

СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Иванова Г.В., Ма Жулинь, Тарасенко Е.А.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург*

Ключевые слова: сварка трением с перемешиванием, лабораторные испытания, сплавы алюминиевые.

Аннотация. В работе представлены результаты расчета параметров сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов и лабораторных исследований образцов. Проведены испытания образцов из алюминиевых сплавов на установке импульсной сварки трением с перемешиванием МАТЕС-40, для экспериментальных образцов на автоматическом микротвердомере Future-Tech FM-300 определена микротвердость сварного шва.

FRICTION STIR WELDING OF ALUMINUM ALLOYS

Ivanova G.V., Ma Rulin, Tarasenko E.A.

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg

Keywords: friction stir welding, laboratory tests, aluminum alloys.

Abstract. The paper introduces the calculation results of friction welding parameters of stirred aluminum alloys and laboratory research on samples. Samples from aluminum alloys were tested at the MATEC-40 pulsed friction welding unit, and the microhardness of the weld was determined for experimental samples using the Future-Tech FM-300 automatic microhardometer.

Повышение надежности машин и механизмов в условиях интенсификации нагрузок и скоростей является одной из основных проблем машиностроения. Решение проблемы позволяет сохранить качественные показатели в период срока эксплуатации и увеличить ресурс изделия. Поведение материала при использовании различных технологий при изготовлении изделия занимает особое место в проблеме надежности.

Процесс сварки трением с перемешиванием (СТП) является перспективным направлением материаловедения и машиностроения, однако в настоящее время нет однозначных критериев создания качественного сварного соединения. Изучение данного процесса направлено на совершенствование технологии сварки конструкционных материалов, изготовления оборудования в различных отраслях промышленности.

Отработка технологического процесса СТП проводится в «Лаборатории легких материалов и конструкций» научно-исследовательского центра сотрудничества Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого и Бранденбургского технического университета Котбус-Зефтенберг (Бранденбург, Германия) на установке импульсной сварки трением с перемешиванием МАТЕС-40Р (рис. 1). Установка предназначена для сваривания сталей, алюминиевых, медных и титановых сплавов и разнородных материалов.



Рис. 1. Установка импульсной сварки трением с перемешиванием МАТЕС-40Р

Испытания проводятся с использованием инструментов внешний вид которых представлен на рисунке 2 [1].



Рис. 2. Рабочие части инструментов: а – традиционная конструкция инструмента; б – инструмент для получения глубоких швов; в – инструмент со специальной формой торца

Предварительно рассчитываются параметры технологического процесса в зависимости от свариваемого материала и инструмента, используемого при испытании.

Расчет тепловой мощности (1), температуры в заготовке (2) и температуры в зависимости от времени сварки выполнены согласно [2, 3]:

$$Q = \frac{2}{3} \pi \tau_{сдв} \omega ((R_{плечо}^3 - R_{пин}^3) + R_{пин}^3 + 3R_{пин}^2 H_{пин}), \quad (1)$$

где ω – угловая скорость, c^{-1} ; $R_{плечо}, R_{пин}, H_{пин}$, – геометрические характеристики инструмента, мм; $\tau_{сдв}$ – модуль сдвига марки сплава образца, МПа.

$$T(R) = Q / 2\pi\lambda R_{плечо}, \quad (2)$$

$$T(0, t) = \frac{2Q\sqrt{at}}{\sqrt{\pi\lambda}} + T_0, \quad (3)$$

где Q – тепловая мощность, Вт, a – температуропроводность, m^2/c , λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·град). В расчете принято значение $a = 8,11 \cdot 10^{-5} m^2/c$.

В работе представлены результаты расчета влияния геометрических параметров инструмента и режимов работы установки на функцию распределения температуры в сварном шве для алюминиевого сплава 6063-T5. Механические свойства сплава представлены в таблице 1 [4].

