

Синергия физического и математического моделирования для повышения сходимости результатов

П.Ю. Брянцев, директор Испытательного центра, 30.07.2020

Испытательный центр ИЛМиТ

Лаборатория металлографических исследований



Направления работы:

- проведение комплексных металлографических исследований;
- количественное исследование макро- и микроструктуры;

Лаборатория механических испытаний



Направления работы:

- определение механических свойств материалов при статических испытаниях;
- проведение динамических испытаний металлических материалов;

Лаборатория коррозионных испытаний



Направления работы:

- оценка коррозионной стойкости материалов по стандартным методикам;
- климатические и коррозионные испытания материалов

Лаборатория физико-химических исследований



Направления работы:

- определение химического состава алюминиевых сплавов;
- определение теплофизических свойств материалов;



Испытательный центр ИЛМиТ аккредитован в системе ААЦ «Аналитика» на соответствие требованиям международного стандарта ISO/IEC 17025:2017. Данная аккредитация официально признана Международной организацией по аккредитации лабораторий ILAC

Лаборатория механических испытаний

Усталостные испытания

Для проведения испытаний на циклическую усталость используются сервогидравлические испытательные системы MTS Landmark и резонансный пульсатор Sincotec Power Swing



Сегмент колеса из сплава АВ



Модель распределения нагрузки на колесо

Стандартная схема фиксации колеса

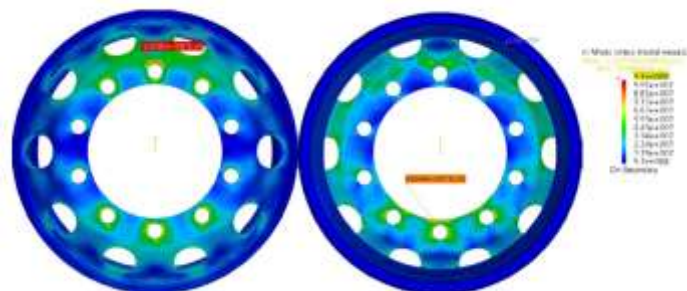
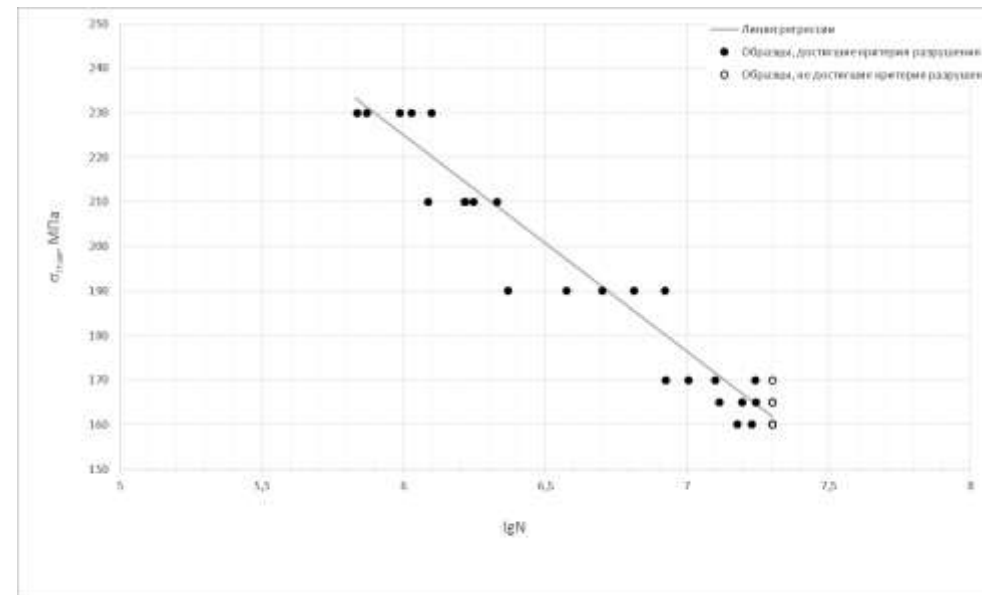


Диаграмма усталости



Предел ограниченной выносливости на базе 20 млн циклов, соответствующий вероятности разрушения 50%, составляет 162 МПа.

