

УДК 621.791

**Е.Н. Владимиров, С.А. Постников, А.В. Фаткулин,  
Н.А. Худяков, В.В. Каратыш  
Y.N. Vladimirov, S.A. Postnikov, A.V. Fatkulin,  
N.A. Hudyakov, V.V. Karatish**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Perm National Research Polytechnic University

**РАЗРАБОТКА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ  
ПРОДОЛЬНОГО УСИЛИЯ ПРИ СВАРКЕ ТРЕНИЕМ  
С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ**

**CULTIVATING EQUIPMENT FOR TAKING LONGITUDINAL  
FORCE DURING FRICTION STIRR WELDING**

Сконструировано и изготовлено устройство для сварки трением с перемешиванием и приспособление для измерения продольных усилий в момент сварки.

The equipment for friction stirr welding and equipment for taking longitudinal force are designed and manufactured.

**Ключевые слова:** приспособление, датчик, продольное усилие, сварка.

**Keywords:** equipment, sensor, longitudinal force, welding.

Сварка трением с перемешиванием (СТП) – относительно новый метод сварки. В настоящее время сварка трением с перемешиванием широко используется за рубежом и является стандартной технологией в авиакосмической промышленности, в судостроении и при изготовлении различных резервуаров.

Этот метод сварки имеет свои преимущества и недостатки. Одним из основных недостатков является наличие достаточно больших усилий, возникающих в процессе сварки, сопоставимых с усилиями фрезерования. В связи с этим существует необходимость разработки методики и оборудования для измерения усилий при сварке.

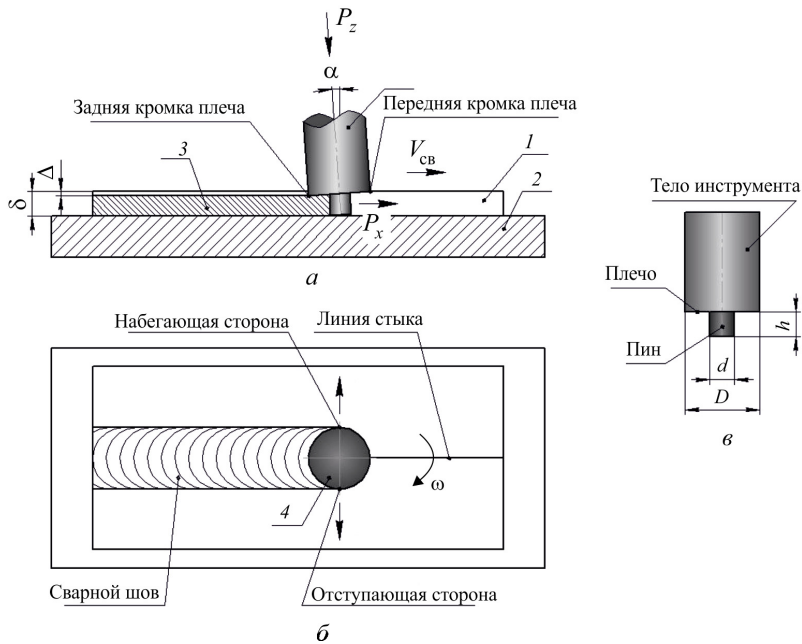


Рис. 1. Схема усилий при сварке трением с перемешиванием: *a* – сечение по линии стыка; *б* – вид сверху; *в* – общая схема инструмента для СТП; 1 – свариваемые пластины; 2 – подложка; 3 – сварной шов; 4 – инструмент;  $\alpha$  – угол наклона инструмента;  $V_{св}$  – скорость сварки;  $\delta$  – толщина свариваемых пластин;  $\Delta$  – глубина погружения инструмента;  $\omega$  – скорость вращения инструмента;  $P_z$  – осевое усилие;  $P_x$  – продольное усилие

Схема усилий при сварке трением с перемешиванием представлена на рис. 1.

Было описано устройство для измерения усилий при сварке<sup>1</sup> (рис. 2). Это устройство смонтировано на столе фрезерного станка модели СФ-676 и состоит из двух приспособлений. Первое приспособление осуществляет измерение осевого усилия  $P_z$ , а второе – измерение продольного усилия  $P_x$ .

Первое приспособление состоит из основания шарнирного типа, нижняя часть которого крепится к столу фрезерного станка, а верхняя часть может свободно поворачиваться на малый угол в вертикальной плоскости относительно продольной горизонтальной оси сварки. При сварке образца на заданном режиме вертикальное усилие от погружения инструмента  $P_z$  воспринимается верхней частью основания, которое способно поворачиваться, и пере-

<sup>1</sup> Разработка установки для исследования параметров и режимов сварки трением с перемешиванием / С.А. Терентьев, Т.Р. Арзыев, Н.А. Худяков, В.В. Каратыш, Р.К. Мусин // Молодые ученые Прикамья – 2013: материалы I Междунар. науч.-практич. конф. (Пермь, 26 мая 2011 г.). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – С. 154–160.

