

что и обеспечивало необходимую величину зазора между свариваемыми мембранами.

Для сварки внутренних и наружных швов применялись специальные плазмообразующие сопла, аналогично изготавливаемых фирмой «Семерон» [3].

Изготовление сиффона проводилось поэлементной сваркой мембран между собой по внутреннему диаметру в приспособлении, а затем путем наращивания мембран проводили сварку сиффона по наружному диаметру до нужного размера.

Сваренные по рекомендуемым режимам тарельчатые сиффоны подвергались испытаниям на герметичность воздушно-гелиевой смесью. Как показали испытания, полученные таким образом тарельчатые сиффоны (рис. IV, вклейка) обладают хорошей герметичностью, и могут применяться для решения различных технических задач.

ВЫВОДЫ:

1. Разработанная технология микроплазменной сварки элементов тарельчатого сиффона из стали 12X18H10T толщиной 0.15 мм обеспечивает полу-

чение работоспособного, равнопрочного соединения с хорошей герметичностью.

2. Микроплазменная сварка тонколистовых элементов ($\delta_0 = 0.1-0.3$ мм) возможна только с помощью применения прецизионной технологической оснастки.

1. Шнейдер Б. И., Погребинский Д. М. Рациональная форма торцового шва при сварке тонколистового металла // Автоматическая сварка.—1973.—№ 10.—С. 44—47.
2. Синельников Н. Г., Сос А. В., Шеремет В. В. и др. Исследование качества сварки торцовых тонколистовых соединений в условиях действующих возмущений // Автоматическая сварка.—1985.—№ 1.—С. 37—41.
3. Погребинский Д. М., Шнайдер Б. И. Достижения, проблемы и перспективы развития микроплазменной сварки // Автоматическая сварка.—1983.—№ 10.—С. 43—49.

MICROPLASMA WELDING OF PLATEFUL SILPHONS

V. G. Bessalyi, Ben Gan, E. A. Dzhur,
A. G. Fesenko, V. E. Prihod'ko

A technological process of the microplasma welding of the thin-walled plateful silphons from the steel X18H10T is described. The protective gas mixture and the set of the precision welding devices is proposed. The optimal welding regime is selected.

УДК 621:762

КОНВЕРСИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

© С. А. Божко, А. Ф. Санин

Дніпропетровський національний університет

Досліджено вплив технологічних факторів та умов спікання порошкових композиційних матеріалів на основі міді на фізико-механічні та експлуатаційні властивості ущільнювальних антифрикційних деталей. Виявлено переваги та недоліки вакуумного спікання порошкових заготовок із міднографітових матеріалів і визначено оптимальні параметри технологічного процесу отримання готових деталей у залежності від якості наявних порошків. Виготовлено дослідну партію деталей і проведено натурні випробування вставок головки струмоприймача тролейбуса. Визначено оптимальний склад, що має комплекс високих триботехнічних і експлуатаційних властивостей.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СВОЙСТВА ПОРОШКОВОГО АНТИФРИКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Порошковые антифрикционные композиционные материалы находят все более широкое применение в индустрии благодаря уникальному комплексу свойств, недостижимому при использовании традиционных технологий. Высокие требования, предъявляемые к современным изделиям, обуславливают проведение всесторонних исследований по изуче-

нию влияния различных факторов на свойства конечного продукта. В предлагаемом обзоре приведены результаты исследований влияния таких факторов, как качество исходных порошков, параметры формования и спекания, среды спекания на структуру, свойства и плотность антифрикционного уплотнительного медно-графитового композиционного материала, разработанного для ракетно-космической техники сотрудниками Физико-технического института Днепропетровского национального университета. Этот композит обладает высокими

триботехническими характеристиками и электропроводностью, что создает предпосылки для его применения в электротехническом производстве в качестве подвижных контактов и токосъемников.