Табл. 1. Механические свойства сплава 6063-T5

Прочность при растяжении	Предел текучести 0,2%	Удлинение	Твердость	Прочность на сдвиг	Усталостная прочность
МПа		%	НВ	МПа	
186	145	12	60	117	69

Ниже представлены графики зависимости тепловой мощности от скорости вращения инструмента (рис. 3), температуры от частоты вращения инструмента (рис. 4), температуры на поверхности шва от времени процесса (рис. 5-7). Расчеты выполнены для инструментов диаметров 12,18,22 мм.

6063-T5

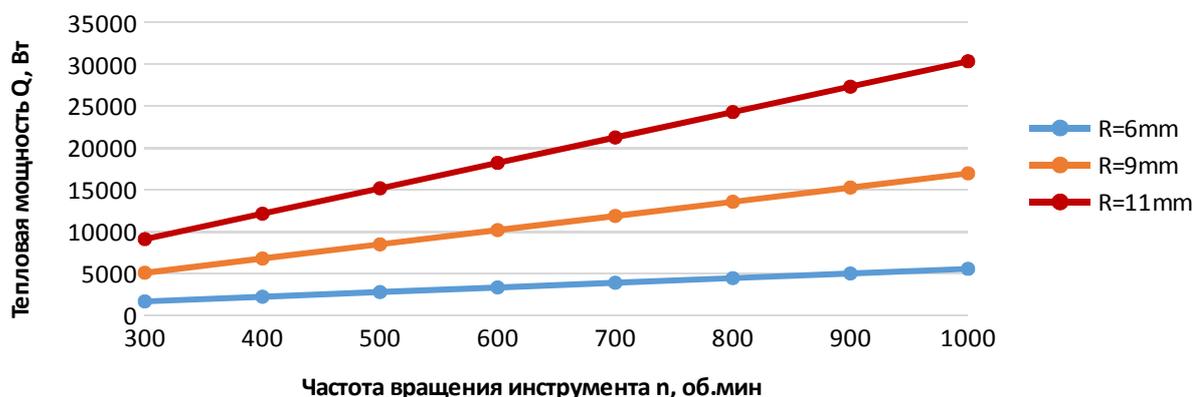


Рис. 3. Зависимость тепловой мощности от частоты вращения рабочего инструмента

6063-T5

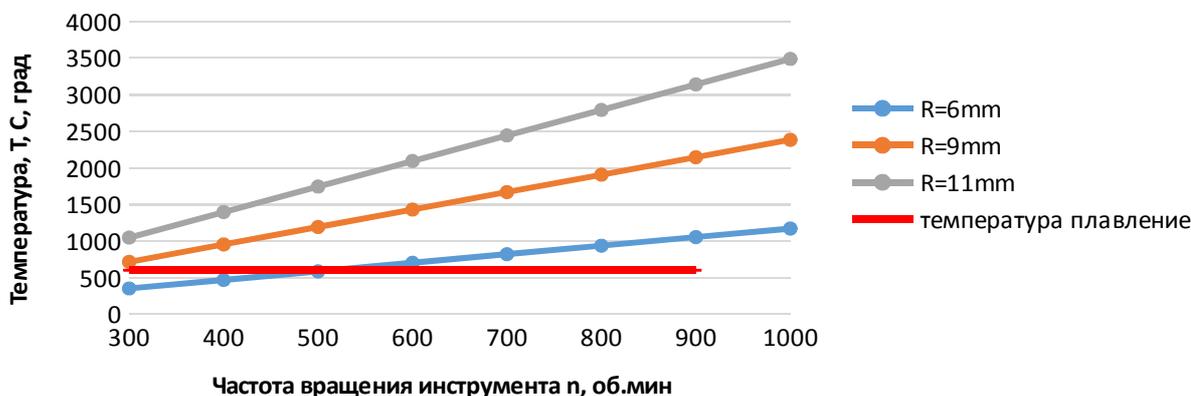


Рис. 4. Зависимость температуры от частоты вращения и геометрических размеров инструмента

Для алюминиевого сплава с величиной теплопроводности 126 единиц и температура плавления 630 градусов рекомендуется задавать частоту вращения инструмента диаметром 12 мм до 400 об/мин, так как при большем диаметре и увеличении частоты вращения инструмента температура превышает значения, когда материал находится в пластичном состоянии. При испытании проведено сравнение расчетной температуры и температуры, замеренной термопарами при экспериментальной сварке.

