

4. При некоторых условиях сварки разнородных металлов имеет место образование зон с повышенной твердостью, снижающих прочность соединения.

5. Магнитно-импульсная сварка является менее энергоемким процессом по сравнению с такими способами сварки, как аргоно-дуговая, контактная и холодная.

Л и т е р а т у р а

1. Г е л ь м а н А.С. Основы сварки давлением. М.: Машностроение, 1970.
2. В о л о б у е в И.В., Л е г е з а А.В. - Сварочное производство, № 8, 1972.
3. В о л о б у е в И.В., Л е г е з а А.В. - В кн.: Магнитно-импульсная обработка металлов, № 94, вып. 2, (Вестник ХПИ), Харьков: Выща школа, 1974, с. 49-52.
4. К а л а ч е в В.А., Л и в а н о в В.А., Е л а г и н В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1972. 480с.

УДК 621.791.76:621.7.044.2

П.А.Бордаков, Н.В.Дашкин, И.С.Гришин, В.И.Льбимов

РОЛЬ ДИФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В КОНТАКТЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ СБОРКЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Сложность и многообразие процессов, протекающих в зоне контактного взаимодействия соединяемых металлических поверхностей, существенно затрудняет выбор оптимальных значений параметров технологических процессов сборки (механического крепления, сварки давлением, клевки) элементов конструкций летательных аппаратов и прогнозирование их работоспособности в условиях эксплуатации. Актуальность этой проблемы значительно возрастает в связи с необходимостью создания и эксплуатации сборных конструкций в экстремальных условиях (вакуум, температурные перепады и др.).

Среди эффектов, обусловленных необратимыми изменениями поверхностного слоя материалов в вакууме, особое место занимает окисление (сварка) поверхностей. Высокие давления в сочетании с высокими температурами, возникающие на реальных пятнах контакта, приводят к значительным изменениям свойств поверхностных слоев и стимулируют процесс образования различных химических соединений и взаимной диффузии. Большая роль диффузионных процессов при контактировании, трении, сварке давлением отмечается во многих работах [1-3].

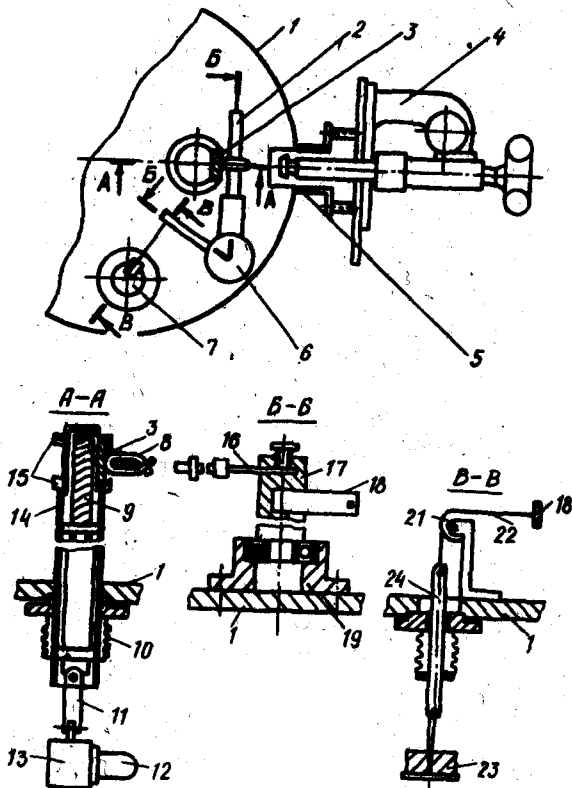
В настоящей работе предложена методика исследований диффузионных процессов, протекающих на поверхности трящихся пар, при моделировании микровыступов шероховатой поверхности с гладкой. Так как в контактных парах натуральных элементов конструкций практически всегда имеется взаимное смещение (сдвиг), методика исследований предусматривает эксперименты при нормальном сжатии и трении металлических поверхностей в вакууме.

