

## **СОВРЕМЕННЫЕ МГД-ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СПЛАВОВ**

**Курнаева С.В., Бугаева Н.С.**

**научные руководители канд. техн. наук Бояков С.А., д-р техн. наук Первухин М.В.  
*Политехнический институт Сибирский федеральный университет***

В настоящее время в России и развитых странах производство сплавов и их металлообработка занимают ведущее место в промышленности. Особое внимание уделяется повышению физико-механических свойств полуфабрикатов и готовой продукции из алюминия и его сплавов. В технологии проката, экструзии и фасонного литья разработаны и внедрены лучшие способы получения технологичной и качественной продукции, достигнуты высокие результаты механических свойств, коррозионной стойкости и свариваемости конечного продукта, усовершенствованы способы упрочнения алюминиевых сплавов с применением экономно-легированных компонентов.

Особое значение механические свойства сплавов имеют место при производстве длинномерной продукции для электротехнического производства (катанка, провода, проволока из алюминиевых сплавов) и машиностроительного производства (сварочная проволока, заклепки, антенны, сетки, завязочная проволока из алюминиевых сплавов). Технические требования к длинномерной продукции выражаются в повышении электрических и конструкционных свойств, получении термостойких свойств и высокой коррозионной стойкости, удовлетворению сварочных характеристик данных материалов.

В настоящее время актуальной остается задача повышения эффективности процесса получения алюминиевых сплавов, обладающих специальными свойствами, за счет уменьшения количества технологических операций, увеличения производительности и выхода годного, уменьшения взрыво- и пожароопасности технологического процесса. [1]

В России изготовление длинномерной алюминиевой продукции ориентировано на производство полуфабрикатов (катанка, прутки, проволока) из традиционных алюминиевых сплавов. В связи с перспективой модернизации систем электроснабжения и машиностроительной отрасли, повышением требований к физико-механическим свойствам продукции из алюминия и сплавов, ныне выпускаемая продукция становится неактуальной для дальнейшего применения. На замену должны прийти проводники и конструкционные материалы из алюминиевых сплавов с новыми улучшенными свойствами.

В августе 2013 года Фонд инфраструктурных и образовательных программ (ФИОП) РОСНАНО объявил отбор заявок в рамках тематического лота «Создание инжинирингового центра по разработке технологий и оборудования для получения наноструктурированных сплавов цветных металлов с уникальными физико-механическими свойствами». Основными требованиями к заявкам были: наличие у участника базовой технологии, необходимых профессиональных знаний и квалификации, научной и технологической компетенции в рамках заявленной специализации, опыта выполнения НИР и ОКР, подтвержденного контрактами, а также положительной репутации в области оказания инжиниринговых услуг и разработки технологических решений. Также немаловажным критерием отбора является востребованность продукции и услуг ТИК на рынке, в том числе на зарубежных

рынках, достаточность имеющихся у участника ресурсных возможностей по реализации проекта (кадровых, финансовых, материально-технических).

Победителем конкурсного отбора стала Красноярская компания ООО «НПЦ Магнитной гидродинамики» с проектом «Создание Технологической инжиниринговой компании «КрасТИК» по разработке технологий и оборудования для получения наноструктурированных сплавов с уникальными физико-механическими свойствами». ООО «НПЦ Магнитной гидродинамики» входит в ТОП-50 рейтинга быстроразвивающихся инновационных и высокотехнологичных компаний России «ТехУспех – 2013». На разработанном компанией оборудовании выпускается более 2 млн. тонн в год алюминия и сплавов с высокой добавленной стоимостью или 5% от общемирового производства. Деятельность НПЦ МГД тесно связана с СФУ, т.к. предприятие было создано в 1990 г. по инициативе руководства университета, и в настоящее время практически все сотрудники НПЦ МГД являются сотрудниками СФУ.

