

УДК 629.7.054

DOI: 10.22213/2410-9304-2022-2-68-77

Автоматизированный способ контроля качества поверхности стекла и зеркал при помощи алгоритмов машинного зрения для гироскопических устройств и приборов

И. Р. Кадыров, аспирант, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

А. В. Кривов, магистр, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Р. В. Мельников, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В работе проанализированы существующие приборы для контроля качества поверхности изделий. Рассмотрен вариант применения системы машинного зрения на примере использования при производстве изделий с применением стеклянных поверхностей, имеющих высокие требования к качеству изготовления. Рассмотрены и проанализированы готовые решения, описаны их характеристики, достоинства и недостатки. Разработан макет рабочего места для получения снимков поверхности изделия для последующей обработки программным обеспечением. Реализован пример автоматического получения снимков поверхности для геометрически-сложных изделий. Описан алгоритм и инструмент, позволяющий выявлять дефекты поверхности и классифицировать их путем обработки изображений с применением специально разработанного программного обеспечения. Описанный метод оценки поверхности также способен выявлять дефекты различных поверхностей, требующих высокого качества производства данных изделий, главным ограничением является оптический метод получения картины исследуемой поверхности. Алгоритм способен работать с изображениями среднего и высокого качества, что позволяет использовать данный метод оценки поверхностей с уже существующими системами, не имеющими алгоритма оценки поверхности, что упрощает возможность реализации данной системы. Сочетание с другими методами неразрушающего контроля изделий, в которых возможно получение изображений поверхности, внутренней области и скрытых полостей, позволит комплексно анализировать качество изделий. Использование машинного зрения актуально благодаря его особенностям, таким как скорость проверки качества поверхности, а также точность оценки. Система машинного зрения может выполнять отбраковку деталей гораздо быстрее и надежнее, чем человек, и может быть использована как инструмент для автоматизации производства.

Ключевые слова: контроль поверхности, дефект, машинное зрение, чувствительный элемент, твердотельный волновой гироскоп.

Введение

Производство стекла, линз и зеркал предъявляет высокие требования как к соблюдению технологии на всех стадиях процесса, так и к состоянию используемого технологического оборудования, огнеупора, качеству сырьевых материалов, стабильной работы стекловаренного агрегата и стеклоформирующего оборудования [1]. Малейшие отклонения параметров и нарушение стабильности технологического процесса вызывают образование пороков стекла. Однако часть пороков допустима, так как они несущественны для требуемых технических характеристик изделия. По большому счету, задача технического контроля – определить возможность рационального использования изделия, обладающего теми или иными несоответствиями.

Показатели качества стекла подлежат обязательному контролю. Каждое изделие, выполненное из этого материала, должно строго соответствовать установленным образцам по своим конструктивно-размерным и функциональным

особенностям. Контролируя качество стеклоизделий, можно своевременно выявить и отбраковать предметы, имеющие дефекты стекломассы, выработки или обработки.

Контроль качества продукции должен осуществляться быстро и «на месте» [2]. Во время мониторинга технология оценки должна быть мобильной и неразрушающей.

Авиационная и космическая техника наиболее остро нуждается в оснащении гироскопическими приборами навигации и стабилизации. С увеличением скоростей и перегрузок при движении и маневрировании летательных аппаратов требования к точностям гироскопических приборов и устройств повышаются [3]. В гироскопическом датчике первичной информации очень важно качество изготовления отдельных узлов и агрегатов, это позволяет достичь высокой точности прибора. В настоящее время эффективность и конкурентоспособность летательных аппаратов во многом определяется совершенством гироскопических датчиков [4]. В зависимости от тре-

бований, предъявляемых к системам управления и навигационным системам, выбирается соответствующий тип гироскопического датчика. К датчикам первичной информации относятся устройства, работающие на разных физических принципах [5]. Лазерные, волоконно-оптические, твердотельные волновые гироскопы нуждаются в изделиях из высококачественного стекла. Для лазерных гироскопических устройств необходимы линзы и зеркала. В твердотельных волновых гироскопах очень жесткие требования к качеству изделий из кварцевого стекла. Производства, изготавливающие данные виды гироскопических устройств должны быть крайне высокотехнологичными с высокой культурой производства и жесткими допусками к качеству изготавливаемой продукции.

