

РЕШЕНИЕ ВОПРОСА СОВМЕЩЕНИЯ СООСНОСТИ ДВУХ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОВОЛОК НА ПРИМЕРЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Д. Е. Писарев, С. И. Митрохин, А. И. Стариков
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

SOLVING THE ISSUE OF ENSURING THE ALIGNMENT OF TWO INTERSECTING METAL WIRES USING A TEST BENCH FOR A METAL SPRAYING AS AN EXAMPLE

Dmitry E. Pisarev, Sergey I. Mitrokhin, Alexander I. Starikov
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. В данной работе была поставлена задача обеспечения совмещения соосности двух пересекающихся металлических проволок для постоянного поддержания сварочной дуги. Данная необходимость возникла вследствие проведения эксперимента по нанесению металлического покрытия методом холодного напыления, в ходе которого была выявлена проблема, не позволяющая поддерживать постоянный процесс напыления: сварочная дуга была непостоянна, поскольку не обеспечивался постоянный контакт разнозаряженных металлических проволок.

Приведено описание применяемого в эксперименте оборудования (включая реальный прототип и трехмерную модель) и внесенных изме-

Abstract. In this work, the task was to ensure the alignment of two intersecting metal wires to maintain the welding arc at all times. This need arose as a result of an experiment in cold spray metal plating. It revealed a problem that does not allow maintaining a constant spraying process: the welding arc was unstable, because it did not ensure constant contact of differently charged metal wires.

A description of the equipment used in the experiment (including both a real prototype and a three-dimensional model) and modifications of the existing mechanism to solve the identified problem is given. Also presented a general view of the modified design, as well as a separated three-

нений в имеющийся механизм для решения выявленной проблемы. Также представлены как общий вид измененной конструкции, так и разнесенная трехмерная модель для отображения принципиальных конструктивных изменений. В результате получена измененная модель корпуса, в котором располагаются сварочные сопла, способного обеспечить регулирование положения сварочного сопла и, соответственно, гарантировать постоянное совмещение соосности двух пересекающихся металлических проволок.

Ключевые слова: металлическое напыление, холодное напыление, шаровый механизм, испытательный стенд, сварочная дуга

dimensional model to show the fundamental design changes.

As a result, a modified model of the housing, where the welding nozzles are located, has been developed. It is capable to ensure the adjustment of the welding nozzle position and, accordingly, to guarantee constant alignment of the two intersecting metal wires.

Key words: metal spraying, cold spraying, ball mechanism, test bench, the welding arc

Для цитирования: Писарев, Д. Е. Решение вопроса совмещения соосности двух пересекающихся металлических проволок на примере испытательного стенда для металлического напыления / Д. Е. Писарев, С. И. Митрохин, А. И. Стариков. – DOI 10.31660/2782-232X-2023-2-80-87. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2023. – № 2 (104). – С. 80–87.

For citation: Pisarev, D. E., Mitrokhin, S. I., & Starikov, A. I. (2023). Solving the issue of ensuring the alignment of two intersecting metal wires using a test bench for a metal spraying as an example. Architecture, Construction, Transport, (2(104)), pp. 80-87. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2023-2-80-87.

Введение

Нанесение металлического покрытия методом холодного напыления – это процесс формирования металлических покрытий при соударении холодных (с температурой, существенно меньшей температуры плавления) металлических частиц, ускоренных сверхзвуковым газовым потоком до скорости в несколько сотен метров в секунду, с поверхностью обрабатываемой детали [1–2]. При ударах нерасплавленных металлических частиц о подложку происходит их пластическая деформация, и кинетическая энергия частиц преобразуется в тепло, обеспечивая формирование сплошного слоя из плотно упакованных металлических частиц [3–4].

Для проверки технологии процесса нанесения металлического покрытия методом холодного напыления, которое рассматривается в многочисленных источниках [5–7], ведутся работы по

более детальному изучению процесса холодного напыления [8–10].

Объект и методы исследования

Объектом исследования является конструкция стенда, обеспечивающая пересечение металлических проволок и правильного подведения источника воздушного потока к возникающей сварочной дуге.

