

ных образованиях. Поэтому всё более актуальной становится проблема получения синтетических силикатов кальция с заданными характеристиками. Для получения игольчатого волластонита нами используется дезинтегратор Хинта (Эстония, г. Таллин.)

Волластонитовый порошок для производства бумаги: использование волластонита для производства бумаги может улучшить экономические выгоды. Каждая тонна ультратонкого порошка волластонита, используемого в производстве бумаги, может сэкономить 3,6 кубических метра древесины;

По сравнению с традиционной древесной массой, каждая тонна используемого ультратонкого порошка волластонита может снизить затраты на 100–300 юаней.

Волластонит с игольчатым габитусом в лакокрасочной промышленности действует как выравнивающий агент в покрытии, улучшает механическую прочность пленки покрытия, улучшает укрывистость покрытия и заменяет вредный асбест в армированных покрытиях. Волластонит с обработанной поверхностью может использоваться в промышленных алкидных, эпоксидных и других антикоррозионных покрытиях для повышения коррозионной стойкости металлических грунтовок и частичной замены активных антикоррозионных пигментов. Мы могли давно заменить финскую краску для переходных зебр на асфальте.

Разработка новых материалов в стратегически развивающихся отраслях открывает больше возможностей для применения неметаллических минералов. Волластонит играет роль функционального наполнителя и вместе с другими неметаллическими минералами способствует развитию и росту индустрии новых материалов.

Философы справедливо полагают, что в период экологического кризиса с предельной четкостью обнаруживается глубинная тенденция природного развития. Наша страна – Россия в своем историческом процессе приобрела специализацию техногенной цивилизации.

Она способна исторически генерировать идеи (вспомним оружие древних славян, паровая машина Ползунова, самолет Можайского, полупроводники Лосева, способ непрерывной разливки стали, двигатели космических кораблей и несть числа тем примерам), а развиваются они на Западе. К нам они приходят с опозданием. И многие особенности истории России определены ее постоянными догоняющими модернизациями, что исключительно выразительно демонстрирует состояние в машиностроении.

Список использованных источников:

1. Аль-Дарабсе А.М.Ф. Авиационная промышленность – смягчения последствий изменения климата посредством технологии и политики / А.М.Ф. Аль-Дарабсе, Д.Г. Вольсков // Проблемы технического сервиса в АПК : сборник научных трудов II студенческой всероссийской научнопрактической конференции. – 2019. – С. 21–28.
2. Аль-Дарабсе А.М.Ф. Исследование экономических систем в авиастроении на основе методологии функционально-стоимостной инженерии / А.М.Ф. Аль-Дарабсе // Молодежь и наука XXI века : материалы Международной научной конференции. – 2018. – С. 470–472.
3. Мананков А.В. Волластонитовые, пироксеновые и другие материалы из промышленных отходов и недефицитного природного сырья / А.В. Мананков, Е.Я. Горюхин, А.А. Локтюшин. – Томск : Томский государственный университет, 2002. – 168 с.
4. Мананков А.В. Структура инновационного процесса производства наноматериалов на основе промышленных отходов / А.В. Мананков, И.А. Рахманова // Вестники ТГАСУ. – 2010. – № 1. – С. 143–148.
5. Мананков А.В. Инновационные материалы класса «сикам» и концептуальный этап их жизнедеятельности / А.В. Мананков, И.А. Рахманова // Вестник ТГАСУ. – 2012. – № 2. – С. 170–182.
6. Мананков А.В. Экологические аспекты производства инновационных материалов на основе промышленных отходов / А.В. Мананков, И.А. Рахманова // Инновации и недвижимость как материальный базис модернизации экономики : материалы Всероссийской научно-технической конференции и молодых ученых. – Томск : ТГАСУ. – 2013. – С. 227–231.
7. Мананков А.В. Концептуальная фаза жизненного цикла инновационного материала – синтетического волластонита / А.В. Мананков, И.А. Рахманова // Вестник ТГУ. – 2013. – № 368. – С. 108–114.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ РАЗНОРОДНЫХ СУБСТАНЦИЙ

