

РОБОТИЗИРОВАННАЯ СВАРКА ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СПОСОБОМ ТОРТIG С СИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ РЕЖИМА СВАРКИ

Е. ТУРЫК¹, Л. ШУБЕРТ¹, С. ДУДЕК², В. ГРОБОШ¹

¹Институт сварки. 44-100, Польша, г. Гливице, ул. Б. Чеслава, 16-18. E-mail: is@is.gliwice.pl

²Праг и Утни. 35-078, Польша, г. Жешув, ул. Хетманска, 120

Разработан процесс роботизированной сварки ТОРТIG тонкостенных тавровых и стыковых соединений из никелевого сплава Инконель 718. Сварочная установка ТОРТIG 220 DC обеспечивает широкий диапазон регулирования параметров процесса сварки неплавящимся электродом в среде инертного газа с механизированной подачей присадочной проволоки и возможность роботизации сварки в местах с ограниченным доступом к зоне сварного шва. На основе результатов исследований роботизированной сварки ТОРТIG определены технологические особенности выполнения тавровых и стыковых соединений тонкостенных деталей из сплава Инконель 718. Измерительная система установки обеспечивает регистрацию технологических параметров процесса сварки, сигнализацию об отклонениях от заданных значений, формирование банка данных по технологиям сварки и возможность их просмотра. Проведенная аттестация показала, что разработанная технология сварки соответствует требованиям стандартов EN ISO 15614-1 и EN ISO 15613. Библиогр. 7, табл. 1, рис. 7.

Ключевые слова: роботизированная сварка, способ ТОРТIG, тонкостенные детали, жаропрочный никелевый сплав Инконель 718, мониторинг процесса сварки ТОРТIG

При ручной аргодуговой сварке тонкостенных деталей качество сварного соединения во многом зависит от квалификации сварщиков. Для решения этой проблемы было предложено использовать способ роботизированной сварки ТОРТIG с механизированной подачей присадочной проволоки под углом 20° к оси вольфрамового электрода [1–3]. Система механизированной подачи присадочной проволоки в этом способе интегрирована с газовым соплом, что позволяет уменьшить размеры горелки и расширить возможности ее применения. В частности, новая горелка обеспечивает доступ к таким местам, в которых применение традиционной сварочной горелки TIG с механизированной подачей присадочной проволоки не представляется возможным (рис. 1).

Ниже, в качестве примера, описан опыт разработки технологии роботизированной сварки ТОРТIG тонкостенных деталей из никелевого сплава Инконель 718 с системой регистрации параметров процесса сварки.

Разработка технологии сварки ТОРТIG тонкостенных деталей. Технологические исследования проведены на сварочном посту, оснащённом сварочным роботом CLOOS ROMAT 310 производства Carl Cloos Schweisstechnik GmbH и сварочной установкой ТОРТIG 220 DC производства Air Liquide Welding.

Выполнялись стыковые и тавровые сварные соединения образцов по стандарту EN ISO 15614-1 [4] и модельных деталей в соответствии со стандартом EN ISO 15613 [5]. Для сварки сплава Инконель 718 [6] использовали сварочную проволоку

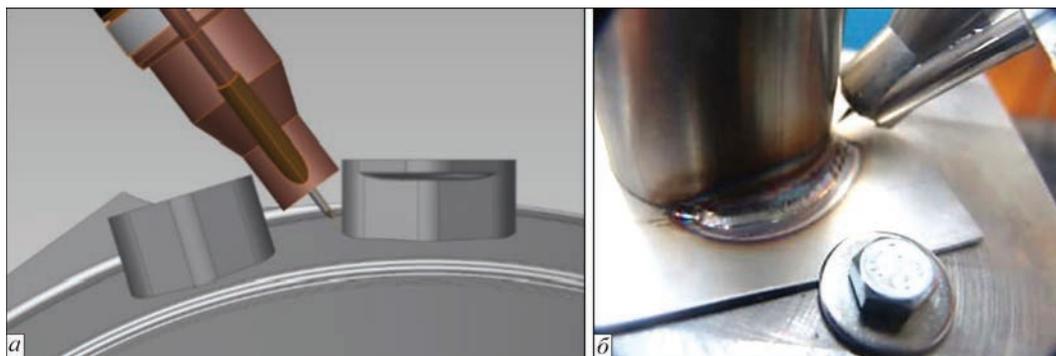


Рис. 1. Схема размещения сварочной горелки ТОРТIG между привариваемыми муфтами (а) и фрагмент сварного шва модельного элемента, выполненного горелкой ТОРТIG (б)

