

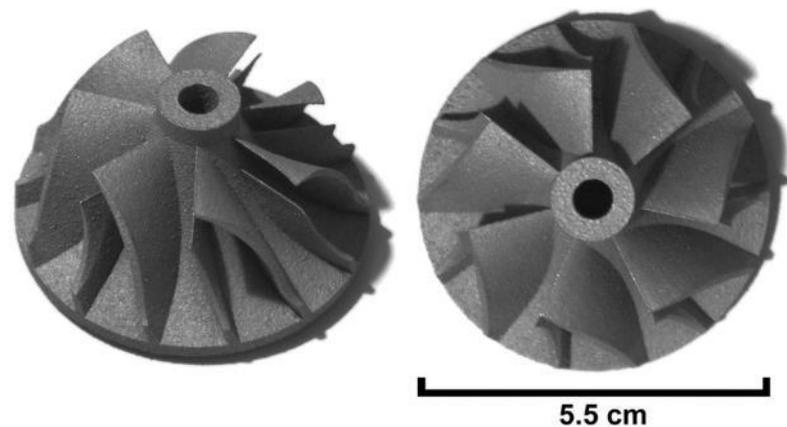


Центр
разработок

**Аддитивная технология изготовления
крупногабаритных изделий из
алюминиевых сплавов**

Проволочно-дуговое выращивание (WAAM – wire + arc additive manufacturing)

	Послойное лазерное спекание (SLM)	Электронный луч (EBAM)	Прямое лазерное выращивание (LDED)	Плазменно-порошковая наплавка (РАAM)	Проволочно-дуговое выращивание (WAAM)
Доступные сплавы на основе:	Fe-, Ti-, Cu-, Ni-	Fe-, Ti-, Cu-, Ni-	Fe-, Ti-, Ni-	Fe-, Ti-, Ni-	Fe-, Ti-, Ni-, Al-
Используемые материалы	Порошок	Проволока	Порошок	Порошок	Проволока
Ограничения по габаритам изделий	По размерам камеры	По размерам камеры	Нет ограничений	Нет ограничений	Нет ограничений
Производительность	0.5 .. 1 кг\ч	0.5 .. 20 кг\ч	1 .. 8 кг\ч	1 .. 10 кг\ч	0.5 .. 30 кг\ч



Импеллер, изготовленный методом SLM. Материал – нержавеющая сталь, Время выращивания - 4 часа.



Выращивание силового кронштейна методом LDED. Материал – Cr-Ni сталь. Время выращивания – 3 часа.



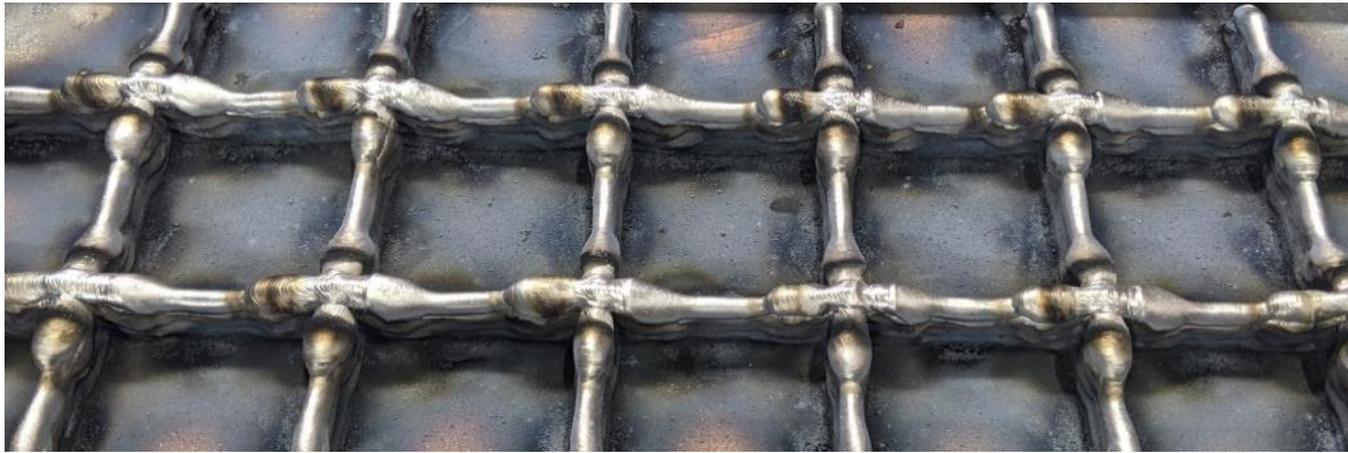
Замкнутый бак окислителя второй ступени ракеты Terran, изготовленный компанией Relativity Space (США) методом WAAM. Внутри бака выращены шпангоуты. Время выращивания около 23 суток. Материал – сплав группы Al-Mg.