Результаты физического моделирования используются для верификации математической модели

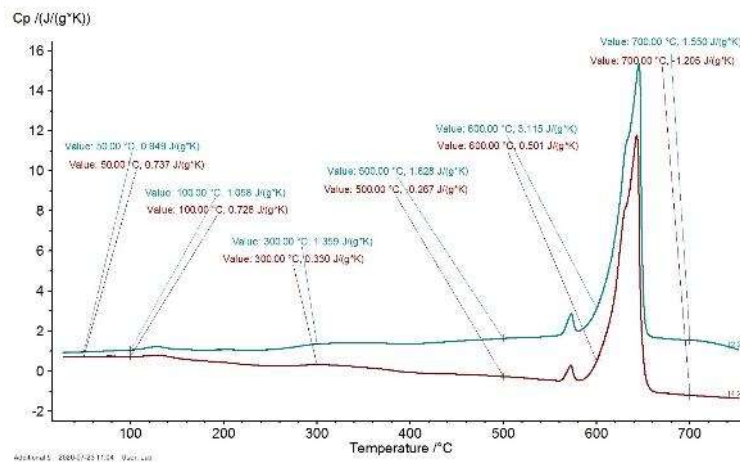
Лаборатория физико-химических исследований

Термоаналитические исследования

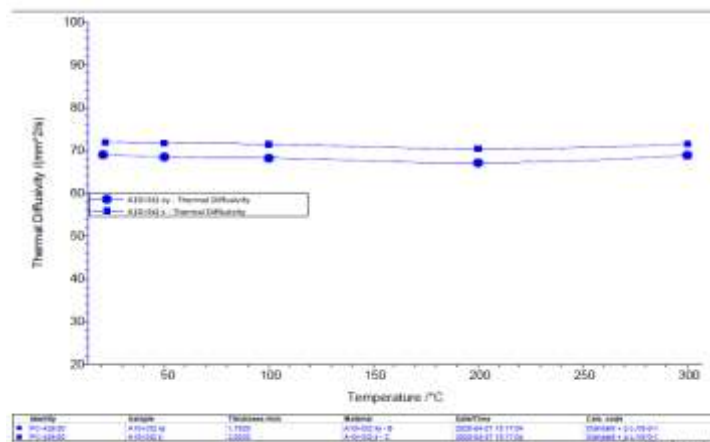
Термоаналитический комплекс Netzsch позволяет проводить измерение основных физико-химических характеристик материалов в широком интервале температур.



Анализ теплоемкости и теплопроводности сплавов типа Никалин

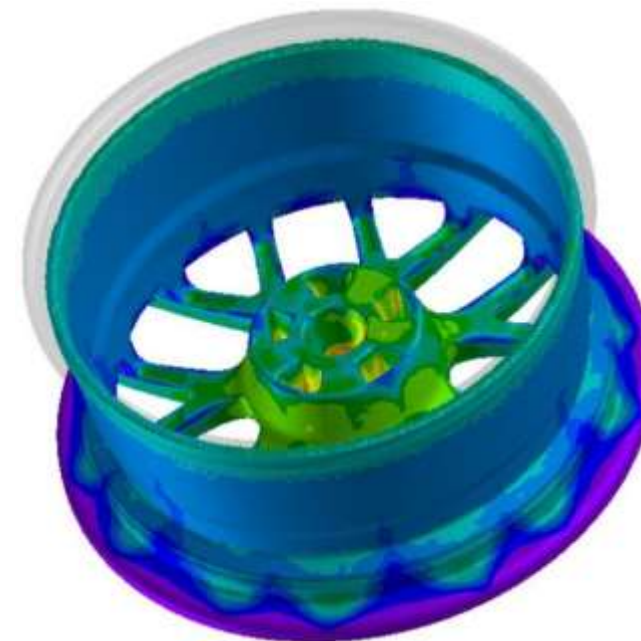


4014445: 200-1243 11:04 9/21/10



Sample	Sample	Location	Matrix	Date/Time	Lab Name
4014445	A10-02 N	1.700	A10-02 N - B	2009-01-13 11:04	NETZSCH
4014445	A10-02 N	1.700	A10-02 N - B	2009-01-13 11:04	NETZSCH