Современное высокотехнологичное производство требует особых подходов к контролю качества выпускаемой продукции. Машинное зрение совершило настоящий технологический прорыв и значительно расширило возможности дефектоскопии в промышленности, перевело ее на новый, более высокий уровень [6]. Технология машинного зрения позволяет следить за качеством изделий непосредственно во время производственного процесса. Кроме того, системы машинного зрения способны значительно упростить контроль качества и уменьшить затрачиваемое время. Результатом машинного зрения может являться видоизмененное изображение или список значений некоторых параметров изображения, таких как размер объекта, его цвет, ориентация по отношению к камере и так далее [7]. Соответствующее разрешение камеры и достаточное увеличение микроскопа позволяет легко находить мелкие дефекты поверхности [8], которые невозможно различить невооруженным человеческим глазом.

Для автоматизации и упрощения контроля изделий из стекла с жесткими допусками по чистоте и качеству предлагается реализовать рабочее место и программное обеспечение [9], которое реализовано с применением алгоритмов машинного зрения. Целью работы является разработка программного обеспечения, способного в автоматическом режиме получать изображения поверхности и внутренней области полусферы резонатора, производить расчет и выполнять классификацию обнаруженных дефектов поверхности стекла.

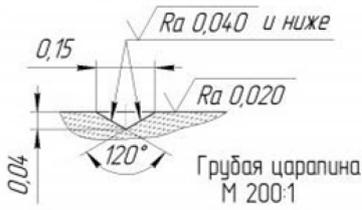
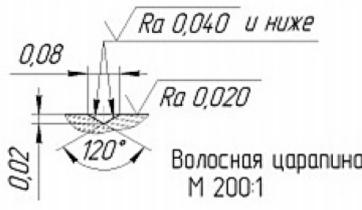
Критерии оценки, допуска на дефекты

Важной задачей является грамотное и исчерпывающее определение критериев, согласно которым дается заключение о годности стекла к последующим технологическим операциям либо о принципиальной возможности использования в конечном изделии [10]. Необходимо определиться с дефектами, которые будут идентифицированы и в дальнейшем проанализированы. Существуют разные дефекты поверхности, такие как царапина, трещина, загрязнение. Поскольку загрязнение поверхности исправляется специальными растворами с последующей обработкой, то, например, трещины моментально приводят к разрушению и не могут быть допустимы. Поэтому подробнее остановимся на таких дефектах поверхности, как царапины, так как они меняют напряженно-деформированное состояние стекла и способствуют ускоренному старению материала [11], что отрицательно сказывается на тактико-технических характеристиках изделия.

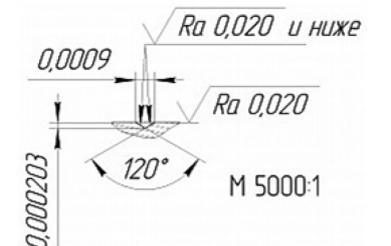
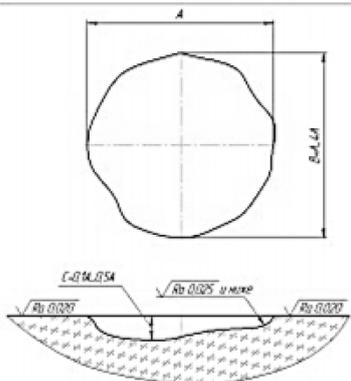
В табл. 1 представлены основные дефекты поверхности, вносящие существенный вклад в категорию годности стекла к дальнейшему использованию.

Таблица 1. Дефекты изделий

Table 1. Product defects

Дефект (ограничения)	Габариты	Характеристика
Грубая царапина (не допускается)	Царапина шириной не более 0,1 мм	
Волосная царапина (допускается в зоне склейки ножки резонатора и основания; на остальных – не допускается)	Царапина шириной до более 0,1 мм	

Окончание табл. 1
Table 1 (continued)

Дефект (ограничения)	Габариты	Характеристика
Царапина в пределе допуска шероховатости (допускается)	Царапина шириной до 0,0009 мм и глубиной до 0,000203 мм	
Сколы поверхностей и кромок (не допускается)	От круглых до вытянутых пороков, имеющих границу отделения части материала	

Существующие решения и их недостатки

Наиболее подходящим из существующих приборов для контроля поверхности стекла является стенд μ СММ, разработанный австрийской компанией Bruker alicona (рис. 1, а). Данный стенд представляет из себя оптическую микроординатную измерительную систему, которая позволяет проводить измерения линейно-угловых параметров, форм, взаимного рас-

положения поверхностей и качества поверхности при помощи одного сенсора. Основным недостатком данного стенда является крайне высокая стоимость. Также возникают сложности, связанные с приобретением и дальнейшим гарантийным обслуживанием данного испытательного оборудования, так как стенд производится за границей.