Аддитивная и фрезерная технологические установки

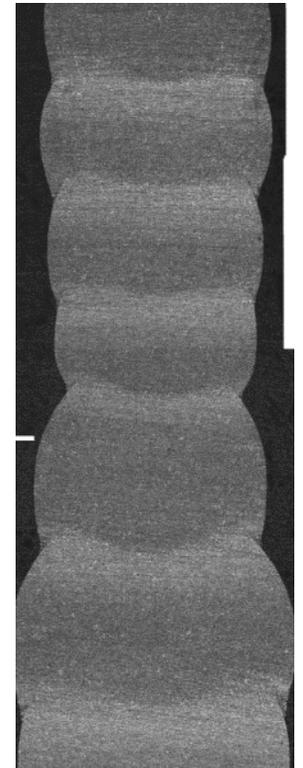


- Оборудование позволяет выращивать и обрабатывать изделия практически любой формы.
- В текущей конфигурации максимальные размеры изделия - 3 м.
- Системы сканирования, слежения и онлайн управления процессом обеспечивают качество выращиваемых изделий и точность финишной обработки.
- Используются стандартные промышленные роботы.

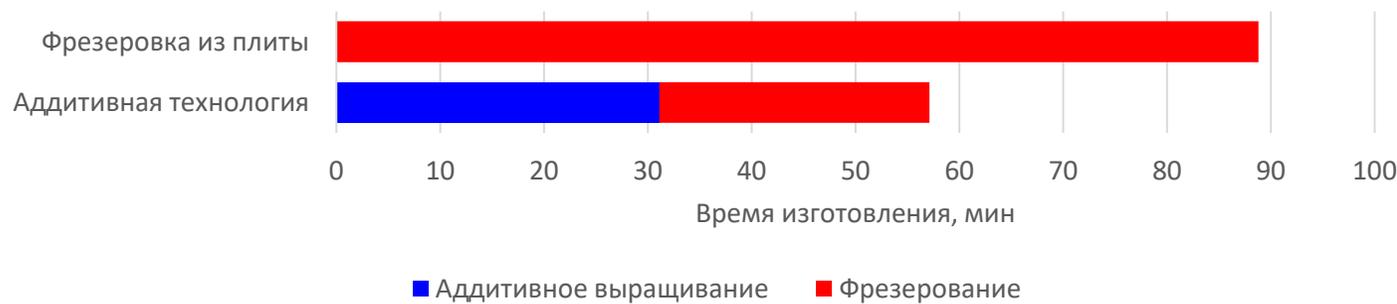
Изготовление усиленных панелей



Типичный шлиф выращенной стенки



Варианты технологии изготовления вафельной панели



Для аддитивной технологии:

- Коэффициент использования материала – 90%
- Увеличение производительности более, чем на 35%
- Возможность изготавливать панели сложной, произвольной формы
- Свойства изделия соответствуют свойствам отожженного материала.

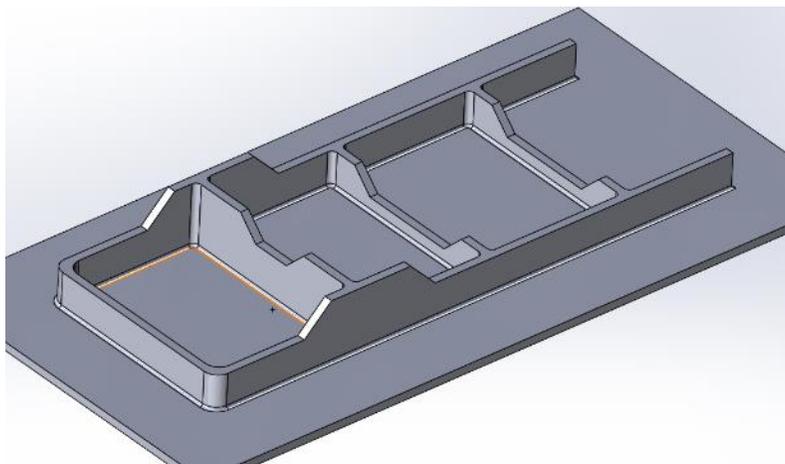
Фрезеровка из плиты:

2.46 кг (масса панели) = **8.5 кг** (масса плиты) – **6.04 кг** (отходы фрезеровки).

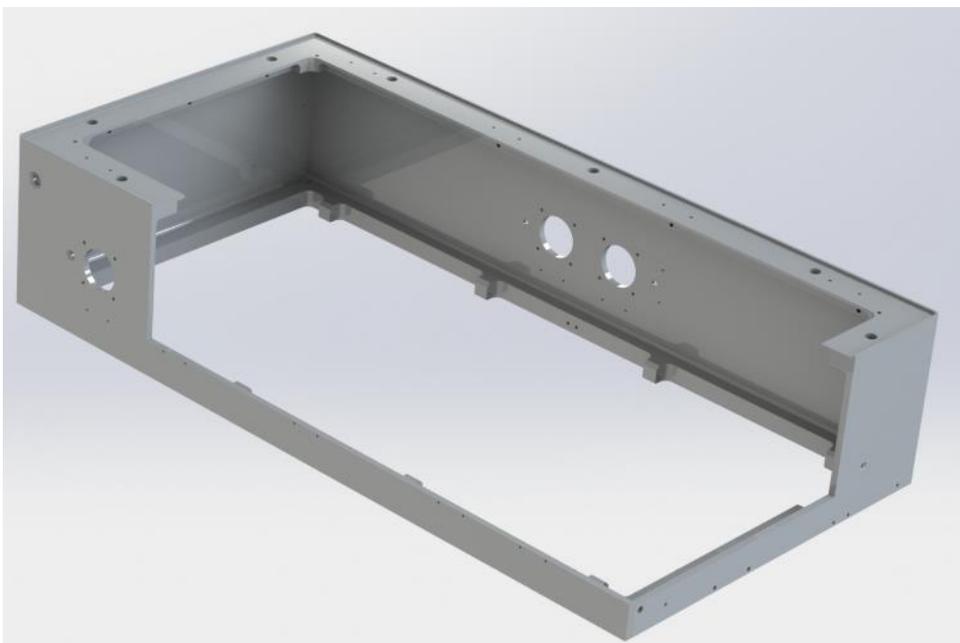
Аддитивная технология:

2.46 кг (масса панели) = **2.71 кг** (масса выращенной заготовки) – **0.25 кг** (отходы фрезеровки)

Изготовление силовых элементов сложных корпусных конструкций



- Время выращивания – 25 минут.
- Время обработки – 15 минут.
- Толщина стенки 6 мм.
- Коэф. использования материала 85%.
- Масса изделия 1.5 кг.



Сравнительный анализ технологии изготовления элементов силового корпуса (500x300x150 мм, масса 6.1 кг)

	Время обработки	Масса заготовки	Коэф. использования материала
Фрезеровка из плиты	4 ч.	19.4 кг (плита 32 мм)	31 %
Аддитивная технология	1.6 ч (выращивание) + 0.3 ч (фрезеровка). Итого 1.9 ч.	3.2 кг (лист 5 мм)	95 % (с учетом заготовки)

Изготовление габаритных тонкостенных конструкций



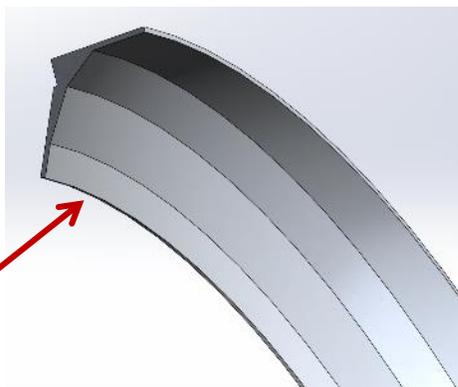
Модель сферотороидальной части дна бака РН.

