

ISSN 2091-5527

№ 2/2026

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал

Композиционные материалы

Хозирги кунда препрегарни қирқиш учун лазер қурилмалари ва сув оқими билан кесиш ускуналари ҳам кенг қўлланилмоқда.

Олинган хомашё (заготовклар) аниқ бир тартибда пакетга жойлаштирилади. Препрег ишлаб чиқариш вақтида унга суртилган ажратувчи парда (плёнка), ҳар бир заготовка аввалги қатлам устига қўйилишидан олдин бевосита ечиб олинади. Йиғилган пакет енгил прессланади ёки олдинги қиздирилган ҳолатда шакллантирилади. Бу амалиёт, ҳавони чиқариш ва пакетнинг пресс-қолип матрицаси бўшлиғига жойлаштириш вақтида қатламлар жойлашувини сақлаб қолиш учун қилинади.

Йиғилган қатламли хомашё (заготовка) олдиндан қиздирилган пресс-қолипга жойлаштирилади ва у ерда маълум вақт давомида сақланади. Қиздиришдан сўнг, боғловчи модда (иккита моддани) юмшаб, ковушқоқ-сувоқ ҳолатга ўта бошлаши билан, пресс-қолип тўлиқ ёпилади. Пресс томонидан ҳосил қилинган босим таъсирида толали масса пуансон ва матрица оралиғидаги ҳажми тўлиқ тўлдиради. Агар зарурат туғилса, учувчи моддаларни чиқариб юбориш ҳамда

материалнинг қолипга яхшироқ жойлашишини таъминлаш мақсадида, аввал бошида бир нечта қисман пресслаш (пресс-қолипни очиш ва ёпиш) амалиётлари ўтказилиши мумкин.

Материал пресс-қолипда қолиш ҳароратида маълум вақт давомида сақланади, бу вақт ичида деталнинг конфигурацияси ва ўлчамларини мустаҳкамловчи полимер матрица ҳосил бўлади. Босим остида ушлаб турилгандан сўнг, пуансон қўтарилади ва итариб чиқаригич (выталькиватель) ёрдамида детал олиб ташланади.

Пресслаш босими асосан боғловчи модда (связующее) тури, детал деворларининг қалинлиги ва конфигурацияси билан белгиланади ва 0,2 МПа дан 10 МПа гача ўзгариши мумкин.

Пресслаш ёрдамида, асосан, ўртача юкланишга эга бўлган юпка деворли деталларни ишлаб чиқариш мақсадга мувофиқдир. Бундай деталларга қанот панеллари, люк қопқоқлари, конуссимон ёки яримсферик обтекательлар қиради. Уларнинг ўлчамлари гидравлик прессларнинг столларига пресс-қолипларни жойлаштириш имконини бериши керак.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Ю.В. Скворцов Механика композиционных материалов. Конспект лекций: Самара 2013
2. Адамс Д.Ф. Упругопластическое поведение композитов // Композиционные материалы. Т. 2. Механика композиционных материалов. - М. Мир, 1978. - С 196-241.
3. Макушков Е.М., Матусевич А.С., Северденко В.П., Сегал В.М. Теоретические основыковки и горячей объёмной штамповки. Минск, "Наука и техника", 2005
4. Власов А. В. и др. Конечно-элементное моделирование технологических процессовковки и объёмной штамповки: учебное пособие / А.В. Власов. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. - 383 с. - ISBN 978-5-7038-5101-2. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/374798/reading>.
5. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. / под ред. Е. И. Семенова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Машиностроение, 2010. - 24 см.; ISBN 978-5-217-03459-8. Т. 1: Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка / А. Ю. Аверкиев, [и др.]; Общ. ред. Е. И. Семенов. - 2010. - 717 с. - ISBN 978-5-217-03460-4.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТНОГО И ФАЗОВОГО СОСТАВА НЕОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ И ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Очилов Э.А., Хамдамова Ч.Х., Сайфиева П.О., Бекпулатов Х.О., Камолов Т.О.

Государственное учреждение «Фан ва тараккиёт» при ТГТУ им. Ислама Каримова

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования элементного и фазового состава неорганической части энергетических углей и золошлаковых отходов, образующихся при их сжигании на тепловых электростанциях. Изучение минеральной составляющей углей и продуктов их термической переработки имеет важное значение для оценки экологических последствий эксплуатации угольных энергетических объектов, а также для разработки технологий рационального использования золошлаковых отходов в промышленности. Установлено, что основными элементами неорганической части углей и золошлаковых отходов являются кремний, алюминий, железо, кальций, магний, калий и титан. Комплексный элементный и фазовый анализ позволяет оценить ресурсный потенциал золошлаковых отходов, выявить содержание редких и рассеянных элементов, разработать технологии комплексной переработки отходов ТЭС, использовать золошлаковые материалы в производстве цемента, бетона, керамики и сорбентов и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Ключевые слова: энергетический уголь, золошлаковые отходы, элементный состав, фазовый состав, рентгенофазовый анализ, зола, шлак, тепловые электростанции, алюмосиликаты.

