



**ИНЖЕНЕРНО-  
КОНСАЛТИНГОВЫЙ  
ЦЕНТР**

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ АДДИТИВНЫМ  
МЕТОДОМ КРУПНОГАБАРИТНЫХ  
ИЗДЕЛИЙ СО СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ И  
КРИТИЧЕСКОЙ СТЕПЕНЬЮ ИЗНОСА**

**Изделия:** ножи турбосмесителя полимерного компаунда

**Условия :**

- Турбоножи с максимальным размером более 780 мм в диаметре;
- Сильный абразивный износ износостойкого покрытия и конструкции изделий;
- Критический износ вертикальных ножей рамной мешалки (дополнительная сложность при восстановлении изделия);
- Отсутствие конструкторской документации.

Рамная мешалка



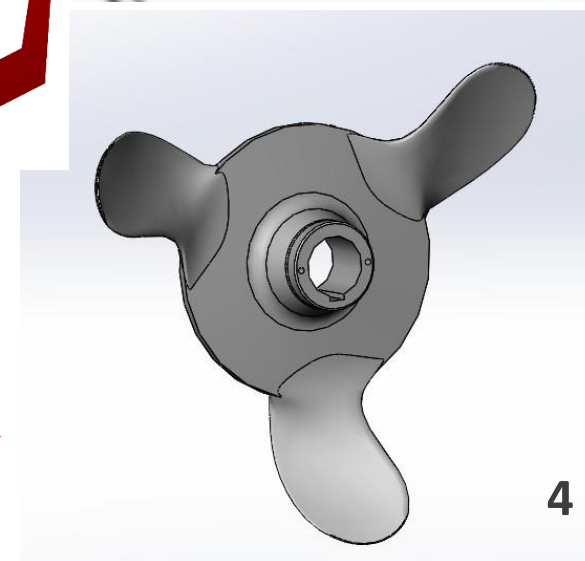
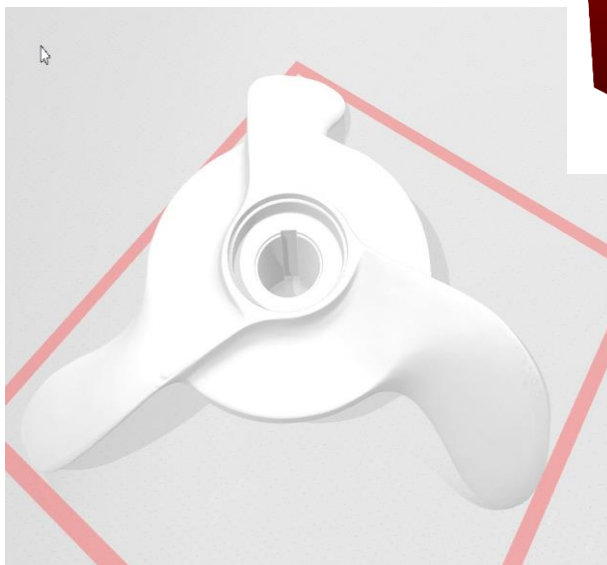
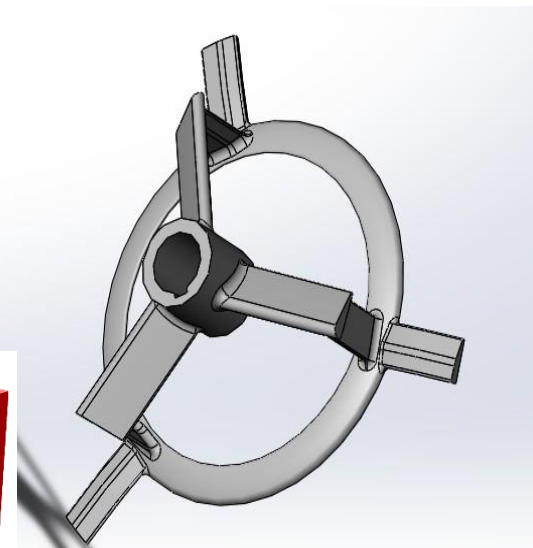
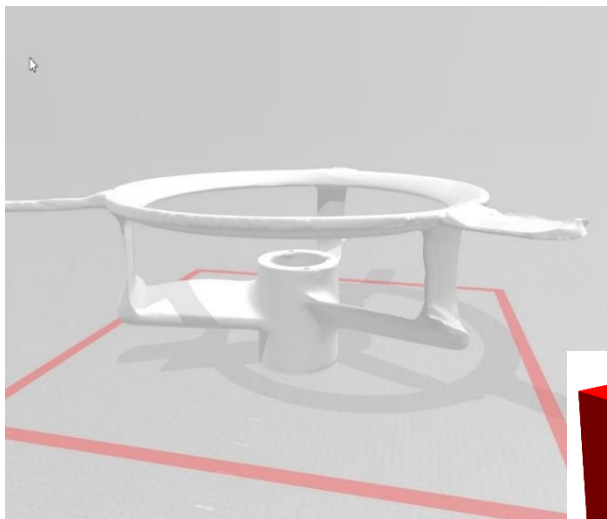
Пропеллерная мешалка