Базовая технология получения алюминиевых сплавов состоит в следующем. В процессе приготовления многокомпонентных расплавов важно выровнять химический состав и температуру, очистить расплав от неметаллических включений (фильтрация), удалить ненужные примеси (рафинирование) и газы (дегазация). На всех этапах, от плавки до кристаллизации, на расплав воздействуют высокоомодульными электромагнитными полями. В результате устраняются все виды неоднородностей, включая микронеоднородности на молекулярном уровне.

Высокая скорость охлаждения достигается путем литья в электромагнитном поле. За счет электромагнитных сил происходит удержание жидкой фазы сплава в заданном объеме и выдавливание неметаллических включений из расплава.

Предлагаемая технология позволяет получать непрерывнолитые заготовки с уникальными физико-механическими свойствами, из которых при дальнейшей обработке получается наноструктурированная продукция.

Таким образом, базовой технологией, лежащей в основе создаваемой ТИК, является совокупность разработанного металлургического оборудования и технологий: промышленные печи и миксеры, МГД-перемешиватель, МГД-летка, МГД-лоток, МГД-рафинатор, МГД-модификатор, МГД-вращатель, установка фильтрации, электромагнитный кристаллизатор, системы радиационного нагрева. Все перечисленные устройства являются составными элементами плавно-литейной технологической линии (Рисунок 1), необходимыми, в том числе для получения изделий из наноструктурированных сплавов цветных металлов с уникальными физико-механическими свойствами.

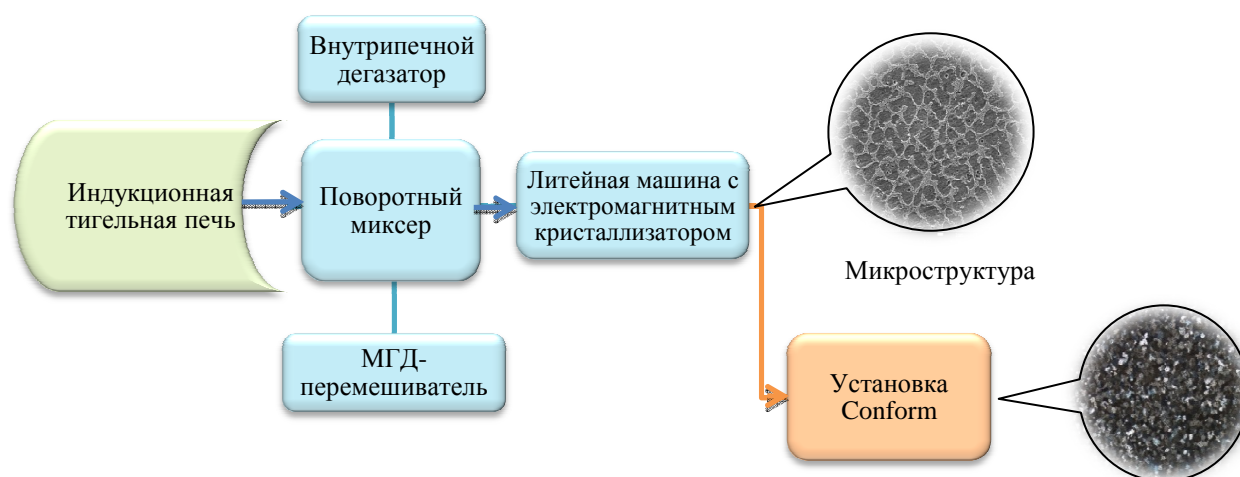


Рисунок 1 - Технологическая линия

Наличие в технологической линии большого числа МГД-устройств позволяют существенно повысить качество выпускаемой продукции.

Процесс кристаллизации жидких металлов и сплавов в электромагнитном поле с высокой скоростью охлаждения дает возможность в широких пределах регулировать параметры структуры и свойства полуфабрикатов. В результате получается мелкозернистая структура (200-500 нм), которая при дальнейшей обработке полуфабрикатов даст возможность получить в конечном продукте ультрамелкозернистую (УМЗ) наноструктуру, менее 100 нм. Это открывает большие перспективы для получения материалов с уникальными физико-механическими свойствами и создании новых устройств и агрегатов на их основе.



