

## **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации «Влияние аустенитно-мар滕ситного превращения в слое TiNi на прочность диффузионного соединения титанового сплава и нержавеющей стали через прослойку никеля и сплава никель-хром», представленной Хазгалиевым Русланом Галиевичем на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Работа Хазгалиева Руслана Галиевича посвящена актуальной проблеме получения высокопрочных сварных соединений титановых сплавов с нержавеющими сталями с использованием промежуточных прослоек. Известно, что получить качественные и прочные сварные соединения сталей с титановыми сплавами предельно затруднительно при применении традиционных методов сварки плавлением. При этом такие соединения требуются в высокоответственных конструкциях, например, в парогенераторах и теплообменниках ядерных энергетических установок, криогенных установках, химической промышленности. Основная цель работы - определение закономерностей формирования соединения сваркой давлением титанового сплава с нержавеющей сталью при использовании прослойки из никеля и никелевого сплава с различным размером зерна.

Автором работы определено влияние температуры, времени и нагрузки при сварке давлением на образование соединения титанового сплава ПТ-3В с нержавеющей сталью через прослойку никеля с различным размером зерна и через прослойку никелевого сплава X2H98. Для этого автор провел исследования микроструктуры и химического состава зон соединений и изучил механические свойства сварных соединений при комнатной температуре. Выявлены структурные факторы, влияющие на разрушение соединения титанового сплава и нержавеющей стали через прослойку из никеля и сплава X2H98. Определено влияние температуры выдержки после сварки на механические свойства соединения титанового сплава ПТ-3В с нержавеющей сталью 12X18H10T через наноструктурную прослойку из никеля и сплава X2H98.

73  
от 13.02.2010

В качестве научной новизны автором работы указано, что эффект значительного изменения коэффициента температурного расширения (КТР) при аустенитно-мартенситном превращении (АМП) слоя интерметаллидной фазы TiNi, образующейся при сварке давлением титанового сплава ПТ-3В и нержавеющей стали 12Х18Н10Т через никелевую прослойку, приводит к возникновению микротрещин в образующихся соседних слоях  $Ti_2Ni$  и  $TiNi_3$  при охлаждении после сварки давлением и снижению прочности соединения. Также определено, что использование прослойки из хромосодержащего наноструктурного никелевого сплава Х2Н98 вместо никелевой прослойки приводит к уменьшению эффекта значительного уменьшения КТР при аустенитно-мартенситном превращении интерметаллида TiNi и к отсутствию микротрещин в слоях  $Ti_2Ni$  и  $TiNi_3$ .

Достоверность результатов подтверждается тем, что все результаты получены при применении современных испытательных машин и регистрирующей аппаратуры при проведении экспериментальных исследований. Для выполнения работы применяли апробированные методы исследования, такие как электронная микроскопия (ПЭМ и РЭМ), дифракция в обратно отраженных электронах (EBSD анализ), оптическая металлография, рентгеноструктурный анализ, механические испытания на растяжение, измерение микротвердости. Интенсивную пластическую деформацию проводили методом кручения под высоким квазигидростатическим давлением. Методологической основой исследований послужили научные труды отечественных и зарубежных научных школ в области металловедения, физики конденсированного состояния, физики прочности и пластичности.

Практическая значимость работы выражена в том, что использование наноструктурных прослоек из никеля позволяет снизить температуру сварки давлением на 50 °С. Установлено, что использование прослойки из наноструктурного никелевого сплава Х2Н98 вместо никелевой прослойки

приводит к повышению прочности сварного соединения. Определено, что при использовании и хранении изделий с соединением титанового сплава и нержавеющей стали, полученного сваркой давлением через прослойку из никеля и сплава Х2Н98, следует контролировать температуру их хранения и эксплуатации, а снижение температуры хранения может привести к снижению прочности соединения.

Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на девяти международных и российских конференциях. По теме публикации опубликовано 14 печатных работ, из них 5 статей в рецензируемых журналах, входящих в перечень рекомендуемых ВАК.

В качестве замечаний следует отметить следующее:

1. В разделе научной новизны в авторефере отмечено три пункта, второй и третий из которых действительно представляют собой большой научный интерес. Однако, первый пункт, в котором отражено, что наноструктурирование никелевой прослойки позволяет снизить температуру сварки давлением титанового сплава ПТ-3В и нержавеющей стали 12Х18Н10Т, является известным фактом.

2. При описании актуальности работы автором отмечается, что получить прямое соединение титанового сплава и нержавеющей стали сваркой давлением не удается из-за образования хрупких интерметаллических фаз в зоне сварки. При этом автором недостаточно рассмотрены научные работы отечественных авторов, в которых получение прямых соединений описано.

При этом сделанные замечания не снижают научной и практической ценности рассмотренной диссертационной работы.

Диссертационная работа Хазгалиева Руслана Галиевича является завершенным самостоятельно выполненным научно-квалификационным

исследованием, в котором решена задача определения закономерностей формирования соединения сваркой давлением титанового сплава с нержавеющей сталью при использовании прослойки из никеля и никелевого сплава с различным размером зерна. Диссертация удовлетворяет требованиям к кандидатским диссертациям, изложенным в пп. 9-11,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния.

Я, Уваров Андрей Андреевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Начальник отдела по разработке  
сварных соединений элементов  
активных зон АО «НИКИЭТ»,  
кандидат технических наук



Уваров Андрей  
Андреевич

Тел. +7 (499) 167-82-05  
e-mail: uvarov@nikiet.ru

Акционерное общество «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежаля»  
Адрес: 101000, Москва, а/я 788  
Тел.: +7 (499) 263-73-37  
e-mail: nikiet@nikiet.ru

Подпись Уварова А.А. заверяю

Ученый секретарь АО «НИКИЭТ»

А.В. Джалаевян