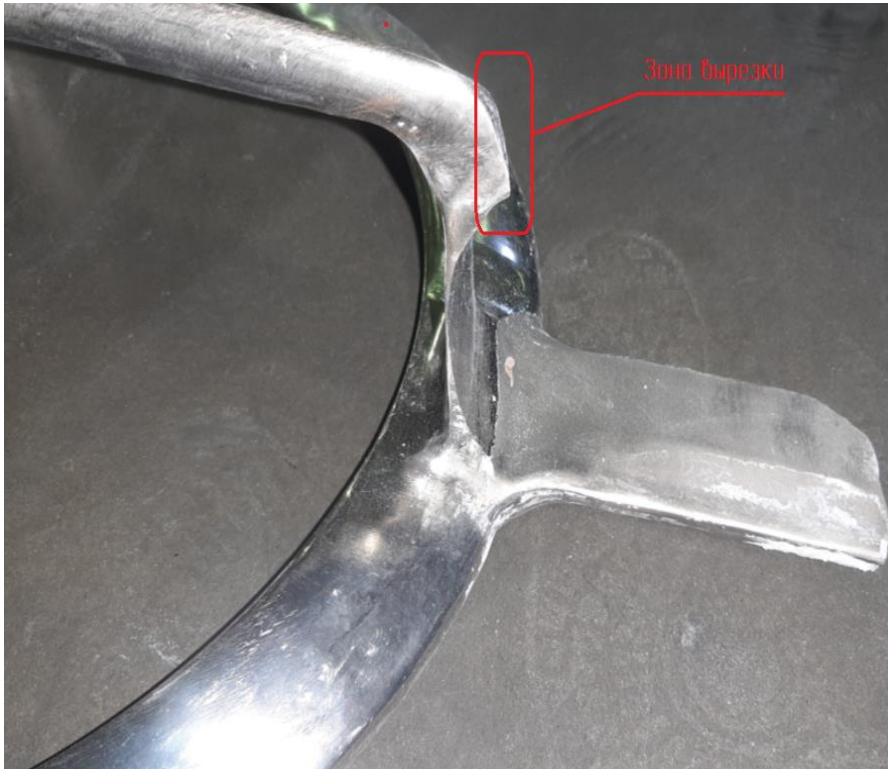
# Проведенные в рамках проекта работы:

- 1) Восстановление эталонной CAD-модели изделий с помощью обратного проектирования.
- 2) Исследование элементарного состава материалов покрытия и основы. Металлографические исследования.
- 3) Восстановление изделий с помощью роботизированной системы лазерной наплавки.
- 4) Механическая обработка с выведением углов роботизированным комплексом. Капиллярный контроль.
- 5) Балансировка восстановленных изделий
- 6) Нанесение износостойкого покрытия

# CAD моделирование



# Анализ элементарного состава



Element	%	+/-
V	0.10	0.02
Cr	18.49	0.09
Mn	1.18	0.04
Fe	65.19	0.18
Ni	12.10	0.10
Cu	0.20	0.02
W	0.03	0.01
Nb	0.10	0.01
Mo	2.61	0.02

