



АЛЮМИНИЕВАЯ
АССОЦИАЦИЯ

Разработка проволочных аддитивных технологий алюминиевых сплавов для

Иван Грушин

Институт Легких Материалов и Технологий ОК РУСАЛ

октябрь 2024 г.

АДДИТИВНЫЙ ЦЕНТР РУСАЛ

Полный цикл создания конечных изделий



Участок литья и термической обработки

Участок механической обработки

Лаборатория моделирования производственных процессов

Лаборатория исследования физических свойств

Лаборатория исследования механических свойств материалов

Лаборатория коррозионных исследований

Лаборатория металлографического и химического анализа



Металлография



Физические свойства



Механические свойства



Химический анализ



Атомайзер BluePower AU12000



EOS M290



Kreon Ace Skyline

Классификация аддитивных технологий для AI

Порошок

Лазер



- ✓ Точность изготовления 0,05 мм
- ✓ Изготовление сложнопрофильных деталей
- ✓ Минимальная постобработка



- ✓ Высокая стоимость оборудования
- ✓ Высокая стоимость порошков
- ✓ Максимальные габариты деталей 800x400x500 мм;
- ✓ Скорость печати до 1 кг/ч;



EOS M-Series



AlSi10Mg – 20 USD/kg

Проволока

Лазер

Электронный луч

Дуга

Плазма



- ✓ Максимальные габариты деталей до 5 м;
- ✓ Невысокая стоимость оборудования и проволоки;
- ✓ Скорость печати – до 10 кг/ч;



- ✓ Точность изготовления 0,3 мм (необходимость механической обработки)



0,8 млн. USD

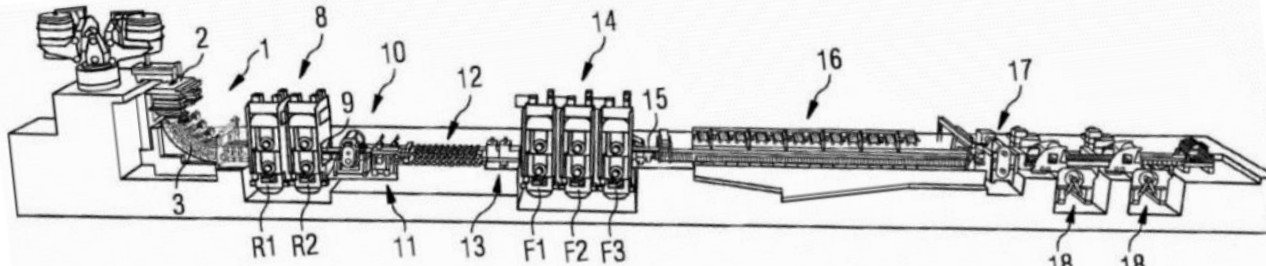


5XXX – 8 USD/kg

Опытные алюминиевые сплавы для технологии WAAM

При разработке материала необходимо учитывать не только комплекс физико-механических и специализированных характеристик конечных изделий, но и технологические особенности получения полуфабрикатов на всех стадиях производства

1. Линия совмещенного литья и прокатки-прессования



2. Получение сварочной проволоки заданного диаметра



Технологические особенности процесса на стадии получения проволоки при разработке материала:

1. Скорость деформации материала,
2. Температура разогрева при деформации
3. Пластичность материала
4. Текучесть материала

1. Скорость деформации материала
2. Температура разогрева при деформации
3. Соотношение пластичности и прочности материала