дается на датчик (рис. 4, 8). Этот датчик установлен таким образом, что его вертикальная ось расположена в одной плоскости с вертикальной осью инструмента. Это первое приспособление по измерению осевого усилия  $P_z$  хорошо себя зарекомендовало в последующих экспериментах по сварке образцов.

Второе приспособление для измерения продольного усилия  $P_x$  состоит из салазок на основании суппорта токарного станка с направляющими типа «ласточкин хвост». Между салазками и основанием суппорта установлен датчик, регистрирующий перемещение салазок в момент сварки, которое пропорционально усилию  $P_x$ . К сожалению, трение скольжения в соединении ласточкиного хвоста при наличии значительных осевых усилий  $P_z$  слишком тормозило салазки и это приспособление не позволило надежно измерить усилие  $P_z$  при проведении сварки образцов. Это приспособление пришлось в корне изменить – заменить трение скольжения на трение качения.

Было сконструировано и изготовлено новое приспособление, представленное на рис. 3, 6. Оно состоит из неподвижной направляющей (см. рис. 3, 6 и рис. 6, 2) со стойкой (рис. 6, 3), подвижной плиты (см. рис. 3, 4) и салазок (см. рис. 3, 5) с четырьмя парами подшипников качения.

На подвижной плите размещаются зажимы (см. рис. 3, 1), свариваемые образцы (рис. 3, 2) и подложка (рис. 3, 3) для предохранения подвижной плиты от повреждения инструментом в процессе сварки при неправильной установке свариваемых образцов. Между подвижной плитой и неподвижной направляющей устанавливается датчик (см. рис. 6, 1) в виде мессдозы (см. рис. 5, 1) с тензодатчиками (см. рис. 5, 3).

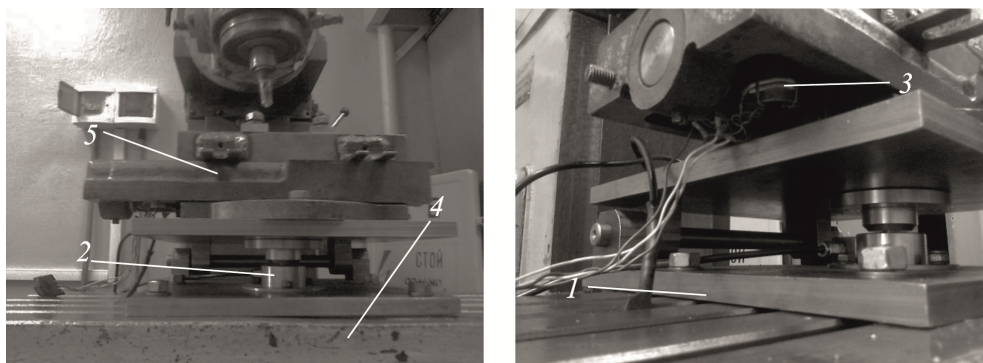


Рис. 2. Приспособление для измерения осевых и продольных усилий: 1 – крепежная плита; приспособление для измерения осевого усилия; 2 – датчик осевого усилия; 3 – датчик продольного усилия; 4 – стол фрезерного станка; 5 – салазки суппорта токарного станка

Установка представляет собой приспособление, в котором на подвижной площадке закрепляются свариваемые образцы. Для обеспечения лучшего качества сварного шва и в целях предохранения поверхности площадки при-

способления от продавливания и повреждения инструментом под свариваемыми образцами установлена сменная подложка.

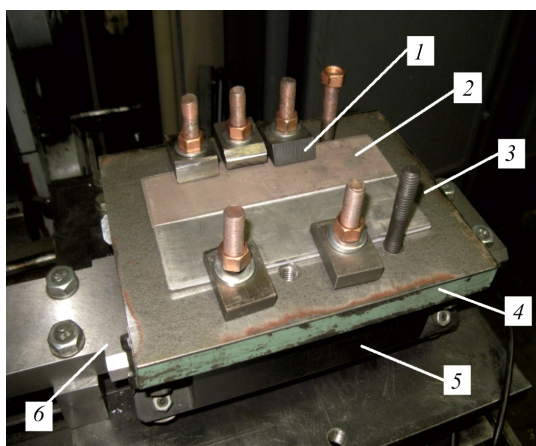


Рис. 3. Приспособление для измерения продольных усилий при сварке:  
 1 – зажимы; 2 – свариваемые образцы; 3 – подложка; 4 – подвижная плита;  
 5 – салазки; 6 – неподвижная направляющая

Общий вид установки с приспособлениями для измерения осевого и продольного усилий представлен на рис. 4.

