

УДК 669.1/89(075.8)

UDC 669.1/89(075.8)

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОБРАЗОВАНИЯ СТЕКЛОПОКРЫТИЯ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

THE JUSTIFICATION OF THE METHOD OF GLASS COVER APPEARANCE ON THE INNER SURFACE OF HYDROPNEUMATIC CYLINDERS

Тавасиев Рамазан Мусаевич
доктор технических наук
Горский государственный аграрный университет, г. Владикавказ, Россия

Tavasiev Ramazan Musaevich
Doctor of technical sciences
Gorsk State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia

Цымбал Александр Андреевич
доктор сельскохозяйственных наук
Институт механики и энергетики Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия, г. Москва, Россия

Tcimbал Aleksandr Andreevich
Doctor of agricultural sciences
Institute of Mechanics and Power Engineering Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia

Иванченков Вячеслав Алексеевич
кандидат технических наук
Горский государственный аграрный университет, г. Владикавказ, Россия

Ivanchenkov Vyacheslav Alekseevich
Candidate of technical sciences
Gorsk State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia

Скачков Егор Владимирович
аспирант
Институт механики и энергетики Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия, г. Москва, Россия

Skachkov Egor Vladimirovich
graduate student
Institute of Mechanics and Power Engineering Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia

В статье освещены этапы процесса соединения металла со стеклом, рассмотрена гипотеза о возможности широкого использования стекла в качестве рабочей поверхности гидропневмоцилиндров, оценена возможность использования технологии 3D-печати в рассматриваемом процессе

Stages of connecting metal and glass process are elucidated in the article, the hypothesis about possibility of wide use of glass as hydropneumatic cylinders working surface is viewed, possibility of use of the 3D technology in the considered process is estimated

Ключевые слова: ДИФФУЗИОННАЯ СВАРКА, ТЕОРИЯ ТОПОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ, ГИДРОПНЕВМОЦИЛИНДР, МЕТОД ПОСЛОЙНОЙ 3D-ПЕЧАТИ, ЛАЗЕРНАЯ СТЕРЕОЛИТОГРАФИЯ

Keywords: DIFFUSION WELDING, THEORY OF TOPOCHEMICAL REACTIONS, HYDROPNEUMATIC CYLINDER, FUSED DEPOSITION MODELING, LASER STEREOLITHOGRAPHY

Задача объединения в едином материале специфичных и выгодных для конечного продукта свойств поднималась в разное время, и в большинстве давала положительные результаты для ограниченного числа таких материалов. Чаще всего в основе использовался тезис механического соединения путем заполнения, например, стеклом, имевшихся в металле

случайных или технологически обоснованных неровностей, полостей. Можно условно квалифицировать этот метод как макропроцесс.

Более эффективным можно признать метод, основанный на дендритной теории образования соединений, формирующихся в результате роста дендритов выделяющегося железа при разложении оксидов в процессе вплавления эмалевой фритты на железные пластины, и с учетом электрохимической теории, по которой применительно к расплаву стекла более благородные металлы вытесняются менее благородными, как это имеет место в насыщенных растворах [1, с. 56].

Наибольшее число подтверждений получила теория оксидного соединения, которая объясняет трехступенчатый механизм. Наиболее доработано применение такого метода с металлами W, Mo, Fe, Ni, Cr и др. Принципиальной особенностью считается, что на поверхности этих металлов специальными способами формируются оксидные слои. Объединяющим моментом можно признать, что оксиды металла и стекла обладают ионной структурой. При этом между стеклом и металлом формируется переходная структура, в которой ионы соединенного со стеклом металла постепенно, по мере приближения к стеклу, замещаются ионами кремния. Создание такой буферной зоны между стеклом и оксидом металла является конечной целью [1, с. 62].

Особенностью теории оксидного соединения является ограниченность ее применения, т.к. присутствие оксидов не всегда является определяющим условием для соединения металлов с неметаллами, что можно признать недостатком такого метода.

