

Кафедра «Технологии приборостроения»

**Разработка технологии проектирования,
прототипирования и производства
изделий из полимерных оптических
материалов**

Васильков С.Д.

к.т.н., доцент

vasilkov@niuitmo.ru

2014

Содержание

1. Иллюстрация интегрированного процесса
2. Используемое оборудование
3. Научные исследования

1. Иллюстрация интегрированного процесса

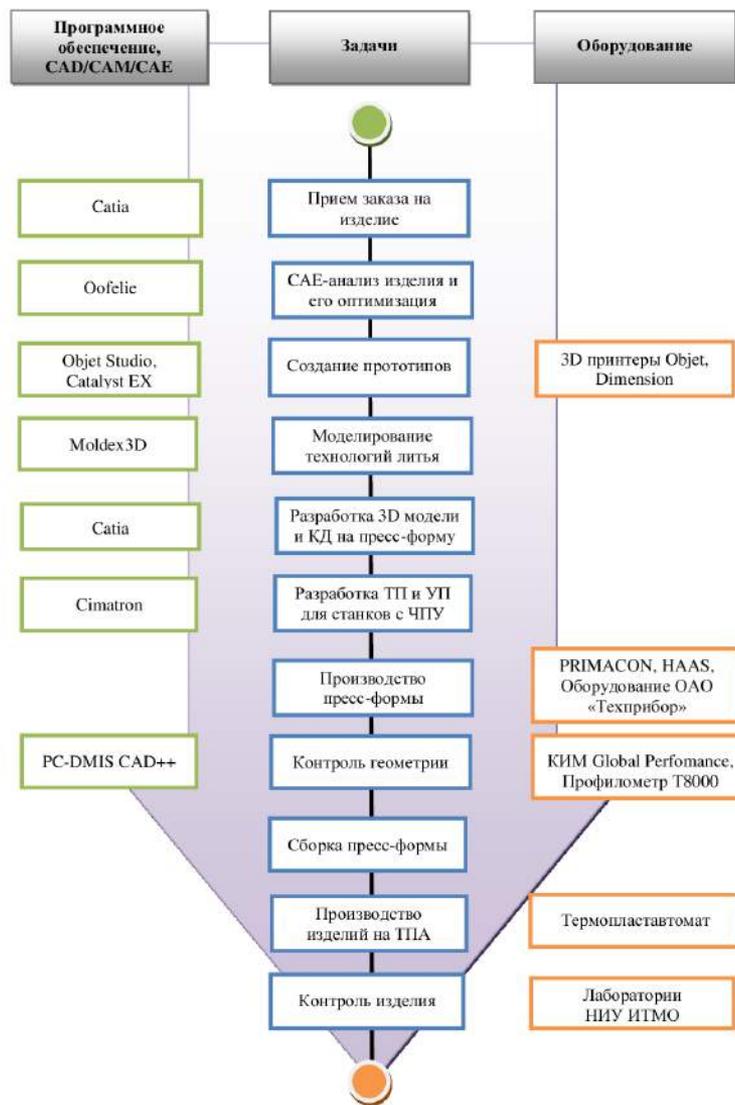
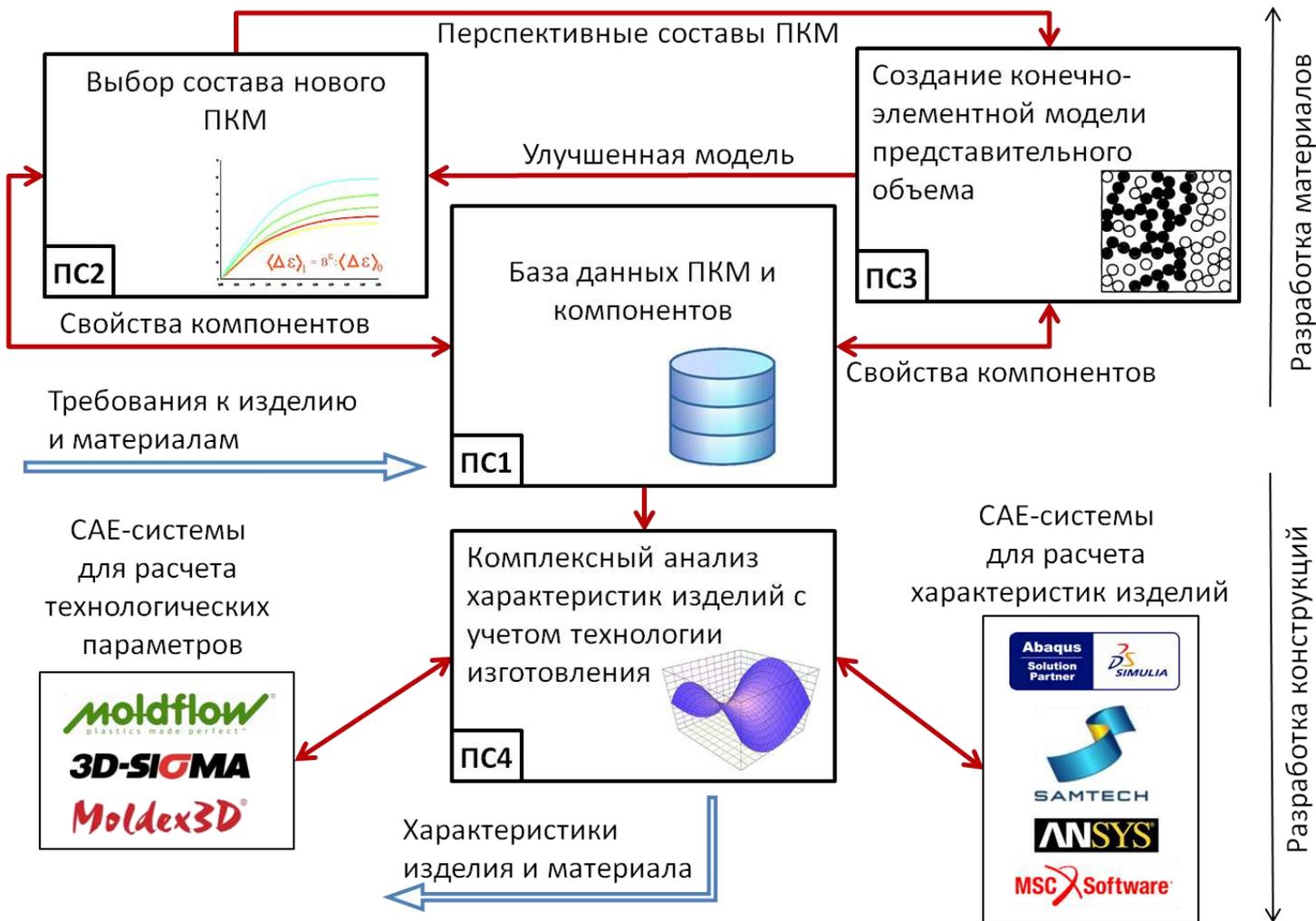
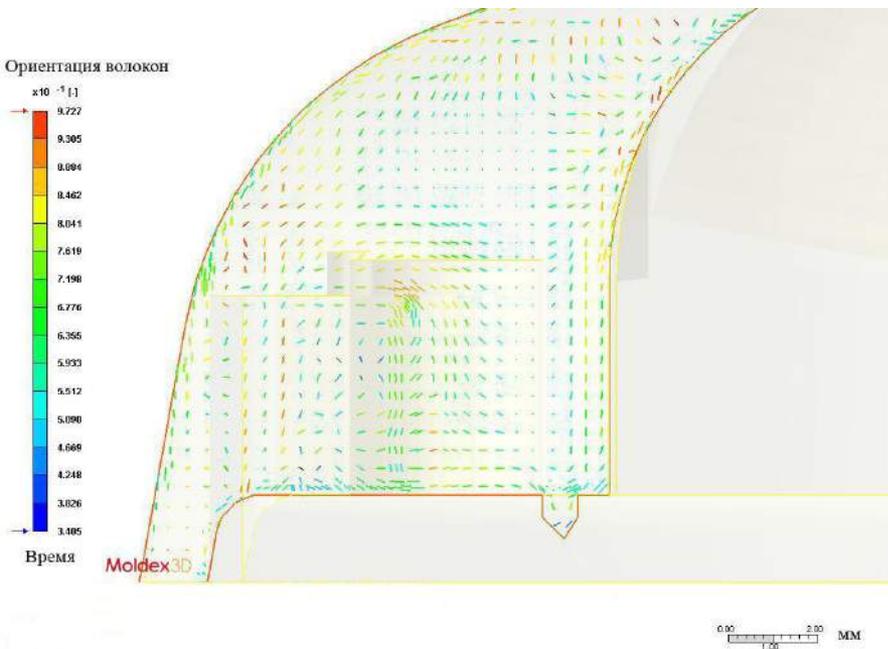