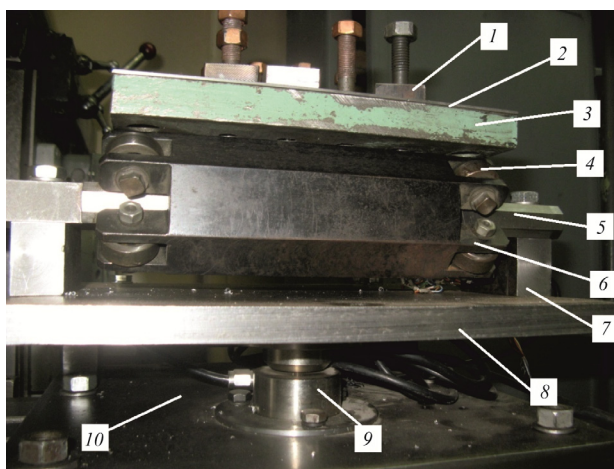


Рис. 4. Установка для измерения продольного и осевого усилия:  
 1 – зажим; 2 – подложка; 3 – опорная плита; 4 – подшипник; 5 – неподвижная  
 направляющая; 6 – подвижные салазки; 7 – стойки направляющей;  
 8 – радиальная плита; 9 – датчик осевого усилия; 10 – крепежная плита

Для измерения продольных усилий был изготовлен датчик, представляющий собой упругий элемент (месдозу), на которой наклеены тензодатчики 200КПА-3-100ХВ, соединенные по мостовой схеме.

При деформации месдозы происходит изменение сопротивления датчиков и возникает ток разбаланса, пропорциональный упругой деформации.

Перед наклейкой тензодатчиков поверхность месдозы тщательно очищается напильником и шкуркой от краски и грязи. На поверхности не должно остаться крупных рисок, способных повредить изоляцию между тензодатчиком и металлической поверхностью месдозы.

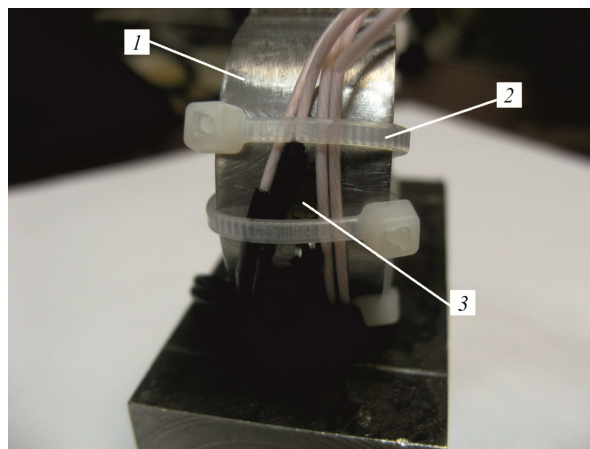


Рис. 5. Тензодатчик, установленный на месдозу:  
1 – месдоза; 2 – хомут; 3 – тензодатчик

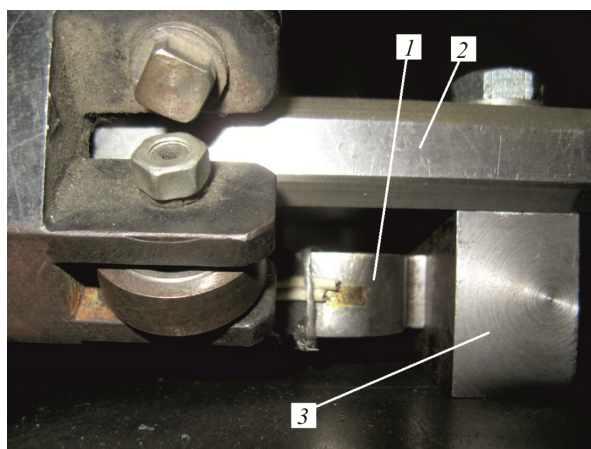


Рис. 6. Расположение датчика продольного усилия:  
1 – датчик; 2 – неподвижная направляющая;  
3 – стойка направляющей

Сигнал с датчиков передается на блок усиления. С блока усиления через аналого-цифровой преобразователь показания поступают на персональный компьютер, где с помощью программы WaveScan 2.0 выводятся на дисплей. С помощью динамометра ДОРМ-3-0,3 была произведена тарировка датчиков. На данном приспособлении производилась сварка алюминиевых образцов и измерение усилий в процессе сварки.

Получено 2.10.2013

**Владимиров Егор Николаевич** – магистрант, ПНИПУ, МТФ, гр. ТСП-12м, e-mail: venbenderr@mail.ru

**Постников Сергей Александрович** – магистрант, ПНИПУ, МТФ, гр. ТСП-12м, e-mail: sergry.postnikov88@mail.ru.

**Фаткулин Алексей Васильевич** – аспирант, ПНИПУ, МТФ, e-mail: svarka@pstu.ru.

**Худяков Николай Александрович** – инженер, ПНИПУ, МТФ, e-mail: svarka@pstu.ru.

**Каратыш Виктор Васильевич** – кандидат технических наук, доцент, ПНИПУ, e-mail: svarka@pstu.ru.