Существенный вклад в развитие теории образования соединений металлов с неметаллическими материалами, преимущественно при сварке в твердом состоянии, сделали Н. Ф. Казаков, Э. С. Каракозов, М. Х. Шоршоров [2...5]. В работах этих и многих других авторов показаны широкие перспективы применения термодинамики, кинетики процессов

образования соединений, необходимости построения моделей управления технологическим процессом сварки. Их исследования выявили ряд нерешенных проблем, связанных с образованием межфазного физического контакта, зарождения начальных зерен взаимодействия в центрах концентрации молекулярного напряжения и развития новой структуры сплавов [6, с. 48; 7, с. 112].

Наиболее полно процесс взаимодействия металлов с неметаллами с позиций теории топохимических реакций исследован в работах [4,5,8]. Процесс взаимодействия представлен тремя этапами. На первом этапе происходит сближение соединяемых поверхностей в результате пластической деформации одной или обеих соединяемых деталей до появления физических сил взаимодействия, обусловленных силами Ван-дер-Ваальса, т. е. образование физического контакта. Причем деформационный рельеф соединяемых поверхностей положительно сказывается на формировании физического контакта, вследствие увеличения площади зоны контактирования.

На втором этапе происходит активация поверхностей, следствием которой является образование активных центров и последующий процесс схватывания атомов на активных центрах, в результате которого возникает валентное межатомное взаимодействие – возникновение химических связей между атомами соединяемых поверхностей, т.е. происходит переход атомов из состояния физической адсорбции в состояние химической адсорбции. Процессы, проходящие на данном этапе, являются поверхностными и не протекают в толще соединяемых материалов.

Третий этап - объемное взаимодействие. В течение этой стадии происходит развитие взаимодействия соединяемых материалов как по плоскости контакта (с образованием прочных химических связей), так и в некоем совместном от обеих поверхностей объеме зоны контакта. Данный процесс протекает через активные центр, представляющие собой, в

частности, дислокации с полем напряжений. В плоскости контакта он заканчивается слиянием дискретных очагов взаимодействия, а в объеме — релаксацией напряжений.

Таким образом, изучение явлений, происходящих в зоне соединения металлов со стеклами или другими керамическими материалами, показало, что в основе взаимодействия лежит теория топохимических реакций, протекающих на активных центрах. Учитывая аморфную структуру стекла, а также повышенную активность стеклофазы в керамике по сравнению с кристаллической фазой, следует ожидать, что они внесут свои коррективы в природу активного центра и кинетику взаимодействия. Кроме того, при сварке металлов с неметаллами, в силу ограниченной деформационной способности керамических материалов, на кинетику роста прочности соединения сильно влияет заключительная стадия взаимодействия, т. е. непосредственно топохимические реакции на активных центрах [8, с. 142].

Третий заключительный этап развития соединения требует более пристального изучения, поскольку в этот период могут проходить топохимические реакции, как присоединения, так и замещения, что определяет кинетику изменения прочности соединения. Развитие заключительного этапа взаимодействия связано с накоплением продуктов топохимических реакций, представляющих собой новые протяженные дефекты – межфазные границы между исходной твердой матрицей и аморфной фазой, а значит и с возможностью выделения их в новую фазу, что может в конечном случае вызвать разупрочнение сварных соединений [8, с. 148].

Как видно, задача соединения стекла с металлом является достаточно сложной и решалась она рядом исследователями разными методами. Цели создания нового конструкционного материала предполагают более полное

и тщательное обоснование и разработку соответствующих путей и методов.

Наша гипотеза о возможности широкого использования стекла в качестве рабочей поверхности гидро- и пневмоцилиндров по сути оказалась новой, не имеющей аналогов [9,10].

Для реализации этой гипотезы, в отличие от вышеописанных методов, нами предложен метод механического соединения стеклянной (кварцевой) втулки с наружной втулкой – оболочкой посредством буферного слоя между ними. Этот слой должен обладать высокими адгезионными свойствами по отношению к металлам, кварцевому стеклу, пластмассам. Кроме этого буферный слой должен компенсировать (балансировать) тепловые расширения и сжатия от колебаний температур, препятствуя созданию вакуума или напряжений в сопряжениях.