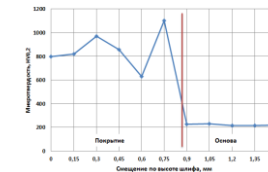
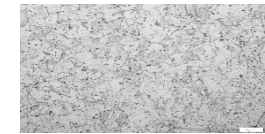
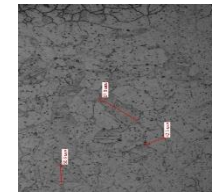
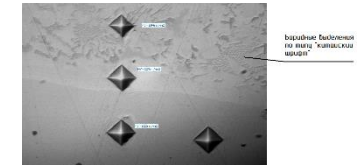
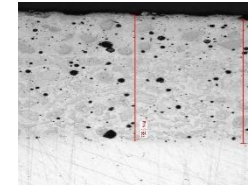
Element	%	+/-
Cr	18.59	0.09
Mn	1.12	0.05
Fe	65.47	0.20
Ni	11.80	0.11
Cu	0.14	0.03
W	0.03	0.01
Nb	0.08	0.01
Mo	2.77	0.02

Анализ химического состава вырезанного фрагмента показал, что система легирования основы Cr 18% -Ni 12% -Mo 2,5%, что может соответствовать таким сталям как AISI 316, 03X16H15M3Б.

# Металлографические исследования

## Металлографические исследования включали:

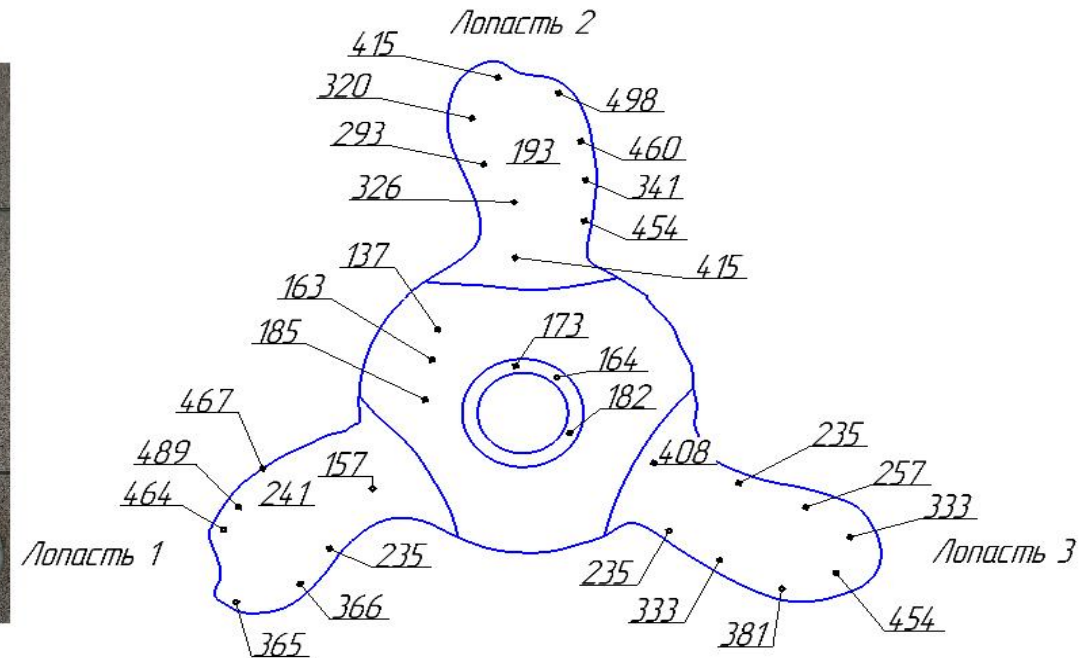
- оптическую микроскопию материалов основы и покрытия;
- оптическую микроскопию материалов основы и покрытия после травления;
- контроль микротвердости основы и покрытия.



## Результаты металлографических исследований:

- детали изготовлены из материала с аустенитно-ферритной структурой;
- рабочие поверхности деталей имеют упрочняющую обработку в виде покрытия типа системе Ni-Cr-B-Si;
- нанесенное покрытие имеет высокую микротвердость 800-1100 HV0,2 (62-70 HRC) и износостойкость за счет боридного и карбидного упрочнения;
- толщина износостойкого покрытия в пределах 0,7-1,1 мм.