Исследования выполнены с использованием графитово-коллоидного препарата и графита карандашного ГК-1, ГК-2; порошков меди марки ПМС-1 и ПМС-2. Порошки графита и меди смешивали в соотношении 1:10, прессовали и спекали по различным технологическим схемам. Определяли влияние технологических факторов на структуру и механические свойства полученного материала. Графит подвергали предварительной сушке и последующему отжигу в вакууме и в атмосфере эндогаза в течение 1 ч. Отличий в структуре материала с графитом, отожженным при разных температурах, не выявлено. Не обнаружено заметное различие и в значениях механических свойств, т. е. повышение температуры отжига графита не приводит к повышению механических свойств материала и улучшению однородности его структуры. Вакуумное спекание меднографитового композита МГ10 обеспечивает высокую чистоту полученных заготовок, однако в ряде случаев наблюдали расслоение и «вспучивание» на поверхности. По-видимому, это явление связано с окисленностью исходного медного порошка. Медные порошки ПМС-1 и ПМС-2, полученные электролитическим способом, имеют достаточно высокую чистоту и обладают дисперсной разветвленной дендритной структурой, что обеспечивает хорошую уплотняемость и прессуемость шихты. Однако содержание кислорода в различных партиях порошка колеблется от 0.03 до 0.8 %. Для изучения влияния степени окисленности исходного медного порошка на свойства антифрикционного материала МГ10 изготовили партию образцов по схеме двойного прессования и спекания в вакууме.

Свойства, приведенные в табл. 1, свидетельствуют, что степень окисленности медного порошка не оказывает значительного влияния на физико-механические свойства материала, однако наблюдается тенденция к их снижению с ростом содержания кислорода.

Структура исследованных образцов однородная, крупных (более 100 мкм) включений не наблюда-

ли. Следует, однако, отметить, что при наименьшем содержании кислорода в медном порошке структура полученного материала отличается наличием включений графита с малоразветвленной формой, образующих прерывистую «паукообразную» сетку, которая при повышении содержания кислорода становится более плотной. Таким образом, спекание в вакууме обеспечивает достижение требуемых свойств антифрикционного материала МГ10 независимо от содержания кислорода в исходном медном порошке вплоть до 1 %.

ВЛИЯНИЕ УСИЛИЯ ПРЕССОВАНИЯ, ТЕМПЕРАТУРЫ, ДЛИТЕЛЬНОСТИ И СРЕДЫ СПЕКАНИЯ НА СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА

С целью получения порошкового антифрикционного материала с равномерной структурой и требуемым комплексом физико-механических свойств проведено исследование влияния всех параметров технологического процесса на конечные свойства материала.

Усилие первого прессования варьировали от 200 до 800 МПа через каждые 100 МПа. Первое спекание проводили в вакууме при 980 °С в течение 3 часов (табл. 2). Второе прессование осуществляли с удельным давлением от 400 до 1000 МПа через каждые 100 МПа. Второе спекание проводили в вакууме с разрежением 0.05—0.01 Па и эндогазе (0.2 % CO₂, 0.2 % CH₄, 41 % H₂, 1 % O₂, 21 % CO) при температуре 980 °С в течение 3 часов (табл. 3).

Схема двойного прессования и спекания выбрана из тех соображений, что однократным прессованием не удастся достичь требуемой плотности материала из-за образования сколов и расслоений в результате перепрессовки.

Результаты исследований показали, что с повышением усилия второго прессования до 700 МПа плотность возрастает, а твердость и ударная вязкость практически не изменяются. Результаты исследования влияния среды спекания на свойства

Таблица 1. Влияние степени окисленности медного порошка на свойства материала

Содержание кислорода, %	ρ , кг/м ³	Кс, КДж/м ²	Твердость, НВ
0.04	6500	41	23.5
0.40	6600	46	24.3
0.80	6700	45	23.7
1.00	6800	43	20.8

Таблица 2. Влияние усилия первого прессования на свойства материала

Усилие прессования, МПа	ρ , кг/м ³	НВ
200	4800	8.0
300	5300	9.0
400	5500	11.0
500	5600	12.0
600	5600	12.0
700	5700	12.0
800	5700	13.0

Таблица 3. Влияние усилия второго прессования на свойства материала

Усилие прессования, МПа	ρ , кг/м ³	НВ	Кс, КДж/м ²
200	6600	24	55
300	6700	24	55
400	6750	25	61
500	6750	24	61
600	6800	25	60
700	6800	24	59
800	6800	25	60

Таблица 4. Влияние среды спекания на свойства материала

Среда спекания	ρ , кг/м ³	НВ	Кс, КДж/м ²
Вакуум	6830	26.3	56.5
Эндогаз	6710	26.2	57.0

материала представлены в табл. 4.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что среда спекания не оказывает значительного влияния на плотность и твердость, но структура исследованных образцов, спеченных в вакууме, обладает большей дисперсностью и отсутствием примесных включений оксидов и нитридов, что и делает вакуумное спекание более предпочтительным.