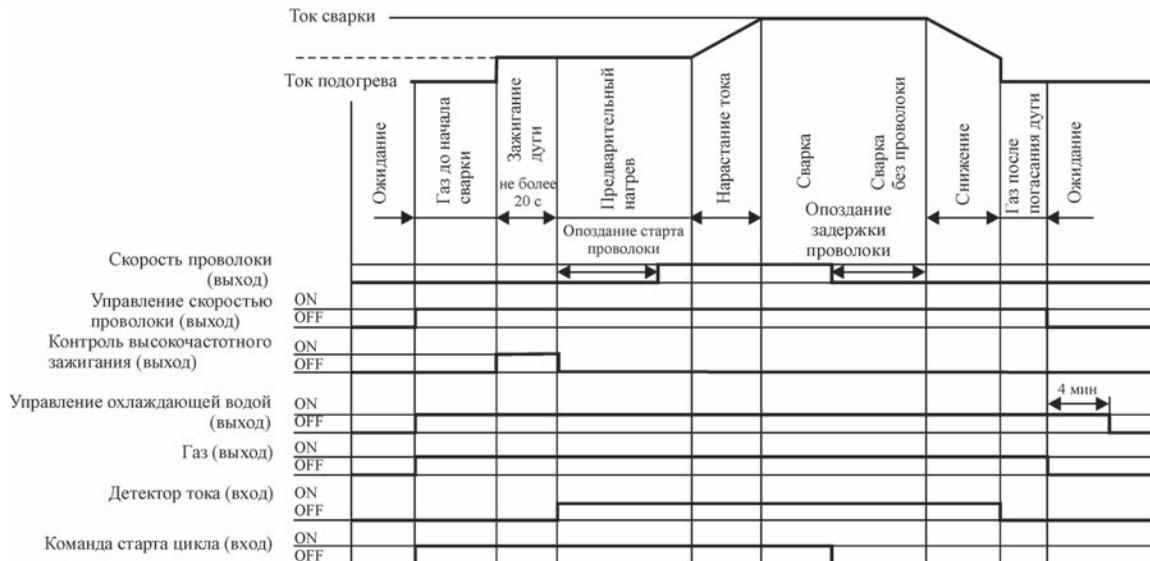


Рис. 2. Временная диаграмма цикла сварки TIG [7]

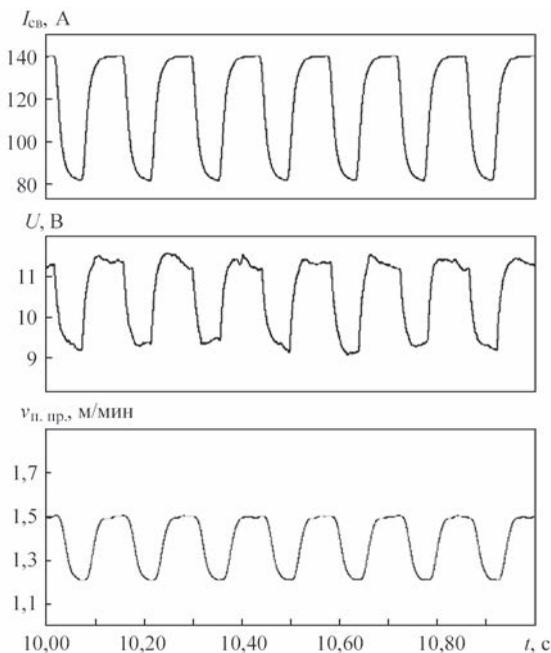


Рис. 3. Осциллограммы тока, напряжения дуги и скорости подачи проволоки во время сварки методом TIG

NiFe19Cr19Nb5Mo3 диаметром 1,0 мм. В качестве защитного газа применяли аргон высокой чистоты (ISO 14175-II) марки 4,8 (99,998 %), расход аргона составлял 15 л/мин. Временная диаграмма цикла сварки TIG представлена на рис. 2.

При выборе режима сварки необходимо учитывать специфику системы управления установки TIG 220 DC, обеспечивающей регулировку пульсации скорости подачи проволоки и возможность синхронизации подачи проволоки с импульсами тока. На рис. 3 показаны осциллограммы тока сварки, напряжения дуги и скорости подачи проволоки в процессе сварки TIG.