а



б

Рис. 1. Приборы для измерения структуры поверхности:
а – стенд Bruker alicona μ СММ, б – видеоизмерительный микроскоп Norgau NVM-2010

Fig. 1. Surface structure measuring instruments:
a – Stand Bruker alicona μ СММ, b – video measuring microscope Norgau NVM-2010

Другим из подходящих приборов для изучения структуры материала и качества поверхности стекла является видеоизмерительный микроскоп Norgau NVM-2010 (рис. 1, б). Данный бесконтактный видеоизмерительный микроскоп позволяет проводить контроль параметров формы: прямолинейность и круглость. Среди недостатков микроскопа можно отметить то, что для получения изображений в нескольких проекциях требуется разработка специализированной оснастки, данная оснастка проектируется и изготавливается исходя из характеристик исследуемых изделий.

Стенд автоматизированного контроля качества поверхности стекла

Поскольку аналоги, существующие на рынке, не могут работать сразу, как готовое решение, нуждаются в адаптации под конкретные условия применения, следовательно, затруднительны для проведения качественного и количественного анализа поверхности стекла на предмет определения дефектов, а также в силу своей дороговизны и сложности исполнения, возникает вопрос о необходимости разработки собственного решения. Поэтому с целью проведения автоматического контроля поверхности стекла с помощью алгоритмов машинного зрения необходимо разработать управляющий стенд, осуществляющий инициализацию и измерение дефектов [12]. Также для выявления и последующего анализа дефектов поверхности стекла требуется разработка программного обеспечения, выполняющего заданные требования. Исходя из этого необходимо подготовить рабочее пространство таким образом, чтобы получить изображения всей поверхности, а также необходимо обеспечить стабильность и воспроизводимость создания изображений.

Полученное, в определенном соотношении размеров, изображение с камеры микроскопа преобразуется в необходимый для обработки формат [13]. Далее происходит анализ загруженного изображения, определение и идентификация существующих дефектов и вывод результата проверки.

Для реализации автоматического контроля качества поверхности стекла посредством системы машинного зрения представлена концепция рабочего места в виде схемы (рис. 2).

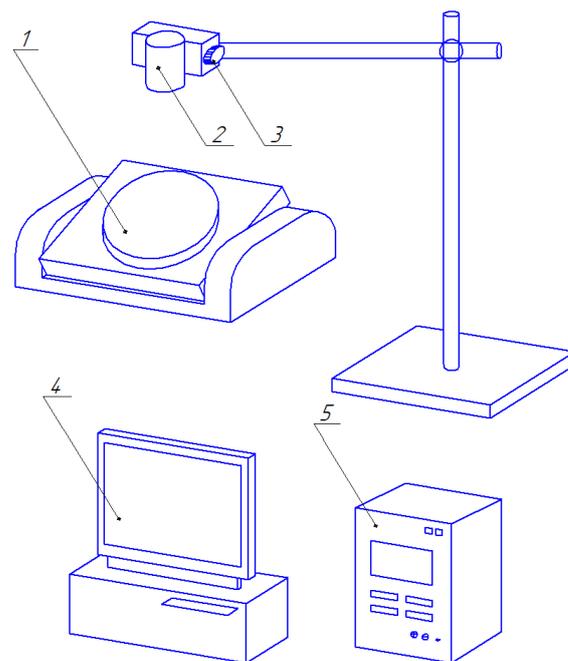


Рис. 2. Схема рабочего места
Fig. 2. Workplace diagram

Здесь 1 – оснастка для закрепления, 2 – цифровой окуляр, 3 – микроскоп стереоскопический, 4 – персональный компьютер, 5 – источник бесперебойного питания.

Схема определения дефектов поверхности стекла

В качестве определения и классификации дефектов на поверхности стекла был использован кварцевый резонатор ТВГ. Для осуществления контроля поверхности необходимо выполнить три основные задачи:

1) установить резонатор в стенд и настроить оборудование;

2) произвести измерения поверхности резонатора ТВГ и сформировать его общее изображение;

3) определить дефекты поверхности кварцевого резонатора ТВГ и выдать отчет с обнаруженными дефектами.

Процесс формирования изображения имеет следующий вид: для каждого участка производится обход поверхности резонатора с определенной дискретизацией, как пример, с шестнадцатикратным увеличением сектор будет равен $7,16^\circ$. Измерение производится до тех пор, пока не будет пройдена вся поверхность. По окончании измерения программным обеспечением формируется общее изображение поверхности резонатора ТВГ. Схема обхода поверхности представлена на рис. 3.