Таким образом, проведенные исследования показали, что при получении антифрикционных уплотнительных материалов на основе меди оптимальным следует считать такой режим, при котором второе прессование осуществляется при давлении 700 — 800 МПа, а второе спекание в вакууме в течение 2—3 ч при 900—1000 °С, что обеспечивает достаточно полное протекание диффузионных процессов и получение однородной структуры с равномерным распределением графитовых включений в медной матрице.

КОНВЕРСИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА

По разработанной технологии изготовили экспериментальную партию вставок головки токоприемника троллейбусов с различным содержанием компонентов и передали в троллейбусное депо № 1 Днепропетровского предприятия «Днепрогорэлектротранс» для проведения эксплуатационных испытаний.

Троллейбусное депо № 1 провело опытную эксплуатацию (испытания) пяти пар образцов вставки головки токоприемника №№ 1—5, изготовленных из медно-графитового сплава по порошковой техно-

логии и отличающихся различным содержанием компонентов.

Цель опытной эксплуатации (испытаний):

— выявить из представленных образцов вставки головки токоприемника троллейбуса с различным содержанием компонентов образец, имеющий наибольшую наработку в условиях реальной эксплуатации в осенне-зимний период;

— определить пригодность к утилизации отработанных образцов с целью повторного использования материала;

— подтвердить оптимальность выбранной формы и размеров образцов вставки головки токоприемника для массового производства.

Опытную эксплуатацию образцов вставки головки токоприемника проводили парами до потери работоспособности любого из образцов пары в одних и тех же условиях, на одном троллейбусе марки ЮМЗ Т1. Потребляемая троллейбусом от контактной сети напряжением 600 В постоянного тока расчетная мощность принята $P_{\text{общ}} = 268.7$ кВт; усилие прижатия вставки головки токоприемника к контактному проводу составляло 16 кгс; рабочая скорость эксплуатации вставки головки токоприемника составляла 20—50 км/ч.

По времени реальной наработки образцов при их опытной эксплуатации рассчитывали (на основе опыта эксплуатации вставки головки токоприемника троллейбусным депо № 1) «условную стойкость» с учетом поправочных коэффициентов K_n на погодные условия;

Сухо: — $K_n = 1$; Сыро, сухой снег: — $K_n = 3$; Мокрый снег, дождь: — $K_n = 5$; Гололед (обледенение контактного провода) — $K_n = 10$.

Параметр «условная стойкость», получаемый умножением количества часов реальной наработки на соответствующий погодным условиям поправочный коэффициент, позволяет судить о длительности эксплуатации образцов в одинаковых погодных условиях при сухой погоде. Нарботка (в часах) образцов вставки головки токоприемника до потери работоспособности согласно журналу испытаний приведена на диаграмме.

Образец № 1 — износ неравномерный, имеет обширные сколы боковых частей при прохождении спецчастей контактного провода, незначительные сколы нижней части, значительное выкрашивание верхних кромок обеих вставок образца. Образец № 2 — износ неравномерный, имеет значительные сколы боковых частей, выкрашивание верхней кромки у обеих вставок образца. Образец № 3 — износ равномерный, (образец можно было еще эксплуатировать — расстояние от дна канавки, проточенной контактными проводами, до нижней по-

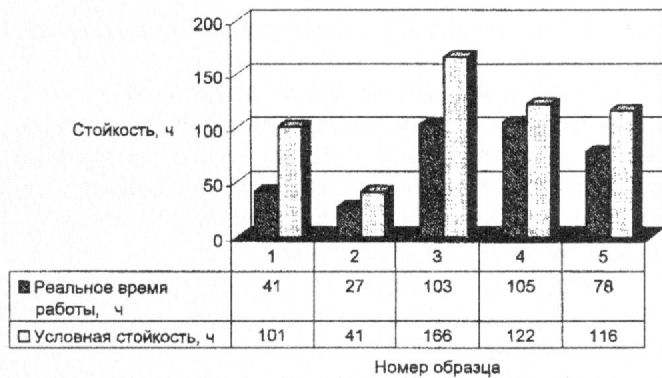


Диаграмма стойкости вставок в зависимости от состава

верхности вставок образца превышает 1 см и практически равно у обеих вставок).