Рисунок 2 – Структура сплава, полученная по технологии ИМВ (сплав Al/La/Ce)

Таким образом, после литейной машины мы имеем микроструктурированную продукцию. В результате обработки полученных полуфабрикатов на установке Conform структура значительно измельчается, и на выходе получаем УМЗ наноструктуру (Рисунок 2,3).



а) микроструктура

б) наноструктура

Рисунок 3 – Структура слитков из сплава 01417

Анализ структуры сплавов проводился в Центре коллективного пользования (ЦКП) СФУ, который имеет лаборатории электронной микроскопии и механических испытаний. Сплавы анализировались на Растровом электронном микроскопе JEOL JEOL JSM-7001F, разрешением 1,2 нм (атомное расширение) и просвечивающем электронном микроскопе JEOL JEM 2100, разрешение 0,14 нм – атомное расширение (Рисунок 4, 5).



Рисунок 4 - Растровый электронный



Рисунок 5 – Просвечивающий

В последнее время в металлургии как в России, так и за рубежом, наметилась тенденция к сокращению темпов роста производства первичного алюминия и переходу на изготовление сплавов с большей глубокой переработкой.[3] Так Alcoa, производя алюминиевую продукцию в меньших объемах, чем РУСАЛ, имеет большую выручку, благодаря получению продукции с высокой добавленной стоимостью (Рисунок 6).

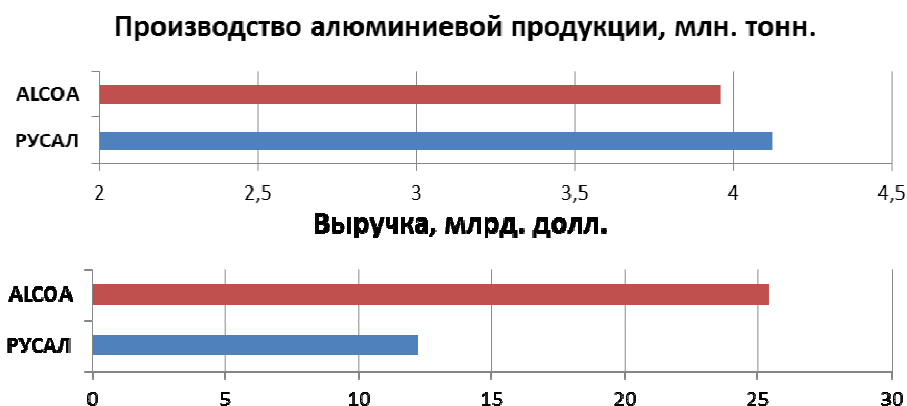


Рисунок 6

КрасТИК будет осуществлять полный цикл инжиниринговых работ, начиная от проектирования технологий и оборудования, заканчивая монтажом и пусконаладкой разработанных агрегатов. Аналогичных инжиниринговых компаний в области металлургии в России пока не существует. Существенную роль в деятельности этой компании будет играть СФУ. Поскольку реализуются комплексные наукоемкие инновационные проекты, потребуется участие ведущих высококвалифицированных специалистов различных институтов СФУ. Большое значение имеет наличие в СФУ центра коллективного пользования с уникальным оборудованием, лицензионного программного обеспечения, мощных вычислительных резервов и использование патентов, обладателем которых является университет. Компания имеет большой потенциал развития за счет внедрения технологий глубокой переработки.

#### Список использованных источников:

1. Первухин М. В. Электротехнология и оборудование для получения непрерывнолитых слитков в электромагнитном кристаллизаторе. Теория и практика : автореф. дис. ...докт. Техн. наук : 05.09.10 / Первухин Михаил Викторович. – Красноярск, 2012. – 36 с.
2. Луц, А. Р. Алюминий и его сплавы: Учебное пособие / А. Р.Луц, А. А. Суслина – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 81 с.
3. Справочник по цветным металлам [Электронный ресурс] : база данных содержит сведения о всех видах цветных металлов. – Режим доступа: <http://libmetal.ru/index.htm> .