Схема разработки материалов и изделий из ПКМ

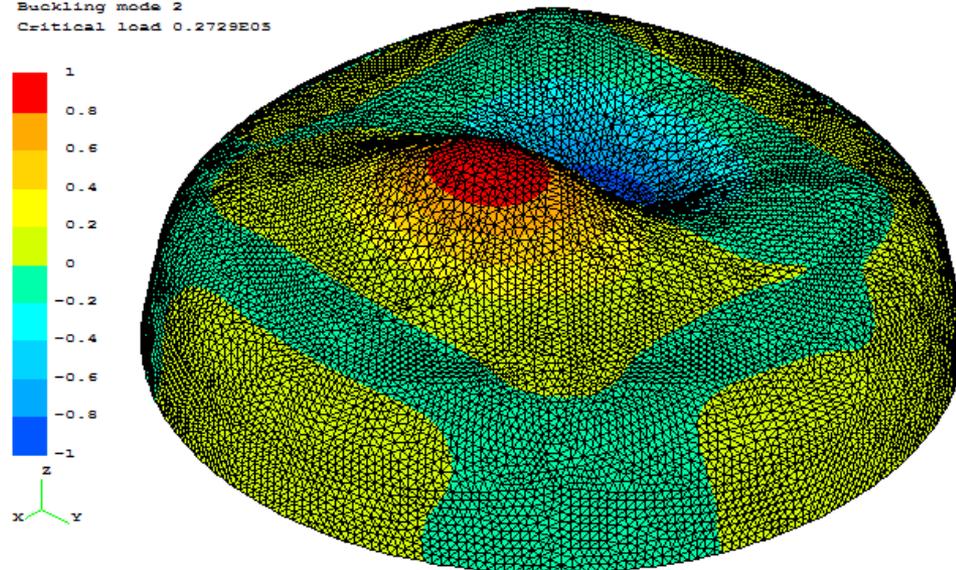


Результаты исследований



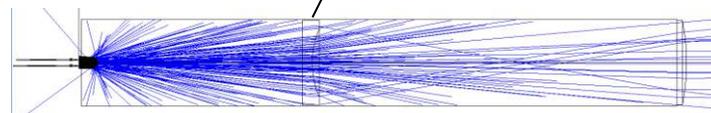
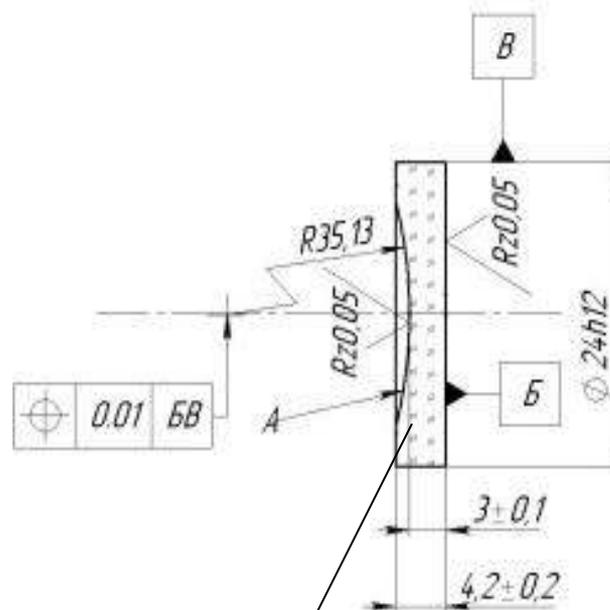
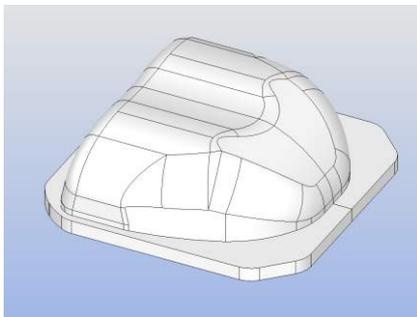
Ориентация волокон в поперечном сечении отливки

Nodal displacements (DX,DY,DZ): Z-displacements
Buckling mode 2
Critical load 0.2729E05

