



пермский
политех



Название мероприятия

Гибридное аддитивное производство
деталей аэрокосмической отрасли

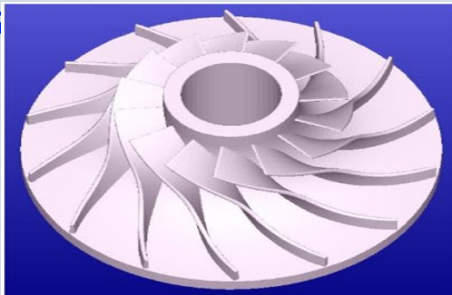
Трушников Дмитрий Николаевич, директор
департамента науки и инноваций ПНИПУ,
Пермский национальный исследовательский
университет

XV Международная выставка вертолетной индустрии HeliRussia
19-21 мая, МВЦ «Крокус Экспо»



Технология гибридного изготовления изделий объединяет лучшие характеристики аддитивного формирования заготовки и последующего механического удаления

М:



Проблемы изготовления крупногабаритных деталей

Традиционные технологии:

Большая стоимость - 1 млн евро

Низкий коэффициент использования
материала - **1...10%**

Большой срок изготовления – **1** год



Предлагаемая технология

Гибридные аддитивные технологии:

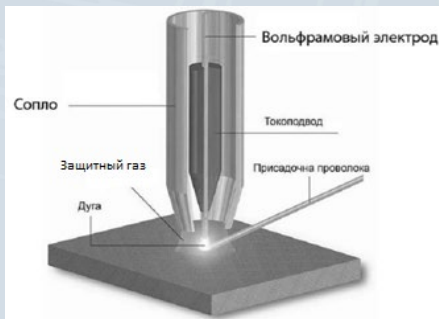
Снижение стоимости – **до 50%**

Повышение коэффициента
использования материала – **в три и
более раз**

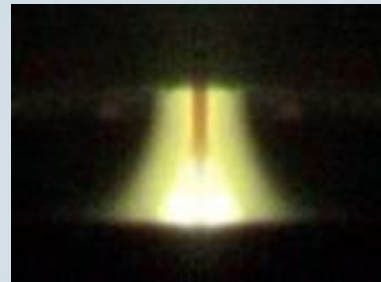
Снижение сроков изготовления на **30%
и более процентов**



Плазменная наплавка



Плазма + МИГ



Наплавка CMT



Электронно-лучевая наплавка



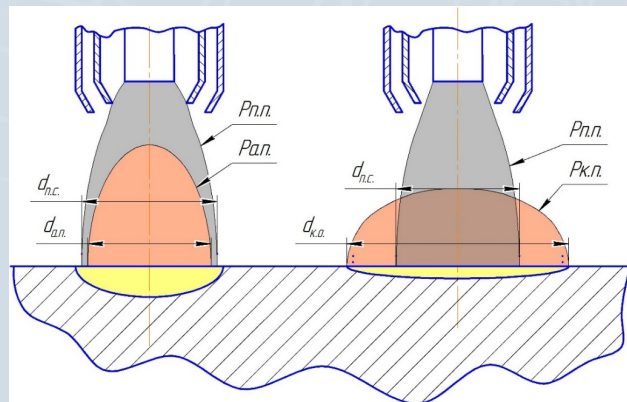
Гибридное аддитивное производство деталей аэрокосмической отрасли



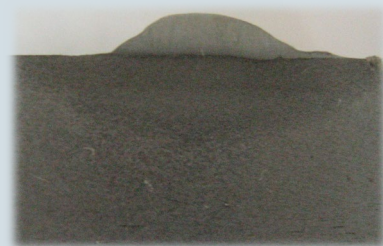
пермский
политех.



