

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА НА ПРОЦЕСС ЛИНЕЙНОЙ СВАРКИ ТРЕНИЕМ

И. М. Гатиятуллин¹, В. Р. Галимов², Ю. Х. Мухамедьярова³,
А. В. Хайрдинова⁴, А. С. Гусев⁵

¹rb.myyashik@gmail.com, ²galimov.vitalij-r01@net.ugatu.su, ³mukhame98@gmail.com,
⁴khayrtdinova.alsu@bk.ru, ⁵gusev.angrey@bk.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. В ходе исследования было установлено, что процесс сварки тавровых соединений имеет ряд отличий выражающихся в большей продолжительности неустановившейся стадии и росте амплитудного значения сдвигового усилия на протяжении установившейся стадии. Сварные соединения не содержат дефектов швов по всей площади свариваемого стыка, что делает необязательной назначения припуска по периметру свариваемого сечения.

Ключевые слова: сварка трением; линейная сварка трением; сварочный рельеф; титановый сплав ВТ-6.

ВВЕДЕНИЕ

Линейная сварка трением (ЛСТ) представляет собой сварку с применением давления, при которой нагрев осуществляется трением, вызванным относительным возвратно-поступательным перемещением свариваемых деталей. ЛСТ является сравнительно молодым методом среди других способов сварки трением. Несмотря на это, данный способ сварки активно применяется при изготовлении блисков газотурбинных двигателей (ГТД) (рис. 1).



Рис. 1. Существующая и перспективная схема ЛСТ блиска

На сегодняшний день технология ЛСТ блиска требует подготовки симметричного рельефа на диске и лопатках. Данная технология является трудоемкой, требует затраты дорогостоящего материала и применение 5-осевой механической обработки на станках с ЧПУ.

В настоящее время проводят исследования ЛСТ с несимметричным рельефом, некоторые из них представленные в работах [2-7]. Данные исследования актуальны тем, что их результаты позволят исключить трудозатратную подготовку рельефа на диске (рис. 1).

Однако это не все преимущества ЛСТ с несимметричным рельефом. Так же появляется возможность ремонта лопаток ГТД, пришедшие в неисправность при эксплуатации, что позволит значительно сократить стоимостные и временные расходы ремонта ГТД.

Методика исследования. Для оценки влияния формы рельефа на процесс сварки были использованы образцы из сплава ВТ-6. Габаритные размеры образцов равны: ширина 13 мм, высота 26 мм, длина 35 мм.

Для создания условий ЛСТ с несимметричным рельефом были подготовлены 4 группы образцов по 5 шт., отличающиеся шириной рельефа a (рис.2), значения которой составляли 4, 6, 8 и 10 мм.

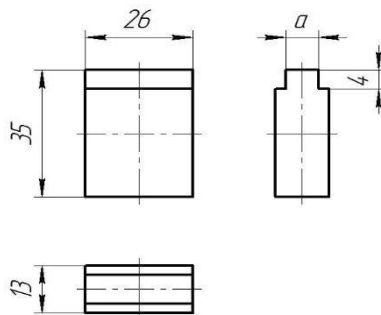


Рис. 2. Образец для ЛСТ с несимметричным рельефом

Сварка образцов велась при давлении нагрева 100 МПа, частота и амплитуда возвратно-поступательного движения составляли 50 Гц и 2 мм соответственно, осадка нагрева принималась равной 2 мм.

Для всех исследованных типоразмеров несимметричного рельефа при сварке была достигнута требуемая величина осадки и произошло формирование грата по всему периметру свариваемого сечения.

Визуально-измерительный контроль образцов после ЛСТ показал отсутствие трещин в области свариваемого сечения, образование грата от двух образцов и достижение заданной осадки, что свидетельствует о получении сварного соединения.

Из сваренных образцов изготовили макрошлифы, что подтвердило получение сплошного сварного шва. Так же по макрошлифам образцов с шириной рельефа 4 и 6 мм было выявлено изгиб сварного шва относительно свариваемой плоскости (рис. 3).

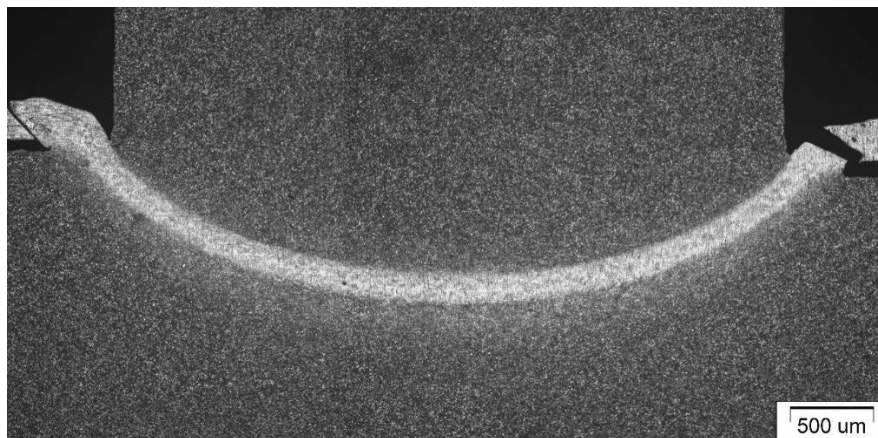


Рис. 3. Макрошлиф группы 4 мм х5

Сравнение показывает, что в отличие от сварки деталей с симметричным рельефом ширина шва по краям сечения не уменьшается.