*Ц. Чжан^а, аспирант, М. Пань^б, аспирант, В.Н. Козлов^с, к.т.н., доц.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mails: ^аcinzhun1@tpu.ru, ^бmenhual@tpu.ru, ^сkovn@tpu.ru*

Аннотация: Погружные мешалки являются оборудованием для подводного смешивания субстанций. При вращении рабочих частей образуется вихрь для перемешивания, смешивания, дезинтеграции и гомогенизации. Лопастная и турбинная мешалки используются для создания радиального потока, а винтовые – для осевого. Ленточные мешалки используются для смешивания жидкостей высокой вязкости. Конические мешалки

обеспечивают эффективное перемешивание. Зубчатые мешалки используются для измельчения частиц. Использование гиперболических мешалок повышает эффективность смешивания. Кольцевые лопасти обеспечивают низкий уровень шума.

Ключевые слова: погружная мешалка, гиперболическая лопасть, кольцевая лопасть, аддитивное и субтрактивное производство.

Abstract: Submersible mixers are equipment for underwater mixing of substances. When the working parts rotate, a vortex is generated for stirring, mixing, disintegration and homogenization. Paddle and turbine mixers are used to create radial flow, and screw mixers are used to create axial flow. Ribbon mixers are used to mix highly viscous liquids. Conical mixers provide efficient mixing. Toothed mixers are used to grind the particles. The use of hyperbolic stirrers increases mixing efficiency. Ring blades provide low noise levels.

Keywords: submersible mixer, hyperbolic blade, annular blade, additive and subtractive manufacturing.

С ростом требований к эффективности и защите окружающей среды в промышленной сфере погружные мешалки привлекают всё больше внимание благодаря своим уникальным преимуществам [1–9]. Погружная мешалка, как оборудование для подводного смешивания, в основном состоит из двигателя, трансмиссионного устройства и смесительной лопасти (рис. 1).

Перемещение лопастей образует вихрь для перемешивания, смешивания, дезинтеграции и гомогенизации [1].

По сравнению с традиционным смесительным оборудованием её установка более удобна благодаря небольшому размеру. Благодаря полному погружению в жидкую среду выше и скорость смешивания, и коэффициент преобразования энергии. Помимо достижения равномерного смешивания гетерогенных жидкостей, её использование также может увеличивать концентрацию кислорода, ускорять химические реакции и способствовать диффузии тепла.

По форме лопасти преимущественно мешалки делятся на лопастные, турбинные, винтовые, рамные и якорные.

Лопастные мешалки представляют собой механизм, состоящий из двух-шести лопастей (рис. 2). Их основными преимуществами являются простая конструкция и относительно низкая стоимость изготовления. Однако осевой поток слабый, градиент концентрации жидкости большой, а возникновение турбулентности медленное. Усиления турбулентности можно добиться путем установки отражательных перегородок. Увеличение угла наклона лопаток до $30\text{--}45^\circ$ несколько увеличивает осевой поток, но это приводит к резкому увеличению энергопотребления. Поэтому лопастной смеситель в основном применяют для смешивания грубых, малозернистых жидкостей с низкой скоростью ($18\text{--}80$ об/мин) и с малой вязкостью (до 100 сПз).

Добавление отражательных перегородок и эксцентричное расположение оси будет способствовать возникновению турбулентности, но это приводит к увеличению энергопотребления. Энергопотребление при добавлении отражающих перегородок меньше, чем у метода эксцентрикового расположения оси [2].

Турбинные мешалки в основном делятся на открытые и закрытые (см. рис. 3). Открытые представляют собой улучшенный тип лопастных мешалок, которые могут производить более крупный и интенсивный радиальный поток, но это приводит к образованию воронок. Закрытые позволяют избежать образования воронок. Турбинные мешалки в основном используются для смешивания жидкостей с высокой скоростью ($100\text{--}350$ об/мин), высокой вязкостью (10^5 сПз) и высокой концентрацией частиц [3].