Высокая
производительность



Макрошлиф наплавленного
валика на токе прямой



Макрошлиф
наплавленного
валика на токе

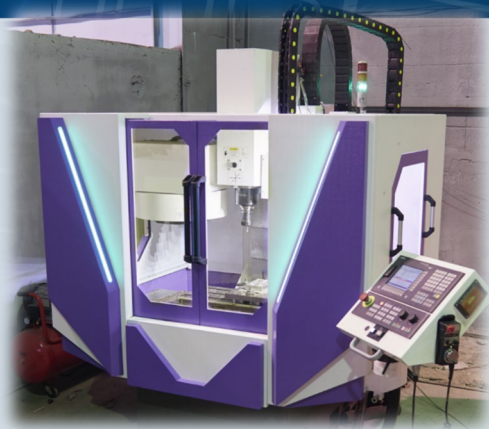
- Уникальные плазмотроны для работы на обратной полярности тока
- Катодная очистка зоны наплавки
- Возможность послойной деформационной обработки
- Возможность механической обработки в составе наплавочного комплекса
- Высочайшие свойства наплавленного материала

Алюминиевые, магниевые
сплавы, стали, бронзы,
титановые сплавы

Гибридное аддитивное производство деталей аэрокосмической отрасли



пермский
политех



Количество и тип осей	3 оси (линейные)
Стол	600 × 300 мм
Максимальная нагрузка на стол	100 кг
Рабочая зона X / Y / Z	Аддитивная направка и послойная проковка: 316 / 310 / 400 мм Аддитивная направка, послойная проковка и фрезеровка: 187 / 310 / 400 мм
X / Y / Z рабочая подача	10 м / мин
Частота вращения шпинделя	10000 об/мин
Емкость инструментального магазина	8 инструментов



- ПРОВОЛОЧНАЯ АДДИТИВНАЯ НАПЛАВКА
- ПОСЛОЙНОЕ ДЕФОРМАЦИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ
- ФРЕЗЕРНАЯ ПОСТОБРАБОТКА



Презентация установки на выставке

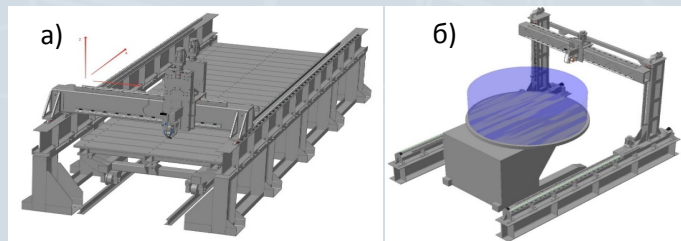
«Металлообработка 2019»

XV Международная выставка вертолетной индустрии Helirussia

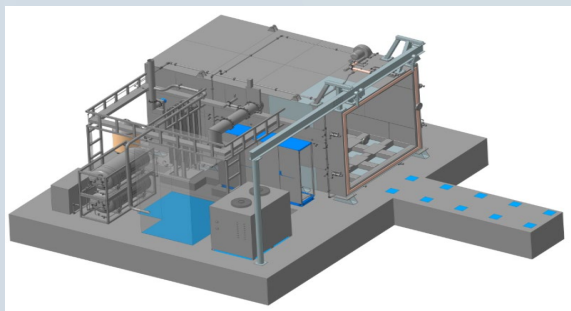
Гибридное аддитивное производство деталей аэрокосмической отрасли



пермский
политех



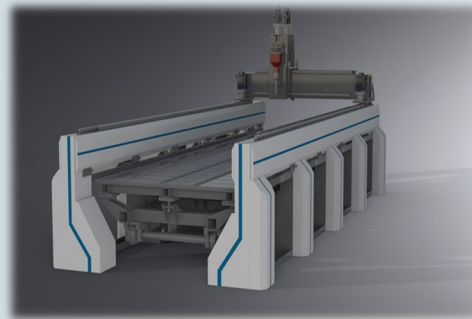
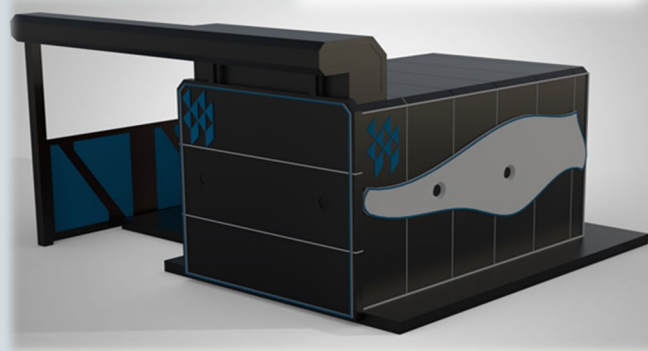
База силовая для 3D печати заготовок:
а) с выкатным столом б) со поворотным столом