Математическая модель литя колеса из сплава типа Никалин



Определенные термодинамические параметры использованы для расчета математической модели

Лаборатория коррозионных испытаний

Циклические коррозионные испытания и испытания в условиях соляного тумана

Камера циклической коррозии в условиях соляного тумана **Ascott CC1000iP** предназначена для ускоренных коррозионных испытаний в режимах, приближенных к реальным условиям воздействия агрессивных сред



Возможность работы в 4 различных режимах:

- режим испытания на влагостойкость
- режим испытания на воздействие соляного тумана (нейтрального и кислотного)
- режим воздушной сушки
- режим поддержания заданной влажности.

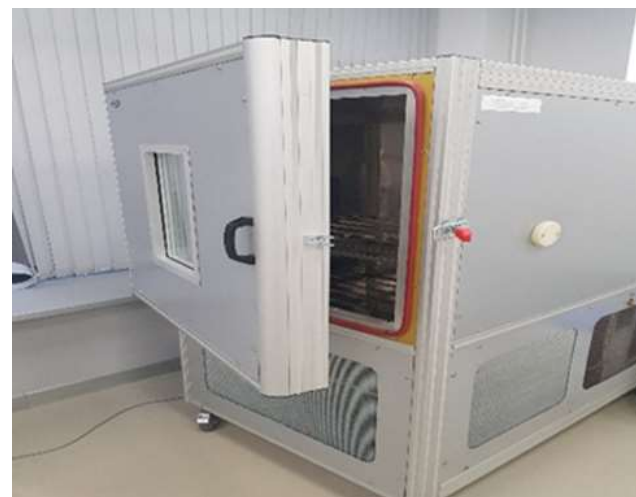
Температура регулируемая, от температуры окружающей среды до +50°C

Влажность регулируемая, до 100%

Скорость выпадения солевого тумана регулируемая, 0,5-3,0 мл на 80 см² в час

Климатические испытания

Климатическая камера Термокон ТХВ-1000 предназначена для моделирования реальных условий эксплуатации материалов и изделий от условий Крайнего Севера до тропического климата



Диапазон поддержания температуры:

в режиме "температура" -60...+100

в режиме "влажность" +20...+60°C

Диапазон поддержания относительной влажности 30...98 %

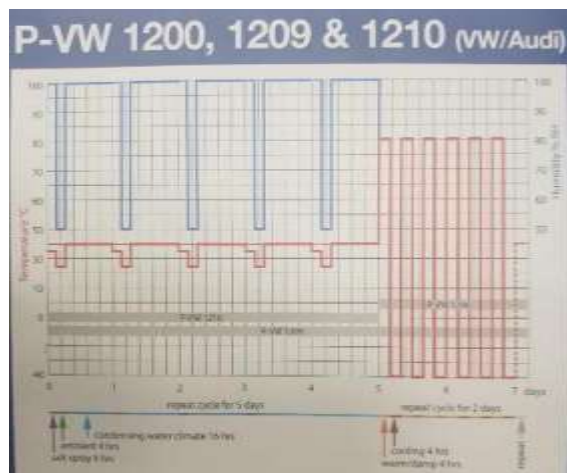
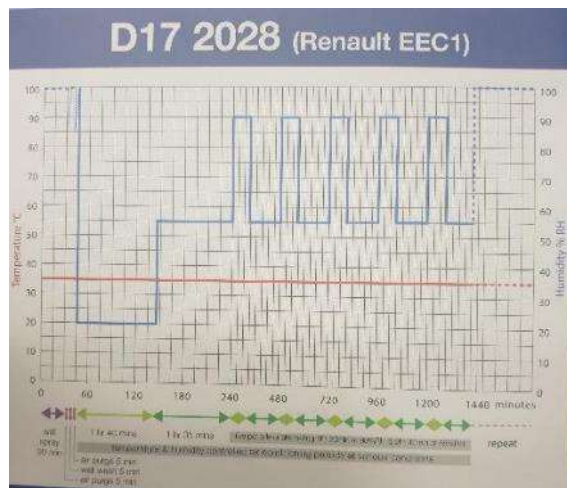
Точность поддержания температуры $\pm 1^\circ\text{C}$

