



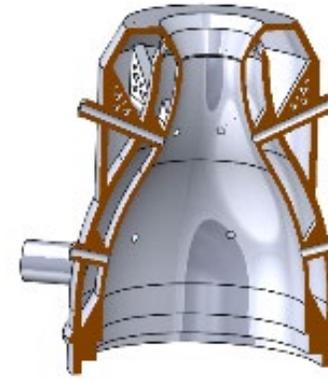
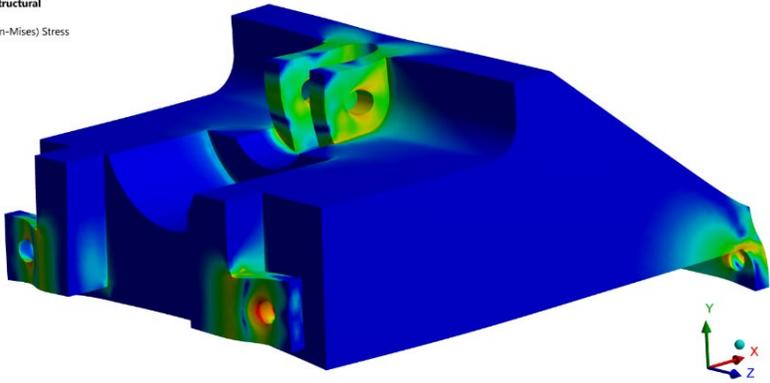
Эксплуатационно-технические характеристики лопаток компрессоров с противообледенительной системой из стали 03Х17Н14М3 полученных по технологии селективного лазерного плавления

Докладчик: ст. преподаватель, аспирант кафедры
«Технология производства двигателей
летательных аппаратов» МАИ (НИУ)
Селиверстов Сергей Дмитриевич

Использование аддитивных технологий в двигателестроении

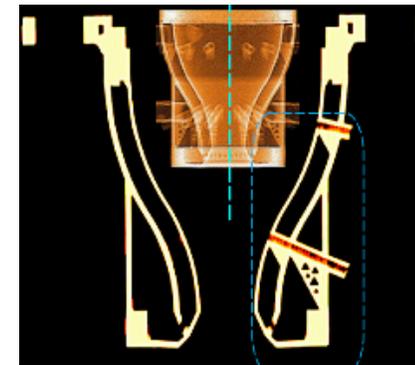
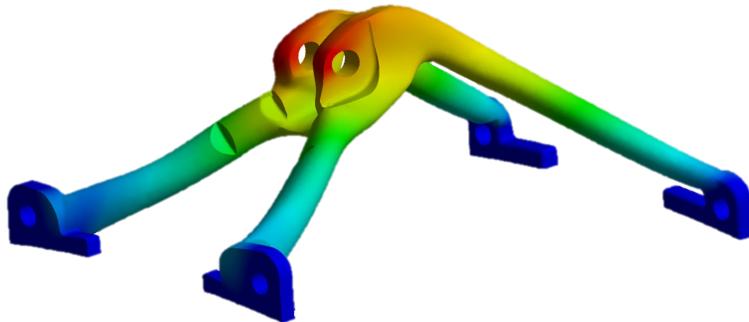
G: Copy of Static Structural
Figure
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
25.12.2018 14:24