Компоновка оборудования



ГИБРИДНОЕ
АДДИТИВНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО



Гибридное аддитивное производство деталей аэрокосмической отрасли



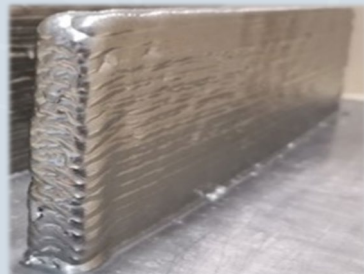
пермский
политех



ГИБРИДНОЕ
АДДИТИВНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО



РОСАТОМ



Фотографии стенки, наплавленной для изготовления образцов
дополнительных испытаний

Фотография частично обработанного макета изделия
«сотовая панель» (Материал – ВТ6ч)

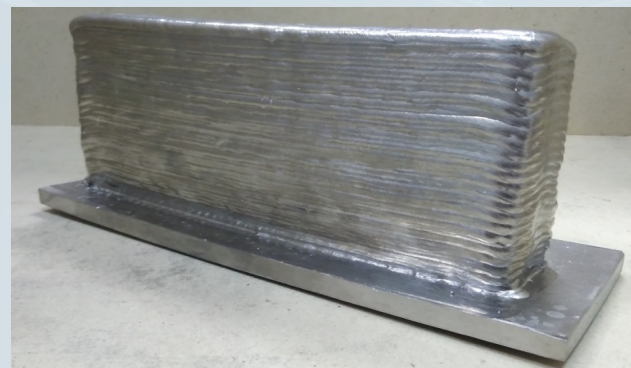
Гибридное аддитивное производство деталей аэрокосмической отрасли



пермский
политех



Вид испытания, чертеж	Расположение рабочей части образца	Количество образцов
$\sigma_B, \sigma_{0,2}, \sigma_{пц}, \delta_5, E,$ (диаграмма $\sigma - \epsilon$)	Горизонтальный (XY)	5
	Вертикальный (Z)	5
	Под 45° к вертикали (Z45)	5
$\sigma_{0,2}^{сж}, \sigma_{пц}^{сж}, E^{сж},$ (диаграмма $\sigma - \epsilon$)	Горизонтальный (XY)	5
	Вертикальный (Z)	5
	Под 45° к вертикали (Z45)	5
$\tau_{ср}$	Горизонтальный (XY)	5
	Вертикальный (Z)	5
	Под 45° к вертикали (Z45)	5
K_c^y СРТУ	Горизонтальный (XY)	3
	Вертикальный (Z)	3
МЦУ (ПО ($K_t=2,6$))	Горизонтальный (XY)	15
МЦУ (ПР ($K_t=3,2$))	Горизонтальный (XY)	15
$K_{1с}$	Горизонтальный (XY)	3
	Вертикальный (Z)	3
	Под 45° к вертикали (Z45)	3

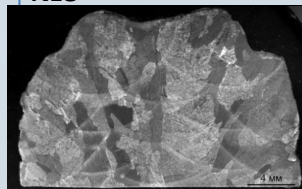


Фотография частично обработанного макета изделия
«сотовая панель» (Материал – ВТ6ч)

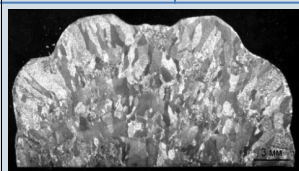


Сплав ВТ6. Наилучшие полученные свойства

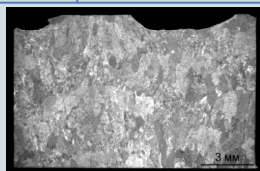
	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное сужение ψ , %	Относительное удлинение δ , %
Вертикальные				
№2	1010	920	21	11
№3	1000	910	25	15
№4	1000	930	19	12
Горизонтальные				
№1	1000	900	29	13
№2	1000	920	25	13
№3	980	870	25	14
№4	1000	930	29	13
№5	1000	920	33	14