Исследования будут проводиться путем тестирования данных конструкций при проведении эксперимента по нанесению металлического покрытия методом холодного напыления.

Экспериментальная часть

При создании испытательного стенда для нанесения металлического покрытия методом холодного напыления посредством FDM-печати возникла необходимость обеспечения соосности

а)



б)

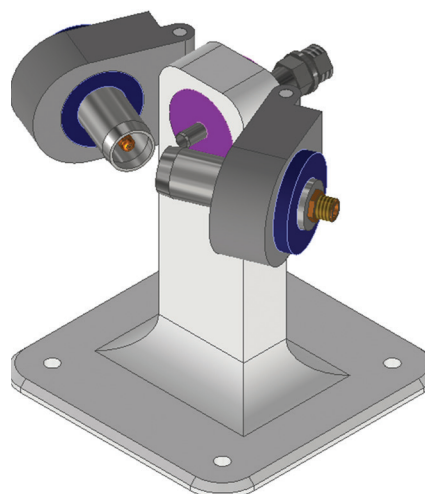


Рис. 1. Экспериментальный стенд для воссоздания процесса холодного напыления:

а) реальный прототип; б) трехмерная модель

Fig. 1. Experimental stand to recreate the cold spraying process: a) real prototype; b) three-dimensional model

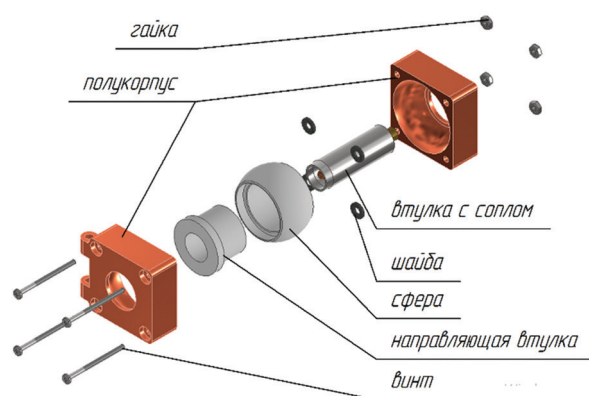
двух пересекающихся металлических проволок для постоянного поддержания сварочной дуги.

При первых испытаниях экспериментального стенда, представленного на рис. 1, процесс пересечения двух металлических проволок осуществлялся за счет их прохождения через специальные сварочные сопла, которые фиксируются на одной общей стойке в ее поворотных частях, так называемых «ушках». Стойка была создана с помощью технологии FDM-печати из пластика

PETG, и вследствие неточности полученных деталей стойки образовалось нарушение соосности двух пересекающихся проволок. В результате этого в процессе напыления металлического покрытия возникало обрывание сварочной дуги, что, в свою очередь, приводило к нарушению процесса напыления.

Для устранения данной проблемы было решено использовать усложненную конструкцию детали «ушко», как показано на рис. 2.

а)



б)

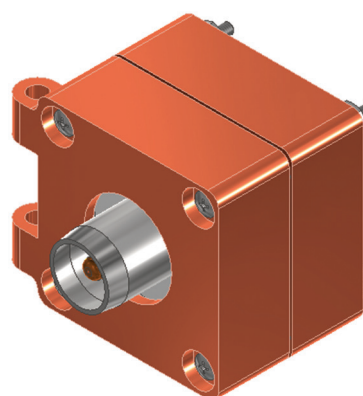


Рис. 2. Конструкция «ушка» с использованием регулировочного шарового механизма:

а) разнесенная сборка; б) общий вид конструкции

Fig. 2. The oylet design using the adjustment ball mechanism: a) the separated assembly; b) the general view of the design