- Диаметр изделия 850 мм.
- Время выращивания – 6 ч.
- Время обработки – 3 ч.
- Коэф. использования материала 85%.
- Масса обработанного изделия 8 кг.
- **Изготовлен без операций сборки и сварки сегментов, как единое целое.**

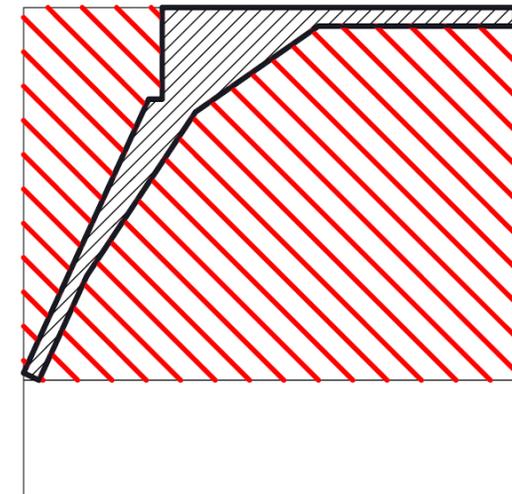


Пример технологии – переходные кольца днища баков РН

Переходное кольцо
Масса детали 329 кг.

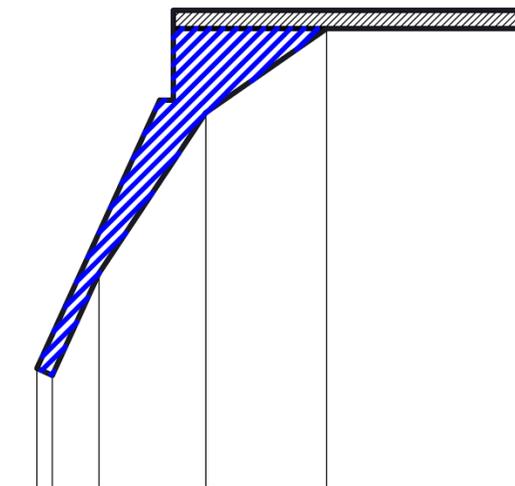


Фрезерование из кольца:

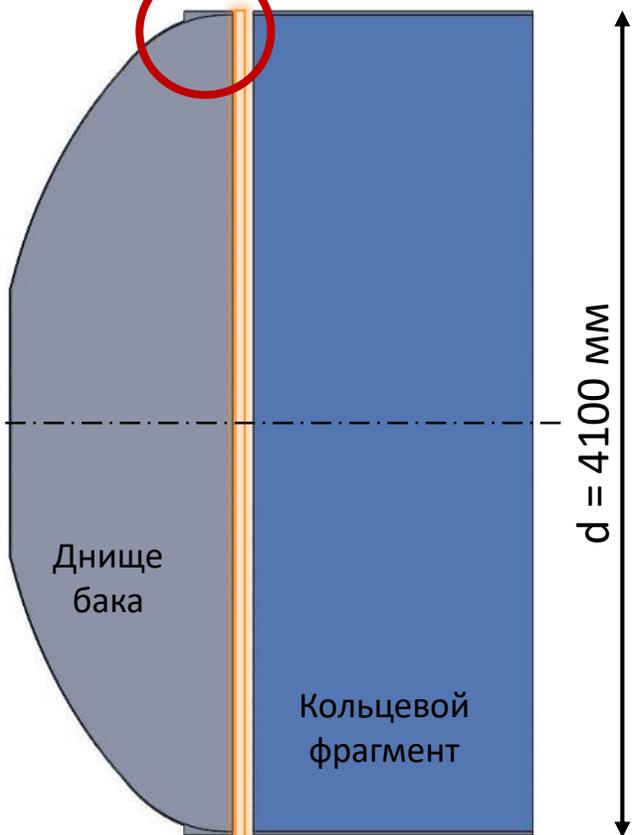


Удаляемый материал

Аддитивная технология:



Добавляемый материал

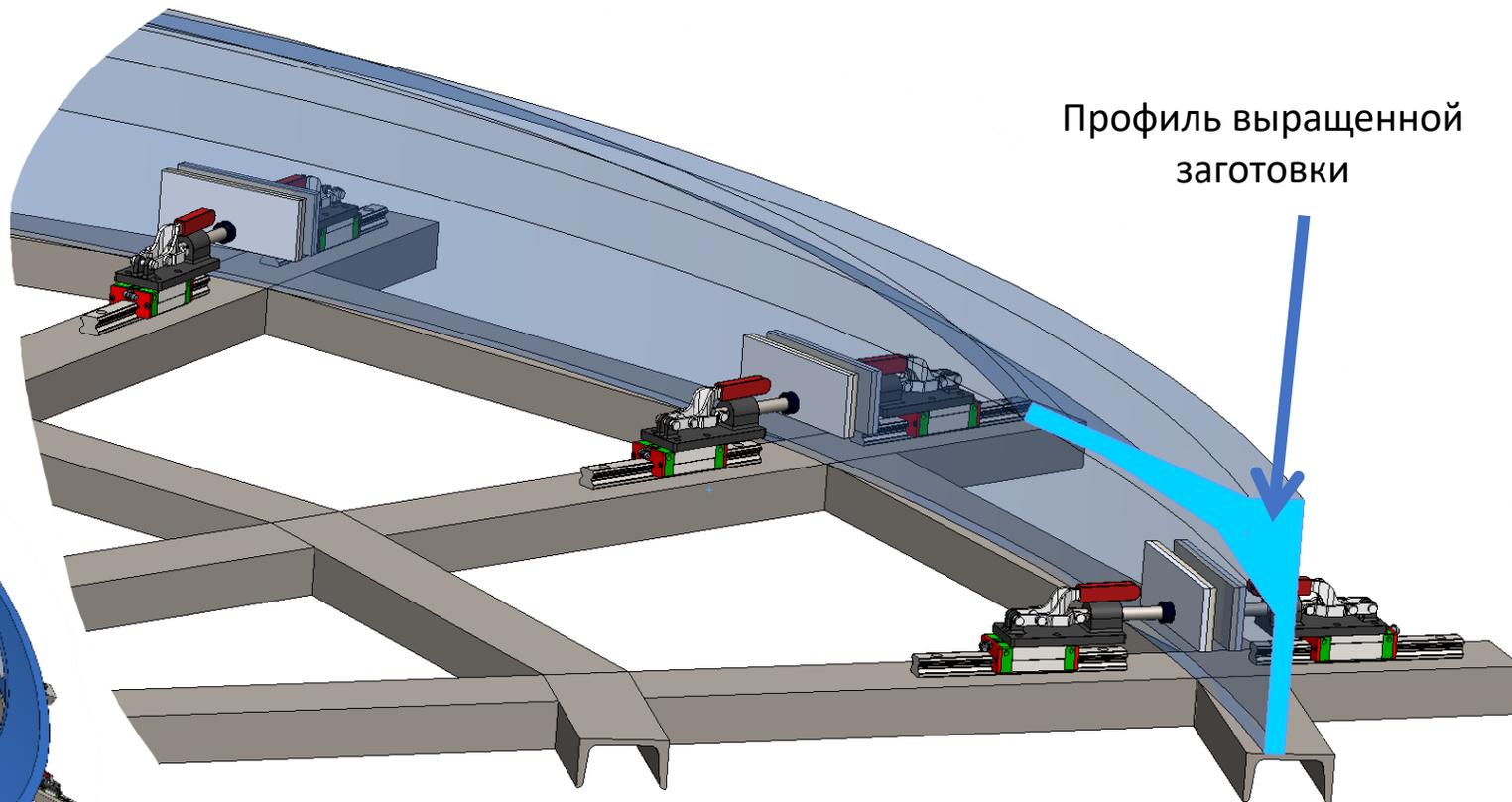