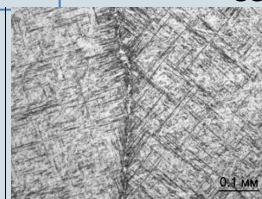
а)



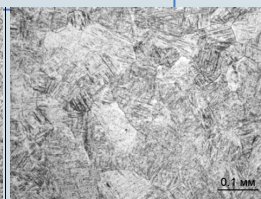
б)



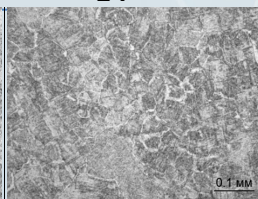
в)



г)

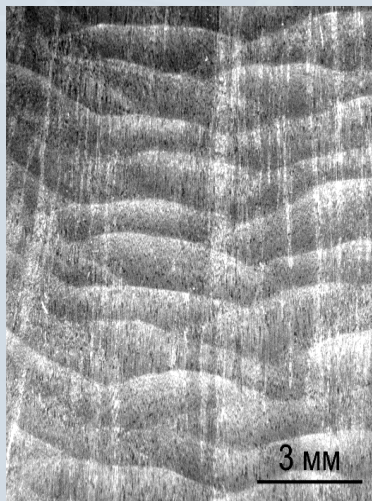


д)

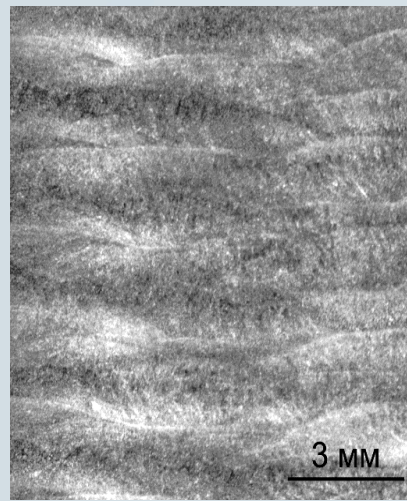
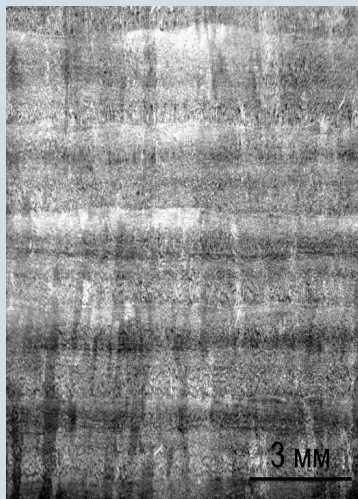


е)

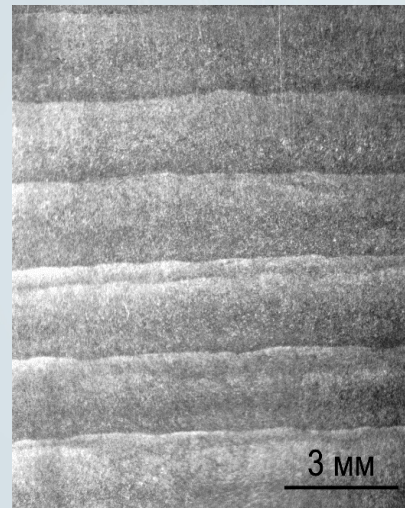
Печать заготовок из нержавеющей хромоникелевых сталей наплавкой проволоки