Винтовые (пропеллерные) мешалки (рис. 4) широко используются благодаря более высокому осевому потоку и более высокой интенсивности перемешивания. Однако интенсивное перемешивание приводит к образованию воронок и снижению эффективности перемешивания.



Рис. 2. Лопастные мешалки [2]

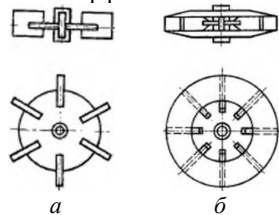


Рис. 3. Открытая (а) и закрытая (б) турбинные мешалки [3]



Рис. 4. Винтовая (пропеллерная) мешалка [6]



Рис. 5. Гиперболическая мешалка [8]



Рис. 6. Кольцевая лопасть [9]

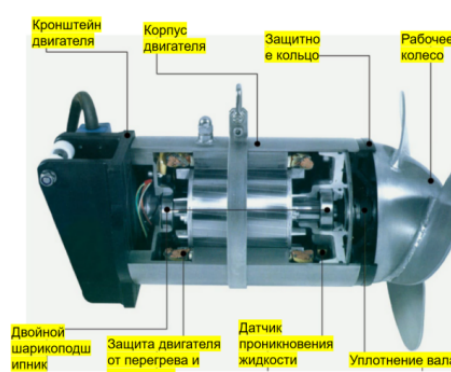


Рис. 1. Принципиальная схема погружной мешалки [1]

Образования воронки устраняется эксцентриковым расположением оси или поворотом оси мешалки на 10–20°. Винтовые мешалки в основном используются для смешивания маловязких (6×10^3 сПз) жидкостей с низкой концентрацией частиц при высоких скоростях (160–1000 об/мин) [4–6].

Якорные и рамные мешалки представляют собой рамки, закреплённые на оси, и в основном используются для смешивания жидкостей высокой вязкости (10^5 сПз) на низких скоростях (15–40 об/мин) [7]. Поскольку форму рамки можно адаптировать к изготовлению стенки контейнера, это позволяет устранить прилипание ингредиентов к стенкам контейнера и предотвратить локальный перегрев смешиваемых материалов.

Помимо вышеуказанных мешалок, существуют конические, которые не образуют воронку при смешивании; зубчатые, которые используются для тонкого измельчения частиц в жидкостях; шнековые, которые используются для смешивания высоковязких жидкостей [8].

В последние годы с развитием технологий обработки на фрезерных станках с ЧПУ были разработаны гиперболические мешалки [8] (рис. 5), которые стали популярными благодаря их большему осевому и радиальному потоку, а также низкому энергопотреблению. В связи с развитием аддитивного производства была предложена более сложная, но более эффективная форма лопастей – кольцевая лопасть (рис. 6): её эффективность в два раза выше, чем у обычных лопастей, и имеет низкий уровень шума. Однако они не получили широкого распространения из-за своей высокой цены [9].

Рабочая часть всех мешалок (лопасти, рамки или винты) испытывают интенсивные механические нагрузки, имеющие достаточно импульсный характер, что ужесточает требования к их усталостной прочности. Воздействие часто агрессивных сред требует применения коррозионно-стойкой стали или сплавов. Чаще всего для рабочих органов применяется жаропрочная нержавеющая сталь 12X18H9T. Сложный пространственный профиль лопастей или винтов требует использование штампованных заготовок с последующей механической обработкой или фрезерование из цельной плиты.