Введение. Энергетические угли продолжают оставаться одним из важнейших видов топлива для производства электрической и тепловой энергии во многих странах мира. Несмотря на активное развитие возобновляемых источников энергии, угольная генерация по-прежнему занимает значительную долю в мировом энергетическом балансе благодаря доступности сырья, развитой инфраструктуре и относительно низкой стоимости добычи. Вместе с тем эксплуатация угольных электростанций сопровождается образованием значительных объемов золошлаковых отходов, которые оказывают существенное воздействие на окружающую среду [1].

Неорганическая часть углей представлена различными минералами и минеральными включениями, содержащими соединения кремния, алюминия, железа, кальция, магния, титана и других элементов. В процессе сжигания угля органическая составляющая топлива выгорает, а минеральные компоненты подвергаются сложным физико-химическим превращениям с образованием золы и шлака. Состав и свойства образующихся отходов определяются как характеристиками исходного угля, так и условиями его термической переработки [2].

Исследование элементного и фазового состава золошлаковых отходов представляет значительный научный и практический интерес. С одной стороны, такие исследования позволяют оценить экологические риски, связанные с хранением и утилизацией отходов угольной энергетики. С другой стороны, золошлаковые материалы рассматриваются как ценное вторичное сырье для производства строительных материалов, цемента, керамических изделий, дорожных покрытий и других видов промышленной продукции [2].

При высоких температурах происходит разложение карбонатов, дегидратация глинистых минералов, окисление железосодержащих соединений и образование новых кристаллических фаз. Эти процессы оказывают существенное влияние на физико-механические свойства золошлаковых материалов и определяют направления их дальнейшего использования. В связи с этим целью настоящей работы является исследование элементного и фазового состава неорганической части энергетических углей и золошлаковых отходов, образующихся при их сжигании, а также установление закономерностей трансформации минеральных компонентов в условиях высокотемпературной обработки.

Результаты исследования и их обсуждение. Основным источником угля для

теплоэнергетики Узбекистана является Ангренское бурогольное месторождение. Уголь используется на Ангренской и Ново-Ангренской ТЭС, где ежегодно образуются значительные объемы золошлаковых отходов.

По опубликованным данным, на полигонах накоплено более 62,4 млн т золошлаковых отходов Ново-Ангренской ТЭС и более 4,3 млн т отходов Ангренской ТЭС, при этом ежегодный прирост составляет около 0,5 млн т.

Средний химический состав золошлаковых отходов Ангренской и Ново-Ангренской ТЭС (% масс.) (табл. 1).

Таблица 1.

Элементный состав золошлаковых отходов

| Компоненты | Содержание, % |
|--------------------------------|---------------|
| SiO ₂ | 64,3 |
| Al ₂ O ₃ | 7,5 |
| CaO | 8,4 |
| Na ₂ O | 4,0 |
| MgO | 3,3 |
| K ₂ O | 2,4 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,8 |
| TiO ₂ | 0,5 |
| BaO | 0,2 |

Данные свидетельствуют о преобладании кремнезема и алюмосиликатных соединений, что делает золошлаковые отходы перспективным техногенным сырьем для строительной индустрии и извлечения ценных компонентов.

Исследования в области координационной химии и химической технологии, традиционно развиваемые в Узбекистане, создают научную базу для разработки эффективных методов извлечения ценных компонентов из техногенных отходов. Мировой опыт свидетельствует о высокой ресурсной ценности золошлаковых отходов теплоэнергетики. В странах Европейского союза угольная зола рассматривается не как отход, а как ценное вторичное сырье, пригодное для экологически безопасного использования. Согласно данным Европейской ассоциации продуктов сжигания угля, более 55 % образующихся золошлаковых материалов используется в строительной индустрии и горнодобывающей промышленности, а около 33 % применяется для рекультивации карьеров, открытых горных выработок и нарушенных земель. Такой подход позволяет не только снизить нагрузку на окружающую среду, но и обеспечить рациональное использование природных ресурсов.

Формы нахождения основных золообразующих элементов в угле и в золе можно представить в виде таблицы (табл. 2).

Таблица 2.