При проведении экспериментов в широком диапазоне изменяли параметры процесса сварки и оценивали их влияние на ход процесса и фор-

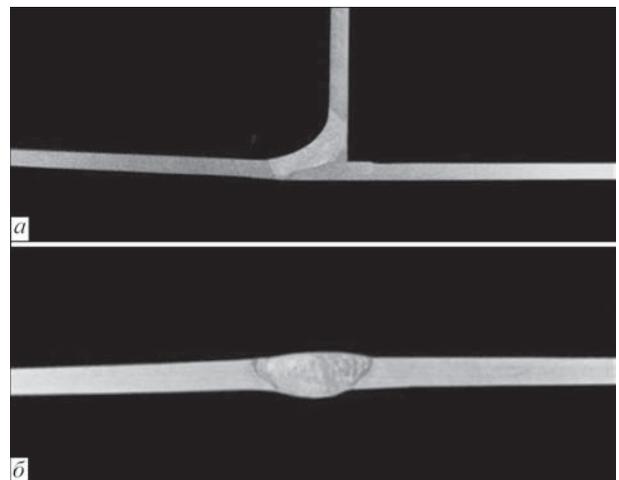


Рис. 4. Макроструктура таврового (а) и стыкового соединений (б) толщиной 1,5 мм, выполненных методом TIG с использованием параметров сварки по таблице

мирование сварных швов. В результате экспериментов подобраны режимы сварки тавровых и стыковых соединений в нижнем положении, обеспечивающие стабильный процесс и требуемое качество сварных швов (таблица). Макроструктура сварных соединений представлена на рис. 4.

Проведенный неразрушающий контроль и механические испытания показали, что разработанная технология полностью соответствует требованиям стандартов EN ISO 15614-1 и EN ISO 15613 по аттестации процесса сварки.

Система измерения и контроля параметров роботизированного процесса сварки TIG. Учитывая высокие требования, которые предъявляются к сварным соединениям из никелевого сплава Инконель 718, было решено оснастить серийный роботизированный комплекс для сварки TIG системой постоянного мониторинга процесса сварки (рис. 5).

На основании технической документации оборудования, входящего в состав роботизированно-

Диапазон настройки параметров сварки на установке ТОРТIG 220 DC и режимы сварки соединений деталей толщиной 1,5 мм

Параметр	Диапазон регулировки	Тавровое соединение	Стыковое соединение
Время подачи газа до начала сварки, с	0...10	1,0	1,0
Ток предварительного подогрева, А	5...220	100	70
Время предварительного подогрева, с	0...10	1,4	1,4
Время нарастания тока до начала сварки, с	0...10	0,5	0,5
Ток импульса, А	5...220	140	130
Ток в паузе между импульсами, А	5...220	70	66
Скважность, %	20...80	60	60
Частота импульсов, Гц	0,1...200	7	7
Скорость сварки, см/мин		26	29
Время гашения дуги, с	0...10	1,0	1,0
Время прекращения подачи газа после обрыва дуги, с	0...20	19	19
Начальное замедление подачи проволоки, с	0...10	1,0	1,0
Скорость подачи проволоки при импульсе, м/мин	0...10	2,0	1,2
Скорость подачи проволоки в промежутке (паузе) между импульсами, м/мин	0...10	1,5	0,8
Задержка остановки подачи проволоки при гашении дуги, с	0...3	0,1	0,1

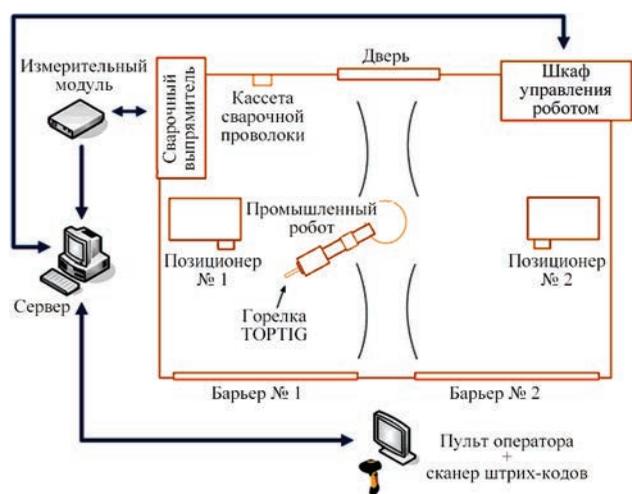


Рис. 5. Планировка поста роботизированной сварки ТОРТIG с системой контроля параметров сварки

го сварочного поста, и результатов проведенных экспериментов выбраны параметры, которые необходимо контролировать, способ взаимодействия систем управления сварочной аппаратуры с системой управления роботом, и определены места монтажа датчиков системы мониторинга.