193,3 Max
60,925
33,536
23,466
23,466
10,72
8,5508
6,3814
4,2119
0,001575 Min



A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
08.01.2019 10:17

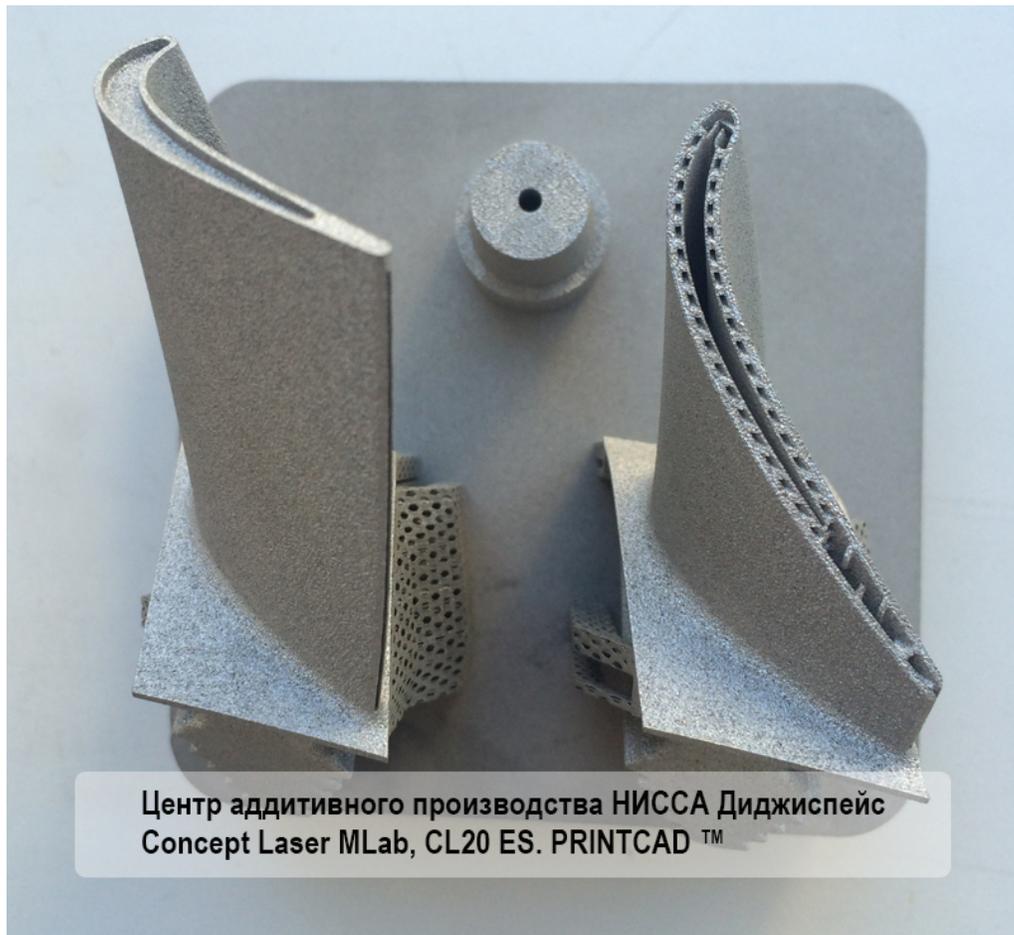
0,037473 Max
0,033309
0,029146
0,024982
0,020818
0,016655
0,012491
0,0083274
0,0041637
0 Min



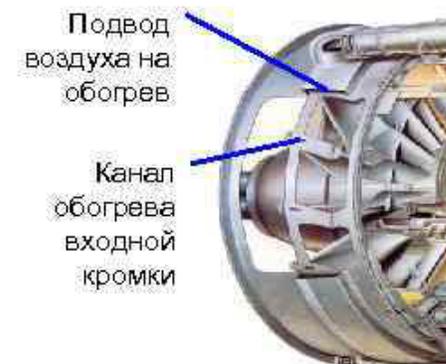
Топологическая оптимизация кронштейна, МАИ (НИУ)

Камера сгорания ЖРД, МАИ (НИУ)

Использование аддитивных технологий в двигателестроении



Противообледенительная система





Цель и задачи исследования

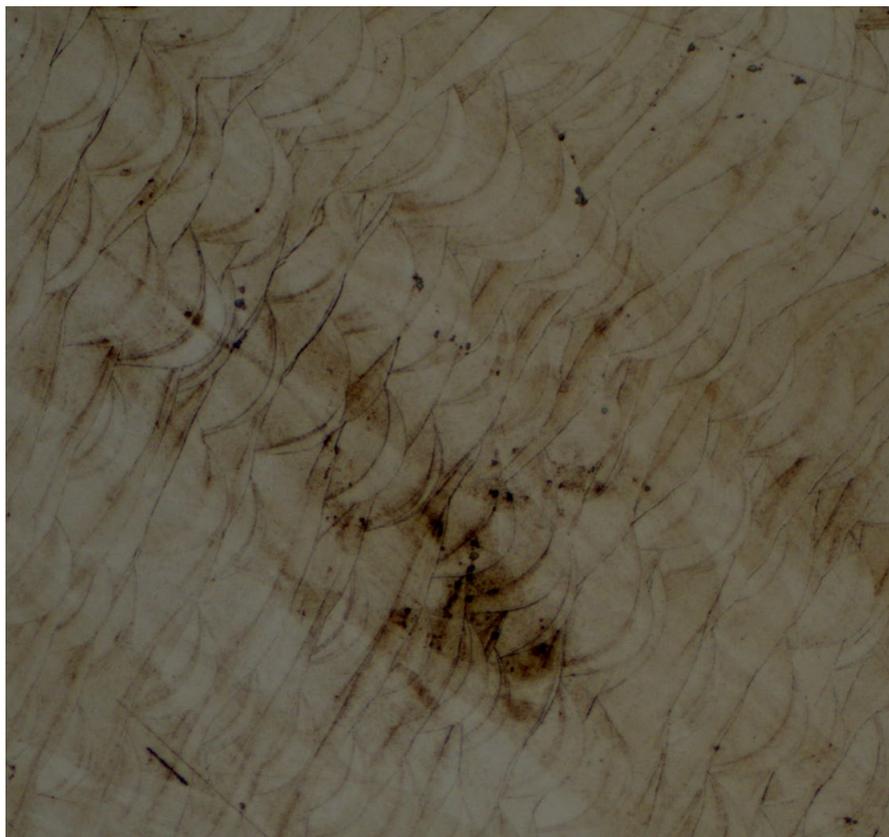
Цель исследования: снижение расхода воздуха на подогрев лопатки с ПОС и увеличение общего КПД двигателя.