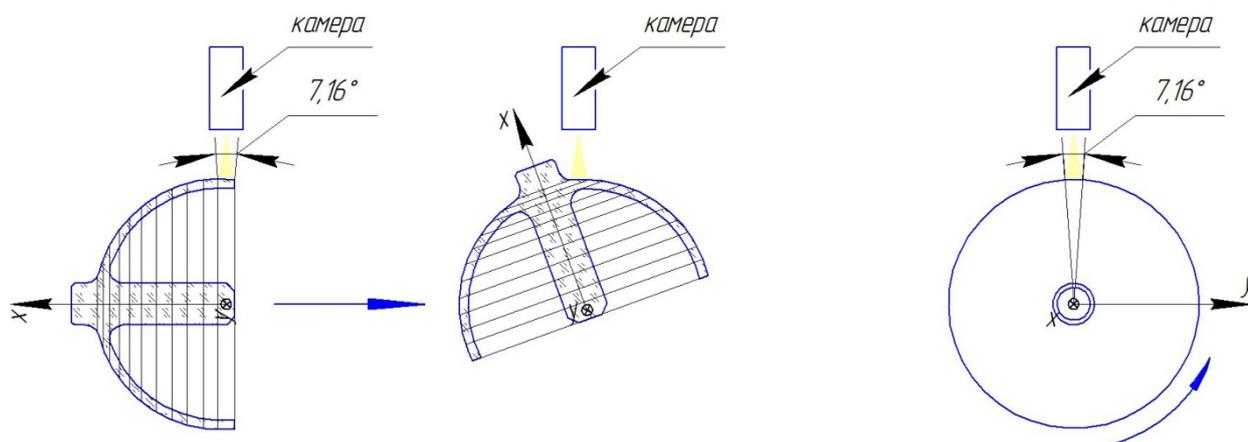


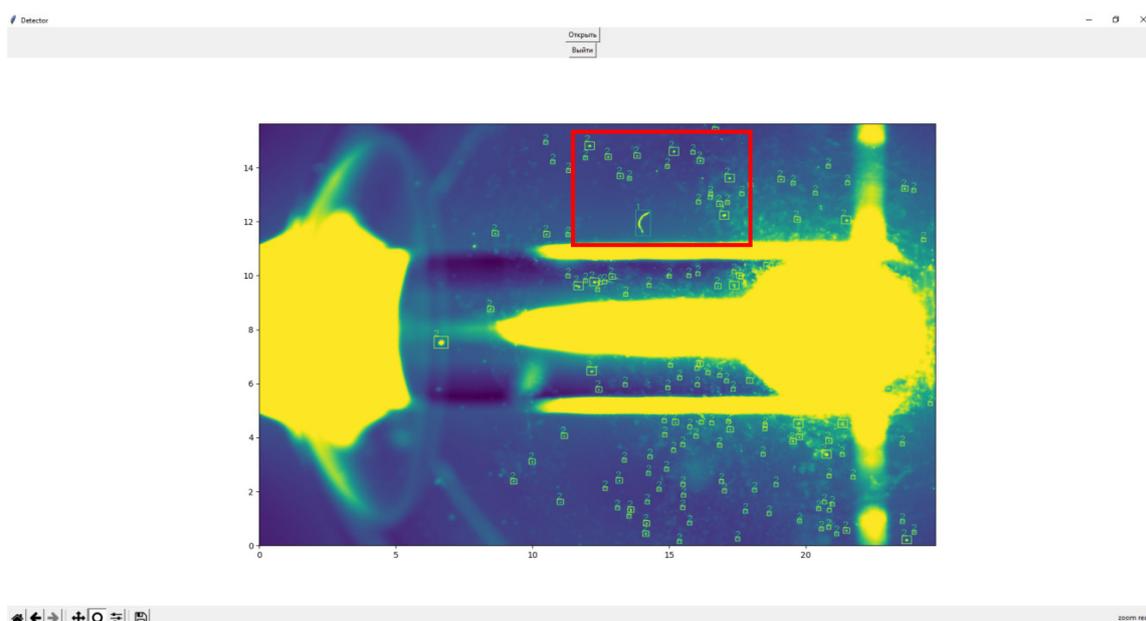
Рис. 3. Схема обхода поверхности
Fig. 3. Surface traversal scheme

Определение погрешностей поверхности кварцевого резонатора с использованием алгоритмов машинного зрения можно представить в виде линейной последовательности операций:

- 1) загрузка изображения поверхности кварцевого резонатора ТВГ;
- 2) выделение погрешностей и дефектов на поверхности резонатора;
- 3) классификация обнаруженных объектов (сколы, царапины, пятна, пыль);
- 4) проверка на вхождение обнаруженного объекта в допуск;
- 5) вывод отчета о допуске исследуемого изделия.