Система контроля полностью автоматизирована и ее работа синхронизирована с работой программы управления промышленным роботом, источником питания и сварочной головкой ТОРТIG. При последовательном выполнении сварных швов (или их участков) данные о параметрах сварки регистрируются, обрабатываются, визуализируются и хранятся в базе данных.

Разработанная измерительная система для контроля технологических параметров процесса сварки ТОРТIG на роботизированном посту обеспечивает регистрацию и запись в базе данных следующей информации:

- ток сварки;

- напряжение дуги;
- расход аргона подводимого в сварочную горелку и для защиты обратной стороны шва;
- чистота аргона (сигнал анализатора содержания кислорода в аргоне);
- скорость сварки (считывается из программы робота);
- скорость подачи проволоки;
- штриховые коды: идентификационного номера детали (свариваемого узла), номера заказа, номера серийного и контрольного, номера операции сварки (вводимые оператором поста с помощью сканера штрих-кодов);
- название программы сварки (считывается из программы робота);
- номер программы сварки (считывается из установки ТОРТIG посредством системы управления роботом);
- дата и время сварки (считывается из программы робота);
- температура окружающей среды;
- относительная влажность;
- разбивка сварного шва на отдельные участки на основе сигналов от робота.

Компьютерная программа измерительной системы разделена на несколько независимых модулей так, чтобы обеспечить заранее определенную функциональность системы. На рис. 6 показано основное окно модуля «ОПЕРАТОР», предназначенного для оператора поста. Программа взаимодействует с модулем «РЕГИСТРАТОР», который в режиме онлайн пересылает зарегистрированные осциллограммы параметров сварки.

В окне программы можно выделить несколько панелей, в том числе панели диаграмм, информационную панель и панели сигнализации. Перед началом процесса сварки оператор вводит с по-

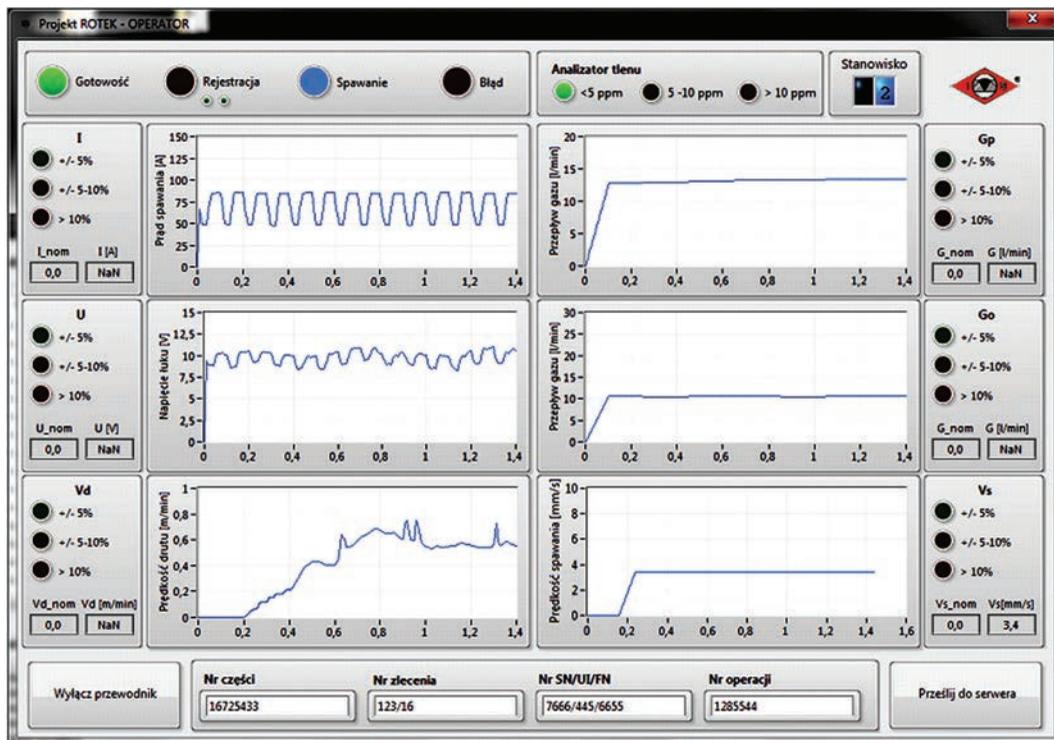


Рис. 6. Графический интерфейс пользователя программного модуля «ОПЕРАТОР»

