

## ЛИНЕЙНАЯ СВАРКА ТРЕНИЕМ TiNi СПЛАВА

**В.В. Рубаник<sup>1</sup>, Р.М. Кашаев<sup>2</sup>, В.В. Рубаник мл.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск

<sup>2</sup>Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа,  
Российская Федерация

*Приведены результаты исследований по линейной сварке трением соединений TiNi – TiNi и TiNi – сталь.*

Одним из факторов, ограничивающим применение TiNi сплавов является отсутствие доступных надежных методов соединения их как между собой, так и с другими металлами, что связано с низкими прочностными свойствами сварного шва в силу образования хрупких интерметаллидов на границе соединения. В общем случае при сварке TiNi сплавов необходимо стремиться к уменьшению зоны сварки и минимальным изменениям структуры соединяемых сплавов вблизи сварочной зоны.

В качестве материала для проведения исследований по линейной сварке трением (ЛСТ) были выбраны образцы из сплава TiNi и стали 12X18H10T диаметром 10 мм. Сварку осуществляли между образцами TiNi – TiNi и TiNi – сталь по следующему режиму: частота вибрации подвижной заготовки 30 Гц, амплитуда вибрации 1,5 мм, усилие сжатия образцов 3 кН. Время сварки составляло 3-4 секунды.

Исследования проводили на экспериментальной установке, созданной в ИПСМ РАН, г. Уфа [1], на базе сервогидравлической испытательной машины Schneck. Подвижная свариваемая деталь с помощью зажимного устройства крепилась на штоке вертикального гидроцилиндра, который сообщал ей линейное возвратно-поступательное движение (вибрацию) с заданной частотой и амплитудой. Неподвижная деталь крепилась в другом зажимном устройстве, расположенном на столе установки с возможностью перемещаться в направляющей скольжения в горизонтальном направлении и за счет усилия второго горизонтального гидроцилиндра создавать необходимое усилие сжатия между свариваемыми деталями. Так как процесс сварки достаточно кратковременный и после его завершения должно быть обеспечено строгое позиционирование свариваемых изделий, управление энергетическими и временными параметрами осуществлялась в автоматическом режиме (рис. 1).

Управляющие системы гидроцилиндров (привод возвратно-поступательного движения и привод усилия сжатия) связаны между собой и ПК единой схемой на основе контроллера управления. Система управления

включает собственно установку сварки трением, содержащую объект управления в виде двух управляемых гидроцилиндров. Состояние объекта управления определяется датчиками положения ДП1, ДП2 и датчиком усилия ДУ1. Непосредственное управление осуществляется испытательной машиной Schenck, в которой выполняются усиление и преобразование сигналов с датчиков, сравнение с заданными сигналами управления по усилию, по положению и задается частота вибрации исполнительного механизма ИМ2. Контроллер управления выдает с выхода ЦАП1 сигнал управления исполнительному механизму ИМ1 в виде усилия сжатия, преобразует аналоговые значения с датчика положения ДП1 и датчика усилия ДУ1 и передает в компьютер текущие значения величины осадки и усилия сжатия для их индикации и последующей регистрации, а также обеспечивает синхронную работу двух исполнительных механизмов ИМ1 и ИМ2.