Без проковки



С проковкой



Гибридное аддитивное производство деталей аэрокосмической отрасли

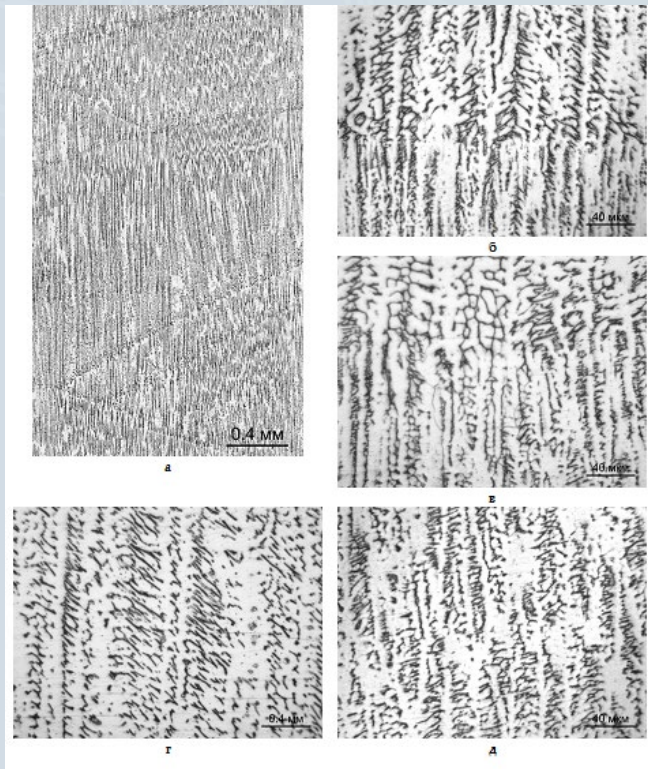


пермский
политех

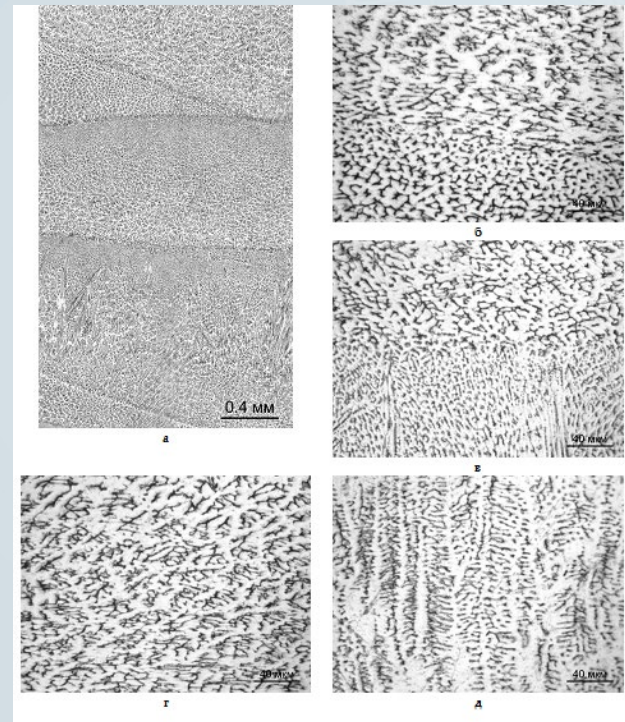


Печать заготовок из нержавеющей хромоникелевых сталей наплавкой проволоки

Без
проковки

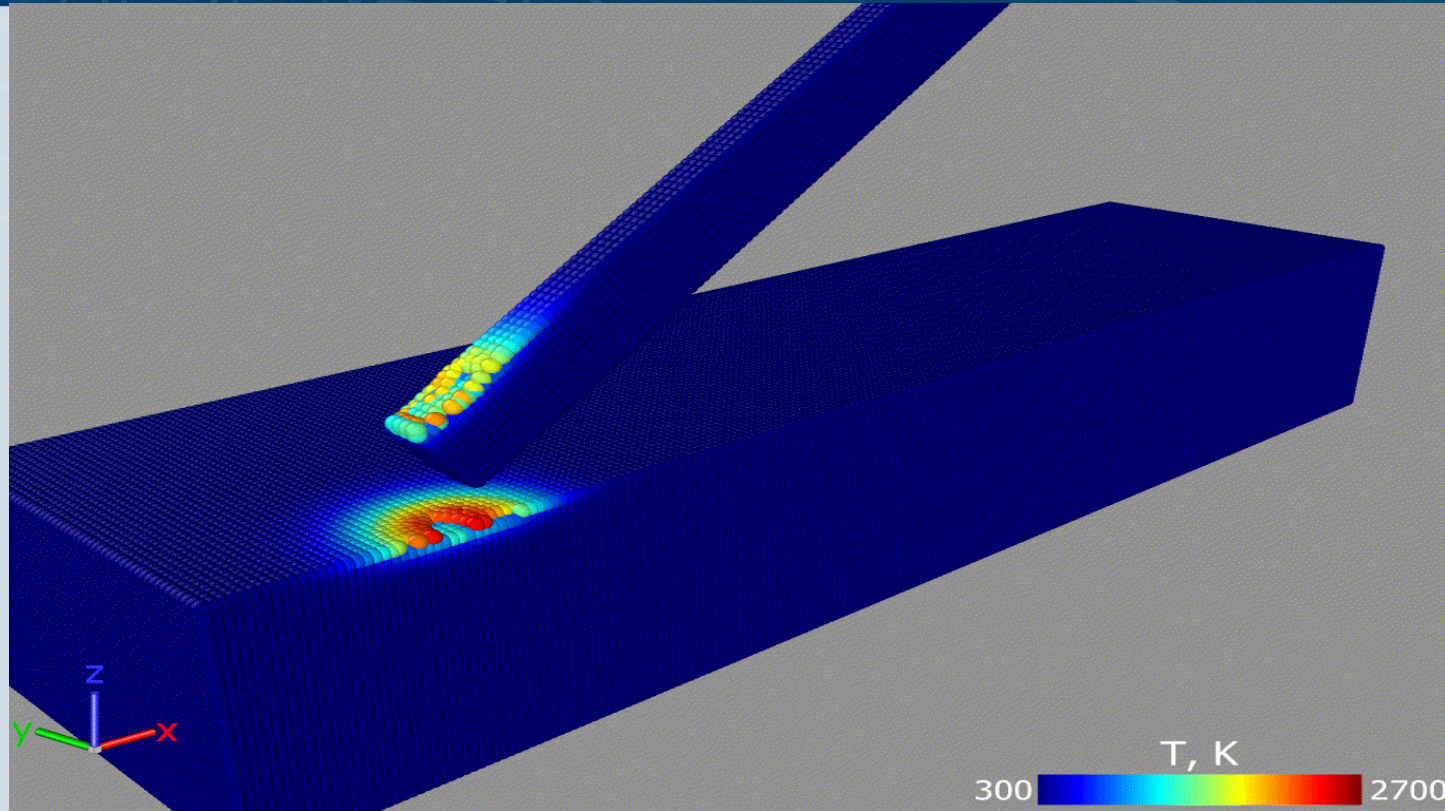


С проковкой





	Ориентация	Предел прочности [МПа]	Предел текучес- ти [МПа]	Удлинение, δ [%]	Сужение area, ψ [%]
Плазма-MIG	Z	555 ± 7	295 ± 5	34 ± 3	72 ± 10
Плазма-MIG	X	560 ± 10	300 ± 10	50 ± 5	60 ± 5
Плазма-MIG с проковкой	Z	710 ± 20	550 ± 30	30 ± 6	50 ± 2
Плазма-MIG с проковкой	X	740 ± 20	570 ± 30	36 ± 1	56 ± 6
308LSi ISO 14343-2017	-	570	400	36	-



Гибридное аддитивное производство деталей аэрокосмической отрасли



пермский
политех



МАТЕРИАЛ - 30ХГСА (20Х13, 30Х13 и др)

СНИЖЕНИЕ ВРЕМЕНИ ~ В 5 РАЗ

СНИЖЕНИЕ ЗАГРУЖЕННОСТИ И ИЗНОСА
ОБОРУДОВАНИЯ

ЭКОНОМИЯ НА ИНСТРУМЕНТАХ И
РАСХОДНИКАХ

СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ НА УТИЛИЗАЦИЮ ОТХОДОВ
ПРОИЗВОДСТВА.

СНИЖЕНИЕ ЗАГРУЖЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА.