6063-T5 R=6mm λ=126

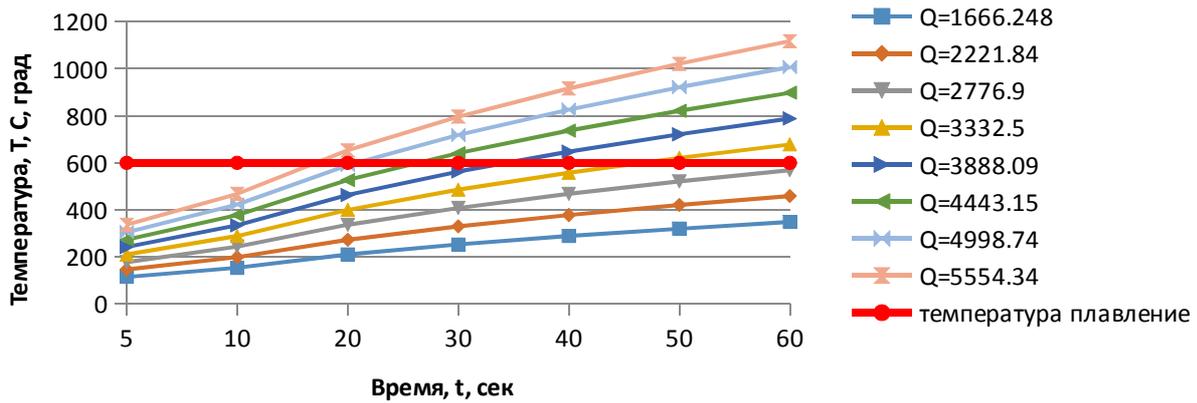


Рис. 5. Зависимость температуры на поверхности шва от времени процесса

6063-T5 R=9mm λ=126

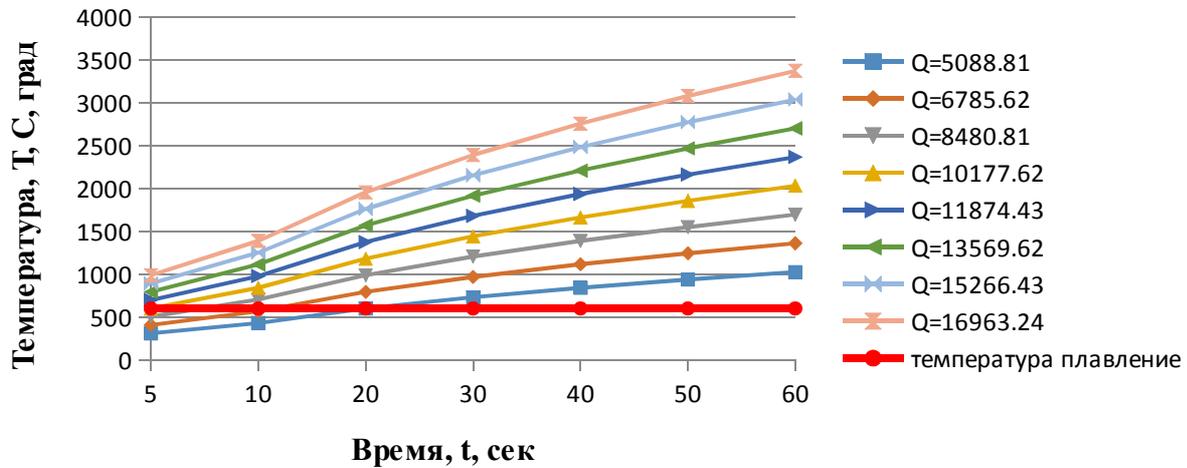


Рис. 6. Зависимость температуры на поверхности шва от времени процесса

6063-T5 R=11mm λ=126

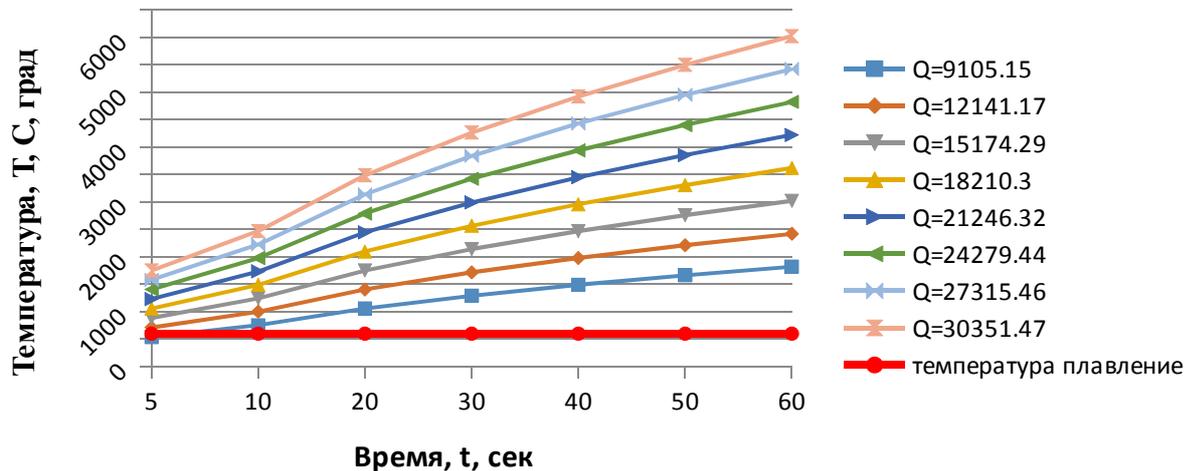


Рис. 7. Зависимость температуры на поверхности шва от времени процесса

Исследование экспериментальных образцов проведены в лаборатории международного научно-образовательного центра «BaltTribology-Polytechnic». Микротвердость экспериментальных образцов (рис. 8) измерялась автоматическим микротвердомером Future-Tech FM-300 (рис. 9). Отпечаток, полученный на твердомере, показан на рисунке 10.



Рис. 8. Образец



Рис. 9. Автоматический микротвердомер Future-Tech FM-300

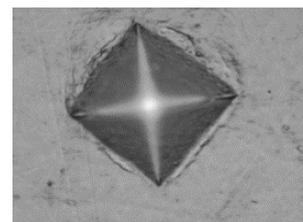


Рис. 10. Отпечаток на образце

Список литературы

1. Масленников А.В., Ерофеев В.А. Физико-математическая модель сварки трением с перемешиванием // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. Вып. 10. С. 64-73.
2. Охапкин К.А. Расчетно-теоретический анализ тепловых процессов при точечной сварке трением // Научно-технические ведомости СПбГПУ, Наука и образование. 2012. №1. С.172-176.
3. Котлышев Р.Р., Шучев К.Г., Крамской А.В. Расчет температуры трением с перемешиванием алюминиевых сплавов // Вестник ДГТУ. 2010. Т.10, №5(48). С. 648-652.
4. ГОСТ 4784-97. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. 1997. – 14с.

Сведения об авторах:

Иванова Галина Валерьевна – старший преподаватель Высшей школы машиностроения, инженер-исследователь международного научно-образовательного центра «BaltTribo-Polytechnic», СПбПУ, г.Санкт-Петербург;
Ма Жулинь – магистрант, СПбПУ. г.Санкт-Петербург;
Тарасенко Елена Александровна – к.т.н., доцент Высшей школы машиностроения, СПбПУ, г.Санкт-Петербург.