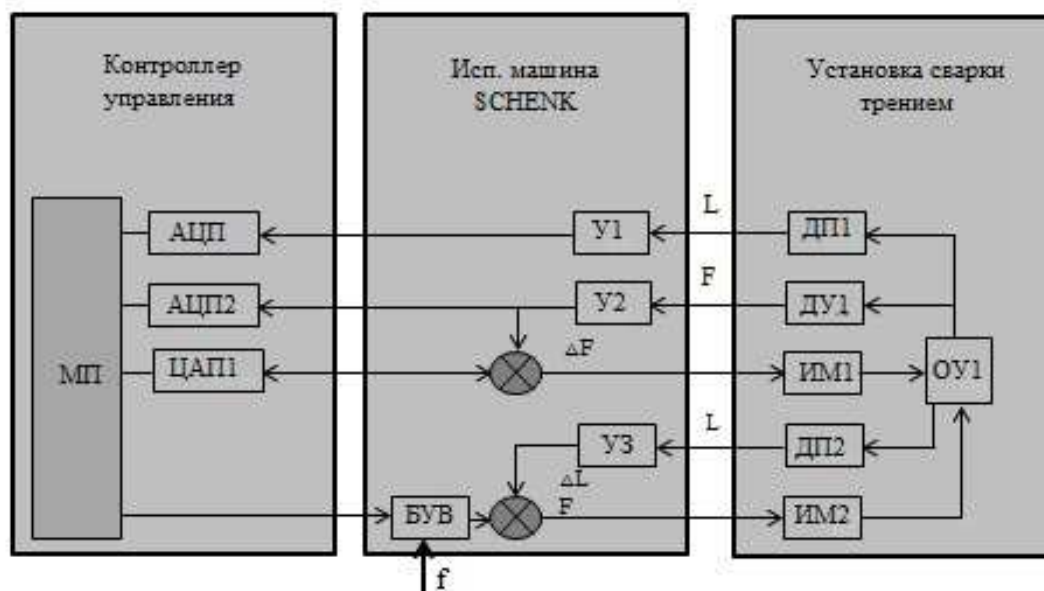


Рис. 1. Структурная схема управления установкой ЛСТ

Подлежащие сварке детали закрепляли в зажимных устройствах сварочной машины и прижимали друг к другу свариваемыми поверхностями. Одна деталь была неподвижна, а второй сообщали возвратно-поступательное движение (вибрацию). В процессе трения в условиях плотного контакта между деталями происходят: притирка свариваемых контактных поверхностей, удаление загрязнений и интенсивный разогрев приконтактных слоев подвижной и неподвижной деталей. Сопротивление деформации металла резко снижается, и пластичный материал выдавливается из стыка с образованием грата. Одновременно происходит сближение свариваемых деталей. По достижении необходимой степени осадки вибрацию останавливают, генерация тепла прекращается, происходит окончательное формирование твердофазного соединения [2]. Вследствие интенсивной

пластической деформации в процессе ЛСТ шов имеет микроструктурную структуру с высокими механическими свойствами. Микроструктура сварного шва (рис. 2) однородна, не содержит включений и несплошностей, что обеспечивает высокую прочность соединения. Грат (рис. 3) представляет собой полностью аморфную структуру.

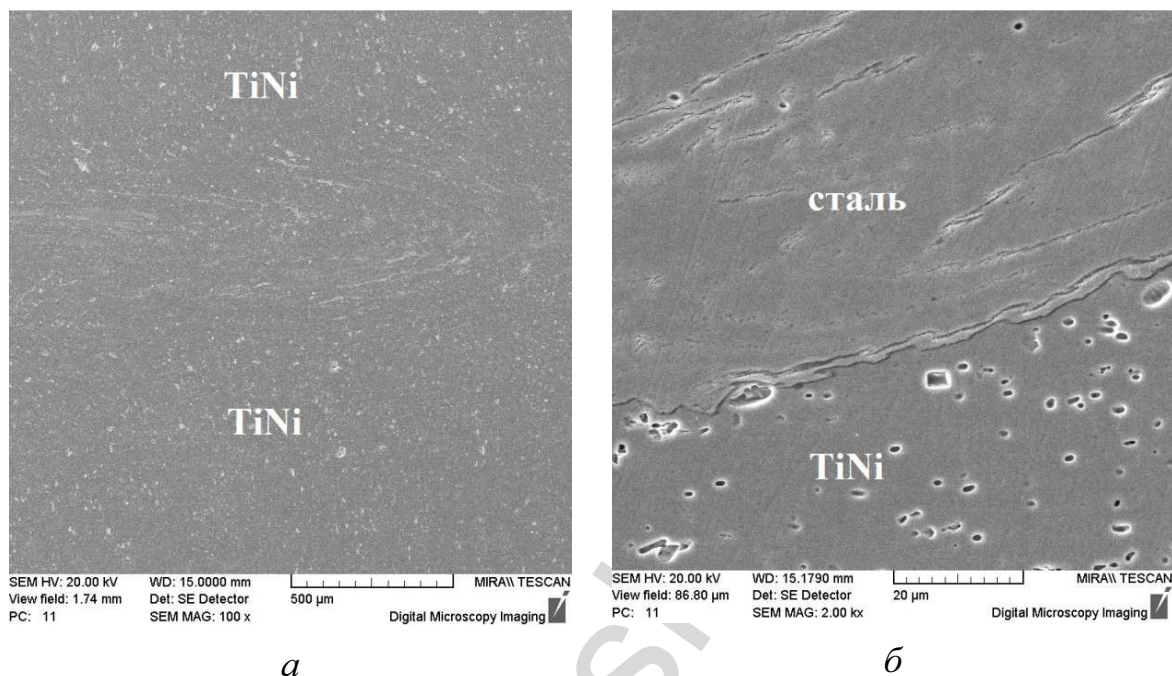


Рис. 2. Микроструктура сварных соединений TiNi-TiNi (а) и TiNi – сталь (б)