ВОЗМОЖНОСТЬ СНИЖЕНИЯ МАССЫ

СНИЖЕНИЕ ВРЕМЕНИ НА РАЗРАБОТКУ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ЗА

Гибридное аддитивное производство деталей аэрокосмической отрасли



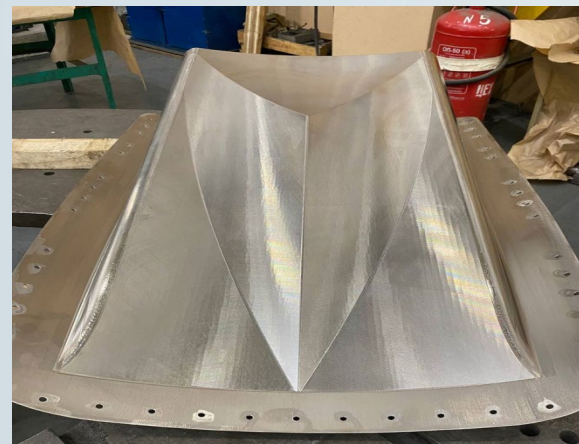
пермский
политех



МАТЕРИАЛ - 12X18H10T

СНИЖЕНИЕ ВРЕМЕНИ ~ ДО 13Ч

МАССА ~ 13 КГ



Гибридное аддитивное производство деталей аэрокосмической отрасли



пермский
политех



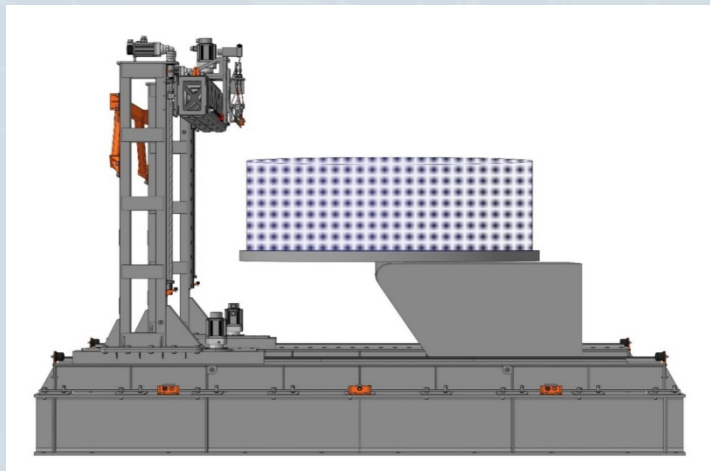
МАТЕРИАЛ - 03X12H9M2C (ЭП659А).

СНИЖЕНИЕ ВРЕМЕНИ ~ НА 70%

СНИЖЕНИЕ СТОИМОСТИ ~ НА 25%

Показатель	Значение
Предел прочности σ_B , МПа	≥ 1200 МПа
Предел $\sigma_{0,2}$, МПа	≥ 910 МПа
Относительное удлинение, %	12
Ударная вязкость, КСУ, Дж/см ²	≥ 1100





Пяти осевой аддитивный обрабатывающий центр (диаметр рабочей области до 1 метра)

Гибридное аддитивное производство деталей аэрокосмической отрасли



пермский
политех



Оборудование портального типа
позволяет выполнять трехмерную
наплавку заготовок деталей
сложной пространственной формы.

Станок выполнен в формате моноблока
размером 2200x1200x2100 мм.
Размер области построения 800x600x600.

Установка содержит
сканирующую головку
для проверки геометрии в процессе печати.

Собственная электроника, ПО
и интуитивно понятный интерфейс
с автокалибровкой делают процесс
печати простым и быстрым.

Прецизионные направляющие и ШВП
гарантируют высокую точность
перемещения и повторяемость изделий.

В базовой комплектации обрабатывающий
центр оснащён наплавочной системой
использованием дуговой наплавки.

При наплавке применяются
собственные способы и режимы наплавки,
в том числе не имеющие аналогов.

ОСНОВНЫЕ НАПЛАВЛЯЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ



Конструкционные стали



Коррозионностойкие стали и сплавы



Жаропрочные стали и сплавы



Алюминиевые сплавы

Гибридное аддитивное производство деталей аэрокосмической отрасли



пермский
политех



ГИБРИДНОЕ
АДДИТИВНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО



пермский
политех

Спасибо за внимание!

Трушников Дмитрий Николаевич

+7 (919) 478-50-31

trdimitr@yandex.ru

