

Таблица 2. Усредненные показатели минимальных средних квадратичных отклонений при различных уровнях шума

Уровень шума, %	Дефект	Помеха
5	0.05	0.14
10	0.09	0.17
15	0.14	0.20
20	0.19	0.236

Таблица 3. Вероятность идентификации сигналов помехи и дефекта при различных уровнях шума (II метод)

Уровень шума, %	Вероятность распознавания, %
0	100
5	≈100
10	99
15	97
20	90

квадратичного отклонения тестового сигнала от сигналов дефекта и помехи соответствует свой уровень шума. Повышение уровня шума может привести к перекрыванию диапазонов пары, и как следствие, — к ошибкам идентификации.

В табл. 2 представлены усредненные по 100 опытам значения минимальных средних квадратичных отклонений тестового сигнала при различных уровнях белого гауссова шума. Для второго метода идентификации результаты, усредненные по 100 опытам, сведены в табл. 3.

Проведенные исследования показали, что практическая реализация первого метода проще, но он может применяться при уровнях шума до 15 % от амплитуды сигнала. Вероятность идентификации помехи при увеличении уровня шума выше, чем

модуляционного импульса дефекта. Второй метод позволяет производить распознавание с большей вероятностью (ср. табл. 1 и 3), но с повышением уровня шума выше 20 % может происходить перекрытие диапазонов, и вероятность распознавания снижается.

1. Композиційні матеріали / Под ред. Карпинosa. — Київ: Наук. думка, 1985.—592 с.
2. Справочник по композиционным материалам / Под ред. Дж. Любина. — М., 1988.—Т. 1.—447 с.; Т. 2.—580 с.
3. Хандецкий В. С. Выявление слоев с повышенной концентрацией микротрещин в углеродосодержащих композитах вихревоковым методом // Механика композит. материалов.—1992.—№ 6.—С. 741—749.
4. Хандецкий В. С. Вихревоковый контроль поверхностных трещин в углеродосодержащих композитах // Технология.—1997.—№ 1.—С. 74—80.
5. Хандецкий В. С., Сопильник А. В., Гречка А. Т. Обнаружение поверхностных трещин в углеродосодержащих композитах // Дефектоскопия.—1994.—№ 2.—С. 47—57.

SIGNAL PROCESSING AT EDDY CURRENT DEFECTOSCOPY

I. N. Antoniuk, V. S. Khandetskyi

Carbon containing composite materials are widely implemented in different constructions of aerospace technique due to their unique physic-mechanical properties. Nowadays, using different algorithms, methods of recognition and classification of defects and drawbacks, that occur during non-destructive control of composites, have been developed. This paper describes two such methods one of which based on signals' form analysis and the other on quantitative indexes of mean square root deviation of noised signals from a test signal. Changes of the gap between the eddy current transformer and the surface of a testing material, casual inclinations of the transformer during scanning form drawback impulses. These are the most essential preventing factors. The obtained results let to make correction of these factors and considerably improve reliability of defectoscopy.

УДК 621.76002(075.8)

ВЛИЯНИЕ ХОЛОДНОЙ СВАРКИ НА РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ С ПЛАСТИЧНОЙ ПРОКЛАДКОЙ

© Ю. С. Бойко

Дніпропетровський державний університет

При збиранні та випробуваннях пневмогідравлічних систем встановлено, що роз'ємні фланцеві з'єднання після зняття з них кріплення не втрачають своєї герметичності навіть в умовах штатних навантажень. Було припущене, що причиною зберігання щільності стику є холодна зварка. Розрахунки, проведені на штатних фланцевих замкових з'єднаннях, показали, що в зоні контакту прокладки з міді МЗ і фланців зі сталі 12Х18Н10Т напруга складає 260—280 МПа, що у 13—14 разів перевищує напругу, необхідну для початку пластичної деформації прокладки, і у 17.3 рази перевищує напругу, необхідну для здійснення холодної зварки. Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що в основі ефекту зчеплення в роз'ємних з'єднаннях з пластичною прокладкою лежить холодна зварка.

