

ного сохранения расплава в жидком состоянии в прибыльной части отливки используют экзотермические и теплоизоляционные материалы. Однако, в отличие от экзотермических, использование керамических многоразовых утеплительных элементов, отличающихся высокой термостойкостью, позволяет получать не менее 1000 отливок [1].

Наиболее применимыми сырьевыми материалами для синтеза волластонита являются карбонатные породы, такие как мел, известняк, а также кремнеземистые – трепел, диатомит, маршалит [2]. В настоящей работе исследовалось влияние различных карбонатсодержащих сырьевых компонентов на процессы, протекающие при синтезе волластонитовой керамики, в качестве которых выступали мел, известь, доломит. В качестве остальных компонентов массы применялись огнеупорная глина («Веселовского» месторождения), а также трепел (месторождение «Стальное»). Для получения образцов была выбрана технология однократного обжига на основе системы CaO-SiO_2 . Изделия изготавливали методом полусухого прессования. Согласно литературным данным, температура обжига изделий, в основном, находится в области 1050–1250 °С и зависит от типа применяемого сырья. Компоненты подвергались совместному мокрому помолу в шаровой мельнице, далее масса увлажнялась водой до влажности 7–8 мас.% и вылеживалась в течение 1–2 сут. Опытные образцы в виде цилиндров прессовались на гидравлическом прессе при давлении 10–25 МПа, после подвергались сушке в сушильном шкафу. Полученные образцы обжигались в лабораторной печи в интервале температур 1050–1250 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 1 ч.

Разработанный керамический материал характеризуется следующим комплексом физико-технических показателей: открытая пористость – 35,3 %, водопоглощение – 18,4 %, кажущаяся плотность – 1950 кг/м³, ТКЛР – $6,31 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в интервале температур (20–300) °С, механическая прочность при сжатии – 34,7 МПа. Установлена возможность корректирования свойств разработанных материалов путем использования в качестве микродобавки природного волластонита, введение которого в количестве 6 % способствует интенсификации процесса спекания на начальных стадиях за счет образования легкоплавких эвтектик, а также способствует формированию требуемой фазы при более низких температурах обжига, что достигается вследствие активности исходных сырьевых материалов (наличия гидратных оболочек и аморфных компонентов), а также создания границы раздела фаз при введении указанной добавки, снижающей энергетические затраты при фазообразовании. Рентгенофазовый анализ показал, что качественный фазовый состав образца оптимального состава представлен волластонитом и незначительным количеством кварца. Электронная микроскопия свидетельствует о том, что структура однородная, кристаллы характеризуются неизометрической формой. Полученный материал может быть использован для изготовления отечественного огнеприпаса, применяемого при литье в кокиль алюминиевых сплавов.

Литература

1. Волочко, А.Т. Теплоизолирующие керамические элементы при литье изделий из алюминиевых сплавов / А.Т. Волочко // *Литье и металлургия*. – 2015. – № 4 (81). – С. 49–55.
2. Дятлова, Е.М. Синтез волластонитсодержащих керамических материалов технического назначения для предприятий машиностроительной отрасли / Е.М. Дятлова, О.А. Сергиевич, М.А. Руба // *Огнеупоры и техническая керамика*. – 2019. – № 6. – С. 31–40.

УДК 617.57-77

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ БИОНИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ

Студент гр. 11304118 Санцевич Д.А., аспирант Люцко К.С.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

До недавнего времени имплантаты механически крепились к телу человека и не приобретали взаимосвязи с нервной системой. Они могли сгибаться в своих металлических суставах, но для каждого телодвижения хозяину приходилось как-нибудь подправлять поведение своего имплантата, аккуратно гарантируя обратную связь. Таким образом, человек оповещал своей ступне, что

вперед канаву и нужно ее обходить, а руке, что нужно аккуратно взять яйцо и приготовить яичницу, или, наоборот, крепко удерживать молоток в ладони. Обучить человека манипулировать новой конечностью таким образом требуется большое количество времени, и комплект органов управления достаточно лимитирован, поэтому мелкая моторика оставляет желать лучшего.

Когда человек без руки хочет пошевелить мизинцем, мозг формирует подобающий импульс, который пролетает по нервам, ведущим к мышцам конечности. Но, так как ладонь отсутствует, импульс уходит «в пустоту». А что, если где-нибудь на маршруте они «перехватывают» нервные импульсы и на этой концепции после анализа и переработки информации сформируют команды для управления манипулятором? Именно по этому пути идут бесчисленные научные группы, специализирующиеся модернизацией имплантатов, отслеживающих нервные импульсы и преобразовывающие их в телодвижения.

В Американском университете Хьюстона и Университете Райса проводились эксперименты по снятию импульсов двигательных нервов принципом электроэнцефалографии (ЭЭГ) с применением электродов на ткани черепно-мозговой коробки. Трудность в том, что ЭЭГ предполагает собой взаимозависимость огромного множества всевозможных импульсов, и проблема обнаружения среди них тех, которые управляют телодвижением конечности.

Исследователи из Технологического университета Чалмерса в Гетеборге совместно с сотрудниками из консорциума NEBIAS избрали иной путь. Вместо того, чтобы помещать электроды на поверхности ткани, там, где полезный импульс ощутимо зашумлен, исследователи попытались сократить эффект интерференции, вшив электроды под ткань.

Но анатомия каждого человека индивидуальна, и нельзя заблаговременно сказать, где поместить электроды для наибольшего соотношения сигнал/шум.

В настоящее время весьма успешным принципом управления биомеханическими имплантатами является снятие электрических потенциалов с мышц культи – электромиография (ЭМГ). Такие наукоемкие имплантаты уже выбрались за пределы биологических лабораторий и выпускаются серийно.

Команда GalvaniBionix применяет несколько, а не одну пару электродов для распознавания электрических потенциалов мышц. Такой метод разрешает добиться существенного повышения показателя полезного импульса и осуществить алгоритмы «самообучения». Каждая последовательность импульсов от различных электродов совпадает определенному действию руки, и цель заключается в том, чтобы разработать библиотеку соответствий, на которую система будет ссылаться при предоставлении нового ассортимента импульсов.

Протезирование началось с чисто косметологических (пассивных) имплантатов, отведенных исключительно для восстановления природного облика утраченных конечностей. В прочем научно-технический прогресс позволил усовершенствовать имплантаты, которыми можно управлять разнообразными алгоритмами. Контроль тяги применяет механическую тягу для передачи движения имплантату. Электромиографический контроль основан на сканировании биоэлектрических потенциалов, образующихся при сокращении мышц уцелевшей руки. Электроэнцефалографический контроль применяет сканирование электрических потенциалов в головном мозге с поддержкой электроэнцефалографии (ЭЭГ). Импульсы от датчиков, помещенных на поверхности кожи головы, расшифровываются компьютером и преобразуются в команды, управляющие имплантатом. Мониторинг с подмогой электронных имплантатов – имплантируемых в кору головного мозга электродов, с помощью которых фиксируется деятельность корковых нейронов.

Литература

1. LIVEJOURNAL [Электронный ресурс] / Как работает бионическая рука. – Режим доступа: <https://masterok.livejournal.com/3569996.html>. – Дата доступа: 27.11.2021.