Точность поддержания влажности $\pm 3\%$

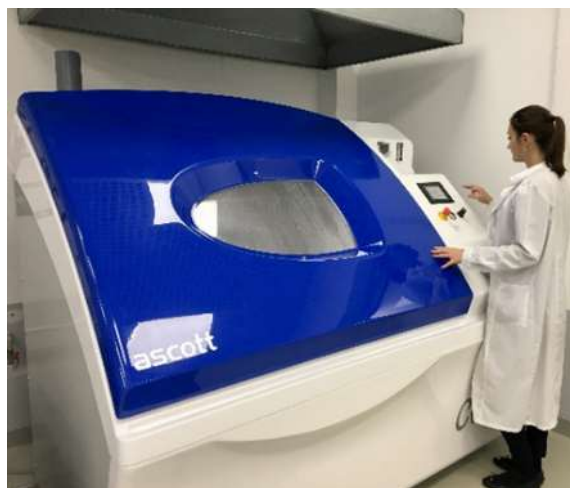
Объем рабочей камеры 500 л

Лаборатория коррозионных испытаний

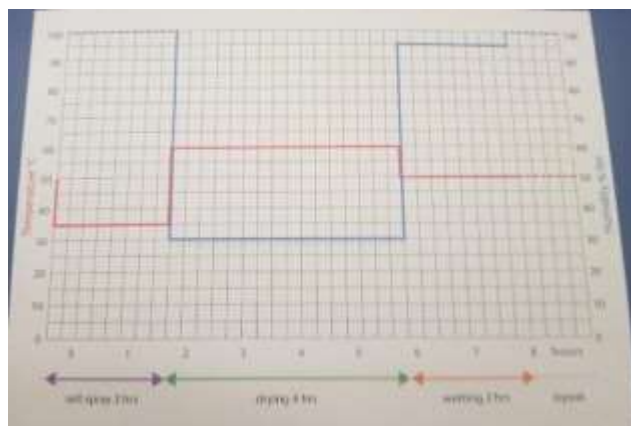
Циклические коррозионные испытания по стандартам автомобильных концернов



Циклические коррозионные испытания алюминиевого сплава для BMW



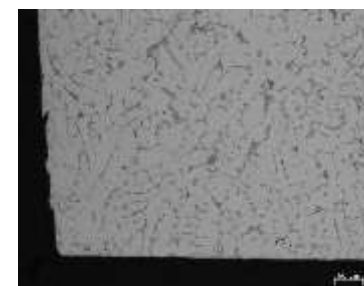
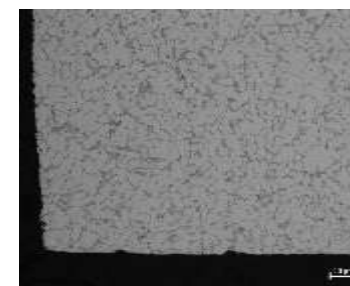
Цикл испытаний BMW



Результаты испытаний алюминиевого сплава для BMW

Сплав РУСАЛ

Сплав BMW



Контактная коррозия при перевозке минеральных удобрений



После вырезки обшивки выявлено:

1. В районе сварного шва приварки стойки выявлены очаги сквозной язвенной коррозии.
2. В зазоре между алюминием и сталью обнаружены остатки слежавшегося груза.
3. В зоне очагов слой защитного покрытия не обнаружен.
4. Защитное покрытие было обнаружено только в местах плотного прилегания алюминиевых и стальных элементов.