Программное обеспечение для автоматизированного контроля

Разработан инструмент, а именно программный продукт, работающий на основе алгоритмов машинного зрения. Программа позволяет обрабатывать изображения, выявлять дефекты поверхности и классифицировать обнаруженные дефекты. Возможна реализация получения изображений поверхностей и внутренних областей другими методами неразрушающего контроля, которые в выходных параметрах имеют необходимые изображения. Для данного ПО добавления других методов контроля не понесет больших временных затрат на доработку алгоритма. Пример работы разработанной программы представлен на рис. 4.



a

Рис. 4. Пример окна программы с определенными дефектами: a – общий вид (окончание на с. 73)
Fig. 4. An example of a program window with certain defects: a – general form



б

Рис. 4. Окончание: б – на отдельных участках (начало на с. 72)

Fig. 4. Continued: b – in some areas

В качестве входной информации для работы программы используется последовательность изображений резонатора, из которой можно собрать полное изображение поверхности резонатора, в качестве выходной информации формируется файл с отчетом.

Разработанная программа для анализа дефектов по изображению написана на языке про-

граммирования Python 3. Для анализа изображения и классификации объектов используется библиотека машинного зрения OpenCV. Изображение получается напрямую с камеры в виде видеопотока либо реализуется покадровая съемка плоскости резонатора. На рис. 5 представлено изображение распознанного дефекта на поверхности резонатора.

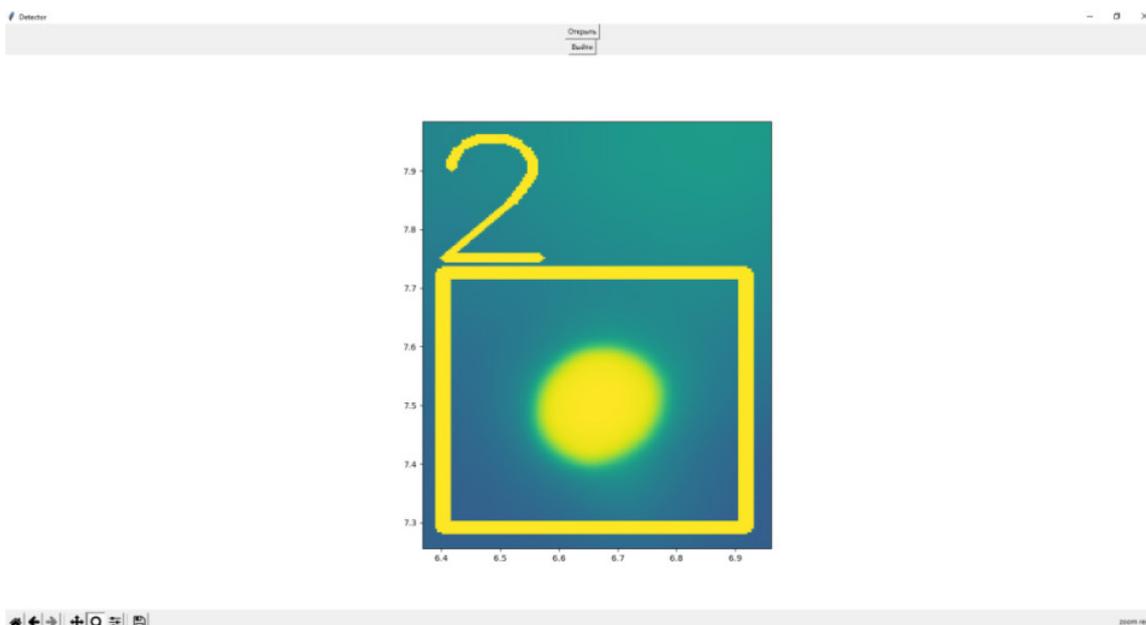


Рис. 5. Увеличенный дефект поверхности

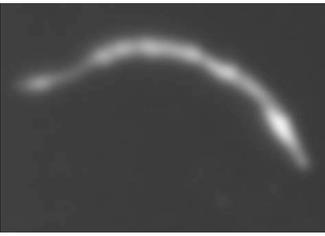
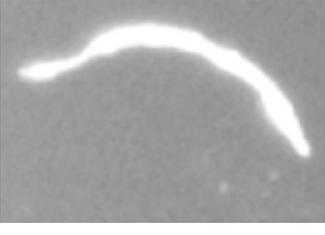
Fig. 5. Increased surface defect

Пользователю доступен функционал по работе с изображением: переход к определенным участкам, увеличение областей, переход к различным дефектам, которые определились как критичные. На выходе можно получить документ об обнаруженных дефектах, готовый к печати. Также возможна реализация автоматического определения линейных размеров каждого дефекта.

