

доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-е, 1980.

3. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А., Никитин М.Ю., Типалина А.В. Экспериментальные исследования влияния анизотропии и скорости деформирования на силовые параметры при растяжении листа / Материалы 65-ой Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) "Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки инженерных и научных кадров" Международного научного симпозиума «Автотракторостроение – 2009». Книга 6, Москва, МГТУ «МАМИ», 2009. С. 99-105.
4. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Никитин М.Ю., Типалина А.В. Экспериментальное исследование механических свойств демпфирующего материала / Известия МГТУ «МАМИ», 2010. № 1. С. 166-170.
5. Астахов Ю.П., Кочергин С.А., Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П. Повышение эффективности изготовления лопаток моноколес / Технология машиностроения, 2013, № 5. С. 14-18.
6. Petrov P., Petrov M., Dubinchin A, Wasiljeva E. Research on friction during hot deformation of Al-alloys at high strain rate. International Journal of Material Forming, Proceedings of the 11th International ESAFORM Conference, France, Lyon, 23-25 April, 2008, pp. 1255 – 1258.

Усовершенствование технологии изготовления детали «корпус-насоса» из композиционного материала ЭПАН, упрочненного наноразмерными углеродными волокнами

д.т.н. проф. Костиков В.И., д.т.н. проф. Еремеева Ж.В.,
к.т.н. доц. Ниткин Н.М., к.т.н. доц. Шарипзянова Г.Х., Слюта Д.Н.
НИТУ МИСис, Университет машиностроения
(495) 638-44-09, eremeeva-shanna@yandex.ru,
(495) 223-05-23, kolia-msk@yandex.ru, guzel@mtw.ru

Аннотация. В статье рассмотрен процесс усовершенствования технологии изготовления детали «корпус-насоса» из композиционного материала ЭПАН, упрочненного наноразмерными углеродными волокнами.

Ключевые слова: углеродный наполнитель, химическое машиностроение, наноразмерные углеродные волокна марки «Таунит»

Существующая технология производства детали «корпус-насоса» из углеграфитовых материалов похожа на технологию производства электродной продукции и предусматривает использование связующего материала и твердого углеродного наполнителя в качестве основного сырья. В качестве твердого углеродного сырья используют нефтяные и пековые каменноугольные коксы.

Нефтяные коксы получают при коксовании различных нефтяных остатков. Свойствами остатков определялось качество кокса. В настоящее время при производстве электродных изделий в качестве связующего используется среднетемпературный каменноугольный пек с температурой размягчения 65-75°C. Пек представляет собой остатки при разгонке каменноугольной смолы. При непосредственном участии связующего протекают сложные физико-химические процессы при смешивании массы, прессовании и обжиге заготовок. Связующее при этом выполняет различные функции, основными из которых являются придание массе пластичности и спекание ее при термической обработке.

При подготовке углеродных сырьевых материалов осуществляется ряд операций: выдерживание пека при температуре, сушка прокаленного углеродного наполнителя, прокаливание углеродного наполнителя при температуре 1200°C в ретортных печах, дробление, размола, рассев на сортовые фракции углеродного наполнителя.

Приготовление шихты идет до получения однородной смеси и проходит в двухроторном смесителе Анод-4 периодического действия с зетобразными лопастями вместимостью

2000 л, снабженного паровым обогревом при $P=0,6$ МПа и температуре 150-160 °С и нижней выгрузкой.

Прессование осуществляется на вертикальном гидравлическом прессе марки П-815 с поворотным столом с усилием $P=6,3$ МН, температурой 120°С, либо на горизонтальном прессе марки ДА6246 с усилием 35 МН. При давлении прессования 6 – 12 МПа скорость прессования составляет 3 – 6 см/с.

Обжиг проводится в закрытых многокамерных кольцевых печах типа Ридгаммера при температуре 1200°С в течение 360 часов. Заготовки пересыпаются засыпкой. В соответствии с назначением засыпочные материалы должны обладать теплопроводностью, определенными упругими свойствами, газопроницаемостью, оптимальной адсорбционной способностью, химически инертными. Этим требованиям отвечают термоантрацит, графитированный кокс и кварцевый песок. Охлаждение заготовок после обжига не менее важная стадия процесса, оно происходит в два приема: непосредственно в камере печи в засыпке и после выгрузки из камеры на стеллаже.

