

ОТЗЫВ

научного консультанта о диссертационной работе Хазгалиева Руслана Галиевича «Влияние аустенитно-мартенситного превращения в слое TiNi на прочность диффузионного соединения титанового сплава и нержавеющей стали через прослойку никеля и сплава никель-хром», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния.

Хазгалиев Руслан Галиевич окончил Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ) в 2009 году по специальности «Материаловедение и технология новых материалов». Хазгалиев Р.Г. начал научную работу на третьем курсе университета по теме «Материаловедение высокотемпературных сверхпроводников» и после окончания магистратуры он имел в своем активе 3 статьи в журнале «Деформация и разрушение материалов» и двое тезисов в трудах XVII международной конференции «Физика прочности и пластичности материалов», 23 - 25 июня, Самара, 2009. Начиная с обучения в аспирантуре, основной научный интерес Хазгалиева Р.Г. сосредоточился на изучении сварки давлением титановых сплавов и нержавеющей сталей.

Перспективным методом соединения титановых сплавов и нержавеющей сталей является сварка давлением через прослойку какого-либо чистого металла или сплава. Основные требования к материалу прослойки следующие: 1) достаточная пластичность; 2) низкая диффузионная проницаемость для атомов титана и железа; 3) промежуточное к титановому сплаву и стали значение КТР; 4) хорошая соединяемость с титановым сплавом и сталью. В литературе описано применение различных прослоек, как из одного металла, так и из нескольких металлов, в качестве которых фигурируют Ni, Cu, Al, Cr, V, Nb, Ta, Ag и др. Однако до сих пор не удалось получить соединение равное по прочности нержавеющей стали. Разрушение проходит, как правило, по одной из диффузионных зон. Причиной разрушения авторы называют разницу в КТР соединяемых металлов и образующихся в зоне соединения интерметаллидов. При этом имеют в виду лишь базовую линию температурной зависимости КТР и не учитывают всплески КТР в узких температурных интервалах выше комнатной температуры. Такие всплески КТР могут быть результатом аустенитно-мартенситных (АМ) и инварных превращений. Например, АМ превращение и связанный с ним скачок КТР существует в соединениях Cu-Al, Cu-Al-Ni, Ti-Ni, Ni-Al, Co-Ni, а инварный эффект наблюдается в соединениях Fe-Ni, Ti-Nb, Ni-Co-Fe и др. Именно такие фазовые превращения могут быть ответственны за разрушение соединений, а не небольшая разница в базовых линиях КТР соединяемых металлов и образующихся интерметаллидов.

В своей работе Хазгалиев Р.Г. убедительно показал, что причиной разрушения диффузионного соединения титанового сплава с нержавеющей сталью через никелевую прослойку является АМ превращение в слое TiNi. Напряжения в пластичном слое TiNi создают трещины в смежных хрупких слоях Ti₂Ni и TiNi₃, что приводит к их разрушению. Поскольку избежать образования слоя TiNi не удастся, то было принято оригинальное решение снизить температуру АМ превращения за счет легирования никеля хромом. Легирование никелевой прослойки хромом сместило в область более низких температур АМ превращения в слое Ti-N-Cr, что привело к увеличению прочности соединения (до 82% от прочности стали), а также смене места разрушения. Полученный результат свидетельствует о том, что следует строго контролировать температуру хранения и

эксплуатации изделий, содержащих диффузионное соединение через прослойку другого металла, т. к. пребывание при низкой температуре, даже кратковременное, может снизить прочность соединения. Важным результатом работы является также то, что использование прослойки никеля с нанометрическим размером зерна снижает оптимальную температуру сварки на 50°C. Очевидно, что использование прослойки с более стабильной структурой (например, за счет введения в никель мелких частиц вторичных фаз) позволит еще более уменьшить оптимальную температуру сварки.

Полученные Хазгалиевым Р.Г. научные результаты опубликованы в 14 научных работах, из них в 5 статьях в рецензируемых научных журналах рекомендованных ВАК. Хазгалиев Р.Г. за время выполнения диссертационной работы освоил все необходимые для выполнения диссертационной работы методики: приготовление образцов, проведение диффузионной сварки в вакууме, механические испытания, термообработка, рентгенофазовый и энерго-дисперсионный анализ, исследование кристаллогеометрических характеристик структурных составляющих сварного шва методом дифракции обратно-отраженных электронов. Лично провел все эксперименты, а также принимал непосредственное участие в интерпретации и обсуждении результатов экспериментов, подготовке и написании статей.

Совокупность достижений и вклад Хазгалнева Р.Г. в развитие научного направления отражены в научной новизне полученных им результатов, обоснованы и раскрыты в рамках диссертационной работы. Считаю, что по актуальности, объему и качеству выполненной работы, новизне и научному уровню результатов исследований, диссертация Хазгалнева Р.Г. удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам автор достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния».

Научный консультант, старший научный сотрудник, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния, ведущий научный сотрудник ВТК «Сварка трением» ФГБУН Института проблем сверхпластичности металлов РАН

Адрес: 450001, г. Уфа, ул. Ст. Халтурина 39
Тел. (347) 282-37-35
Эл. адрес: marcel@imsp.ru

Подпись М.Ф. Имаева удостоверяю
Начальник отдела кадров ИПСМ



Имаев Марсель Фанирович

25.12.2019

Соседкина Т.П.

25.12.2019



Соседкина Т.П.