Для уменьшения трудоёмкости механической обработки предлагается получать заготовки по аддитивным технологиям (АТ) [10]. Наиболее дешёвой АТ является WAAM с использованием проволоки, однако она требует последующей субтрактивной обработки, которая выполняется на обрабатывающих фрезерных центрах с ЧПУ. В планах наших исследований значится проведение силовых и стойкостных испытаний с целью определения рациональных режимов резания при соблюдении требований по точности и качеству обработанных поверхностей. Это потребует проведения исследований физико-механических свойств, микроструктуры, твёрдости, шероховатости и прочих измерений образцов, т. к. после АТ материал синтезированного изделия существенно отличается от материала заготовок, полученных прокаткой или штамповкой из-за высокой скорости нагрева и охлаждения в ходе выполнения АТ.

Заключение

Лопастные мешалки просты в изготовлении и пригодны для грубого смешивания жидкостей малой вязкости. Турбинные мешалки производят больший радиальный поток, чем лопастные мешалки. Винтовые мешалки в основном используются для создания осевого потока. Использование гиперболических мешалок обеспечивает высокий радиальный и осевой поток, к тому же они имеют меньшее энергопотребление. Как альтернатива винтовой лопасти, кольцевая лопасть имеет более высокий КПД и меньший шум, но пока не пользуется популярностью из-за высокой цены, связанной с высокой себестоимостью при изготовлении.

Лопастные мешалки просты в изготовлении и пригодны для грубого смешивания жидкостей малой вязкости. Турбинные мешалки производят больший радиальный поток, чем лопастные мешалки, и используются для смешивания жидкостей с высокой скоростью (100–350 об/мин), высокой вязкостью (10^5 сПз) и высокой концентрацией частиц. Винтовые мешалки в основном используются для создания осевого потока, однако интенсивное перемешивание приводит к образованию воронок и снижению эффективности перемешивания. Использование гиперболических мешалок обеспечивает высокий радиальный и осевой поток, к тому же они имеют меньшее энергопотребление. Как альтернатива винтовой лопасти, кольцевая лопасть имеет более высокий КПД и меньший шум, но пока не пользуется популярностью из-за высокой цены, связанной с высокой себестоимостью при изготовлении. Уменьшить себестоимость изготовления можно за счёт применения аддитивных технологий, что уменьшит материалоёмкость продукции и трудоёмкость механической обработки.

Для уменьшения шероховатости поверхностей рабочих органов необходимо применять и субтрактивные технологии, в частности, фрезеровать рабочие поверхности концевыми фрезами. Но для этого требуется более тщательное изучение этих технологий.

В работе применялось оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710.

Список использованных источников:

1. Баженов В.И. Погружные мешалки как перспективное направление научно-исследовательских работ / В.И. Баженов, С.М. Божьева // Инженерный вестник. 2015.
2. Цидун Т. Насосная промышленность: официальный сайт / Т. Цидун. – URL: <http://www.beng001.com/QJB.html> (дата обращения: 19.02.2024). – Текст: электронный.

3. ЭКОРОС: официальный сайт. – Иваново. – URL: <https://usp68.ru/> (дата обращения: 01.012.2023). – Текст: электронный.
4. Аверьянова В. Перемешивающие устройства для лабораторий и производства / В. Аверьянова // Сырье и Упаковка. – Текст: электронный – 2011. – URL: <https://cosmetic-industry.com/peremeshivayushhie-ustrojstva-dlya-laboratorij-i-proizvodstva.html> (дата обращения: 21.03.2024).
5. АТК 24.201.17-90. Мешалки типы, параметры, конструкция, основные размеры и технические требования: дата введения 1991-01-01/ Разработки тяжелого машиностроения СССР. – Москва : Стандартинформ, 1990. – 34 с.
6. Hoefken Marcus About the Design of Mixing Systems or Anaerobic and Anoxic Basins for Large Wastewater Treatment Plants / Marcus Hoefken // Инженерный вестник. – 2019. – № 5. – С. 50–56.
7. Патент 2 683 078. РФ. Перемешивающее устройство: 06 06 2018 / Р.Ш. Абиев, А.Н. Григорьева.
8. Вулкан Пумпен: официальный сайт. – Санкт-Петербург. – URL: <https://vpumpen.ru/meshalki/giperbolicheskaya-meshalka> (дата обращения: 20.01.2024). – Текст: электронный.
9. Ziroth. This Genius Propeller Will Change Transport Forever: YouTube: видео. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=MGy8jvf-DZ0> (дата обращения: 01.012.2023).
10. Integrated WAAM-Subtractive Versus Pure Subtractive Manufacturing Approaches: An Energy Efficiency Comparison / G. Campatelli, F. Montevicchi, G. Venturini, [et al.] // Int. J. of Precis. Eng. and Manuf.-Green Tech. 7, 1–11 (2020). – URL: <https://doi.org/10.1007/s40684-019-00071-y> (дата обращения: 01.012.2023). – Текст: электронный.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАГНИЯ В АЛЮМИНИЕВОМ СПЛАВЕ НА ПОРИСТОСТЬ ОБРАЗЦА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