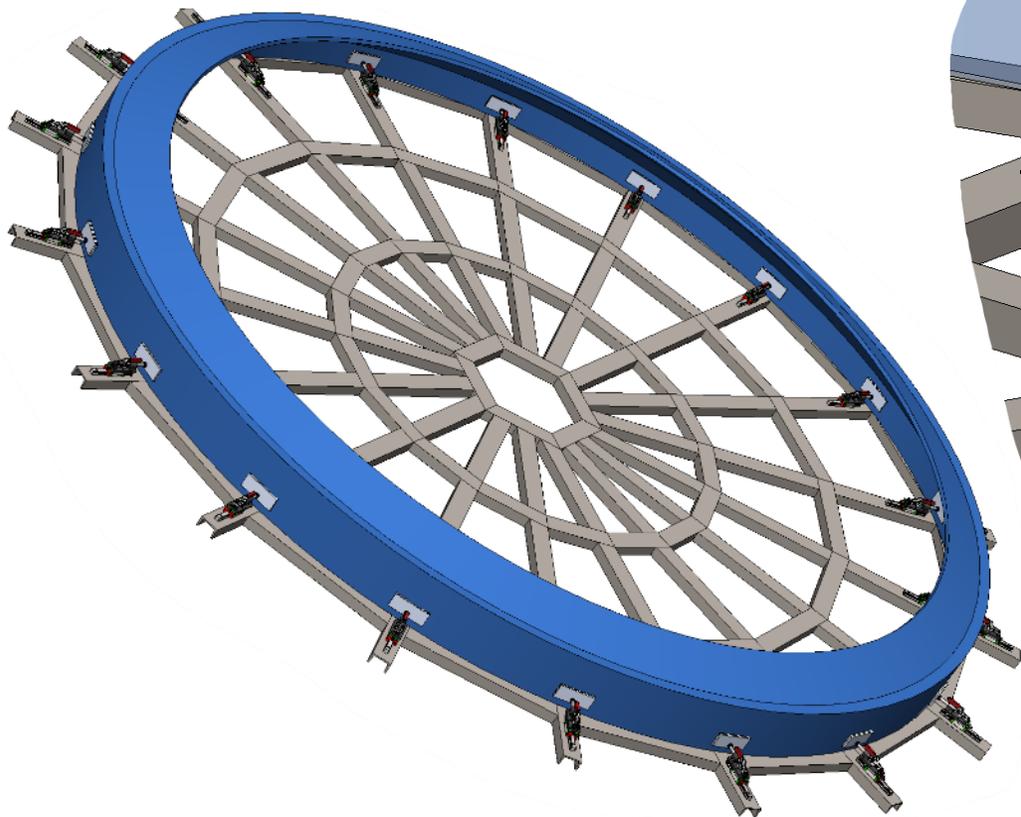