В рамках исследования электрохимической коррозии разработана и утверждена Программа коррозионных испытаний соединений сплава типа АМг5 со сталью, имитирующих реальные режимы эксплуатации:

1. Общая коррозия в сухом хлориде калия, 30 суток;
2. Общая коррозия в климатической камере в условиях 100 % влажности, 30 суток;
3. Общая коррозия в камере соляного тумана, 3% хлорида калия, 30 суток;
4. Общая коррозия в растворе 3% хлорида калия, 30 суток

Испытания конструктивно-подобных элементов на стойкость к электрохимической коррозии

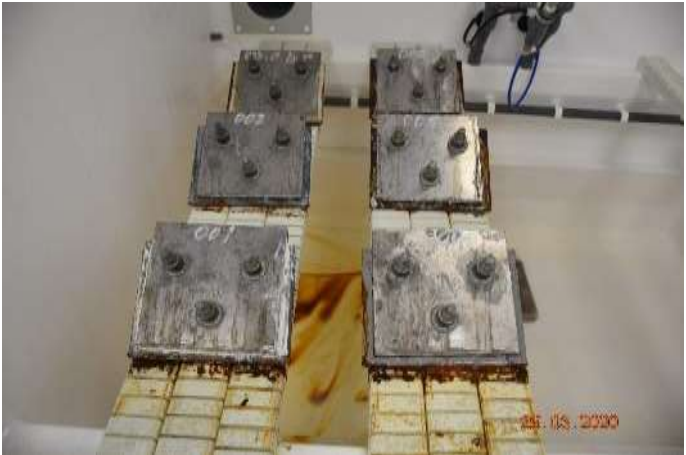
Во время испытания

После испытания

До испытания



Климатическая камера



Камера циклической коррозии

Образцы после испытания в различных средах



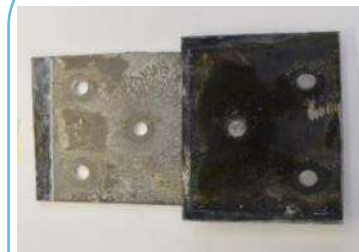
На внутренних поверхностях соединений не выявлено видимых следов коррозии.



На внутренних поверхностях соединений не выявлено видимых следов коррозии.



Коррозионное поражение на внутренней поверхности листа стали, продукты коррозии частично осаждаются на стороне алюминиевого листа



Внутренняя сторона стали полностью подвергается коррозии и продукты коррозии частично осаждаются на стороне алюминиевого листа.



На внутренних поверхностях соединений не выявлено видимых следов коррозии

Полное погружение в сухой калий хлористый



На внутренних поверхностях соединений не выявлено видимых следов коррозии

Климатическая камера при влажности воздуха 98-100%.



На внутренних поверхностях соединений не выявлено видимых следов коррозии

Камера соляного тумана при распылении 3% калия хлористого



На внутренних поверхностях соединений не выявлено видимых следов коррозии

Полное погружение раствор 3% калия хлористого

Образцы без защитных покрытий

Образцы с защитными покрытиями

Лаборатория металлографических исследований

Оптическая микроскопия

Исследование структуры и изломов металлов производится на металлографических комплексах, Carl Zeiss с программным обеспечением.

