

## **Вывод**

Предложена возможность определения степени порчи молока на основе машинного зрения. Вы можете использовать программное обеспечение NI Vision Builder AI для мониторинга pH молока в режиме реального времени и сравнения его с обучающими образцами для контроля качества молока.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Карстен Стегер, Маркус Ульрих, Кристиан Видеманн, Алгоритмы и приложения машинного зрения.
2. Ян Бо, программирование и отладка системы промышленного зрения (на основе системы технического зрения VBAI).
3. Чен Цзябинь; Ван Кэцян, Алгоритм коррекции насыщенности на основе цветового пространства HSI, электронное качество, 2016-06-20.
4. Ю. Шишкин, С.Г. Дмитриенко, О.М. Медведева, С.А.Бадакова, Л. Пяткова, Использование сканера и программного обеспечения для цифровой обработки изображений для количественного определения адсорбированных веществ, J. Anal. Chem. 59 (2004) 102-106.
5. Gavrilenko, N.A., Saranchina, N.V., Sukhanov, A.V., Fedan, D.A. Reversible pH-sensitive element based on bromocresol purple immobilized into the polymethacrylate matrix (2018) Mendeleev Communications, 28 (4), pp. 450-452.

Лю Юаньсюнь (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Ковалевская Жанна Геннадьевна,  
д.т.н., доцент

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЛЕКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ Ti-Al**

Современное производство стремительно развивается благодаря широкому использованию металлических сплавов. Металлические сплавы обладают превосходными свойствами и легко обрабатываются в различные детали, и при этом имеют достаточную прочность. Но, в настоящее время рабочее оборудование используется в более жестких

условиях (высокая температура, агрессивные среды), а имеющиеся материалы уже не в состоянии удовлетворить потребности людей.

Недавние исследования новых высокотемпературных конструкционных материалов повысили интерес к интерметаллидам, так как они демонстрируют хорошие высокотемпературные свойства из-за своего строения с дальним порядком. Упорядоченная структура снижает подвижность дислокаций и более эффективно предотвращает процессы диффузии при повышенных температурах [1].

Замечательный баланс свойств обнаружен у алюминидов титана. Это способствовало разработке сплавов на их основе, предназначенных для использования в качестве легких высокотемпературных материалов. Содержание алюминия в этих сплавах составляет широкий диапазон, предназначенный для улучшения их характеристик.

Перспективность использования материалов на основе алюминидов титана расширяется в связи с развитием работ по созданию нового поколения гиперзвуковых воздушно-космических летательных аппаратов, причем рассматривается применение их, как в элементах обшивки, так и в конструкциях реактивных двигателей. Алюминиды титана могут широко применяться в транспортном машиностроении (двигателе- и автомобилестроение).

Для того, чтобы сделать алюминиды титана коммерческими материалами, исследуются и применяются различные методы производства. В связи с низкой пластичностью и вязкостью разрушения данный материал является проблемным, и традиционные методы производства трудно поддаются применению. Традиционные методы легирования и создания слитков включают индукционную плавку, вакуумную дуговую переплавку и плазменную плавку. Далее применяются традиционные методы производства заготовок, такие как литье, ковка или порошковая металлургия, но все они сопровождаются трудностями, которые необходимо преодолеть.

В последние годы ученые по всему миру занимаются изучением возможности создания деталей с помощью аддитивных технологий. Селективная электронно-лучевая плавка или *selective electron beam melting (SEBM)* является широко используемым методом аддитивного производства металлических деталей из титановых сплавов [2]. Она основана на новой концепции материаловедения, которая начинается с 3D модели детали для автоматизированного проектирования (CAD). CAD-модель нарезается программным обеспечением слоями в соответствии с определенной толщиной, так что трехмерные данные формы объединяют серию двухмерных данных суперпозиции, а затем в соответствии с информацией о форме каждого слоя через систему формовки с ЧПУ. За-

тем, в соответствии с информацией о форме каждого слоя, формирующий материал расплавляется и укладывается слой за слоем, управляя электронным пучком, чтобы в конечном итоге получить спроектированный произвольной сложной формы, структуры и определенных функций детали [3].

Большой интерес сегодня вызывает SEBM изделий с использованием электронно-лучевого источника плавления, где вместо порошка используется присадочная проволока [4]. Схема такого процесса представлена на рисунке 1.

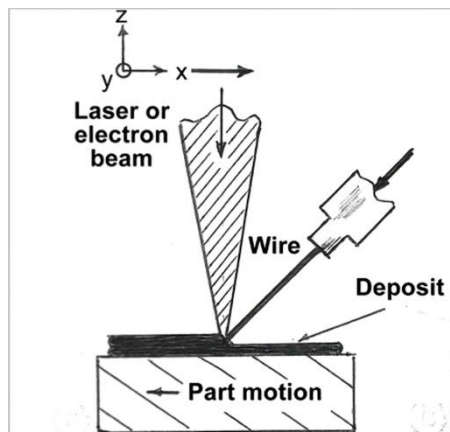


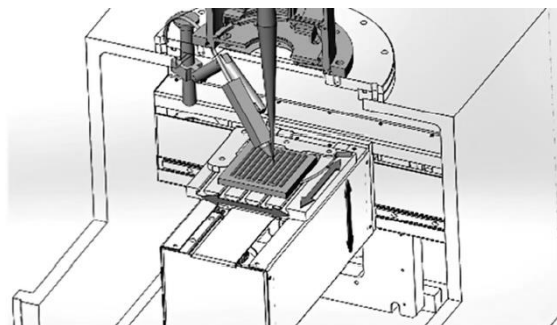
Рисунок 1. Схема технологического процесса изготовления изделия SEBM с использованием подачи проволоки