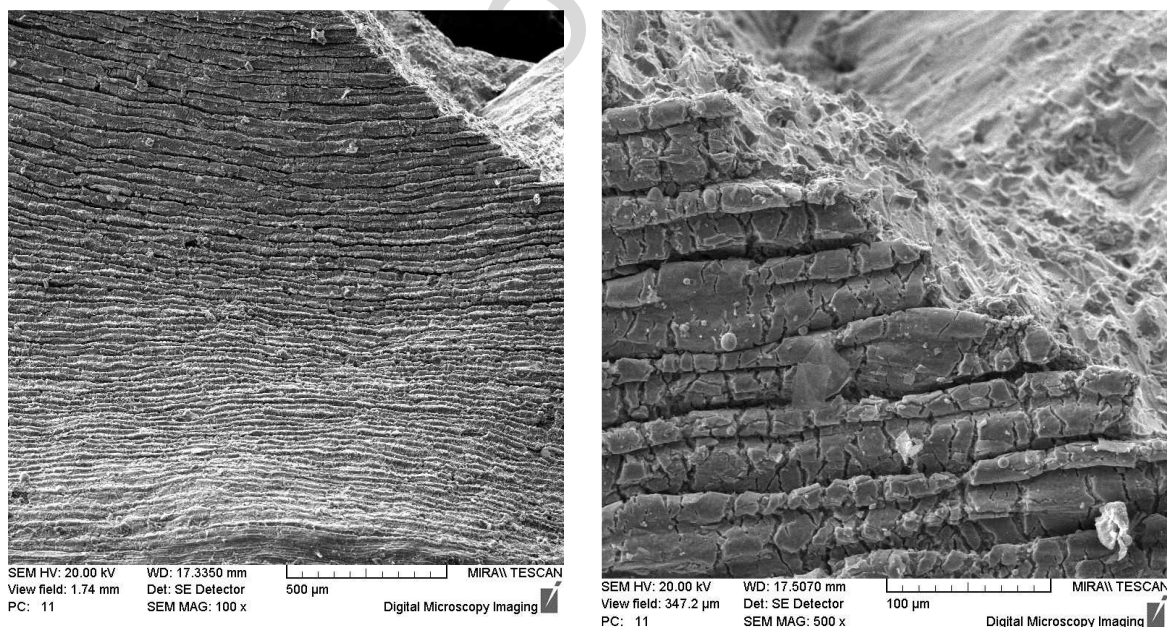


Рис. 3. Микроструктура грата сварного соединения TiNi-TiNi

Таким образом, линейная сварка трением является безальтернативной при соединении изделий из TiNi сплавов больших размеров.

## Литература

1. Кашаев, Р.М. О линейной сварке трением блиска компенсатора ГТД / Р.М. Кашаев, А.М. Хуснуллин, В.В. Николаев // Газотурбинные технологии. – №2. – 2009. – С. 24 – 29.
2. Vairis, A. High frequency linear friction welding of a titanium alloy / A.Vairis, M. Frost // Wear, #217. – 1998. – 117 – 131 p.

УДК 621.778

### КОРРОЗИОННОЕ РАЗРУШЕНИЕ ВОЛНОВОДНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКЕ ПОЛИМЕРОВ

В.В. Рубаник<sup>1,2</sup>, В.Ф. Луцко<sup>1</sup>, А.Т. Волочко<sup>3</sup>, В.В. Рубаник мл.<sup>1,2</sup>,  
С.А. Матышев<sup>1</sup>, А.В. Лесота<sup>1</sup>, Д.Д. Шурмелевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск

<sup>2</sup>Витебский государственный технологический университет

<sup>3</sup>Физико-технической институт НАН Беларуси, Минск

*Приведены результаты исследований по установлению причин эрозийного разрушения волноводной системы в процессе ультразвуковой сварки полимерной трубки магистралей систем переливания крови.*

В процессе эксплуатации на станциях переливания крови РБ ультразвуковых заваривателей [1] обнаружилось, что с течением времени акустическая система, состоящая из волновода и лонжерона, выполненных из сплава Д16Т, с течением времени выходит из строя из-за эрозийного разрушения (рис. 1).

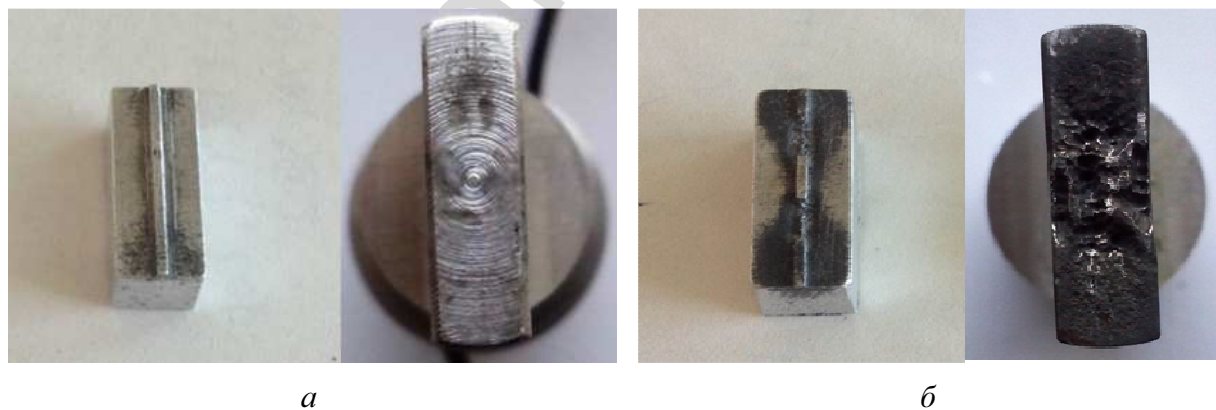


Рис. 1. Внешний вид лонжерона и волновода до сварки (а) и после месяца эксплуатации (б)

Для выяснения причин разрушения был проведен спектральный анализа областей лонжерона, подвергнутых эрозии и без следов эрозии (рис. 2), который позволил установить, что в местах эрозии присутствует хлор. Данный факт свидетельствует о том, что в процессе ультразвуковой сварки