Формы нахождения основных золообразующих элементов в угле и в золе [2].

| Элемент | Соединения в угле | Соединения в золе |
|---------|---|--|
| Si | SiO ₂ (α-кварц) | β-SiO ₂ , высокотемпературные модификации SiO ₂ |
| | Органоминеральные | β-SiO ₂ , высокотемпературные модификации SiO ₂ |
| Al | Каолинит (Al ₂ O ₃ ×SiO ₂ ×2H ₂ O) | силлиманит (Al ₂ O ₃ ×SiO ₂), муллит (3Al ₂ O ₃ ×2SiO ₂) или шпинель (γ-Al ₂ O ₃), стеклообразная масса |
| | Полевые шпаты ((Na, K)[AlSi ₃ O ₈ ×H ₂ O]) | силлиманит (Al ₂ O ₃ ×SiO ₂), муллит (3Al ₂ O ₃ ×2SiO ₂) или шпинель (γ-Al ₂ O ₃), стеклообразная масса |
| | Комплексные гуматы | силлиманит (Al ₂ O ₃ ×SiO ₂), муллит (3Al ₂ O ₃ ×2SiO ₂) или шпинель (γ-Al ₂ O ₃), стеклообразная масса |
| Fe | Пирит (FeS ₂) | Магнетит (FeFe ₃ O ₄), гематит (Fe ₂ O ₃). |
| | FeSO ₄ | Магнетит (FeFe ₃ O ₄), гематит (Fe ₂ O ₃). |
| | Сидерит (FeCO ₃) | Магнетит (FeFe ₃ O ₄), гематит (Fe ₂ O ₃). |
| | Комплексные гуматы | Магнетит (FeFe ₃ O ₄), гематит (Fe ₂ O ₃). |
| Ca, Mg | Арагонит, кальцит (CaCO ₃), магнезит (MgCO ₃), доломит (CaMg(CO ₃) ₂) | CaO, MgO, MgSO ₄ , CaSO ₄ |
| | Сульфаты (MgSO ₄ , CaSO ₄) | CaO, MgO, MgSO ₄ , CaSO ₄ |
| | Комплексные гуматы | CaO, MgO, MgSO ₄ , CaSO ₄ |
| Na, K | Хлориды (NaCl, KCl) | NaCl, KCl |
| | Комплексные гуматы | NaCl, KCl |
| Ti | Рутил (TiO ₂) | TiO ₂ |
| | Элементорганические | TiO ₂ |

Анализ форм нахождения основных золообразующих элементов в угле и продуктах его сжигания показывает, что минеральная часть угля претерпевает существенные физико-химические превращения при высокотемпературном воздействии. Кремний, присутствующий преимущественно в виде кварца и органоминеральных соединений, в золе сохраняется в форме высокотемпературных модификаций диоксида кремния. Алумосиликатные минералы (каолинит, полевые шпаты, гуматные комплексы алюминия) трансформируются в муллит, силлиманит, шпинель и стеклообразную фазу, которые определяют структурные свойства золы.

Железосодержащие минералы (пирит, сидерит, сульфаты железа и гуматные комплексы) при сжигании окисляются с образованием магнетита и гематита. Карбонаты и сульфаты кальция и магния переходят в

оксиды и сульфатные соединения, оказывающие влияние на основные свойства золошлаковых отходов. Щелочные элементы натрия и калия сохраняются преимущественно в виде хлоридов, а титан, присутствующий в угле в форме рутила и элементарорганических соединений, переходит в устойчивый диоксид титана.

Закключение. Таким образом, можно сделать вывод, что минеральные компоненты угля являются основным источником формирования фазового и химического состава золошлаковых отходов. Знание закономерностей превращения золообразующих элементов позволяет прогнозировать свойства золы, оценивать возможности ее комплексной переработки и извлечения ценных компонентов, а также разрабатывать эффективные технологии утилизации и использования золошлаковых материалов в промышленности и строительстве.