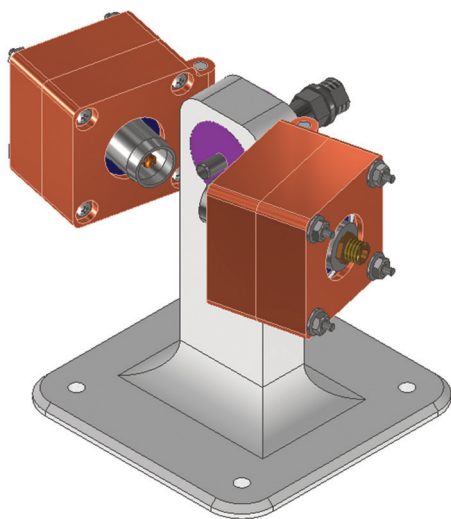


Рис. 3. Трехмерная модель испытательного
стенда с измененными «ушками»
Fig. 3. Three-dimensional model of test behch with
modified oylets

Основной идеей изменения конструкции было использование шарового механизма внутри корпуса для возможности регулирования положения сварочного сопла.

Деталь «ушко» была выполнена в виде сборочной единицы. Она представляет собой два полукорпуса с выполненным сферическим углубле-

нием внутри. Данное углубление выполнено для размещения в нем скошенной полусферы, обеспечивающей регулирование соосности вставленной в нее втулки со сварочным соплом. Фиксация положения полусферы выполняется при помощи затягивания винтов, которые осуществляют стягивание полукорпусов конструкции.

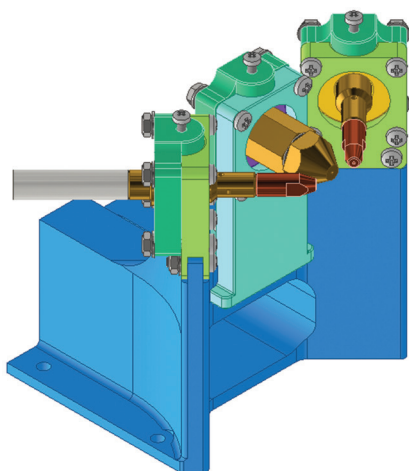
Была выполнена трехмерная модель видоизмененного испытательного стенда (рис. 3), напечатана на 3D-принтере, опробована и протестирована.

Так как было изменено расстояние между сварочными соплами, в ходе проведения эксперимента появилась новая проблема: сварочные сопла находятся слишком далеко друг от друга. За счет этого также отдалился и источник воздушного потока (сопло Лавала), в результате чего сверхзвуковой поток на выходе сопла перестал обеспечивать выдувание мелкодисперсных частиц металла из сварочной дуги.

Таким образом, появилась необходимость регулирования положения источника воздушного потока. Это привело к тому, что была изменена конструкция держателя, а также упрощены и уменьшены конструкции «ушек».

На рис. 4 показана трехмерная модель полностью видоизмененной конструкции испыты-

а)



б)

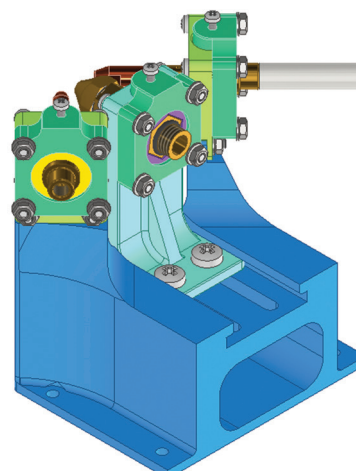
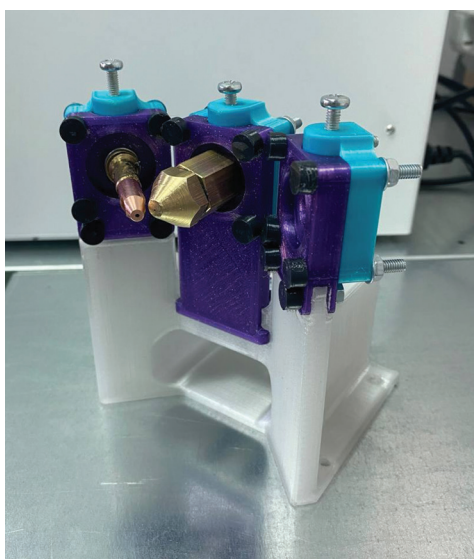


Рис. 4. Трехмерная модель полностью видоизмененной конструкции испытательного стенда:
а) изометрический вид спереди; б) изометрический вид сзади
Fig. 4. Three-dimensional model of completely modified design of the test behch:
а) front isometric view; б) back isometric view

тательного стенда с учетом всех необходимых изменений: в новой конструкции держателя появилась направляющая, обеспечивающая движение источника воздушного потока, «ушки» заняли статичное положение, при этом регулировка сварочных сопел, а также сопла Лаваля полно-

а)



стью обеспечивается шаровым механизмом. В отличие от конструкции с шаровым механизмом, положение сварочных сопел, а также сопла Лаваля фиксируется при помощи поджимных винтов, находящихся сверху каждого корпуса, внутри которого размещена полусфера.