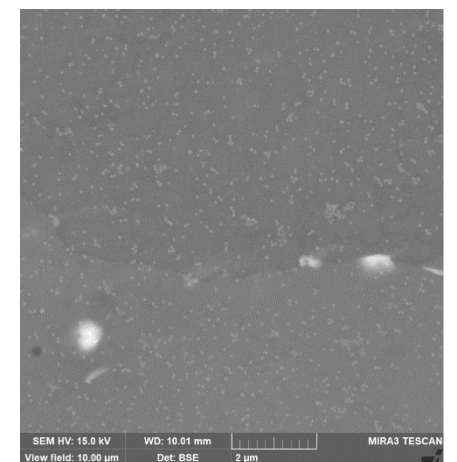
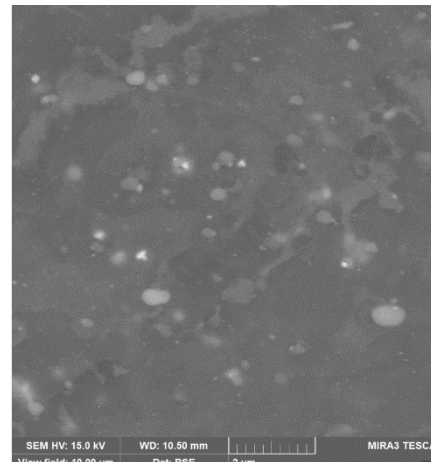
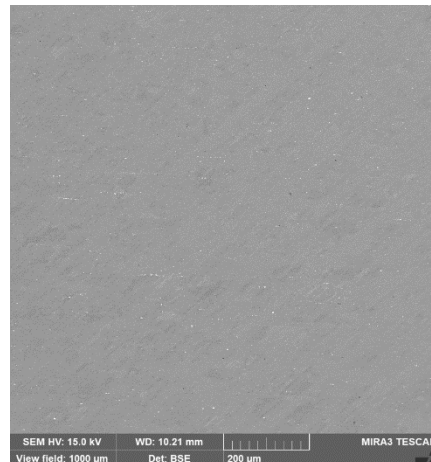
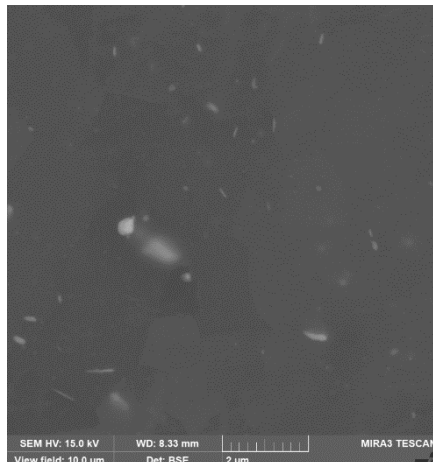
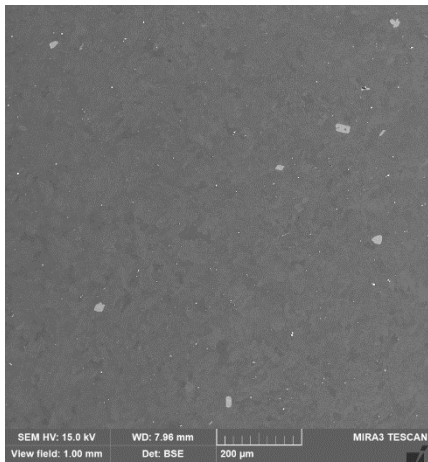
3. Отработка режимов синтезирования изделий



1. Свариваемость
2. Особенности структурообразования
3. Выгорание ЛЭ
4. Напряженно-деформированное состояние

Опытные алюминиевые сплавы для технологии WAAM. Структура

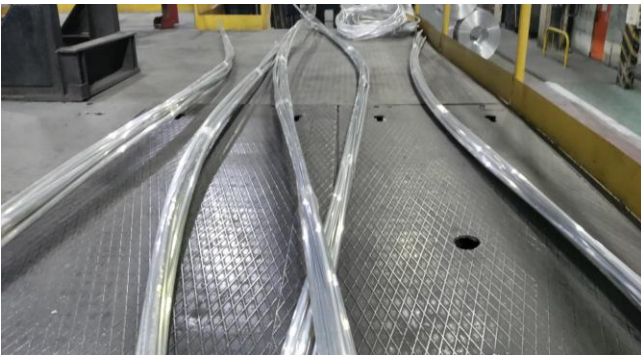
Учитывая все технологические особенности получения проволочных материалов были разработаны составы систем легирования Al-Mg-Zr-Sc и Al-Cu, легированные переходными элементами (ПМ) и редкоземельными металлами (РЗМ), которые позволяют обеспечить необходимое формирование фазового состава и структуры материала. Которые в свою очередь позволяют получить необходимые свойства материала на всех стадиях производства, а также обеспечить высокие показатели физико-механических характеристик конечного изделия.