Образец № 4 — износ неравномерный, имеет незначительное выкрашивание всех верхних кромок боковых поверхностей, незначительный скол одной боковой стенки вставки образца. Образец № 5 — износ неравномерный, имеет небольшое выкрашивание верхней кромки боковой поверхности на одной из вставок образца.

Масса образцов вставок головки токоприемника после испытаний составила приблизительно 60 % от первоначальной.

Образец № 3 выявлен в результате испытаний как наиболее долговечный с учетом условий реальной эксплуатации — наработка 103 часа (166 условных часов), за ним следует образец № 4 — 105 часов (116 условных часов), что превышает аналогичный показатель применяющихся графитовых вставок головки токоприемника в 14.3 и 14.5 раза.

Среднегодовой расход применяемых в настоящее время графитовых вставок составляет 5000 шт. в месяц при суммарной среднемесячной наработке троллейбусов 36000 ч, т. е. средний срок эксплуатации графитовых вставок головки токоприемника 7.2 ч.

Также исследовали стойкость контактного провода при трении в паре с меднографитовым композицией. Испытания проводили на машине «Шкода-Савин», предназначенной для испытаний сопротивляемости материалов износу. Испытательный диск диаметром 30 мм и толщиной 2.5 мм был изготовлен из электродной меди, твердость которой, измеренная по Бринелю, 104 ед. НВ соответствовала твердости контактного провода 102 ед. НВ. Меднографитовые образцы вставки головки троллейбуса, имеющие твердость менее 34 ед. НВ, поджимали к медному диску с усилием 2 кгс, что при определяемой площади контакта соответствовало усилию прижатия вставки токоъемника к контактному проводу более 16 кгс. Сравнительные испытания образцов проводили при максимальной скорости

вращения диска 1200 об/мин. Износ образцов определяли по вытертому объему по стандартной методике. При базе испытаний 2000 об. износ образцов, содержащих 5, 7.5, 10, 15, 20 мас. % графита соответственно составил 60, 80, 120, 150, 200 мкм³. Износа диска при этом не зафиксировано.

Дополнительные исследования образцов вставки токоъемника при базе оборотов 25200 (≈ 5 км) при нагрузке 2 кгс показали, что износ образца, содержащего 10 % графита, составил 0.14 г, а масса медного диска, которая до испытания составляла 25.96 г, после испытания составила 25.97 г. Взвешивание проводили на электронных весах ВЛЭ-1, погрешность измерения которых составляет ± 60 мг.

Таким образом, проведенные испытания при условиях, приведенных выше, показывают, что с увеличением содержания графита растет износ меднографитовых вставок токоъемников при неизменной массе медного диска.

Оптимальным комплексом триботехнических и эксплуатационных свойств обладают вставки токоъемников с содержанием графита 7.5—10 %.

ВЫВОДЫ

1. Исследовано влияние технологических параметров на структуру и свойства меднографитового композиционного антифрикционного материала.

2. Разработаны состав и оптимальные технологические режимы получения деталей из меднографитового композита.

3. С целью расширения области применения изготовлена опытная партия вставок головок токоприемника для троллейбуса и проведены натурные испытания.

4. Определен оптимальный состав, позволяющий повысить ресурс работы токоъемников, надежность работы электротранспорта и улучшить экологическую ситуацию в регионе.

CONVERSION USAGE OF NEW TECHNOLOGIES FOR SPACE-ROCKET ENGINEERING

S. A. Bozhko, A. F. Sanin

Influence of technology factors and conditions of sintering of powder composite materials on a basis of copper on physicomechanical and operational properties of sealing antifrictional details was investigated. Advantages and lacks of vacuum sintering of powder preparations from copper-graphite materials were revealed and the optimum parameters of technological process of reception of ready details were developed depending on quality of initial powders. The experimental batch of parts has been made and the full-scale tests of inserts of the head collecting current of a trolley bus have been conducted. The optimum composition having high complex tribotechnical and service properties has been determined.