Список использованной литературы

1. Гужелев Э.П., Усманский Ю.Т. Рациональное применение золы ТЭС: Результаты научно-практических исследований. Омск.: Омский гос. ун-т, 1998. – 238 с.
2. Собиров Х.С., Шарипов Х.Т. Особенности определения благородных элементов в рудном сырье и продуктах технологического передела// Тез. конф. ТХТИ «Умидли кимегарлар». - Тошкент. - 2009. - С.100.

| | |
|---|-----|
| Касимова М.Н., Негматова К.С. Опытнo-производственные испытания созданных композиционных материалов при крашении текстильных хлопчатобумажных материалов в производственных условиях ... | 107 |
| Жуманов Ю.К., Эминов А.М., Кадирова З.Р., Эминов А.А. Перспективы применение отработанного катализатора НИАП-1205 в составе керамического пигмента | 110 |
| Азимова М.Х., Асамадинова У.Б., Элмурадов Аббосжон Х., Юлдашов Д.Я. Роль и значение алюмосиликатных и органо-минеральных наполнителей в составе эластомерных композиций | 115 |
| Кодиров О.Ш., Катгаев Н.Т., Нурманов С.Э., Бахридинова Л.А. Синтез, структурные и физико-химические свойства цеолитов CaA5 и NaX на основе местного сырья для очистки природного газа | 117 |
| Джумакулов Т., Жумаев М.Н., Максудходжаева М.С. Переработка отработанных техногенных моторных масел | 121 |
| Тошпулатова Г.Р., Сайдуллаева К.А., Негматова М.И. Окисление молибденита (MoS ₂) азотной кислотой в присутствии серной кислоты | 123 |
| Ramazanov S.O., Arifova M.X. Yangi xomashyolar asosida klinker va portlandsement tarkiblarini tanlash | 126 |
| Ходжаева Д.Н., Рузиева Б.Ю., Негматов С.С., Абед Н.С. Исследование и определение огнестойких свойств композиционных древесно-пластиковых и древесноволокнистых плитных материалов с использованием минеральных антипиренов | 130 |
| Ortiqov Sh.Sh., Sharipov M.S., Radjabov O.I. Tabiiy tarkibli kompozitsion yog'och yelimlarning fizik-kimyoviy va texnologik xossalari | 133 |
| Хомитова Г.З., Амонова М.М. Сапропельни механик фаоллаштиришнинг сорбцион хусусиятларига таъсири ва уни оқова сувларни тозалашдаги ўрни | 136 |
| Buryanov A., Lukyanova N., Talipov N. Effective filling mixtures based on synthetic anhydrite | 138 |
| Раззоков Х.Қ., Амонов М.Р., Тўхтаев С.А. Сапропель асосидаги сорбентлар билан металлургия саноат оқова сувларини тозалаш | 141 |

5. Методы исследования, приборов и оборудования композиционных материалов

| | |
|---|-----|
| Исмаилова Н.А., Сидиков А.С. Использование органических соединений в качестве добавок к эмали ЭП-750 для защиты металлических конструкций, сооружений и оборудования бурильных установок | 145 |
| Sadullayeva G.B., Ibragimova M.R., Xudoyberdiyeva D.A., Pirimova M.A., Jo'rayev A.Sh. Mis atsetating izonikotinamid bilan yangi koordinatsion birikmasining sintezi va fizik-kimyoviy tahlili | 147 |
| Norqobilov A.E., Adilov R.I., Ayxodjayev B.B., Yo'ldoshev S.B. Kulrang past molekulari polietilen ranglanishining infraqizil spektroskopiya asosida tahlili va bentonit adsorbsiyasining roli | 150 |
| Ochilov Sh.E., Yusufov M.S., Bobonazarova S.H., Bo'riyeva D.M., Abdushukurov A.K., Matchanov A.D. 2-xlor-N-(3-xlor fenil)atsetamidning 5-ftoruratsil bilan reaksiyasini olib borish va olingan mahsulotning biologikfaolligini saraton hujayralarida o'rganish | 153 |
| Норхуджаев Ф.Р., Мухамедов А.А., Маматкулов Р.Ш. Использование ковочного тепла для термической обработки доэвтектонидных сталей | 157 |
| Ахмадалиев Ш.Ш. Толали композитлардан ташкил топган элементларни пресслаш | 160 |
| Очилов Э.А., Хамдамова Ч.Х., Сайфиева П.О., Бекпулатов Х.О., Камолов Т.О. Комплексный анализ элементного и фазового состава неорганических компонентов энергетических углей и золошлаковых отходов теплоэнергетики | 161 |
| Po'latova M.N., Xushvaqto'v S.Y., Bekchanov D.J., Muxamediev M.G. Amino va karboksil guruh tutgan ion almashinuvchi material sintezi | 164 |
| Касимова М.Н., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Бабаджанова М.А., Лапасова Ф.А. Исследование свойств красящих композиций на основе солей поливалентных металлов, применяемых в процессе крашения шерстяных волокон | 168 |
| Нурназарова Г.У., Тухтаев Ф.С., Негматова К.С., Эшпулатова Н.Ш., Рахматуллаева С.О. Исследование молекулярных и структурных характеристик композиционных сорбентов методом ИК-спектроскопии | 169 |