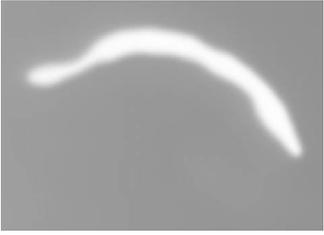
Используемые методы обработки изображения на примере резонатора

С целью реализации программного обеспечения был использован алгоритм исследования поверхности резонатора, представленный в табл. 2. Его реализация позволила улучшить изображение и получить контуры рассматриваемых дефектов в автоматическом режиме.

Таблица 2. Визуализация реализации алгоритма
Table 2. Visualization of the implementation of the algorithm

Этап выполнения программы	Графическое представление
1. <i>Загрузка</i> исходного изображения	
2. <i>Масштабирование</i> изображения: увеличение $\times 4$ раза	
3. <i>Конвертация</i> изображения в оттенки серого	
4. <i>Слабое размытие</i> : сглаживание границ	
5. <i>Применение матрицы свертки</i> : фильтр «эрозии» и «увеличения резкости»	

Окончание табл. 2
Table 2 (continued)

6. Удаление шумов изображения	
7. Бинарная инверсия (изображение имеет только два цвета – черный и белый)	
8. Каскадный классификатор (Haar's Cascade Classifier): позволяет определить царапины и загрязнение на резонаторе	Классификация дефектов происходит за счет обучения алгоритма основным внешним признакам данных дефектов (учитываются размеры, формы объектов, внешний признак)

После выделения области происходит классификация дефекта и присваивается номер, пример определения дефектов представлен на рис. 6. Классификация может быть доработана использованием большой выборки данных со всех исследуемых изделий и построением нейронной сети [14], которая будет учитывать не только внешние признаки, а еще и формы, линейные размеры и рельеф поверхности вблизи дефектов. В данный момент использовалась ог-

раниченная выборка из данных, которая показала крайне высокую возможность реализации данного алгоритма. В будущем возможно комбинирование методов визуального контроля с использованием полярископа, рентгеновского излучения (для зеркальных поверхностей) и так далее [15]. Также на этом изображении слева и внизу показывается шкала с реальными линейными размерами, по которым возможен визуальный контроль работы алгоритма.

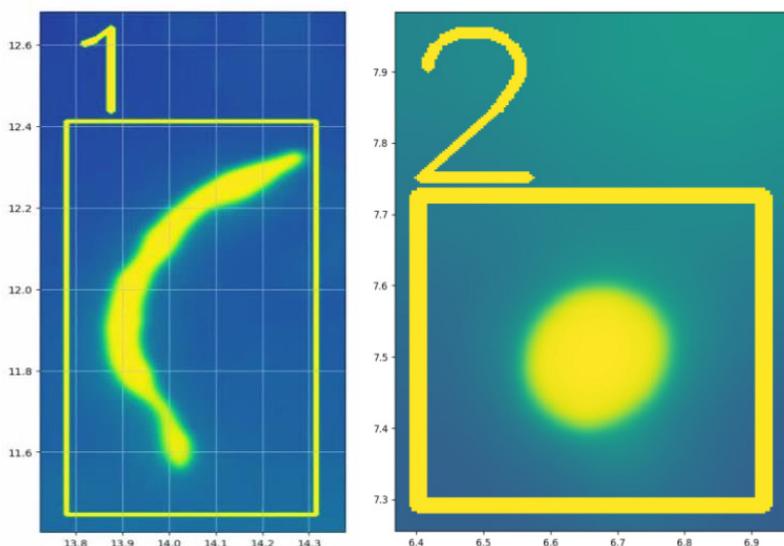


Рис. 6. Пример выделенной области с выявленным дефектом: 1 – критичные дефекты, 2 – устраняемые дефекты
Fig. 6. Example of a highlighted area with a highlighted defect: 1 – critical defects, 2 – removable defects

Заключение

Разработанное программное обеспечение было протестировано на изображении поверхности резонатора твердотельного волнового гироскопа. В результате работы программы пользователь видит обнаруженные дефекты поверхности и их размеры. Это позволяет оценить качество поверхности изделий из стекла для дальнейшей оценки о допуске к последующим технологическим операциям и потенциальном использовании в конечном изделии. Основным преимуществом использования предложенного программного продукта является то, что на контроль поверхности изделий из стекла требуется гораздо меньше времени. Работнику нет необходимости проводить визуальный контроль, за счет этого снижаются трудозатраты и высвобождаются умственные ресурсы предприятия. Комплексная автоматизация процесса проверки исключает человеческий фактор.