Задачи исследования:

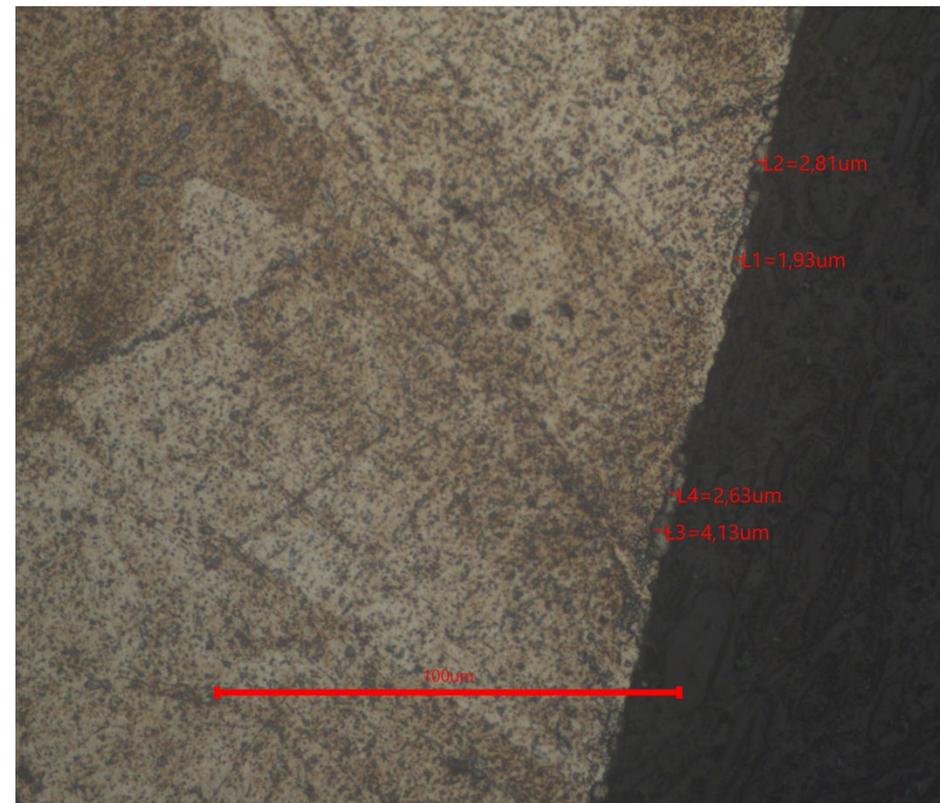
- определение эксплуатационно-технических характеристик получаемых изделий из стали 03X17H14M3 в зависимости от угла установки: износостойкость, коррозионная стойкость, эрозионная стойкость, усталостная прочность, теплопроводность;
- разработка методики проектирования полых деталей ГТД для изготовления методом СЛС;
- оптимизация конструкции лопатки с ПОС для изготовления методом СЛС.