Конструкция гидропневмоцилиндра включает четыре, сопряженных друг с другом, цилиндрических деталей. Для того, чтобы при колебаниях температуры все детали синхронно расширялись или сжимались, не создавая при этом вакуум или напряжения в сопряжениях, должно быть выполнено условие

$$(1) \quad \alpha_k d_k - \alpha_c d_c = \alpha_b d_b ,$$

где α_k , α_c , α_b – коэффициенты теплового расширения материалов, соответственно, корпуса, стеклянной втулки и буферного слоя;

d_k , d_c , d_b – значения внешних диаметров, соответственно, корпуса, стеклянной втулки и буферного слоя.

Коэффициент теплового расширения материала буферного слоя

$$(2) \quad \alpha_b = \alpha_m(1-\varepsilon) + \alpha_n \varepsilon ,$$

где α_m , α_n – коэффициенты теплового расширения материалов за-
твердевающей массы и металлического порошка;

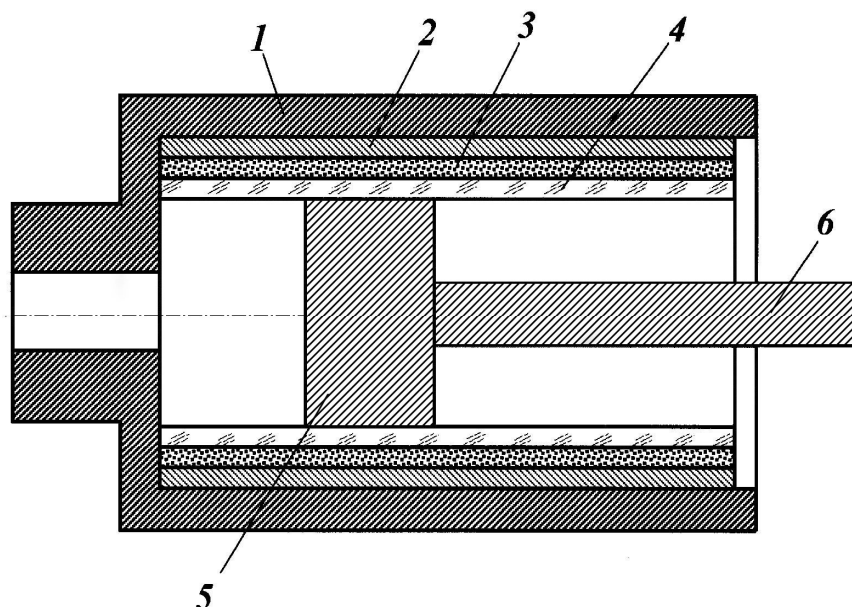
ε – объемная доля металлического порошка в буферном слое.

Подставив значение α_b из формулы (2) в формулу (1), после преоб-
разований получено:

$$(3) \quad \varepsilon = \frac{\alpha_k d_k - \alpha_c d_c - \alpha_m d_b}{d_b(\alpha_n - \alpha_m)}$$

Таким образом, чтобы исключить возникновение напряжений или ва-
куума в зонах сопряжения деталей гидропневмоцилиндра (и таким образом
повысить его надежность и долговечность), объемное доленое содержание
металлического порошка в буферном слое должно соответствовать значе-
нию ε , вычисленному по формуле (3).

На рисунке 1 изображено продольное сечение гидропневмоцилиндра.



*1 – корпус гидропневмоцилиндра; 2 – оболочка сицила; 3 – буферный
слой; 4 – стеклянная втулка (сицил); 5 – поршень; 6 - шток*

Рисунок 1 - Гидропневмоцилиндр

Гидропневмоцилиндр состоит из корпуса 1 и размещенной в нем гильзы (сицила), которая в свою очередь содержит оболочку 2, буферный слой 3 и стеклянную втулку 4. В полости гильзы (сицила) размещены поршень 5 и шток 6. Гильза (сицил) является съемным заменяемым узлом.