б)

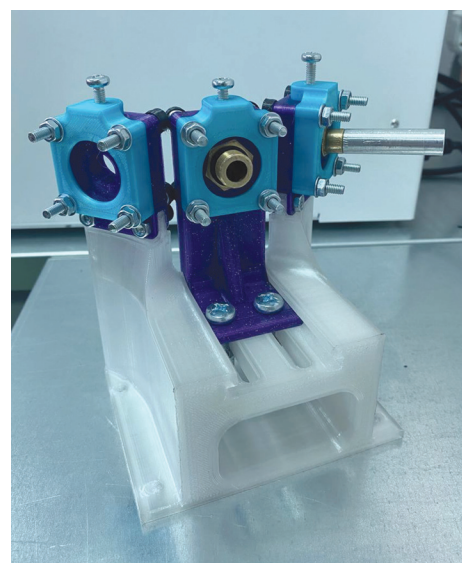


Рис. 5. Реальный прототип полностью видоизмененной конструкции испытательного стенда: а) вид спереди; б) вид сзади

Fig. 5. Real prototype of completely modified design of the test behch: a) front view; b) back view

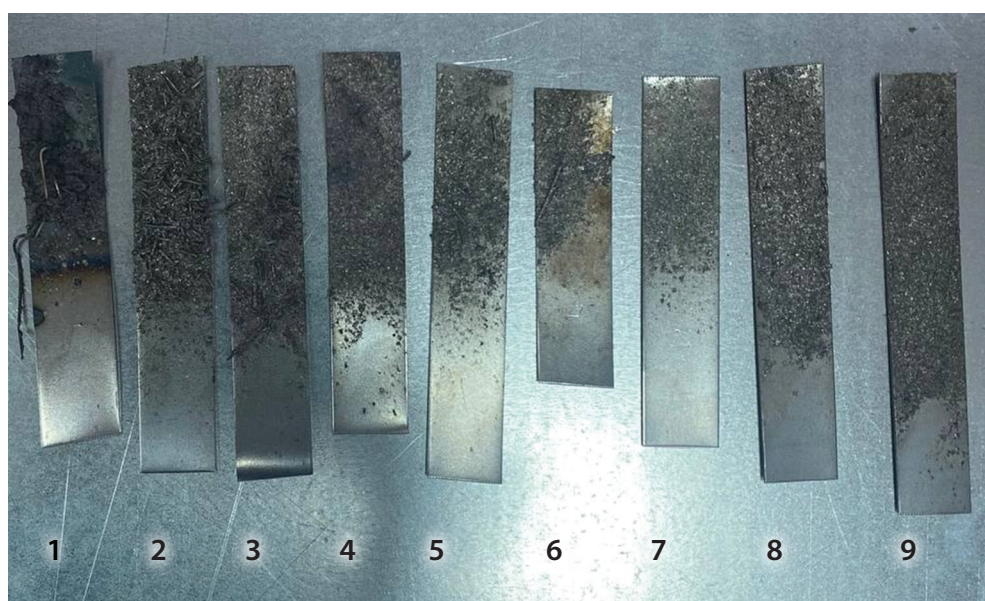


Рис. 6. Образцы с нанесенным металлическим покрытием, полученные в ходе эксперимента

Fig. 6. Metal-coated samples from the experiment

Результаты

Путем внедрения специального шарового механизма внутри каждого корпуса стенда, а также полного его видоизменения оказалось возможным добиться необходимой постоянной соосности пересекающихся проволок и, соответственно, постоянного поддержания сварочной дуги. Полностью видоизмененная конструкция стенда представлена на рис. 5.