Измерение микротвердости проводилось согласно ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 методом Виккерса. В качестве индентора используется четырехгранная алмазная пирамида с углом при вершине 136° . При измерении микротвердости расстояние между центрами смежных отпечатков должно быть не менее трех длин диагонали среднего отпечатка.

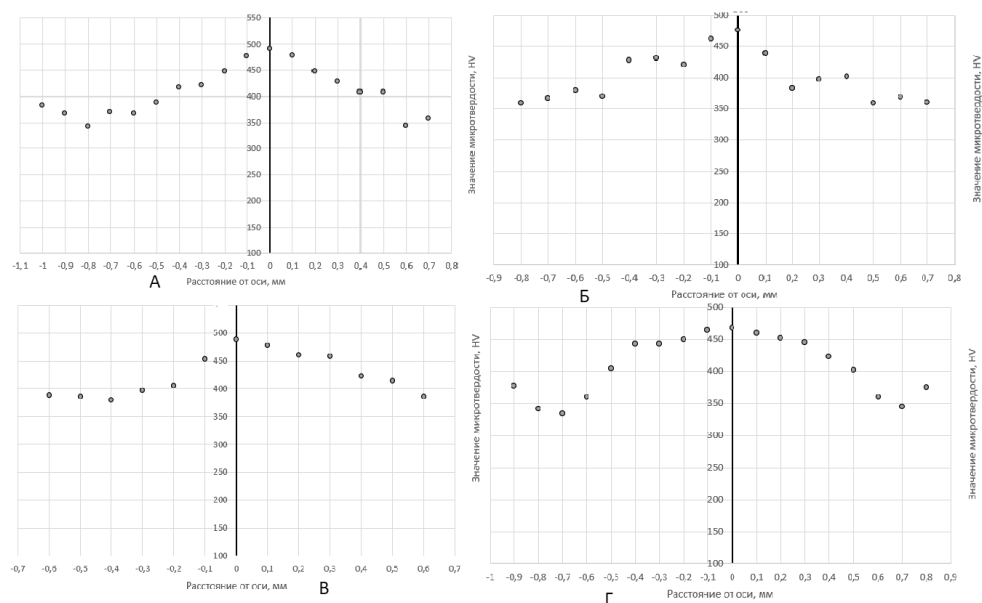


Рис. 4. Распределение микротвердости в направлении поперек шва:
a – 4 мм; б – 6 мм; в – 8 мм; г – 10 мм

Следующим этапом исследования является анализ, полученных данных о сварке, построенных в виде циклограмм. Обработка циклограмм параметров ЛСТ позволяет точно судить о получении качественного соединения. При исследовании циклограмм осадки всех групп свариваемых образцов был выявлен нехарактерный участок осадки на образцах с шириной рельефа 4 мм и 6 мм (рис.5).

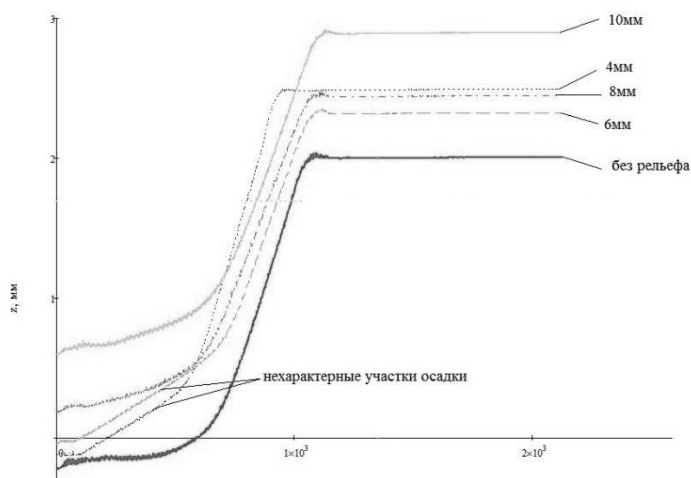


Рис. 5. Циклограммы осадки при ЛСТ с разным значением ширины рельефа

Образцы с шириной рельефа 4 мм и 6 мм имеют два участка осаждения деталей при сварке: полого- и круто-возрастающий. В то время как, образцы с шириной рельефа 8 мм и 10 мм осаживаются, также как и стандартные образцы без рельефа.