Н.А. Сапрыкина¹, к.т.н., доц., А.А. Сапрыкин¹, к.т.н., доц., В.В. Чебодаева², к.т.н.

¹Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, 652055, Кемеровская область, г.Юрга, Ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 7-77-61

*²Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук 634055, Томская область, г. Томск, Академический пр., 2/4
e-mail: saprikina@tpu.ru*

Аннотация: Технология селективного лазерного плавления позволяет получать образцы высокой плотности из металлических порошковых материалов за счет оптимизации условий процесса и высокой гибкости проектирования послойного изготовления изделий на основе трехмерных моделей автоматизированного проектирования. В данном исследовании образцы из подготовленной композиции порошков алюминия Al, кремния Si и магния Mg получены методом селективного лазерного плавления на следующих режимах: шаг сканирования $S = 0,08$ мм, мощность лазера $P = 90$ Вт, скорость сканирования лучом лазера $V = 225$ мм/с, толщина слоя $h = 0,025$ мм в следующих массовых соотношениях: AlSi8Mg3, AlSi8Mg5, AlSi8Mg10. Исследования показали влияние содержания магния на плотность структуры образца, полученного методом селективного лазерного плавления. Увеличение доли магния в смеси порошков от 3 до 10 % приводит к уплотнению структуры образца и уменьшению количества пор, равномерному распределению магния.

Abstract: Selective laser melting technology makes it possible to obtain high-density samples from metal powder materials by optimizing process conditions and high flexibility in designing layer-by-layer production of products based on three-dimensional computer-aided design models. In this study, samples from a prepared composition of aluminum Al, silicon Si and magnesium Mg powders were obtained by selective laser melting in the following modes: scanning step $S = 0.08$ mm, laser power $P = 90$ W, scanning speed with a laser beam $V = 225$ mm/s, layer thickness $h = 0.025$ mm in the following mass ratios: AlSi8Mg3, AlSi8Mg5, AlSi8Mg10. Studies have shown the influence of magnesium content on the density of the structure of a sample obtained by selective laser melting. Increasing the proportion of magnesium in the powder mixture from 3 to 10 % leads to compaction of the sample structure and a decrease in the number of pores, uniform distribution of magnesium.

Ключевые слова: селективное лазерное плавление (СЛП); сплавы на основе алюминия; аддитивное производство; магний.

Keywords: selective laser melting (SLM); aluminum alloys; additive manufacturing; magnesium.

Технология селективного лазерного плавления (СЛП) позволяет получать образцы высокой плотности из металлических порошковых материалов за счет оптимизации условий процесса и высокой гибкости проектирования послойного изготовления изделий на основе трехмерных (3D) моделей автоматизированного проектирования (САПР) [1]. С развитием этой технологии производственные процессы переходят от традиционных методов получения деталей к процессам аддитивных технологий в таких отраслях промышленности, как аэрокосмическая и медицинская. В литературе описано большое количество исследований по получению сплава и изделий на основе алюминия AlSi8Mg, изготовленного методом СЛП. Приведена оценка механических свойств, микроструктуры [2–5], описана характеристика структуры в зависимости от стратегии сканирования, рассмот-