Основными соединительными элементами в конструкциях пневмогидравлических систем (ПГС) ракет-носителей, являются разъемные соединения. При сборке и испытании ПГС установлено, что разъемные фланцевые соединения после снятия с них крепежа не теряют своей герметичности даже в условиях штатных нагрузок.

Для изучения этого явления было исследовано замковое фланцевое соединение, использованное длястыковки штатных трубопроводов. Было предположено, что причиной сохранения плотностистыка является холодная сварка, так как созданные условия благоприятствуют ее протеканию.

Известно, что физико-химической основой холодной сварки является образование металлических связей между атомами соединяемых поверхностей, приведенных в непосредственный контакт, т. е. на межатомные расстояния. Холодная сварка осуществляется путем одновременной пластической деформации соединяемых материалов при комнатной и более низкой температурах. Основной особенностью пластической деформации является непрерывное залечивание элементарных очагов нарушения монолитности. Давления, прилагаемые в процессе холодной сварки, вызывают направленную деформацию, способствующую очистке и сближению поверхностей, а также повышают энергетический уровень электронов выше определенного предела, при котором они прорывают потенциальный барьер, коллективизируются и образуют металлические связи [5].

После механической обработки структура и свойства поверхностных слоев металла существенно изменяются [2]. В зависимости от конкретных условий обработки и свойств металла, образуются протяженные поверхностные слои, толщиной до нескольких микрометров.

Очистка свариваемых поверхностей является исходной операцией при сварке металлов в холодном состоянии. В реальных условиях поверхность металла имеет сложную систему адсорбированных слоев. На внешней поверхности твердого тела, соприкасающейся с газовой средой, адсорбируются молекулы кислорода, паров масла, серы, влаги. Высокая реакционная способность поверхностных атомов вызывает их стремление установить равновесие с окружающими их атомарными силами. Выход дислокаций на поверхность металла является очагом их усиленного окисления.

Для возможности образования прочного цельнометаллического соединения необходимо, прежде всего, чтобы в близкий контакт вошел чистый металл соединения элементов, свободный от тончайших жировых пленок. Предварительное осво-

бождение от оксидной пленки практически невозможно, так как любой малый промежуток времени от снятия оксидной пленки до сварки вполне достаточен для образования новой пленки. Такое положение приводит к тому, что для осуществления холодной сварки необходимо оксидную пленку удалять не предварительно, а в момент образования тесного контакта между металлами свариваемых элементов, т. е. непосредственно в момент сварки. Это удается сделать с теми металлами, которые, отличаясь высокой пластичностью, покрыты относительно хрупкой и твердой оксидной пленкой. При этом контактируют между собой участки обнаженного, чистого металла. Внешнее давление сжимает соединяемые детали, делая зону сварки непроницаемой для атмосферы, и одновременно приводит поверхности в непосредственный контакт с образованием прочной металлической связи.

Прочность цельнометаллического соединения зависит от площади физического контакта поверхностей [1]. В связи с этим взаимодействие будет идти по микровыступам. Выступы вступают в контакт не одновременно, и следовательно, их напряженное состояние различно, что влияет на характер зависимости площади касания от нагрузки.

В связи с разным подходом к одному и тому же явлению и большой его сложностью в настоящее время существует восемь гипотез о природе и механизме холодной сварки: рекристаллизационная, диффузионная, пленочная, энергетическая, дислокационная, деформационная, металлических связей, теория активных центров [5].

В основу предлагаемых расчетов положена теория металлических связей как хорошо зарекомендовавшая себя в практическом плане. Впервые Б. И. Костецкий показал, что физической основой схватывания и сваривания металлов в твердой фазе является естественная металлическая связь. Свойства валентных электронов, служащих источником энергии металлических связей, практически не зависит от температуры во всем температурном интервале существования твердого тела. В условиях низких температур амплитуда колебания атомов тем больше, чем выше давление их сжатия. Кроме нагрева, сжатие является также способом, который может обеспечить условия свариваемости.

При холодной сварке давлением необходим выбор оптимального режима сварки. Одним из основных факторов является давление, обеспечивающее физический контакт. При малом давлении между свариваемыми поверхностями ухудшаются процессы теплопередачи от одной детали к другой и не образуется фронт соединения. Увеличение давления выше определенного значения чревато опасно-

стью уменьшения площади сечения более пластичной детали или разрушения более хрупкой [4].