Процесс графитации осуществляется в электрических печах сопротивления, в которых сам материал служит активным электрическим сопротивлением в общей цепи агрегата графитации: источник питания – короткая сеть – печь. Загружаемый материал разогревается в результате непосредственного протекания по нему электрического тока. Печи графитации относят к категории печей прямого нагрева. Температура обработки должна быть не ниже 2200 – 2800°С. Время графитации от 36 до 60 часов с последующим охлаждением с печью.

Пропитка фенол-формальдегидной смолой до плотности 1800 – 1850 кг/м³ производится в автоклавах при давлении 6 бар и последующее отверждение при температуре 300°С.

В заключении проводится механическая обработка, которая включает в себя расточную, фрезерную сверлильную, шлифовальную операции.

Предлагаемый материал представляет большой интерес для химического машиностроения, нуждающегося в коррозионно-стойких, прочных и теплостойких свойствах материалов. Из него можно изготавливать различные детали химической аппаратуры: подшипники скольжения, уплотнительные кольца, проточные детали и детали торцевых уплотнений центробежных насосов и другие изделия, работающие в агрессивных средах при температуре до 150°С. На рисунке 1 представлены детали, выполненные из композиционного материала ЭПАН.



Рисунок 1. Варианты изготовления деталей из материала ЭПАН

Пресс-масса композиционного материала ЭПАН обладает высокой текучестью, что позволяет получать методом компрессионного прессования детали сложной конфигурации и больших размеров без последующей механической обработки. ЭПАН обладает структурой, обеспечивающей стабильность свойств материала, его высокие эксплуатационные свойства, абразивную стойкость и герметичность. Проточные части насосов из углеволокниста ЭПАН получают методом прессования с минимальной механической обработкой. Они имеют повышенную удельную ударную вязкость, что позволяет насосам выдерживать большие ударные нагрузки в процессе эксплуатации.

Технология изготовления включает следующие операции.

1. Подготовка углеродных волокон. В качестве наполнителя используется высокомодульное углеродное волокно марки ВПР-19С. Волокно делится на филаменты.
2. Подготовка синтетических связующих с минеральными добавками и наноразмерными добавками в виде нановолокон марки "Таунит". В качестве связующего используется среднетемпературный каменноугольный порошкообразный пек.
3. Смешивание пресс-массы в гидросмесителе. Под действием турбулентных потоков воды волокна измельчаются и смешиваются с пекком. Диспергированная масса обезжиривается в нутч-фильтрах, высушивается до постоянного веса.
4. Компрессионное прессование.
5. Термообработка. Термическая обработка происходит при температуре 900 – 1200°C.
6. Пропитка фенол-формальдегидной смолой. Пропитку проводят до получения плотности 1,8 – 1,85 г/см³.
7. Обезжиривание и контроль.

Варианты технологического процесса изготовления детали «корпус-насоса»

Заводской технологический процесс

ГРАФИТ АГ-1500

Подготовка составляющих шихты: кокса, пека, коксового орешка, графитового порошка

Приготовление шихты в двухроторном смесителе периодического действия снабженного паровым обогревом $P = 0,6$ МПа, $t_{max} = 150-160^\circ C$

Прессование на вертикальном гидравлическом прессе П-815 с поворотным столом $P = 12$ МПа, $t = 120^\circ C$

Обжиг в закрытых многокамерных кольцевых печах типа Ридгаммера $t = 1200^\circ C$, $\tau = 360$ ч.

Графитация в электрических печах сопротивления $t = 2200^\circ C$, $\tau = 24$ ч.

Пропитка фенол-формальдегидной смолой в автоклаве до $\rho = 1800 - 1850$ кг/м³

Механическая обработка

Контроль

Предлагаемый технологический процесс

композиционный материал ЭПАН

Подготовка составляющих шихты:

высокомодульное углеродное волокно марки ВПР-19С, среднетемпературный каменноугольный порошкообразный пек, порошок графита АГ1500

Приготовление шихты в гидросмесителе под действием турбулентных потоков воды волокна измельчаются и смешиваются с пекком, масса высушивается и добавляется графит.

