 1999, 462 с.
- [2] Могильный Н.И. *Ротационная вытяжка оболочковых деталей на станках*. Москва, Машиностроение, 1983, 192 с.
- [3] Юдин Л.Г., Яковлев С.П. *Ротационная вытяжка цилиндрических оболочек*. Москва, Машиностроение, 1984, 239 с.
- [4] Гредитор М.А. *Давильные работы и ротационное выдавливание*. Москва, Машиностроение, 1971, 239 с.
- [5] Чупырин В.Н. *Технология технического контроля в машиностроении*. Москва, Издательство стандартов, 1990, 400 с.
- [6] Азаров Б.Ф. Использование технологии наземного лазерного сканирования для создания 3D-модели лопадки осевого вентилятора. *Ползуновский вестник*, 2017, вып. 4, с. 92–97.
- [7] Сверчков Д.С. Разработка человеко-машинного интерфейса и его применение в системах управления. *Труды Крыловского государственного научного центра*, 2018, № 1, с. 184–190.
- [8] *Точность 3D-сканирования*. URL: https://3dtool.ru/stati/tochnost3dskanirovaniya/?srsltid=AfmBOoqwVKr2JYQ9OS21_WpUwWng1CKrX8n4KZCyw4WxyBhAlBdeKmgT (дата обращения 29.04.2025).
- [9] Creality Product manual CR scan Raptor. 1.1.