- Масса заготовки **2 575 кг**
- Масса отходов фрезеровки **2 246 кг**
- Коэф. использования материала **12.7 %**
- Требуется специальный дорогостоящий обрабатывающий станок

- Масса заготовки **354 кг**
- Масса отходов фрезеровки **25 кг**
- Коэф. использования материала **93 %**
- Используются стандартные промышленные роботы

Пример технологии – изготовление переходного кольца днища бака РН

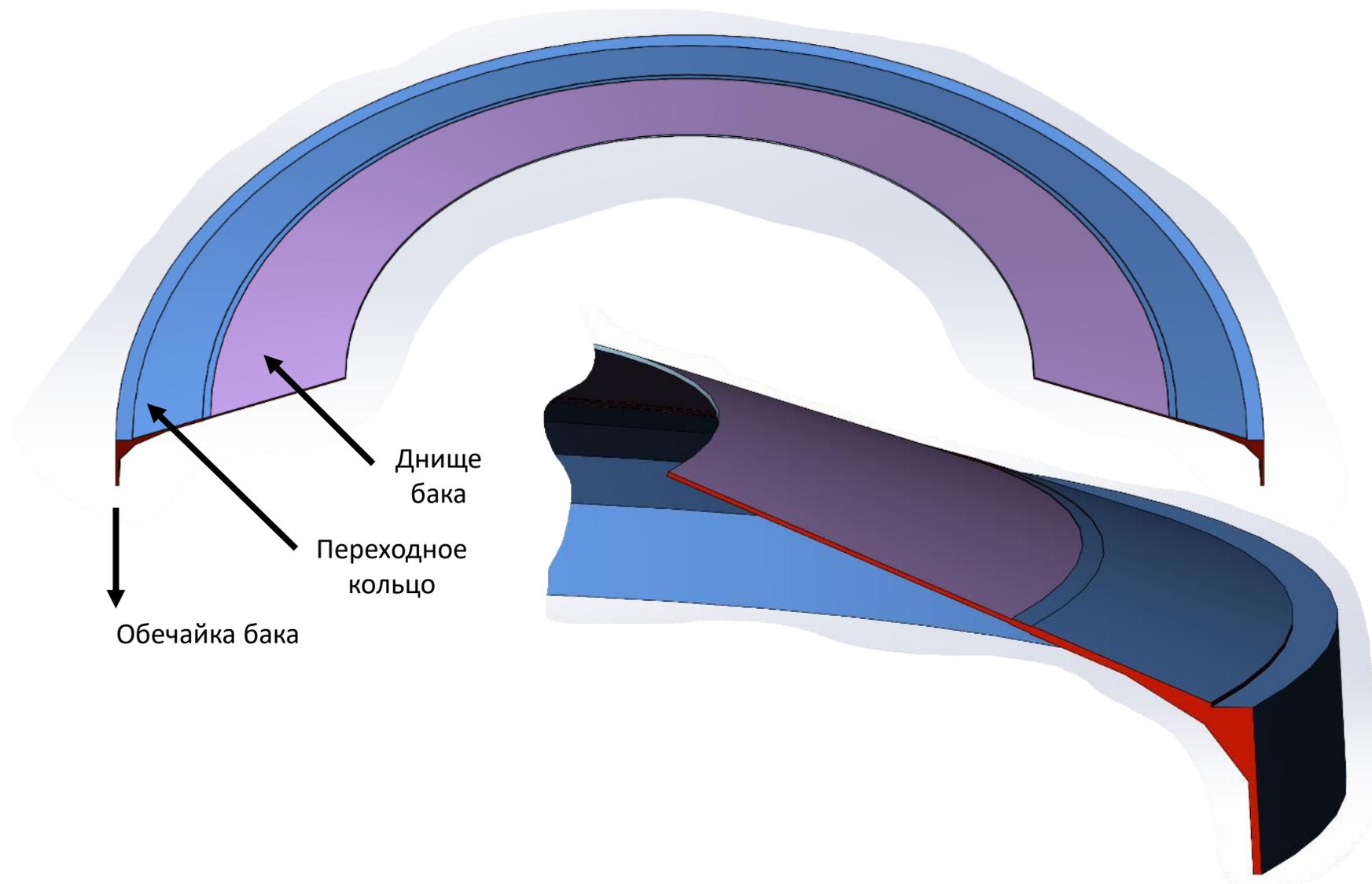
Концепт оснастки для изготовления полноразмерных переходных колец



- Универсальная оснастка для колец диаметром 1.5 – 4 м.
- Точная подстройка под заданный диаметр с учетом биений заготовки
- Простота сборки, переустановки и транспортировки
- Выращивание за одну установку, финальная обработка за две установки

Пример технологии – агрегирование днища и переходного кольца

- Выращивание агрегированного узла на одном стенде
- Плавное изменение толщины от переходного кольца к днищу
- Возможно нанесение подкрепляющего фона на выращенные поверхности (ребра жесткости, либо вафельный фон)



Пример технологии – изготовление переходного кольца модельной обечайки



Диаметр обечайки	1,5 м
Масса заготовки	10 кг
Масса наплавленной проволоки	7,6 кг
Масса обработанного изделия	7 кг
Время выращивания	3 ч
Время финишной обработки	1,5 ч

Технология будет использована при производстве РН легкого класса в рамках космической программы S7.

Заключение

Использование систем стандартных промышленных роботов позволяет:

1. Производить детали любых габаритов
2. Производить детали практически любой формы
3. Практически полностью исключить время на переналадку оборудования при переходе на новое изделие
4. Использовать единый набор оборудования при изготовлении совершенно разных изделий

Использование разработанной аддитивной технологии позволяет:

1. Значительно повысить массовую эффективность производства
2. Значительно повысить производительность производства
3. Получать изделия стабильно высокого качества
4. Сократить время запуска продукции в производство

Применение созданной в Центре разработок S7 технологической системы аддитивного производства значительно снижает себестоимость продукции и стартовые капитальные вложения в оборудование.



**Центр
разработок**

www.s7rd.ru