Компрессионное прессование $P = 45$ МПа

Термическая обработка $t = 900-1200^\circ C$

Пропитка фенол-формальдегидной смолой в автоклаве до $\rho = 1800-1850$ кг/м³

Контроль

Коэффициент использования материала 0,56

Коэффициент использования материала 0,98

Используемые материалы

Содержание компонентов:

- углеродное волокно – 75 % мас.;
- пек каменноугольный – 10 % мас.;
- наноразмерные волокна марки "Таунит" – 2-5 % мас.;
- смола ФФС – 10 % мас.

Композиционные материалы на основе «углерод – углеродное волокно» отличаются высокой коррозионной стойкостью в различных агрессивных средах. Композиционный материал ЭПАН обладает хорошей химической стойкостью в кислых агрессивных средах. Цен-

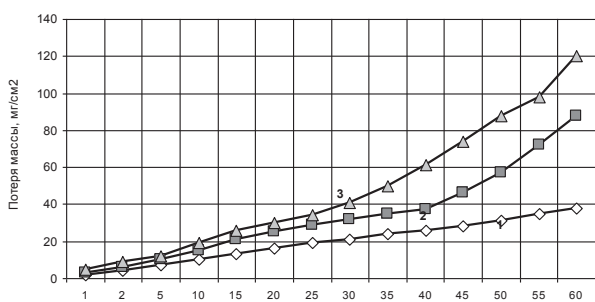
тробежные насосы с проточной частью из ЭПАН широко используются в химическом производстве при перекачке агрессивных кислот жидкостей, в производстве искусственных волокон, минеральных удобрений, в метизном производстве: срок службы насосов до 5 лет
таблица 1.

Таблица 1

Химическая стойкость материала ЭПАН в различных агрессивных средах

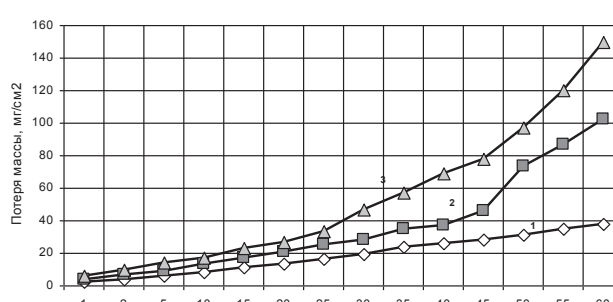
Агрессивная среда	Концентрация, %	Температура, °С	Стойкость
Азотная кислота	5	40	Стоек
	10	20	Стоек
Серная кислота	До 50	До кипения	Стоек
Соляная кислота	Любая	До кипения	Стоек
Фосфорная кислота	85	100	Стоек
Уксусная кислота	80	До кипения	Стоек
Натр едкий	Любая	Любая	Не стоек
Бензин	100	До кипения	Стоек
Формальдегид	Любая	До кипения	Стоек
Спирт	Любая	До кипения	Стоек

Химическая стойкость материала ЭПАН в 100% соляной кислоте



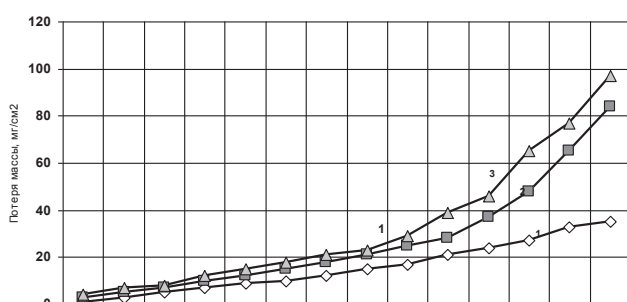
а)

Химическая стойкость материала ЭПАН в 60% серной кислоте



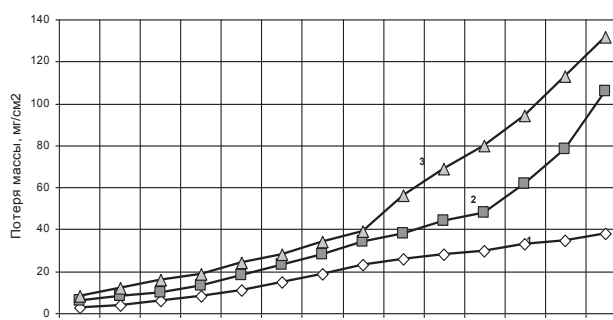
б)