Напряжение, необходимое для начала пластической деформации, рассчитывается по формуле [3]:

$$\sigma = \sigma_T \left(1 + \frac{2}{3} \frac{s}{ih} \right),$$

где s — сечение сдавливаемой детали, мм; i — периметр сечения, мм; h — высота заготовки, мм.

По предложенной зависимости для медной прокладки пластическая деформация наступает при $\sigma = 20$ МПа. Как следует из [5], для холодной сварки необходимо, чтобы в зоне контакта выполнялись условия $P \geq (4...5)\sigma_T$ и $P > \sigma$.

Расчеты, проведенные на штатных фланцевых замковых соединениях, показали, что в зоне контакта прокладки из меди М3 и фланцами из стали 12Х18Н10Т напряжения составляют $P = 260...280$ МПа, что в 13—14 раз превышает напряжения, необходимые для начала пластической деформации прокладки, и в 17.3 раза превышает напряжения, необходимые для осуществления холодной сварки.

Расчеты фактической площади касания в зависимости от давления с учетом механических свойств контактирующих материалов представляют особый интерес для технологов, занимающихся отработкой режимов сварки. Работы [1, 4, 6] позволяют при определенных допущениях уточнить эти расчеты. Как показали опыты [5], с увеличением нагрузки увеличение фактической площади касания замедлялось.

Для оценки фактической площади контакта исследован образец соединения на разрыв. Было принято, что разрыв будет происходить не в самой зоне контакта, а по более хрупкому металлу. При этом площадь, по которой произойдет разрыв, будет мало отличаться от истинной фактической площади

касания. Согласно принятым предположениям для медной прокладки фактическая площадь касания составляет $F = N/\sigma \approx 1.1$ мм, где N — нормальная нагрузка.

Относительная площадь касания η , равная отношению фактической площади F к номинальной S , составляет $\eta = F/S \approx 0.00052$.

1. Демкин Н. Б. Фактическая площадь касания твердых поверхностей. — М.: Изд-во АН СССР, 1962.
2. Казаков Н. Ф. Диффузионная сварка в вакууме. — М.: Машиностроение, 1968.
3. Кочергин К. А. Сварка давлением. — Л.: Машиностроение, 1972.
4. Россошинский А. А., Заплитная А. Т., Кислицин В. М. Влияние давления на фактическую площадь касания при сварке давлением // Автоматическая сварка.—1969.—№ 7.
5. Сахацкий Г. П. Технология сварки металлов в холодном состоянии. — Киев: Машиностроение, 1970.
6. Шоршоров М. Х. и др. К вопросу расчетной оценки режимов сварки давлением // Сварочное производство.—1967.—№ 7.

INFLUENCE OF COLD WELDING ON DETACHABLE JOINTS WITH PLASTIC LINING

Yu. S. Boiko

Assembly and test pneumatic-hydraulic systems showed that detachable flange connections don't lose their tightness after removal the fixtures from them even in conditions of regular loadings. It is supposed that the reason of that is a cold welding. The accounts carried out on regular flange seam connections showed that in a zone of contact of a lining from copper M3 and flanges from steel 12Х18Н10Т-ВД the pressure made size 260—280 MPa, that is 13—14 times large as the pressure necessary for the beginning of plastic deformation of a lining, and 17.3 times large as the pressure necessary for realization of cold welding. The received results allowed to make a conclusion that there is a cold welding in a basis of arising effect of coupling in detachable connections with plastic lining.

УДК 536.416:531.711

ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

© О. В. Бондаренко

Дніпропетровський державний університет

Приведено класифікацію конструкцій з точки зору забезпечення їхньої дієздатності у широкому діапазоні температур, запропоновано спосіб забезпечення стабільності поведінки конструкцій, розглядаються алгоритми розрахунку та приведено критерії вибору параметрів ланки-компенсатора.

В настоящее время в ракетно-космической технике широко используются в качестве рабочих тел вещества при криогенных температурах, которые с од-

ной стороны имеют ряд преимуществ из-за своей эффективности и экологической безопасности, а с другой — ставят перед проектировщиками дополн-