# Контроль макротвердости:



**Анализ результатов контроля макротвердости показал, что:**

- упрочнение произведено в основном по лопастям, твердость колеблется в пределах 340-489 НВ (37-50 HRC). Наибольшая твердость и толщина слоя по входной кромке;
- твердость основы порядка 200 НВ.

# Рекомендуемые материалы для восстановления изделия и нанесения покрытия

Восстановление и упрочнение изношенных деталей возможно с помощью таких материалов, как:

**основа:**            **AISI 316, AISI 308, AISI 304**

**покрытие:**    **Ni-Cr-B-Si с твердостью 40-50 HRC с карбидами  
типа SiC или TiC или WC;  
WC-Co-Cr (при условии отсутствия ударного  
воздействия)**

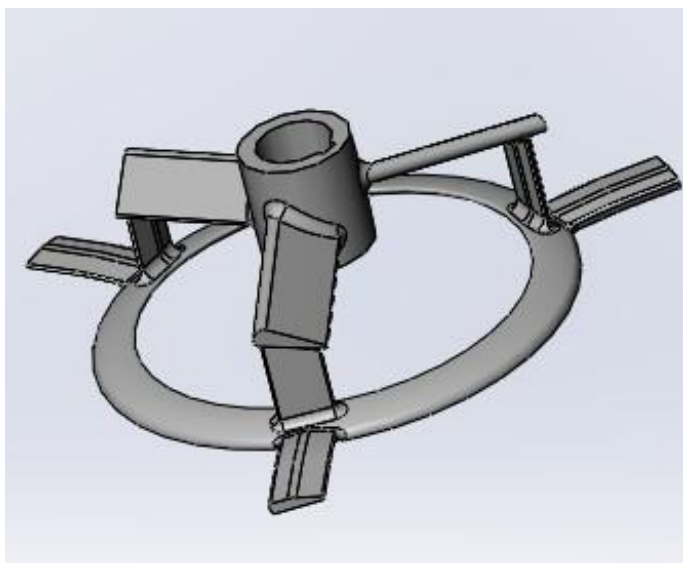


# Восстановление изделий аддитивным методом



# Особенности геометрии восстанавливаемых изделий

**Критический износ**

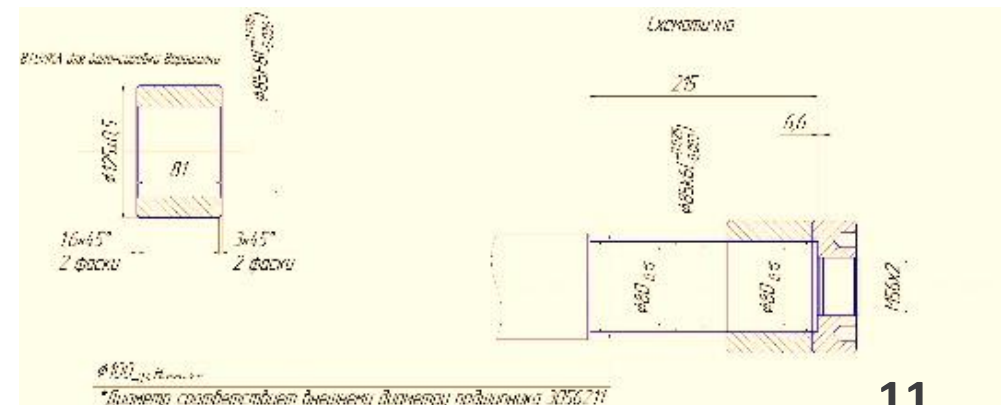
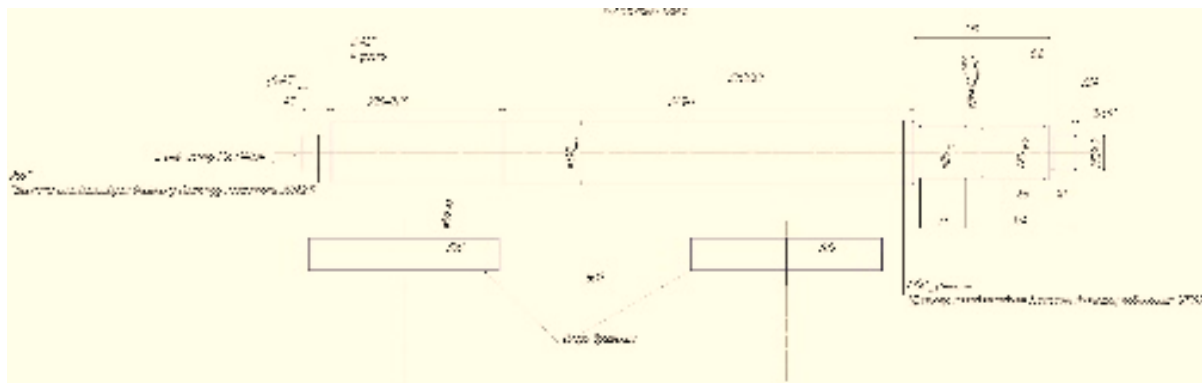
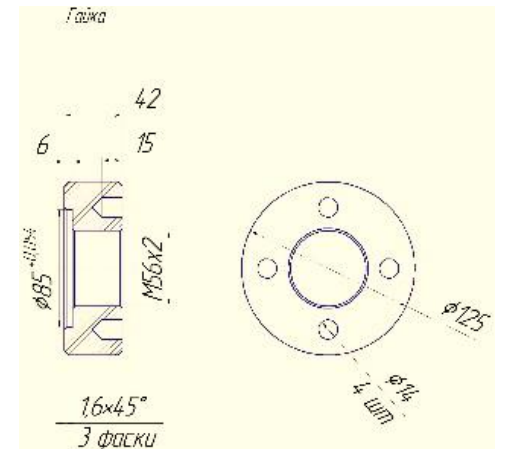
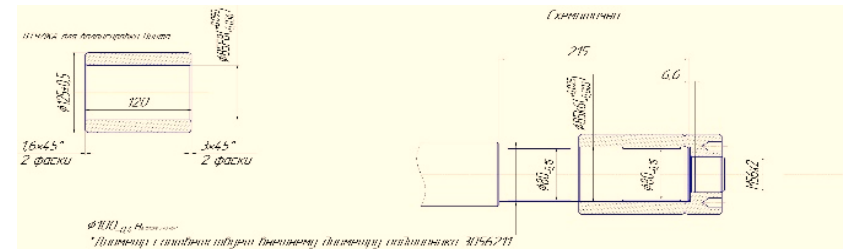


**Сложная геометрия**

# Балансировка

Для проведения балансировки необходимо было изготовить оснастку:

- Вал;
- Втулка для балансировки детали типа «пропеллерная мешалка»;
- Втулка для балансировки детали типа «рамная мешалка»;
- Закладной элемент L90;