По исследованию циклограмм усилия по оси X было выявлено, что у образцов с разной шириной рельефа отсутствует квазистационарный участок, такой какой есть на образцах без рельефа. При сварке с малыми значениями ширины рельефа (4 мм и 6 мм) сварной шов формируется изогнутым от одного конца рельефа к другому. Так же во время ЛСТ образцы осаживаются в два этапа (рис.5). Данное поведение образцов при ЛСТ может свидетельствовать о том, в начале сварки образец с меньшей площадью контакта начинает нагреваться быстрее, тем самым его начало осадки происходит раньше, что видно по пологому участку осадки. При разогреве второго образца происходит уже совместная осадка на ширину рельефа обработанного образца, что вызывает изгиб сварного шва относительно свариваемой плоскости.

Полная картина поведения образцов при ЛСТ малых ширин рельефа может быть получена при дальнейшем исследовании сварки малых ширин с симметричным рельефом для сравнения результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы был проведен анализ сварного соединения сплава ВТ6, имитирующего соединение, лопатка-диск. Было выявлено, что сварной шов формируется выпуклым в сторону имитатора диска. Микроструктура сплава в области сварного шва является типичной для сварных соединений сплава ВТ6, полученных ЛСТ. Можно выделить несколько характерных зон, которые отличаются по размерам и форме зерен. В зоне сварного соединения не выявлены окисные пленки, поры и прочие дефекты, также не наблюдается плоскость стыка. По результатам измерения микротвердости не обнаружено разупрочненных зон, значение микротвердости 345 – 482 HV, что находится в диапазоне известных данных сплава ВТ-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. MATEO: 'On the feasibility of blisk produced by linear friction welding', Revista De Metalurgia, Vol. 50, No. 3, pp. e023, 2014.
2. McAndrew A.R. Modelling of the workpiece geometry effects on Ti-6Al-4V linear friction welds / A. R. McAndrew, P. A. Colegrove, A. C. Addison, B. C. Flipo, M. J. Russell, L. A. Lee // Materials and Design. – 2015. – №87. – P. 1087-1099.
3. A novel linear friction welding based approach for sheet-bulk joining / Giuseppe Ingarao, Dario Baffari, Davide Campanella, Ernesto Lo Valvo, Gianluca Buffa, Livan Fratini
4. McAndrew A.R. 3D modelling of Ti-6Al-4V linear friction welds Anthony R. McAndrew, Paul A. Colegrove, Bertrand C. D. Flipo & Clement Bühr.
5. Lee L.A. 2D Linear Friction Weld Modelling of a Ti-6Al-4V T-Joint / L. A. Lee, A. R. McAndrew, C. Buhr, K. A. Beamish, P. A. Colegrove // Engineering Science and Technology Review. – 2015. – №8 (6). – P. 44-48
6. Linear friction welding for near net shape manufacturing of titanium alloy Ti-6Al-4V aerospace components.

ОБ АВТОРАХ

ГАТИЯТУЛЛИН Ильдар Маликович, аспирант 4 года обучения ИАТМ

ГАЛИМОВ Виталий Рустемович, аспирант 1-го года обучения ИАТМ.

ХАЙРТДИНОВА Алсу Вахитовна, магистрант 1-го курса СЛАТ

МУХАМЕДЬЯРОВА Юлия Халиловна, магистрант 1-го курса СЛАТ

ГУСЕВ Андрей Сергеевич, магистрант 2-го курса СЛАТ.

METADATA

Title: Investigation of the influence of the relief shape on the process of linear friction welding.

Authors: I. M. Gatiyatullin ¹, V. R. Galimov ², A. V. Hayretdinova ³, Y. H. Mukhamedyarova ⁴, A. S. Gusev ⁵

Affiliation: Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹rb.myyashik@gmail.com, ²galimov.vitalij-r01@net.ugatu.su, ³mukhame98@gmail.com, ⁴khayrtdinova.alsu@bk.ru, ⁵gusev.angrey@bk.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (25), pp. 21-24, 2021. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: In the course of the study, it was found that the welding process of T-joints has a number of differences expressed in the longer duration of the unsteady stage and the increase in the amplitude value of the shear force during the steady-state stage. Welded joints do not contain seam defects over the entire area of the joint to be welded, which makes it optional to assign an allowance along the perimeter of the welded section.

Key words: Friction welding, linear friction welding, welding relief, titanium alloy VT-6.

About authors:

GATIYATULLIN, Ildar Malikovich, 4-year post-graduate student of SLAT.

GALIMOV, Vitaly Rustamovich, 1-year post-graduate student of SLAT.

HAYRETDINOVA, Alsou Vakhitovna, 1st-year master's student of SLAT

MUKHAMEDYAROVA, Yulia Halilovna, 1st year master's student SLAT

GUSEV, Andrey Sergeevich, 2nd year master's student of SLAT.