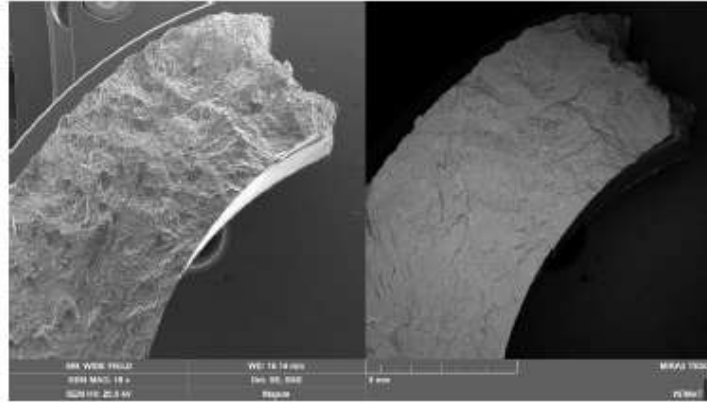


Сканирующая электронная микроскопия

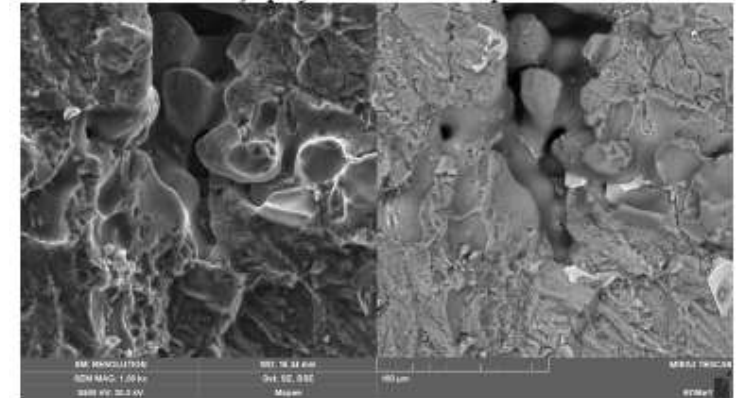
Для исследования микроструктуры и фрактографических исследований используется сканирующий электронный микроскоп Tescan Mira 3, оснащенный приставкой для микрорентгеноспектрального анализа химического состава.



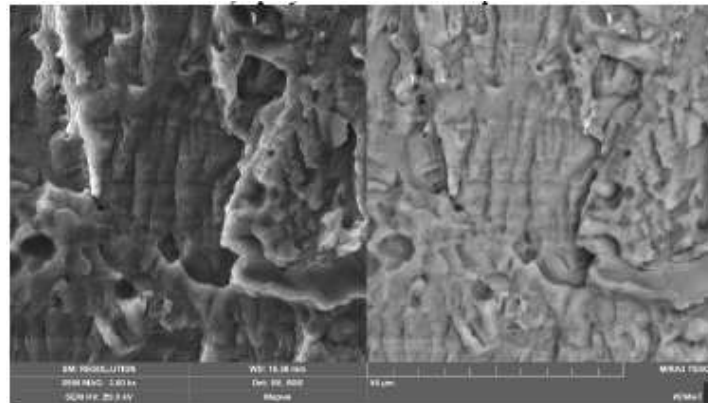
Анализ причин разрушения



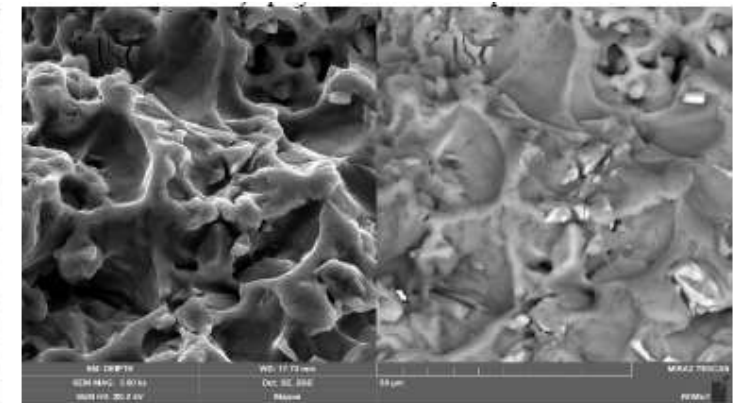
Зона очага разрушения



Переходная зона очага разрушения и вторичных ступенек и рубцов



Зона усталостных линий



Зона долома

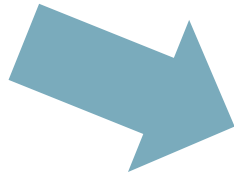
Выявлено наличие усталостного разрушения. Усталостная трещина зародилась у поверхности образца под действием циклической переменной нагрузки. Обнаружены дефекты структуры в виде литейных раковин.