Структура прутков, полученных на линии совмещенного процесса литья и прокатки-прессования

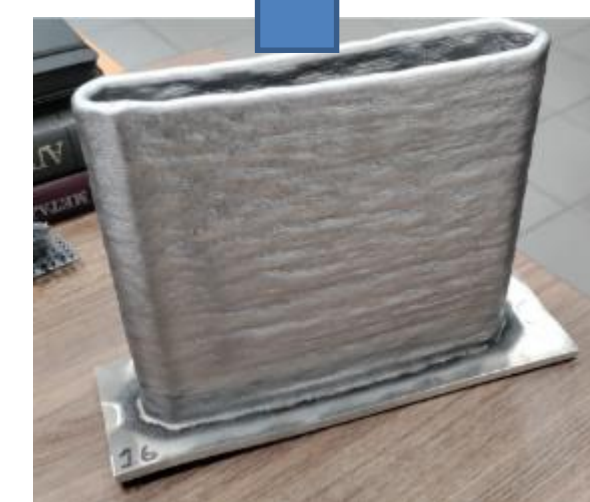
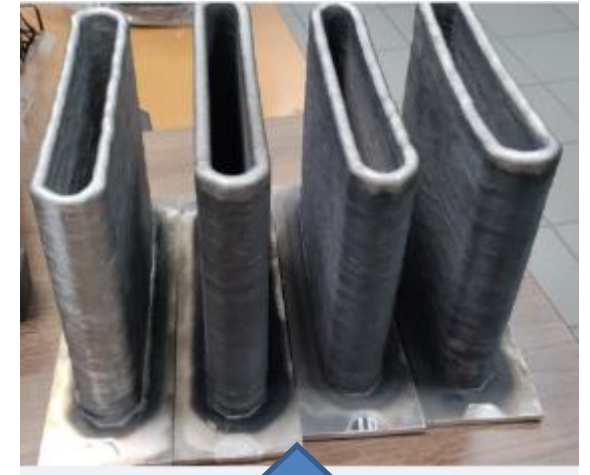
Структура проволоки диаметром 1.2 мм, полученной методом волочения

Структура после наплавки



Опытные алюминиевые сплавы для технологии WAAM. Отработка режимов печати

На установке проволочно-дугового аддитивного производства предприятия ООО «Космические транспортные системы» были отработаны режимы синтеза опытных составов Al-Mg-Zr-Sc и Al-Si с добавками ПМ и РЗМ, а также получены пробные изделия в виде замкнутых стенок.



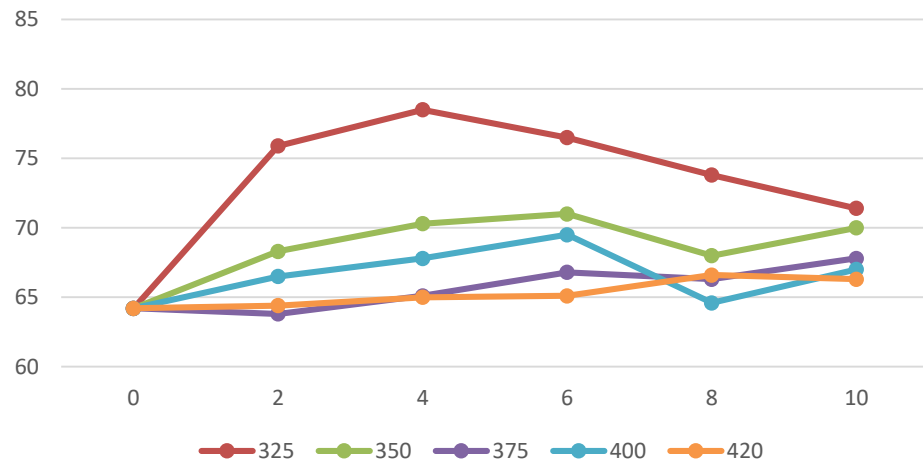
Опытные алюминиевые сплавы для технологии WAAM.