При применении данной конструкции удалось получить образцы с нанесенным металлическим покрытием, полученным методом холодного напыления. Образцы представлены на рис. 6.

Образцы расположены в порядке, в котором наиболее наглядно показано улучшение качества наносимого металлического покрытия. Образцы с номерами 1, 2 и 3 получены на изначальном экспериментальном стенде, образцы под номерами 4, 5 и 6 – в процессе холодного напыления с использованием экспериментального стенда с новой конструкцией «ушек», а образцы под номерами 7, 8 и 9 – в ходе эксперимента с использованием последней версии стенда. На

изображении отчетливо видны цельные части проволоки на образцах 1, 2 и 3, что свидетельствовало о непостоянности сварочной дуги. На образцах, полученных в ходе проведения эксперимента на стенде с измененными «ушками» (4, 5 и 6), данная проблема была частично устранена, но величина дисперсности не обеспечивала необходимый уровень адгезии. Образцы 7, 8 и 9 демонстрируют корректность конструкции, поскольку на изображении наблюдается равномерный тонкий слой мелкодисперсных частиц металла.

Вывод

В результате внедрения данного регулируемого шарового механизма, а также полного изменения конструкции испытательного стенда получилось избавиться от прерывания сварочной дуги. Вследствие устранения возникшей проблемы удалось добиться соосности при пересечении металлических проволок, что позволило упростить и облегчить процесс нанесения металлического покрытия методом холодного напыления.

Библиографический список

1. Защитные покрытия: учебное пособие / М. Л. Лобанов, Н. И. Кардонина, Н. Г. Россина, А. С. Юровских. – Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2014. – 200 с. – Текст : непосредственный.
2. Гамбург, Ю. Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению / Ю. Д. Гамбург. – Москва : Техносфера, 2006. – 216 с. – Текст : непосредственный.
3. Лахтин, Ю. М. Химико-термическая обработка металлов / Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов. – Москва : Металлургия, 1985. – 256 с. – Текст : непосредственный.
4. Попов, А. А. Теоретические основы химико-термической обработки стали / А. А. Попов. – Москва : Металлургиздат, 1962. – 120 с. – Текст : непосредственный.
5. Химико-термическая обработка металлов и сплавов : справочник / Г. В. Борисенко, Л. А. Васильев, Л. Г. Ворошнин [и др.] ; под ред. Л. С. Ляховича. – Москва : Металлургия, 1981. – 424 с. – Текст : непосредственный.
6. Шатинский, В. Ф. Защитные диффузионные покрытия / В. Ф. Шатинский, А. И. Нестеренко. – Киев : Наукова думка, 1988. – 267 с. – Текст : непосредственный.
7. Харламов, Ю. А. Газотермическое напыление покрытий и экологичность производства, эксплуатации и ремонта машин / Ю. А. Харламов. – Текст : непосредственный // Тяжелое машиностроение. – 2000. – № 2. – С. 10–13.
8. Писарев, Д. Е. Математическое моделирование геометрических параметров сопла Лавалья / Д. Е. Писарев. – Текст : непосредственный // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности : сборник трудов XX международной научно-технической конференции «Чтения памяти В. Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной

декады, Екатеринбург, 07–08 апреля 2022 года. – Екатеринбург : Уральский государственный горный университет, 2022. – С. 212–216.

9. Новикова, А. А. Изучение геометрических параметров сопла Лаваля, влияющих на скорость воздушного потока / А. А. Новикова, Д. Е. Писарев. – Текст : непосредственный // Наука и образование: актуальные исследования и разработки : Материалы V Всероссийской научно-практической конференции. В 2 частях. Часть 2. Чита, 15–16 сентября 2022 года. – Чита : Забайкальский государственный университет, 2022. – С. 80–84.
10. Писарев, Д. Е. Использование специальных отверстий в сопле Лаваля для изменения скорости воздушного потока / Д. Е. Писарев, С. И. Митрохин. – Текст : непосредственный // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева, Тюмень, 24–26 ноября 2022 года. Том 2. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2023. – С. 255–258.