- Закладной элемент L129;
- Гайка прижимная



# Нанесение износостойкого покрытия

**В качестве материала покрытия были предложены:**

- высоколегированная сталь типа X14H7C3P3 (до 2 % C) с твердостью слоя до 65HRC либо аналоги;
- сплав типа Ni-Cr-B-Si с твердостью слоя до 60HRC либо аналоги;
- металлокерамика типа WC-Co-Cr с твердостью слоя до 70HRC либо аналоги;

Результат



KINEMASTER

# ИНЖЕНЕРНО-КОНСАЛТИНГОВЫЙ ЦЕНТР

Мы - коллектив профессионалов в производстве и интеграции передовых промышленных решений. Наши специалисты имеют большой опыт практической, научной и преподавательской деятельности.

## Наши ключевые компетенции:

1. Моделирование, обратное проектирование и оптический контроль геометрии изделий.
2. Изготовление изделий из металлов и полимеров
3. Исследование свойств металлов и сплавов
4. Поставки производственного оборудования, средств инспекционного контроля и профессиональных средств защиты
5. Производство филамента для 3D-печати

## Наши Филиалы:

**г. Москва** – конструкторская и производственная площадки

**г. Уфа** – лабораторно-производственная база

[www.ec-centre.ru](http://www.ec-centre.ru)

[www.eccmarket.ru](http://www.eccmarket.ru)

+7 (495) 142-62-34

+7 (968) 030-08-50

az@ec-centre.ru

**СПАСИБО  
ЗА ВНИМАНИЕ!**