Проведена работа по подбору режимов термической обработки, обеспечивающих:

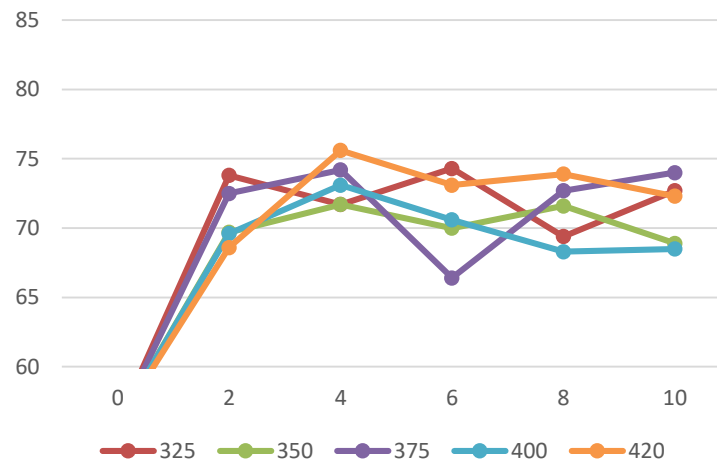
1. Формирование благоприятного структурного состояния
2. Снятие напряженного-деформированного состояния после синтезирования
3. Вариативность соотношения комплекса физико-механических характеристик

Вид ТО	
№ п/п	
1	Отжиг в интервале температур 325-420°C с временем выдержки от 2 до 12 ч
2	T6 (Закалка + старение)

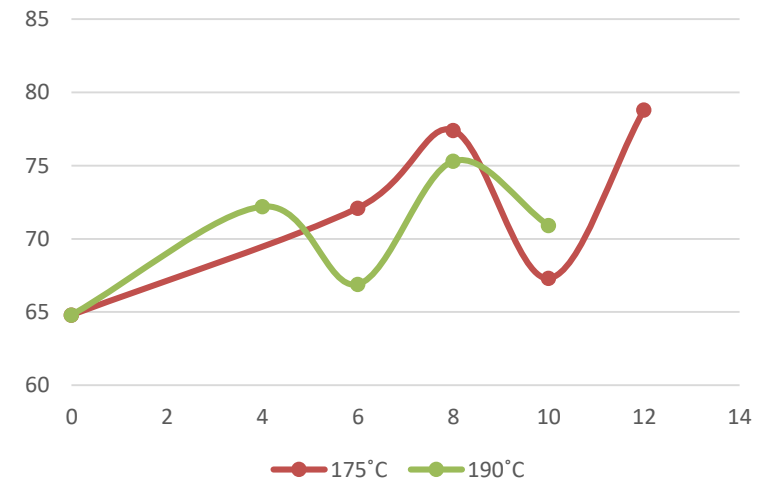
Твердость после ТО



Твердость после ТО



Твердость после ТО



Опытные алюминиевые сплавы для технологии WAAM.