Именно таким способом можно получать сплавы системы Ti-Al любого состава. Для этого необходимо осуществлять подачу двух проволок вместо одной. Меняя соотношение толщины проволоки или скорости подачи, можно получить сплав любого состава.

В ТПУ в Центре аддитивных технологий есть оборудование для проведения эксперимента. Это разработанная в 2015 году модульная установка для электронно-лучевой наплавки порошков и проволоки. Установка включает вакуумную камеру с электронно-лучевой пушкой, плазменным эмиттером и модульными манипуляторами, позволяющими послойно плакировать порошки электронно-лучевым плавлением или сварочной проволокой (рис.2) [5].



а



б

Рисунок 2. Внешний вид машины SEBM (а) и схема блока печати (б)

Технические характеристики машины, следующие: ускоряющее напряжение 40 кВ, базовое давление  $5 \times 10^{-3}$  Па, максимальный ток пучка 200 мА, минимальный диаметр пучка тока 150 мкм, размеры площадки  $150 \times 150$  мм, потребляемая мощность 6 кВт.

При плавлении в зону формирования ванны расплава поступает металл в виде проволоки Ti и проволоки Al. Диаметр проволоки одинаковый – 1 мм, скорость подачи тоже одинаковая. Найдем концентрацию компонентов Ti и Al в получаемом сплаве. Концентрация по весу компонентов Ti и Al в получаемом сплаве Al = 37.5 % и Ti = 67.5 %.

Согласно диаграмме состояния системы Ti-Al, в процессе формирования изделия получится сплав, состоящий выше 1050°C из интерметаллида Ti<sub>3</sub>Al и ниже 1050°C – из интерметаллидов Ti<sub>3</sub>Al и TiAl.

Сплавы такого состава перспективны для получения деталей, работающих в жестких условиях [6].

### Заключение

Анализ характеристик установки и ранее проведенные исследования показали, что метод получения сплавов системы Ti-Al с помощью технологии SEBM двумя проволоками является новым и перспективным. Таким способом могут быть получены сплавы Ti-Al любого состава.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sauthoff G. Intermetallics // G. Sauthoff. – Weinheim: VCH – 1995. – 165 pp.
2. Tong J., Bowen C. R., Persson J., Plummer A. Mechanical properties of titanium-based Ti-6Al-4V alloys manufactured by powder bed ad-

- ditive manufacture. // *Materials Science and Technology*. – 2017. – V. 33, №. 2. – P. 138-148.
3. Ma M., Лян Ё., Чжан Ч. Современное состояние и перспективы исследований по приготовлению высокоэнтропийных сплавов по аддитивной технологии производства // *Материалы прямые*. – 2020. – №34(17). – С.17082-17088.
  4. Murr L.E. A metallographic review of 3D printing/additive manufacturing of metal and alloy products and components // *Metallography, microstructure and analysis*. – 2018. – №7. – P. 103-132.
  5. Fedorov V.V., Klimenov V.A., Batranin A.V., Ranga P. Development of electron-beam equipment and technology for additive layer-wise wire cladding // *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC. – 2019. – V. 2167, № 1. – P. 020097.
  6. Körner C. Additive manufacturing of metallic components by selective electron beam melting – a review // *International Materials Reviews*. – 2016. – Vol. 61, № 5. – P. 361-377.

Лян Ичэн (Китай)

Кузьменко Егор Дмитриевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Пустовых Ольга Сергеевна, ассистент

### **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛЕСНИЦЫ, УКАЗЫВАЮЩЕЙ НА ЮГ**

Колесница, указывающая на юг, была древнекитайским колесным транспортным средством с механическим приводом, используемым для определения южного направления. Считается, что впервые колесницу, указывающую на юг, изобрел император Хуан Ди, примерно в 2634 году до нашей эры, чтобы вывести свои войска из-под дымовой завесы противника. Древнейшее сохранившееся до нашего времени письменное описание колесницы, указывающей на юг, принадлежит Фу Сюаню (217-278 года н. э.). Данный механизм несколько раз терялся и изобретался заново, и в каждом случае изобретатели получали большое признание. В книге "Гений Китая: 3000 лет науки, открытий и изобретений" автор Роберт Темпл описывает устройство как "большую карету длиной 3,3 метра, глубиной 3,3 метра и шириной 2,75 метра, увенчанную нефритовой статуей "бессмертного" мудреца. Рука фигуры была поднята, указывая вперед, и она всегда была направлена на юг, независимо от