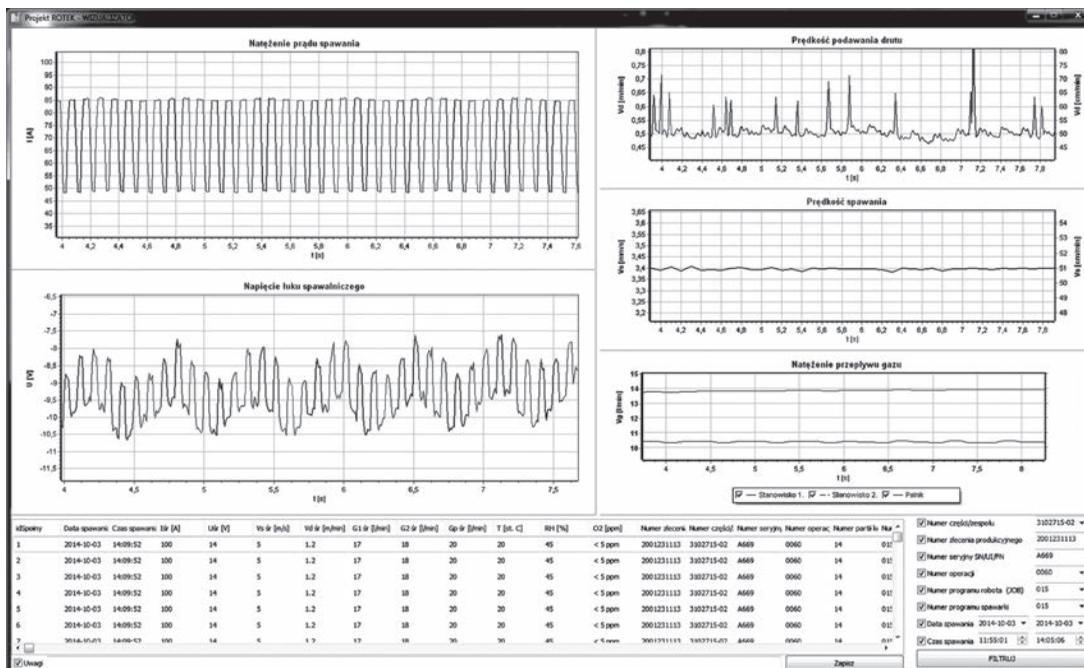


Рис. 7. Графический интерфейс пользователя программного модуля «ВИЗУАЛИЗАТОР»

мощью сенсорного экрана или сканера штрих-кодов данные в информационную панель (номер детали, номер заказа, контрольные номера, номер операции) из технологической карты свариваемой детали. Эти данные присоединяются к осциллограммам параметров сварки и сохраняются в базе данных. Обеспечена сигнализация нарушений заданного режима сварки.

На рис. 7 приведено главное окно модуля «ВИЗУАЛИЗАТОР». Основной задачей этого модуля является просмотр архивных данных, хранящихся

в базе. В этом окне можно выделить: панель диаграмм, которая показывает осциллограммы параметров сварки; таблицу записей данных, в строках которой хранятся значения параметров для очередных сварных швов; панель фильтра, с помощью которого можно выбрать подмножество данных на основе определенных параметров (например, номер детали, номер заказа, серийный номер, номер операции, номер программы робота, дата и время выполнения сварного шва). Программа обеспечивает возможность печатания со-

ответствующего отчета согласно потребностям пользователя.

Заключение

Сварочная установка ТОРТИГ 220 DC обеспечивает широкий диапазон регулирования параметров процесса сварки неплавящимся электродом в среде инертного защитного газа с механизированной подачей присадочной проволоки и возможность роботизации сварки в местах с ограниченным доступом к зоне сварного шва. На основе результатов технологических исследований роботизированной сварки ТОРТИГ определены технологические параметры выполнения тавровых и стыковых сварных соединений тонкостенных деталей из сплава Инконель 718. Проведенная аттестация процесса сварки показала, что разработанная технология соответствует требованиям стандартов EN ISO 15614-1 и EN ISO 15613.