Микроструктура и химический состав



Продольное сечение, x100



Продольное сечение, x500

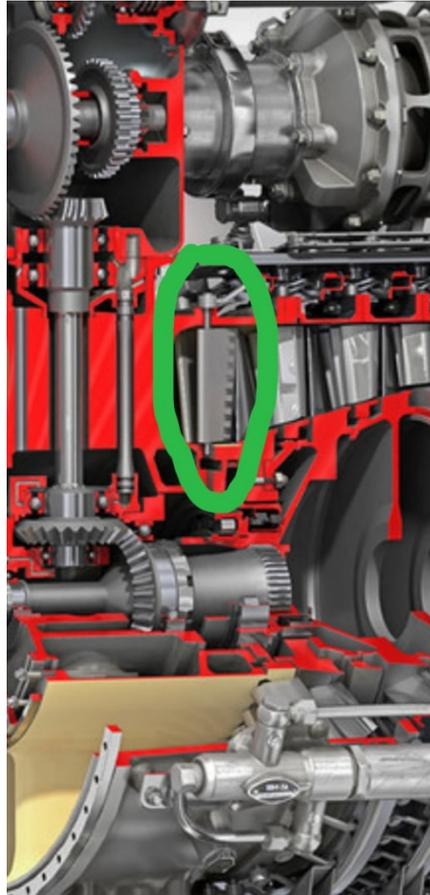


Микроструктура и химический состав

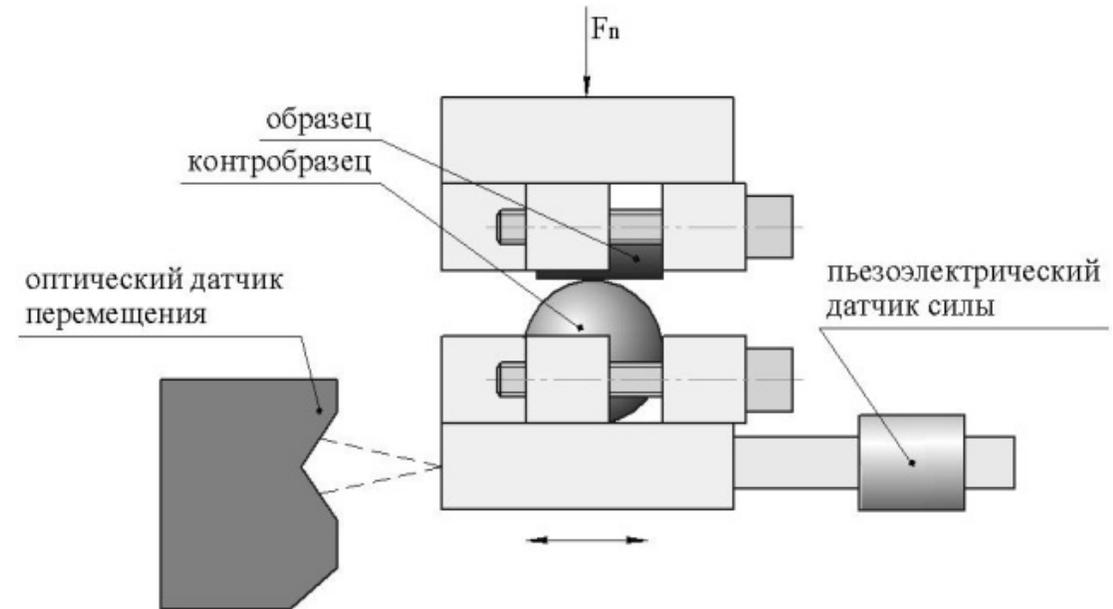
Название спектра	Si	Cr	Mn	Fe	Ni	Mo	c
Спектр 1	0.65	18.65	0.95	64.88	12.52	2.35	-
Спектр 2	0.58	18.56	0.95	65.16	12.39	2.36	-
ГОСТ 5632-72	До 0.4	16-18	1-2	Осн.	13-15	2.5-3.1	До 0.03

- В структуре исследованного материала вследствие направленного теплового потока от ванны расплава возникает ориентированная столбчатая ячеистая структура, состоящая преимущественно из вытянутых зерен, кристаллизующихся с высокой скоростью.
- Структура материала образцов соответствует структуре закаленной стали (мартенсит + остаточный аустенит).
- Из-за наличия термических напряжений и направленной структуры в материале возникает анизотропия свойств, что имеет большое значение для прочностных характеристик.

Износ трением



Расположение лопатки с ПОС в двигателе



Контакт образцов в машине трения



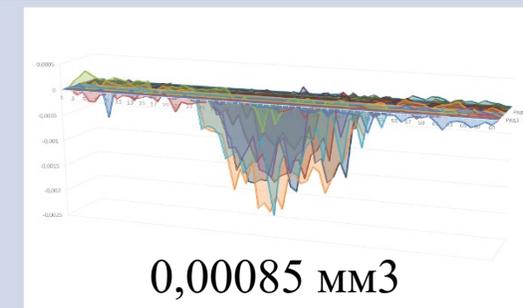
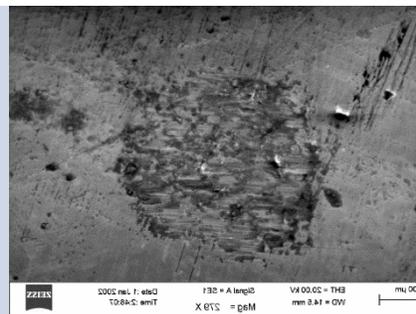
Износ трением