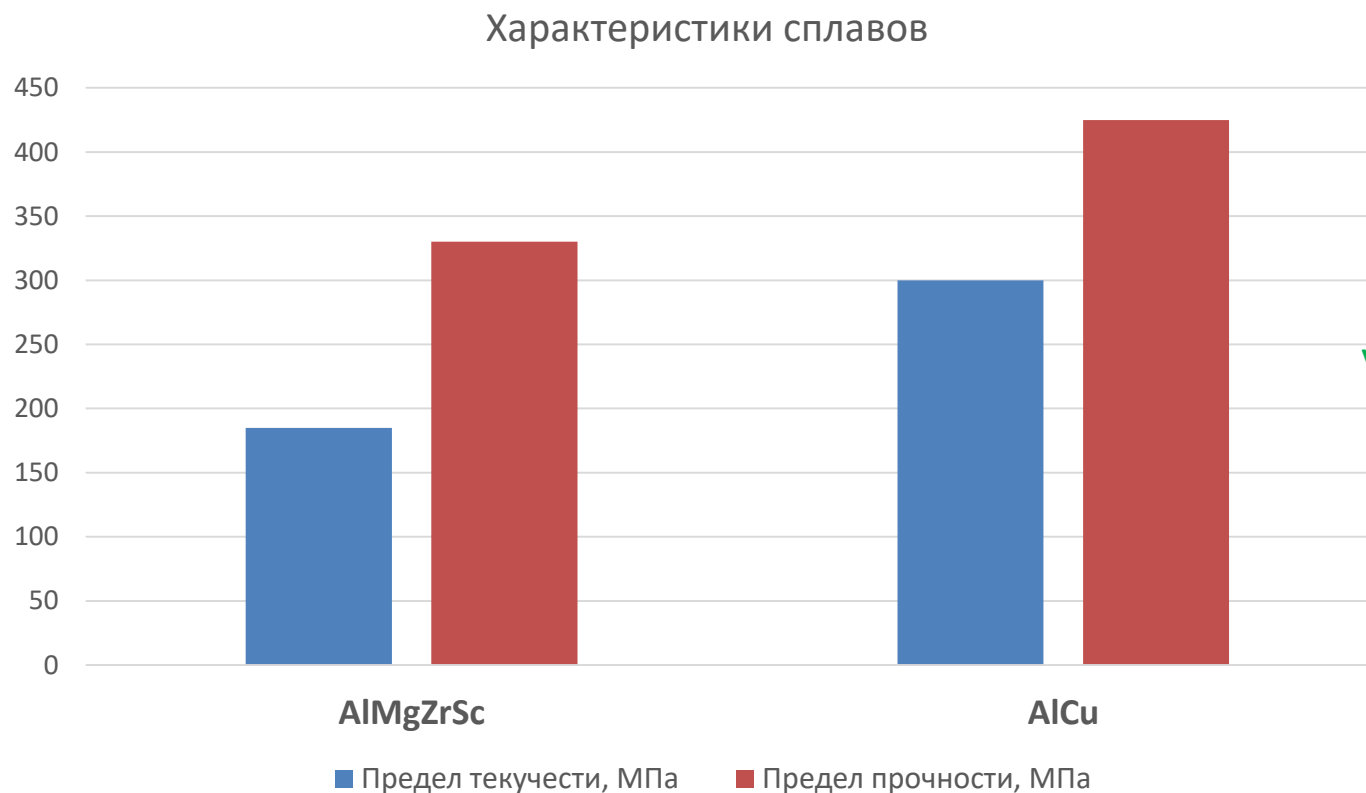
Опытные составы систем легирования Al-Mg-Zr-Sc и Al-Cu, легированные переходными элементами (ПМ) и редкоземельными металлами (РЗМ) позволяют обеспечить высокий уровень физико-механических характеристик конечного изделия, а режимы термической варьировать их соотношение в широком диапазоне для обеспечения необходимого комплекса свойств.



Гребные винты
Пассажирских судов



Силовые элементы
конструкций



Импеллеры двигательных
установок для гражданской
авиации





АЛЮМИНИЕВАЯ
АССОЦИАЦИЯ

Приглашаем к сотрудничеству!

Алюминиевое
пространство



aluspace.info



www.aluminas.ru