При использовании гидропневмоцилиндра в пневмосистемах при относительно низких давлениях оболочка 2 может быть выполнена из неметаллических материалов, например, из пластмасс. В условиях допустимости использования полимерной оболочки цилиндра возможно ее изготовление с помощью технологий 3D-печати - методом послойной струйной печати, а также методом лазерной стереолитографии. Учитывая, разнообразие материалов, применяемых в 3D-печати, их механических, физических и химических свойств и дешевизну использования печатающего оборудования, использование неметаллических оболочек гидропневмоцилиндра более выигрышно в сравнении с оболочками, выполненными из металла.

Применение буферного слоя с заданным коэффициентом теплового расширения, а также использование стеклянной втулки с цементированной рабочей поверхностью, позволяют, за счет повышения антифрикционных свойств и исключения напряжений в сопряжениях, повысить надежность и долговечность изделия.

Предложенный метод в отличие от других, например, сварки стекла с металлом значительно проще, более экономичен и технологичен, что делает его достаточно привлекательным и доступным.

Список литературы

1. Преснов В.А., Любимов М.Л., Строгонова В.В. Керамика и ее спаи с металлом в технике. – М.: Автоиздат, 1969.- 232 с., ил.
2. Казаков Н.Ф. Диффузионная сварка материалов.- М.: Машиностроение, 1976.- 312 с., ил.
3. Каракозов Э.С. Соединение металлов в твердой фазе. – М.: Металлургия, 1976.- 264 с., ил.

4. Красулин Ю.Л. Взаимодействие металла с полупроводником в твердой фазе. – М.: Наука, 1971. – 119 с., ил.
5. Шоршоров М.Х., Дрюнин С.С. Кинетика соединения материалов в твердой фазе. – Физика и химия обработки материалов, 1981, № 1, с.75-85.
6. Булгакова Т.И. Реакции в твердых телах. – М.: МГУ, 1972. – 76 с.
7. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. – М.: Химия, 1978. – 359 с.
8. Бачин В.А. Диффузионная сварка стекла и керамики с металлами. – М.: Машиностроение, 1986. – 184 с., ил.
9. Патент 2263593 РФ / Рабочий орган гидравлических тормозных систем Р.М. Тавасиев / Опул. в БИ № 31, 2005.
10. Разработка средств малой механизации / Отчет о НИР ГГАУ / - Владикавказ, 1996. – 84 с., ил.

References

1. Presnov V.A., Ljubimov M.L., Strogonova V.V. Keramika i ee spai s metallom v tehnike. – М.: Avtomizdat, 1969.- 232 s., il.
2. Kazakov N.F. Diffuzionnaja svarka materialov.- М.: Mashinostroenie, 1976.- 312 s., il.
3. Karakozov Je.S. Soedinenie metallov v tverdoj faze. – М.: Metallurgija, 1976.- 264 s., il.
4. Krasulin Ju.L. Vzaimodejstvie metalla s poluprovodnikom v tverdoj faze. – М.: Nauka, 1971. – 119 s., il.
5. Shorshorov M.H., Drjunin S.S. Kinetika soedinenija materialov v tverdoj faze. – Fizika i himija obrabotki materialov, 1981, № 1, s.75-85.
6. Bulgakova T.I. Reakcii v tverdyh telah. – М.: MGU, 1972. – 76 s.
7. Tret'jakov Ju.D. Tverdofaznye reakcii. – М.: Himija, 1978. – 359 s.
8. Bachin V.A. Diffuzionnaja svarka stekla i keramiki s metallami. – М.: Mashinostroenie, 1986. – 184 s., il.
9. Patent 2263593 RF / Rabochij organ gidravlicheskih tormoznyh sistem R.M. Tavasiev / Opubl. v BI № 31, 2005.
10. Razrabotka sredstv maloj mehanizacii / Otchet o NIR GGAU / - Vladikavkaz, 1996. – 84 s., il.