Паспорт материала

Испытания на растяжение



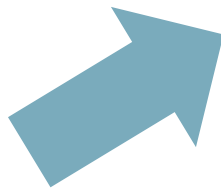
Предел прочности
Предел текучести
Относительное удлинение
Модуль Юнга



Анализ химического состава



Содержание легирующих элементов
Содержание примесей



RS-320 powder

RS-320 is a novel Al-Si-Cu alloy with high processability via powder bed fusion. The alloy can be used both after annealing or T6 temper. Heat treatment improves the elongation and decreases internal stresses which may cause distortion. T6 temper ensures better fatigue performance, with slightly lower strength. Building rates are equal or better than ones for AlSi10Mg alloy. RS-320 alloy can be used as the substitution of traditional casting and some wrought aluminium alloys with medium strength.

Powder characteristics	
O ₂ content, %	≤ 0,08
Moisture content, %	≤ 0,03
Shape of the particles	Spherical
Non-metallic inclusions	None

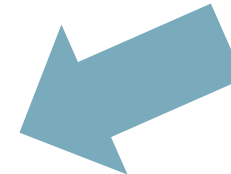
Physical properties (sintered material)	
Density, g/cm ³	2,659
Porosity, vol. %	≤ 0,25

Mechanical properties (sintered samples)

		Mechanical properties (sintered samples)		
		As-sintered	Annealed	T6
Elastic modulus E, GPa	XY	69 ± 2	69 ± 2	69 ± 2
	Z	470 ± 20	434 ± 10	360 ± 10
UTS (σ _{UTS}), MPa	XY	460 ± 10	430 ± 10	355 ± 10
	Z	350 ± 10	240 ± 10	285 ± 10
TYS (σ _{0.2}), MPa	XY	340 ± 10	230 ± 10	285 ± 10
	Z	2,0 ± 1,0	4,5 ± 1,0	6,0 ± 1,0
Elongation δ ₅ , %	XY	2,0 ± 1,0	4,0 ± 1,0	6,0 ± 1,0
	Z	145 ± 4	124 ± 4	124 ± 4

Contact: additive@rsaal.com

Распределение включений
Размер частиц



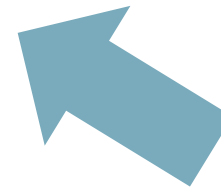
Количественная металлография



Анализ содержания газов



Содержание кислорода
Содержание азота
Содержание водорода



Перечень испытаний

Лаборатория механических испытаний

Испытания на растяжение
Испытания на растяжение с определением модуля Юнга
Испытания на растяжение при повышенной температуре (до 600 градусов)
Испытания на растяжение при пониженной температуре (до -130 градусов)
Испытания на сжатие
Испытания на изгиб
Испытания на малоцикловую усталость
Испытания на многоцикловую усталость
Определение скорости роста усталостной трещины
Испытания на твердость
Испытания на микротвердость

Лаборатория физико-химических исследований

Определение химического состава сплава методом ИСП-спектromетрии
Определение химического состава сплава методом искровой ОЭС
Определение кислорода, водорода, азота
Определение КТР от 20 до 1200 градусов
ДСК анализ от 20 до 1200 градусов
Определение содержания влаги
Определение теплопроводности от 20 до 1200 градусов
Анализ гранулометрического состава
Измерение плотности при 20 градусах

Лаборатория коррозионных испытаний

Ускоренные коррозионные испытания при погружении в растворы
Циклические испытания в камере соляного тумана
Испытания в климатической камере
Оценка шероховатости поверхности
Проведение испытаний на межкристаллитную коррозию
Проведение испытаний на расслаивающую коррозию

Лаборатория металлографических исследований

Микроскопический анализ структуры методом оптической микроскопии
Микроскопический анализ структуры методом сканирующей электронной микроскопии
Количественный металлографический анализ
Качественный и количественный рентгеноспектральный микроанализ
Метод дифракции обратноотраженных электронов (EBSD-анализ).
Фрактографический анализ изломов
Макроскопический анализ структуры

Спасибо за внимание!