Образец

Изображение пятна износа

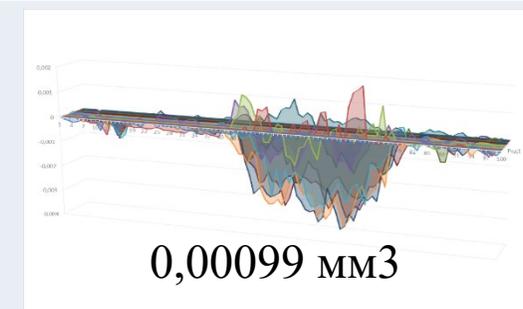
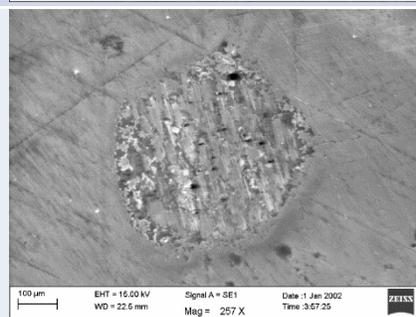
Величина объемного износа

Образец по традиционной технологии



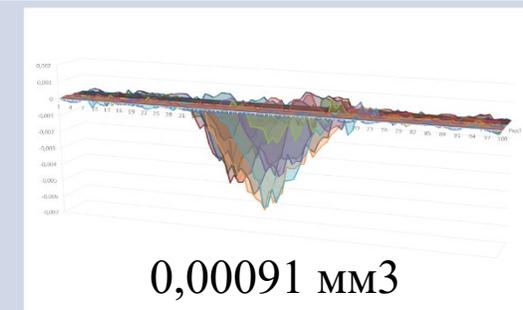
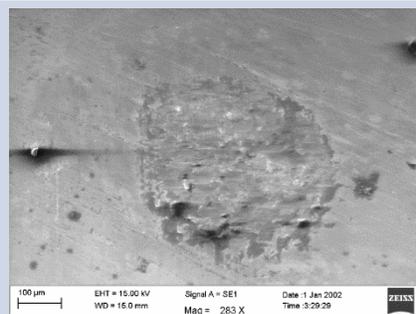
0,00085 mm³