Химическая стойкость материала ЭПАН в 80% фосфорной кислоте



в)

Химическая стойкость материала ЭПАН в 100% щавелевой кислоте



г)

Рисунок 2. Химическая стойкость композиционного материала ЭПАН в различных агрессивных средах: 1 – без добавки; 2 – 3 %мас. нанокремниевых волокон; 3 – 5 %мас. нанокремниевых волокон

В работе были проведены исследования химической стойкости композиционного материала ЭПАН в 100% соляной, 60% серной, 80% фосфорной, 100% щавелевой кислотах (рисунок 2). Эти среды были выбраны, как наиболее применяемые для перекачки агрессивных сред на химических производствах.

Наиболее химическим стойким показал себя композиционный материал ЭПАН с со-

Литература

1. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе – М.:Аспект Пресс, 1997. – 718 с.
2. Конкин А.А., Варшавский В.Я. Свойства и области применения композиционных материалов на основе углеродных волокон – Химические волокна, 1982, № 1, с. 4-9.
3. Применение углепластиков в насосостроении / Березовский В.В., Молчанов Б.И., Поляков Т.Н. – Химическое и нефтяное машиностроении, 1981, № 3, с. 14-16.
4. Углеродные волокна. Под ред. С. Симамуры. М.: Мир, 1987, 304 с.
5. Кацука К., Цутияма Н, Сато Т. Получение и переработка материалов, армированных углеродными волокнами. В сб. Углеродные волокна. – М.: Мир, 1987, с. 51-131.

Определение оптимального метода получения глубоких отверстий малого диаметра в деталях ГТД и его экспериментальное исследование

Кратюк Н.А.

МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского
8 (915) 373-91-15, na.kratyuk@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительного анализа ряда альтернативных методов обработки отверстий, произведенного на основании оценки группой экспертов. Были проведены экспериментальные исследования процесса обработки, признанного оптимальным по итогам сравнительного анализа, а именно: влияние режимов обработки и выбора инструмента на технологические характеристики отверстий. Результаты данного исследования позволяют обоснованно подходить к выбору оптимальных параметров при обработке отверстий.

Ключевые слова: сравнительный анализ, прошивка отверстий, глубокие отверстия малого диаметра, электроэрозионная обработка

Введение

Технологическая проработка деталей современных ГТД (таких как лопатки газовых турбин, сопловые аппараты, камеры сгорания, форсунки и фильтры, детали гидро- и пневмоагрегатов и т.д., изготовленных из сталей или труднообрабатываемых сплавов) показывает, что в них имеются охлаждающие и функциональные отверстия, выполняемые с высокой точностью и качеством. Диапазон диаметров этих отверстий составляет 0,2...3,0 мм при глубине до 50 мм, что часто сложно, а иногда и невозможно получить методами традиционной лезвийной обработки. Технологические проблемы изготовления подобных отверстий связаны с необходимостью достижения высокой геометрической точности обработки, большой глубиной отверстий (в ряде случаев $L/D \geq 100$), расположением отверстий под острым углом (менее 20°) к торцовой поверхности. Решение многих из этих задач традиционными (лезвийными) способами, применявшимися в металлообработке, стало затруднительно, неэффективно, а во многих случаях невозможно [1, 2]. Например, использование сверления приводит к образованию заусенцев на входе и выходе сверла, что требует последующих операций обработки или вообще неприемлемо (например, при невозможности удаления заусенцев). Часто возникают поломки сверл из-за их малого диаметра, увод оси из-за малой жесткости инструмента при относительно больших силах резания и т.д. Кроме того, имеются проблемы с подачей СОЖ [9].

Таким образом, применение новых технологических процессов и высокоэффективного оборудования является важным направлением развития авиационного двигателестроения. Среди таких процессов наиболее перспективными в настоящее время являются физико-