

Учёные получили усовершенствованный сплав с добавлением гафния для производства «авиационной» проволоки

Учёные из России, Китая и Узбекистана экспериментально исследовали сплавы алюминия и циркония с добавлением гафния, предназначенные для изготовления проволоки в авиационной и космической промышленности. Эксперты изучили свойства трёх композиционных разновидностей сплавов из алюминия, циркония и гафния, а также провели компьютерное моделирование процесса деформации металла, чтобы выявить наиболее эффективные режимы обработки заготовок. В итоге были выбраны оптимальные химические составы сплавов, из которых в дальнейшем будет производиться проволока с наилучшими свойствами, также было доказано, что метод совмещённой прокатки-прессования больше всего подходит для создания максимально пластичных прутков, из которых делают проволоку.



Сплавы алюминия с цирконием пользуются повышенным интересом в современной металлургии, однако подобные сплавы с добавлением гафния являются практически неисследованными, хотя они представляют высокую ценность с точки зрения наукоёмкого производства.

*«Гафний — это твёрдый и тугоплавкий металл, по некоторым свойствам он близок к цирконию. Цирконий и гафний плохо растворяются в сплавах и создают включения — интерметаллиды в структуре, которые гораздо прочнее алюминия. Это приводит к обрыву проволоки, если она очень тонкая и имеет малый диаметр. Уменьшить интерметаллиды, а значит придать сплаву большую пластичность, можно за счёт литья в электромагнитном кристаллизаторе (ЭМК). В этом случае интерметаллиды равномерно распределяются по всему объёму заготовки, и мы получаем однородную структуру — это положительно сказывается на дальнейшей деформации, а также позволяет получить сбалансированный набор свойств продукции», — сообщил заведующий кафедрой обработки металлов давлением, старший научный сотрудник лаборатории физикохимии металлургических процессов и материалов СФУ **Денис Ворошилов**.*



Чтобы получить оптимальные сплавы системы Al-Zr-Hf (алюминий — цирконий — гафний) производственные партнёры — специалисты красноярского предприятия ООО «НПЦ Магнитной гидродинамики» — создали три образца сплавов с различным соотношением компонентов, затем из этих образцов были отлиты заготовки диаметром 12 мм методом ЭМК. Исследователи СФУ изучили реологические характеристики этих заготовок (выяснили зависимость их прочности от температуры, скорости и степени деформации). Полученные данные использовались для моделирования процесса комбинированной прокатки-прессования, чтобы сделать из заготовок прутки диаметром 5 мм с последующим превращением их в проволоку диаметром 0,5 мм.

«Такая проволока применяется в качестве бортовой проводки летательных аппаратов в авиации и ракетостроении. Там нельзя использовать медь и не

*допускается возникновение статического электричества. Кроме того, в „небесном“ производстве важно добиться существенного снижения массы объекта, ведь в современной перспективной технике провода — это „нервная система“, и их масса может достигать до 25 % от общей массы», — отметил **Денис Ворошилов**.*

По словам учёного, два из трёх сплавов оказались достаточно эффективными с точки зрения баланса необходимых свойств. На стадии изготовления полуфабрикатов-прутков они продемонстрировали достаточную прочность, важную для монтажа и эксплуатации проволоки, высокую пластичность, которая принципиальна для проволоки малого диаметра, а также хорошую электропроводность — важнейшее качество для эксплуатации полученной продукции.

Прутки диаметром 5 мм специалисты получали методом совмещённой прокатки-прессования (СПП) из заготовок диаметром 12 мм, а из прутков, в свою очередь, изготавливали проволоку. Процесс производства заготовок методом литья в электромагнитом кристаллизаторе (для придания однородности сплаву) с последующим производством прутков с помощью СПП позволило в итоге получить проволоку с минимальным количеством промежуточных отжигов, что выгодно с экономической точки зрения.

*«Компьютерное моделирование позволяет выбрать оптимальный и наименее затратный режим обработки, а потом сразу запустить физический эксперимент. Мы довольны полученным результатом — в ходе эксперимента со сплавами нашим коллективом был получен сбалансированный уровень свойств, удовлетворяющий требованиям технических условий, а также разработаны наилучшие режимы обработки и отжига. Предела совершенству нет, поэтому изучение сплавов системы Al-Zr-Hf будет вестись дальше на базе организаций-участников. У этих разработок значимый научный и импортозаместительный потенциал», — заключил **Денис Ворошилов**.*

Помимо учёных СФУ в исследовании приняли участие сотрудники Научно-производственного центра магнитной гидродинамики (Красноярск), Ташкентского государственного транспортного университета (Узбекистан) и Хуанганского педагогического университета (Китай).

Работа выполнена в рамках госзадания в рамках проекта FSRZ-2020-0013.

[Пресс-служба СФУ](#), 1 июля 2022 г.

© Сибирский федеральный университет. Редакция сайта: +7 (391) 246-98-60, info@sfu-kras.ru.

Адрес страницы: <https://news.sfu-kras.ru/node/26503>