В качестве гладкой поверхности используется отшлифованная до седьмого класса шероховатости грань массивного металлического образца, имеющего форму пластинки размером 60x10x3 мм. Микровыступ моделируется с помощью тонкой металлической проволоки, форма и размеры которой (диаметр от 20 мкм и более) хорошо соответствуют микровыступам реальной поверхности.

Для проведения экспериментальных исследований разработана сверхвысоковакуумная установка, позволяющая наблюдать за контактированием парами с помощью микроскопа непосредственно в процессе контактирования.

Вакуумная камера установки представляет собой криогенный сосуд объемом 25 литров, на нижней крышке которого монтируется оснастка для исследований. Откачка рабочей камеры осуществляется с помощью турбомолекулярного вакуумного агрегата ТВА-200 и вакуумного насоса орбитроно-сорбционного типа, что позволяет исключить из спектра остаточных газов пары органических соединений и в значительной степени пары воды. Длительность откачки камеры до давлений $(1-2) \cdot 10^{-7}$ торр обычно составляет не более четырех часов. Для снижения остаточного давления в камере до $10^{-9} - 10^{-10}$ торр производится предварительный прогрев вакуумной системы до 250 - 300°C в течение 3-4 часов при откачке агрегатом ТВА-200.

Для проведения исследований сконструировано специальное устройство (рис. 1). Массивный металлический образец 3 неподвижно устанавливается с помощью колец 15 на подвижном штоке 14. Об-



Р и с. 1. Схема устройства для исследования диффузионных процессов, протекающих на поверхности трящихся пар

разец из проволоки также неподвижно закрепляется на керамическом держателе 2 устройства.

Заданная температура образцов поддерживается с помощью проволочного никромового нагревателя 9 мощностью 1,2 кВт, вставленного в полость штока, и может достигать 900°C . Охлаждение образцов осуществляется путем подачи в полость штока хладагента, на-

пример, воздуха, воды или жидкого азота. При охлаждении жидким азотом температура образцов находится на уровне -120°C . Следует отметить возможность термоциклирования образцов с заданными скоростями нагрева и охлаждения. Температура образцов в процессе эксперимента контролировалась с помощью хромель-алюмелевой термопары, зачеканенной в массивный образец 3. Для снижения теплоотвода в устройство держатель образца из проволоки изготавливается из керамики.

Усилие, необходимое для сжатия образцов с заданной нормальной нагрузкой, прикладывается к штоку вакуумного ввода 7 и передается с помощью тросика 22 на рычаг 6 устройства. Ось вращения рычага 6 через подшипник 20 закрепляется в опорном фланце 19 устройства. Плечи рычага 6 выполнены в виде пластинчатых пружин. Причем плоскость пружины 18 расположена параллельно оси вращения, а второй пружины 16 — перпендикулярно. К свободному концу пружины 16 подсоединяется керамический держатель 2 с образцом 8. Нормальное усилие сжатия задается массой груза 23, подвешенного к штоку 24, регистрируется с помощью тензодатчиков, наклеенных на поверхностях пластинчатой пружины 18. Таким образом, рычаг 6, поворачиваясь вокруг оси, передает нормальное усилие сжатия на контактную пару.

После достижения заданных глубины вакуума и температуры образцы приводятся в контакт с усилием, величина которого может изменяться в пределах от 0,05 кгс до 2 кгс. А затем массивный образец 3 вместе с полым штоком 14 и нагревателем 9 перемещается вниз или вверх относительно образца 8 из проволоки. Полый шток 14 связан тягой 11 с редуктором 13 и электродвигателем 12.

Скорость перемещения массивного образца — скорость трения — задается величиной напряжения питания электродвигателя и измеряется с помощью датчика типа ИСД-3, установленного на оси червячного колеса редуктора 13. Скорость трения образцов может изменяться в широких пределах от 1 мм/мин до 20 мм/мин. От величины силы трения будет зависеть прогиб пластинчатой пружины 16, что регистрируется с помощью тензодатчиков, приклеенных на ее поверхности. Сигналы с тензодатчиков подаются через тензостанцию ТЛ-5 и делитель напряжения на потенциометры типа КСП-4, проградуированные для измерения силы сжатия и силы трения образцов.