References

1. Lobanov, M. L., Kardonina, N. I., Rossina, N. G., & Yurovskikh, A. S. (2014). Zashchitnye pokrytiya. Ekaterinburg, Ural Federal University Publ., 200 p. (In Russian).
2. Gamburg, Yu. D. (2006). Gal'vanicheskie pokrytiya. Spravochnik po primeneniyu. Moscow, Tekhnosfera Publ., 216 p. (In Russian).
3. Lakhtin, Yu. M., & Arzamasov, B. N. (1985). Khimiko-termicheskaya obrabotka metallov. Moscow, Metallurgiya Publ., 256 p. (In Russian).
4. Popov, A. A. (1962). Teoreticheskie osnovy khimiko-termicheskoy obrabotki stali. Moscow, Metallurgizdat Publ., 120 p. (In Russian).
5. Borisenok, G. V., Vasil'ev, L. A., Voroshnin, L. G., Gorbunov, N. S., Dubinin, G. N., Zhunkovskiy, G. L., ... Shcherbakov, E. D. (1981). Khimiko-termicheskaya obrabotka metallov i splavov: spravochnik. Moscow, Metallurgiya Publ., 424 p. (In Russian).
6. Shatinskiy, V. F., & Nesterenko, A. I. (1988). Zashchitnye diffuzionnye pokrytiya. Kiev, Naukova dumka Publ., 267 p. (In Russian).
7. Kharlamov, Yu. A. (2000). Gazotermicheskoe napylenie pokrytiy i ekologichnost' proizvodstva, ekspluatatsii i remonta mashin. Tyazheloe mashinostroyeniye, (2), pp. 10-13. (In Russian).
8. Pisarev, D. E. (2022). Matematicheskoe modelirovaniye geometricheskikh parametrov sopla Lavalya. Tekhnologicheskoye oborudovaniye dlya gornoy i neftegazovoy promyshlennosti: sbornik trudov XX mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Chteniya pamyati V. R. Kubacheka", April, 07-08, Ekaterinburg, Ural State Mining University Publ., pp. 212-216. (In Russian).
9. Novikova, A. A., & Pisarev, D. E. (2022). Izucheniye geometricheskikh parametrov sopla Lavalya, vliyayushchikh na skorost' vozdukhnoy potoka. Nauka i obrazovaniye: aktual'nye issledovaniya i razrabotki: Materialy V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, September, 15-16. Chita, Transbaikalskiy gosudarstvenniy universitet Publ., (2), pp. 80–84. (In Russian).
10. Pisarev, D. E., & Mitrokhin, S. I. (2023). Ispol'zovaniye spetsial'nykh otverstiy v sople Lavalya dlya izmeneniya skorosti vozdukhnoy potoka. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii im. D. I. Mendeleeva, November, 24-26. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., (2), pp. 255-258. (In Russian).

Сведения об авторах

Писарев Дмитрий Евгеньевич, лаборант кафедры технологии машиностроения, Тюменский индустриальный университет, e-mail: pisarevde@tyuiu.ru

Information about the authors

Dmitry E. Pisarev, Laboratory Assistant at the Department of Mechanical Engineering Technology, Industrial University of Tyumen, e-mail: pisarevde@tyuiu.ru

Митрохин Сергей Иванович, студент кафедры технологии машиностроения, Тюменский индустриальный университет, e-mail: mitrokhinserega@mail.ru

Стариков Александр Иванович, старший преподаватель кафедры технологии машиностроения, Тюменский индустриальный университет, e-mail: starikovai@tyuiu.ru

Sergey I. Mitrokhin, Student of the Department of Mechanical Engineering Technology, Industrial University of Tyumen, e-mail: mitrokhinserega@mail.ru

Alexander I. Starikov, Senior Lecturer at the Department of Mechanical Engineering Technology, Industrial University of Tyumen, e-mail: starikovai@tyuiu.ru

Получена 11 апреля 2023 г., одобрена 16 мая 2023 г., принята к публикации 13 июня 2023 г.

Received 11 April 2023, Approved 16 May 2023, Accepted for publication 13 June 2023