Замена ручной сварки ТИГ тонкостенных деталей роботизированной сваркой ТОРТИГ улучшила условия работы сварщиков и обеспечила высокое качество свариваемых деталей. Разработанная измерительная система обеспечивает регистрацию параметров процесса сварки, сигнализацию об отклонениях от заданных параметров сварки, формирование банка данных по технологиям сварки и возможность их просмотра.

Список литературы

1. ООО «Эр Ликвид Велдинг Украина». (2010) ТОРТИГ: Инновационный процесс сварки неплавящимся электродом. *Сварщик*, 5, 15–17.
2. (2009) Технологии соединения для аэрокосмической промышленности. *Автоматическая сварка*, 8, 3–4.
3. Air Liquide Welding TOPTIG. (2017) A new robot welding process for industry. <https://www.oerlikon-welding.com> [Доступ 8.04.2017].
4. EN ISO 15614-1 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials: Welding procedure test.

Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys.

5. EN ISO 15613 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials: Qualification based on pre-production welding test.
6. High Performance Alloys, Inc. Inconel 718 Description. <http://www.hpalloy.com/Alloys/descriptions/INCONEL718.aspx> [Доступ 8.04.2017].
7. (2014) ТОРТИГ 220 DC Safety instructions for operation and maintenance. Cat n W000257751. *Air Liquide Welding*, 3, 73.

Є. Турик¹, Л. Шуберт¹, С. Дудек², В. Гробош¹

¹Інститут зварювання.

44-100, Польща, м. Глівіце, вул. Б. Чеслава, 16-18.

E-mail: is@is.gliwice.pl

²Пратт і Утні.

35-078, Польща, м. Жешув, вул. Хетманська, 120

РОБОТИЗОВАНЕ ЗВАРЮВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ДЕТАЛЕЙ СПОСОБОМ ТОРТИГ З СИСТЕМОЮ КОНТРОЛЮ РЕЖИМУ ЗВАРЮВАННЯ

Розроблено процес роботизованого зварювання ТОРТИГ тонкостінних таврових і стикових з'єднань з нікелевого сплаву Інконель 718. Зварювальна установка ТОРТИГ 220 DC забезпечує широкий діапазон регулювання параметрів процесу зварювання неплавким електродом в середовищі інертного газу з механізованою подачею присадочного дроту і можливість роботизації зварювання в місцях з обмеженим доступом до зони зварного шва. На основі результатів досліджень роботизованого зварювання ТОРТИГ визначені технологічні особливості виконання таврових і стикових з'єднань тонкостінних деталей зі сплаву Інконель 718. Вимірвальна система установки забезпечує реєстрацію технологічних параметрів процесу зварювання, сигналізацію про відхилення від заданих значень параметрів, формування банку даних за технологіями зварювання і можливість їх перегляду. Проведена аттестация показала, що розроблена технологія зварювання відповідає вимогам стандартів EN ISO 15614-1 та EN ISO 15613. Бібліогр. 7, табл. 1, рис. 7.

Ключові слова: роботизоване зварювання, спосіб ТОРТИГ, тонкостінні деталі, жароміцний нікелевий сплав Інконель 718, моніторинг процесу зварювання ТОРТИГ

Поступила в редакцію 16.04.2017

МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ

В январе 2017 г. производство стали в мире достигло 136,5 млн т, увеличившись по сравнению с январем 2016 г. на 7 %. Китай, Россия, Турция, Украина и Европейский Союз повысили выход стали.

По данным Worldsteel в ЕС произвели 13,824 млн т стали, что на 2,4 % выше в годовом исчислении. Германия — 3649 млн т, достигнув роста на 1,2 %. Италия увеличила производство на 5 тыс. т или на 0,3 % — до 1825 млн т. Россия произвела 6,183 млн т, увеличив выход стали на 11,6 %. Украина увеличила производство на 8,5 % до 2,103 млн т. В Беларуси произведено 200 тыс. т, что представляет собой увеличение до 31,6 %. Турция с производством 2,93 млн т зафиксировала рост на 12,8 %. В США производство увеличилось на 6,5 %, поднявшись до 6,874 млн т. Бразилия с производством 2,9 млн т зафиксировала рост на 14,4 %. В Азии было отмечено увеличение производства на 7,1 %. Производство в общей сложности в регионе составило 93,413 млн т, из которых 67,2 млн т произвел Китай (рост на 7,4 %). 9 млн т произведено в Японии, увеличение на 2,7 %. Индия выплавляла 8,4 млн т, в свою очередь обеспечив 12 % роста. В Южной Корее произведено 5,86 млн т, выход увеличился на 3,2 %.