Приведенная концепция стенда контроля качества поверхности изделий в дальнейшем может быть адаптирована под конкретные нужды и объекты применения. Подобный стенд возможно использовать при производстве большого количества изделий, где требуется проводить контроль качества поверхности, доработав оснастку для обеспечения получения полной картины исследуемой поверхности.

Библиографические ссылки

1. Gireesh S.N., Arun G., Pandian P.S., Sundararajan T., Sachin S.G. Design of Inertial Class Gyroscope Resonator With Ultrahigh Quality Factor for Interplanetary Space Missions. Jan 17.2020.
2. Маслов Д. А. Идентификация параметров гироскопа с цилиндрическим резонатором при учете влияния нелинейности на амплитуду возбуждающего воздействия // Машиностроение и инженерное образование. 2017. № 1 (50). С. 24–31.
3. Delhaye F. HRG by Safran - The game-changing technology / F. Delhaye // In Proceedings of the IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems (INERTIAL) 2018. Moltrasio, Italy, 26–29 March 2018. С. 1–4. DOI: 10.1109/ISISS.2018.8358163.
4. Шишаков К. В. Твердотельные волновые гироскопы: волновые процессы, управление, системная интеграция : монография. Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2018. 264 с.
5. Трутнев Г. А., Перевозчиков К. К., Назаров С. Б. Система съема и способы измерения колебаний резонатора твердотельного волнового гироскопа // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2020. № 1. С. 50–63.
6. Nashwa El-Bendary, Esraa El Hariri, Aboul Ella Hassanien, Amr Bard Using machine learning techniques for evaluating tomato ripeness // Expert Systems

with Applications Volume 42, Issue 4, 2015, P.1892-1905. DOI:10.1016/j.eswa.2014.09.057.

7. Fergus P., Hussain A., Hignett David, Al- D. Jumeily, Khaled Abdel-Aziz, Hani Hamdan A machine learning system for automated whole-brain seizure detection // Applied Computing and Informatics. Volume 12, Issue 1, 2016, P. 70-89. DOI: 10.1016/j.aci.2015.01.001.

8. Nagdev Amruthnath, Tarun Gupta A research study on unsupervised machine learning algorithms for early fault detection in predictive maintenance // 2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications. 2018. P. 355-361. DOI: 10.1109/IEA.2018.8387124.

9. Пешехонов В. Г. Современное состояние и перспективы развития гироскопических систем // Гироскопия и навигация, 2011, № 1.

10. Новое поколение ИНС на основе ВТГ / С. Негри, Э. Лабарр, К. Линьон, Э. Брунштейн, Э. Салаён // Гироскопия и навигация. Т. 24. № 1 (92). 2016. С. 49-59. DOI: 10.17285/0869-7035.2016.24.1.049-059.

11. Jeanroy A., Bouvet A., Remillieux G. HGR and marine applications, Gyroscopy and navigation. 2014. Т. 5, № 2. P. 67-74.

12. Климов Д. М., Журавлев В. Ф., Жбанов Ю. К. Кварцевый полусферический резонатор (Волновой твердотельный гироскоп). М. : ФГБУН ИПМех им. А. Ю. Ишлинского РАН, 2017. 193 с.

13. Маслов Д. А. Идентификация и компенсация погрешностей волнового твердотельного гироскопа с электростатическими датчиками управления // Машиностроение и инженерное образование. 2018. № 1. С. 20–26.

14. Климов Д. М., Журавлев В. Ф., Жбанов Ю. К. Кварцевый полусферический резонатор (Волновой твердотельный гироскоп). М. : Ким Л. А., 2017. 194 с.

15. Серегин С. В. О возможности возникновения радиальных форм колебаний кольцевых элементов // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2018. Т. 4, № 1. С. 132–143.

References

1. Gireesh S.N., Arun G., Pandian P.S., Sundararajan T., Sachin S.G. Design of Inertial Class Gyroscope Resonator With Ultrahigh Quality Factor for Interplanetary Space Missions. Jan 17.2020.
2. Maslov D.A. [Identification of wave solid gyroscope parameters at a slowly changing frequency of forced vibrations]. Engineering Journal: Science and Innovation. 2017. Vol. 70, no. 10 (in Russ.).
3. Delhaye F. HRG by Safran - The game-changing technology. In Proceedings of the IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems (INERTIAL) 2018. Moltrasio, Italy, 26–29 March 2018. С. 1-4. DOI: 10.1109/ISISS.2018.8358163.
4. Shishakov K.V. *Tverdotel'nye volnovye giroskopy: volnovye processy, upravlenie, sistemaya integraciya: monografiya* [Hemispherical resonator gyroscopes: wave process, control, system integration:

monograph]. Izhevsk: Izd-vo IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova. 2018 (in Russ.).