Образец по технологии СЛС, 0°



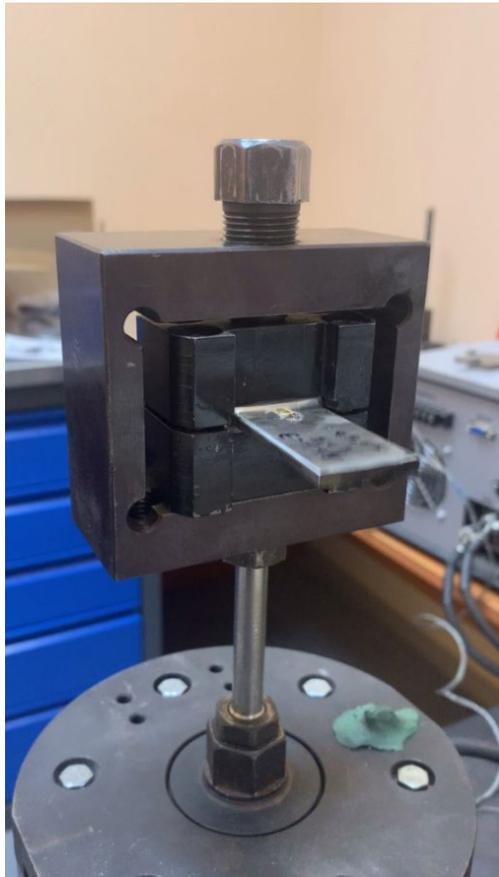
0,00099 mm³

Образец по технологии СЛС, 90°



0,00091 mm³

Усталостные испытания



Образец во время испытаний

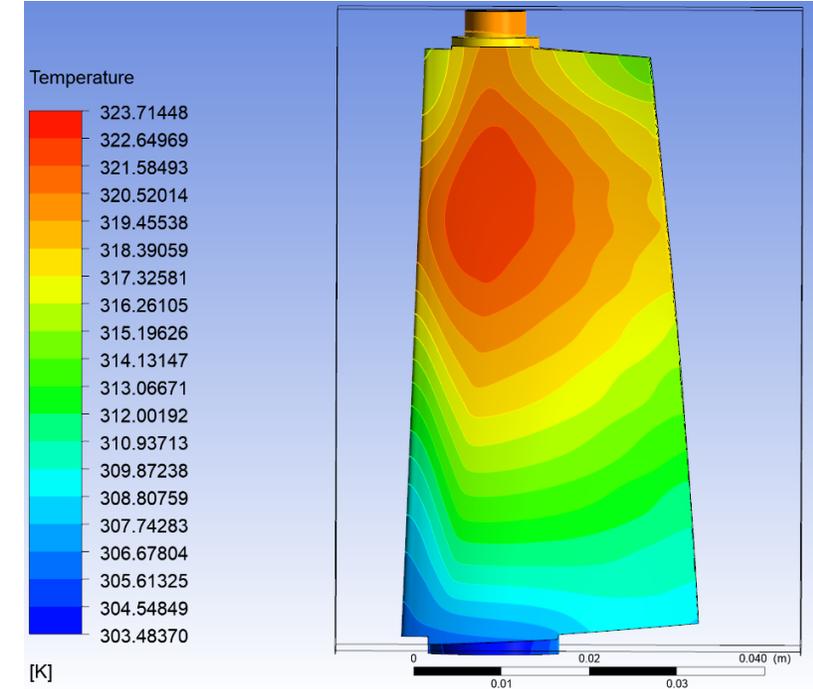
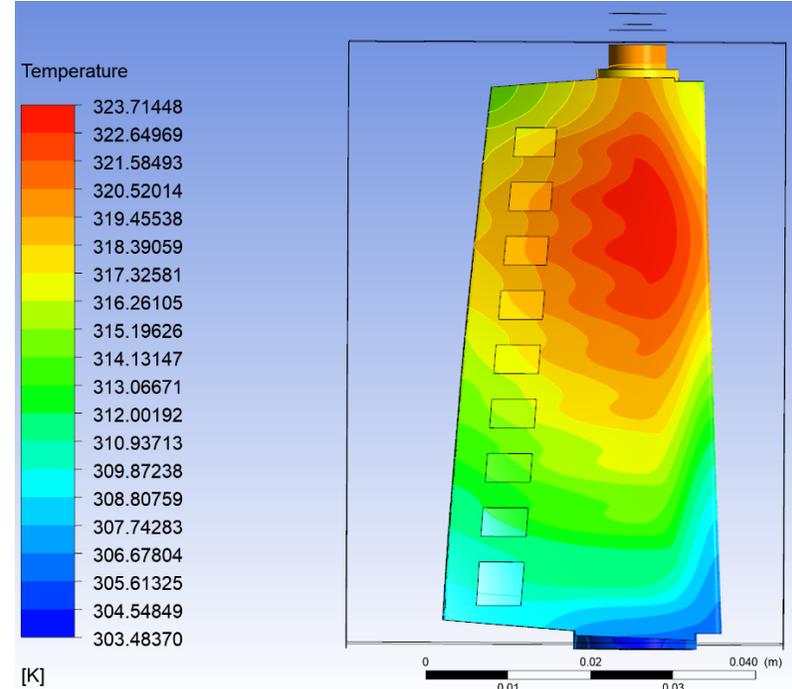
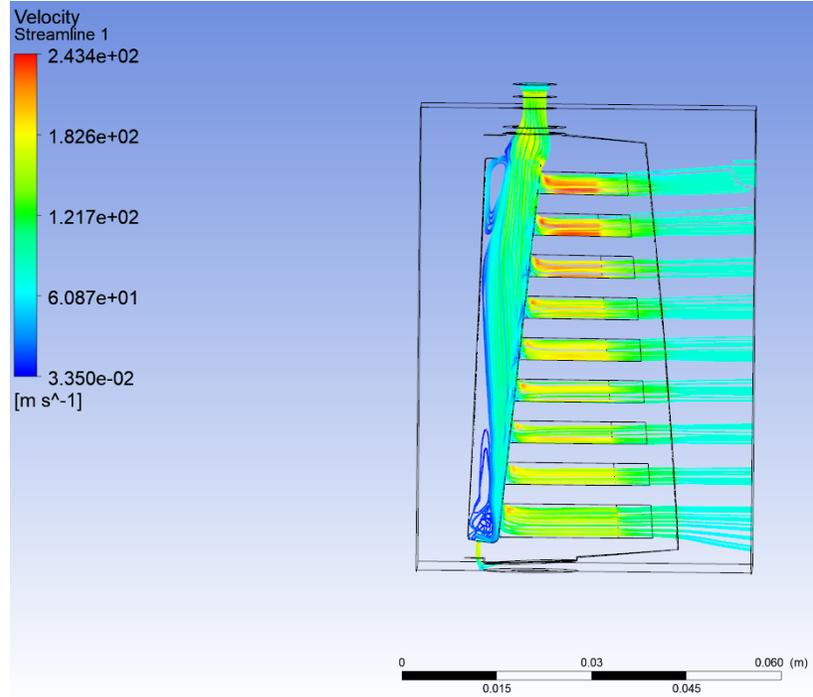
№ _{пл.}	σ [кгс/мм ²]	2A [мм]	f [Гц]	$t_{нар}$ $\frac{ч}{м}$	N·10 ⁶ циклов	Результат
1	34	1,21	1241	0 ¹⁰	0,7452	Разруш.
2	30	1,06	1250	0 ¹⁷	0,75	Разруш.
3	34	1,20	1237	4 ²⁷	20,0	Прошла
	38	1,35	1234	1 ²⁵	6,375	Разруш.
4	34	1,21	1240	4 ²⁷	20,0	Прошла
	36	1,28	1239	4 ²⁷	20,0	Прошла
	38	1,35	1239	3 ⁵¹	17,325	Разруш.
5	36	1,27	1245	4 ²⁸	20,0	Прошла
	38	1,36	1243	4 ¹⁰	18,75	Разруш.
6	36	1,29	1231	4 ^{28/}	20,0	Прошла
	38	1,37	1229	4 ²⁸	20,0	Прошла
	40	1,44	1229	0 ¹⁵	1,125	Разруш.
7	38	1,36	1235	4 ²⁸	20,0	Прошла
	40	1,42	1235	1 ³⁴	7,05	Разруш.
8	38	1,35	1240	3 ⁴⁰	16,5	Разруш.
9	36	1,26	1239	4 ²⁸	20,0	Прошла
	38	1,36	1237	4 ²⁸	20,0	Прошла
	40	1,43	1237	3 ⁴⁵	16,875	Разруш.
10	38	1,36	1260	4 ²⁸	20,0	Прошла
	40	1,44	1258	2 ¹²	9,9	Разруш.