Разработанное устройство позволяет проводить исследования как при взаимном перемещении образцов с заданной скоростью, так и при статическом нагружении. Причем, варьируя формой контактируемых образцов, можно проводить исследования разнообразных контактных пар:

плоскость - сфера, плоскость - плоскость, плоскость - цилиндр и другие.

Непосредственное наблюдение околоконтактной области в процессе контактирования проводится с помощью металлографического микроскопа 4 типа МВТ, установленного на боковом водоохлаждаемом illuminаторе вакуумной камеры. Используемые в исследованиях объективы позволяют проводить наблюдения при увеличении от 6 до 420 раз. Получаемую при исследованиях информацию можно фиксировать с помощью специальных насадок на фотопластинках, фотопленках или кинопленках.

Как показали эксперименты, проведенные на образцах из алюминия марки АД-1 (пластинка) и меди марки М-1 (проводочка диаметром 0,08 мм), около контакта интенсивно развиваются диффузионные процессы. Особенно ярко выраженная картина выявляется при температурах 500°C и выше.

Вокруг контакта спустя 20-25 секунд после скатки образцов при 500°C в вакууме 10^{-7} торр наблюдается быстрый рост темного ореола и дунки. Очевидно, появление дунки связано с эффектом контактного плавления и образованием жидкой фазы, которая в вакууме испаряется. Металлографические исследования и рентгеноструктурный анализ на установке ДРОН-1 указывает на образование в этой зоне интерметаллического соединения типа $CuAl_2$. Наличие жидкой фазы при температуре выше температуры плавления эвтектики $CuAl_2$, равной 548°C, по-видимому, можно объяснить влиянием примеси в материале образцов. В зоне образования интерметаллических соединений (темный ореол) существенно изменяется микрогеометрия поверхности. Исследованиями поперечных шлифов контактов установлено, что ширина дунки, а тем более ореола, превышает толщину интерметаллического слоя в двадцать и более раз.

В ы в о д ы

1. Разработанная установка и методика позволяют изучать кинетику развития процессов, происходящих в околоконтактной зоне вакуумных пар.

2. При контактировании и трении металлов в вакууме, когда толщина адсорбированных и окисных пленок минимальна, большую роль играют процессы поверхностей диффузии, которые приводят к существенным изменениям микрогеометрии, физических и механических свойств поверхностных слоев трущихся тел.

3. Изменения указанных свойств оказывают значительное влияние на схватывание и трение фрикционных пар, а, следовательно, на характеристики технологических процессов сборки и работоспособность элементов конструкций летательных аппаратов.

Л и т е р а т у р а

1. З у е в И.В., У г л о в А.А. Энергетические и кинетические характеристики процесса соединения материалов. Изд-во ДАН СССР, 1977, 233с. № 4. 649с.
2. А л е х и н В.П., М а з у р А.И. Исследование закономерностей объемного взаимодействия в процессе образования соединения при ультразвуковой сварке. - Физика и химия обработки материалов, 1974, № 6. 127с.
3. К о с т е ц к и й Б.И., К о л е с н и ч е н к о Н.Ф. Качество поверхности и трение в машинах. Киев: Техника, 1969.

УДК 621.791.763.2

Д.С.Балковец, М.Д.Рудман, А.С.Ивашин

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ

Исследование термомеханических процессов проводилось авторами при одновременной (групповой) рельефной сварке 6-8 одноточечных соединений на деталях толщиной 1,0 и 1,5 мм из стали 08.

Сварка осуществлялась по сферическим рельефам, которые выштамповывались в центре присоединительных площадок одной из двух соединяемых деталей.

Условия формирования литого ядра точки, возникновения вылесков при сварке и нагруженность сварного соединения в работающем изделии могут быть охарактеризованы отношениями v/δ , v/d и d/δ , где v - ширина присоединительной площадки детали, δ - ее толщина, d - диаметр литого ядра точки.

Геометрическая характеристика деталей и сварных соединений дана в табл. 1.