5. Trutnev G.A., Perevozchikov K.K., Nazarov S.B. [Sensing system and methods for measuring oscillations in the resonator of a hemispherical resonator gyroscope]. Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Seriya Priborostroyeniye. 2020. No. 1, pp. 50-63 (in Russ.). DOI: 10.18698/0236-3933-2020-1-50-63.

6. Nashwa El-Bendary, Esraa El Hariri, Aboul Ella Hassanien, Amr Bard Using machine learning techniques for evaluating tomato ripeness. In Expert Systems with Applications Volume 42, Issue 4, 2015, P.1892-1905. DOI:10.1016/j.eswa.2014.09.057.

7. Fergus P., Hussain A., Hignett David, Al-Jumeily D., Khaled Abdel-Aziz, Hani Hamdan. A machine learning system for automated whole-brain seizure detection // Applied Computing and Informatics. Vol. 12, Iss. 1, 2016, Pp. 70-89. DOI: 10.1016/j.aci.2015.01.001.

8. Nagdev Amruthnath, Tarun Gupta A research study on unsupervised machine learning algorithms for early fault detection in predictive maintenance. In 2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications. 2018. Pp. 355-361. DOI: 10.1109/IEA.2018.8387124.

9. Peshehonov V.G. [Current state and prospects of gyroscopic systems development]. *Giroskopiya i navigaciya*, 2011, no. 1 (in Russ.).

10. Negri S., Labarr E., Linon K., Brunshtejn E., Salayon E. [A new generation of INS based on VTG]. *Giroskopiya i navigaciya*. 2016. Vol. 24, no. 1. Pp. 49-59. DOI: {10.17285/0869-7035.2016.24.1.049-059.

11. Jeanroy A., Bouvet A., Remillieux G. HGR and marine applications, Gyroscopy and navigation, T.5, №2, 2014. P. 67-74.

12. Klimov D.M., Zhuravlev V.F., Zhanov Yu.K. *Kvarcevyj polusfericheskiy rezonator (Volnovoj tverdotelnyj giroskop)* [Quartz hemispherical resonator (Wave solid-state gyroscope)]. Moscow: FGBUN IPMeh im. A.Yu.Ishlinskogo RAN, 2017. 193p. (in Russ.).

13. Maslov D.A. [Identification and compensation of errors of wave solid gyroscope with electrostatic control sensors]. Mechanical engineering and engineering formation. 2018. No. 1. Pp. 20-26 (in Russ.).

14. Klimov D. M., Juravlev V. F., Zhanov Y. K. *Kvartsevyi polusfericheskiy rezonator (Volnovoj tverdotel'nyi giroskop)* [Quartz hemispherical resonator (Hemispherical resonator gyroscope)]. Moscow: FGBUN IPMehim. A. Y. Ishlinskogo, 2017 (in Russ.)

15. Seregin S.V. [On the possibility of radial forms of oscillation of ring elements]. Vestnik of Tyumen State University. Physics and mathematics modeling. Oil, gas, energy. 2018. Vol. 4, no. 1. Pp. 132-143 (in Russ.)

Automated Method of Monitoring the Quality Surface of Glass And Mirrors by Means of Machine Vision Algorithms for Gyroscopic Devices

I. R. Kadyrov, Postgraduate, Udmurt State University, Izhevsk, Russia

A. V. Krivov, Master Degree student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

R. V. Melnikov, Postgraduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

The paper analyzes the existing devices for surface quality control of products. A variant of machine vision system application in terms of products using glass surfaces with high requirements to the quality of manufacturing are considered. Ready-made solutions are considered and analyzed, their characteristics, advantages and disadvantages are described. The layout of a workstation for obtaining images of the product surface for subsequent software processing was developed. An example of automatic acquisition of surface images for products with complex geometry is implemented. An algorithm and tool for detecting surface defects and classifying them, by image processing, using specially developed software, is described. The described method of surface assessment is also capable of detecting defects in various surfaces requiring high quality production of these products, and the main limitation is the optical method of obtaining a picture of the surface to be examined. The algorithm is able to work with images of medium and high quality, which allows to use this method of surface assessment with already existing systems that do not have an algorithm for surface assessment, which simplifies the possibility of implementing this system. Combination with other methods of nondestructive testing of products, that allow to obtain surface images, internal area and hidden cavities, it will make possible to analyze the quality of products in a complex way. The use of machine vision is relevant due to its features, such as: speed of surface quality control, as well as evaluation accuracy. A machine vision system can reject parts much faster and more reliably than a human and can be used as a tool production automation.

Keywords: surface inspection, defect, machine vision, sensing element, solid-state wave gyroscope.

Получено: 08.04.22