Результаты испытаний

Усталостная прочность образцов
после СЛС – **372 Н/мм²**

Усталостная прочность прокатного
материала – **260 Н/мм²**

Термогазодинамический расчет лопатки с ПОС

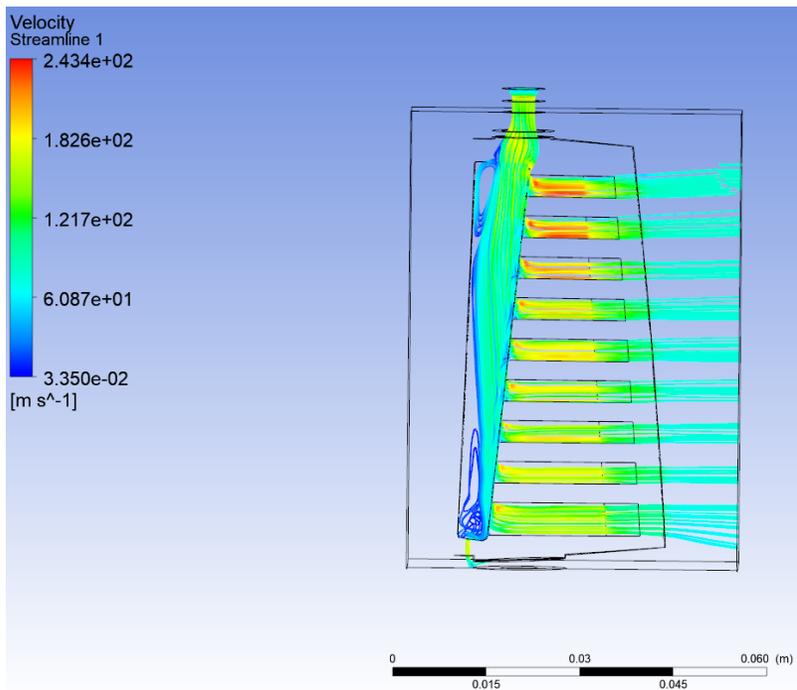


Течение потока внутри каналов лопатки

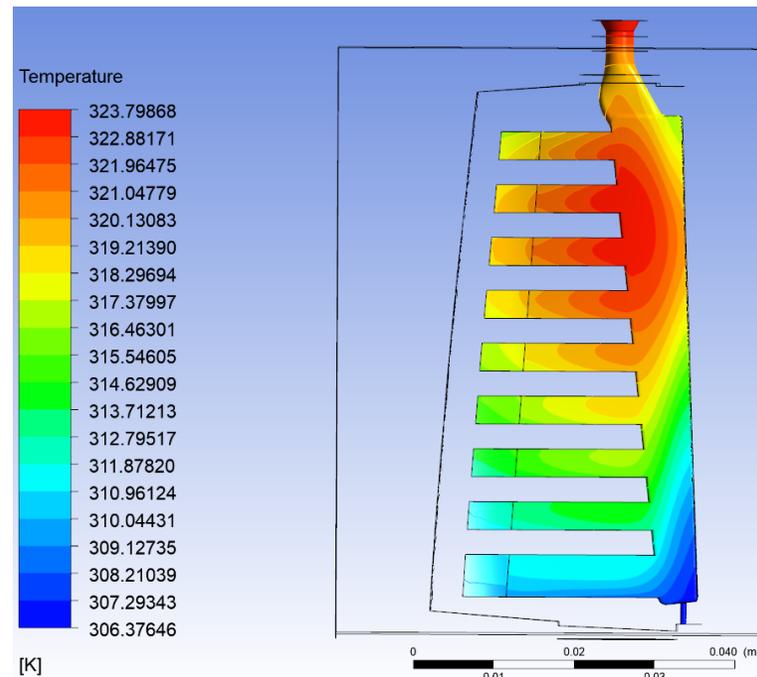
Распределение температур по
поверхности корытца лопатки

Распределение температур по
поверхности спинки лопатки

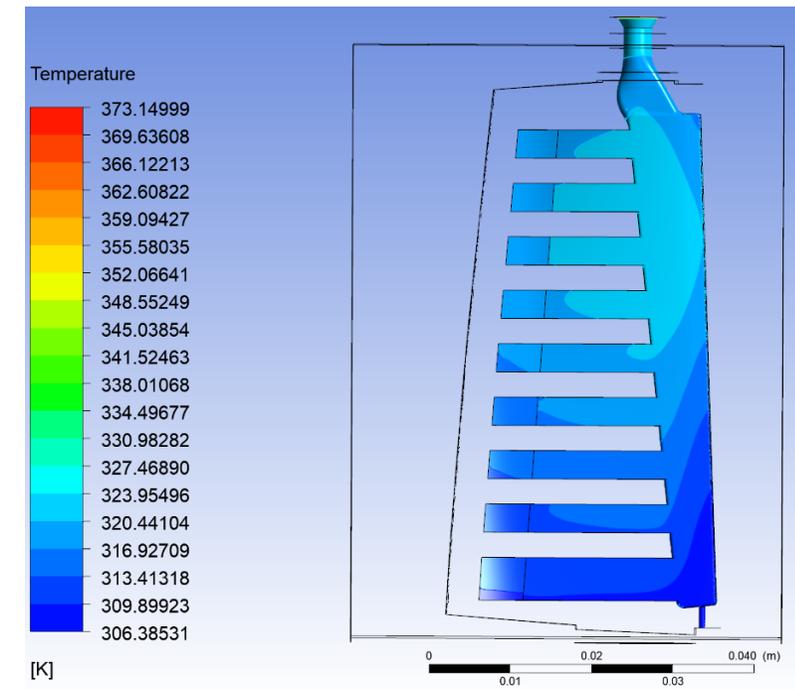
Термогазодинамический расчет лопатки с ПОС



Течение потока внутри каналов лопатки



Распределение температур
нагревающего воздуха



Распределение температур внутри
лопатки (по поверхности канала)

В области входа в полость лопатки, а также в районе нижнего выходного отверстия находятся **застойные зоны**, приводящие к локальному увеличению температуры. В целом охлаждение лопатки **не равномерное**.

Схема технологического процесса изготовления лопатки с ПОС





Выводы и дальнейшая работа

- ✓ Исследованы микроструктура и химический состав образцов после СЛС;
- ✓ Износостойкость образцов после СЛС аналогична прокатному материалу;
- ✓ Усталостная прочность образцов после СЛС на 43% выше, чем у прокатного материала, что требует дополнительного исследования;
- ✓ Проведен газодинамический расчет оригинальной конструкции;

- Проводится перепроектирование лопатки с учетом накладываемых ограничений по печати;
- Проводятся усталостные испытания для образцов из проката;
- Проводятся испытания на теплопроводность;
- Готовятся испытания на коррозионную и эрозионную стойкость.



Спасибо за внимание!

Докладчик: ст. преподаватель, аспирант кафедры
«Технология производства двигателей
летательных аппаратов» МАИ (НИУ)
Селиверстов Сергей Дмитриевич