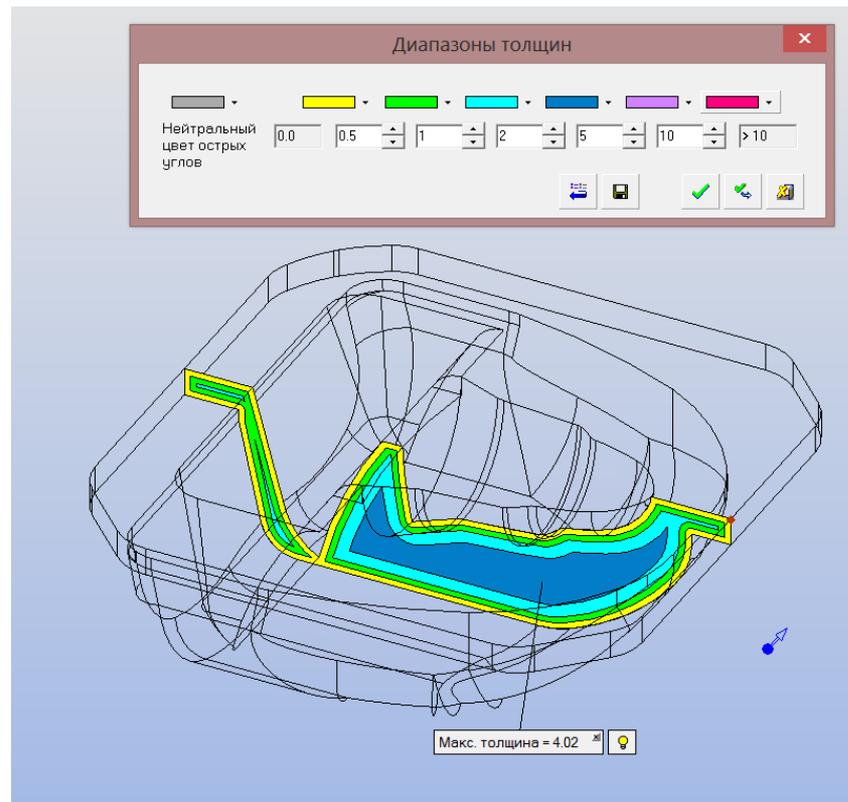
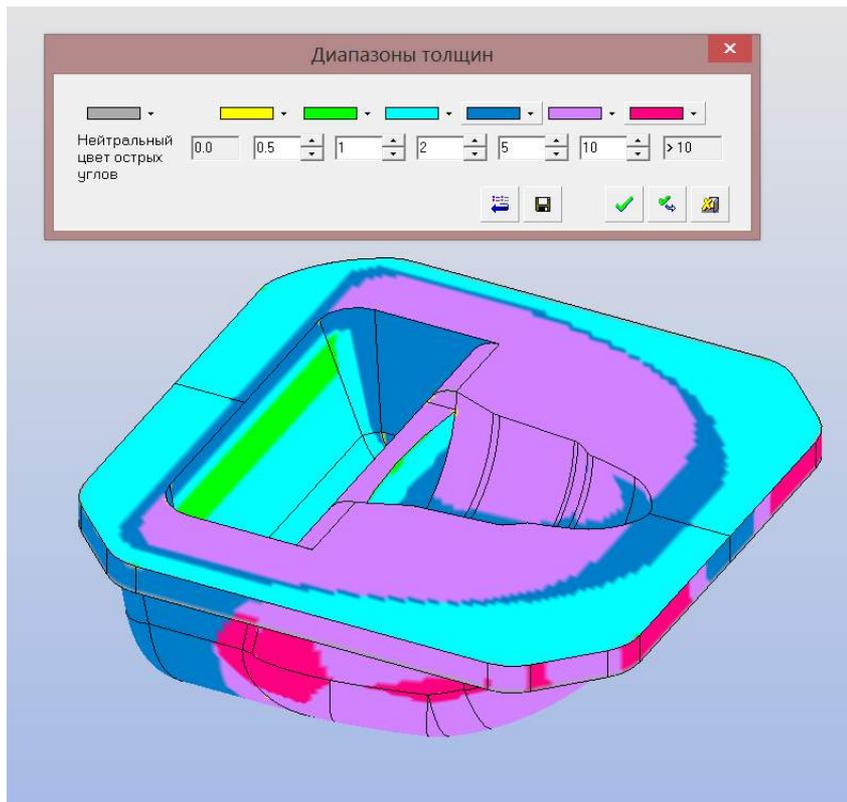


Относительные узловые перемещения второй собственной формы колебаний

Линзы для исследований



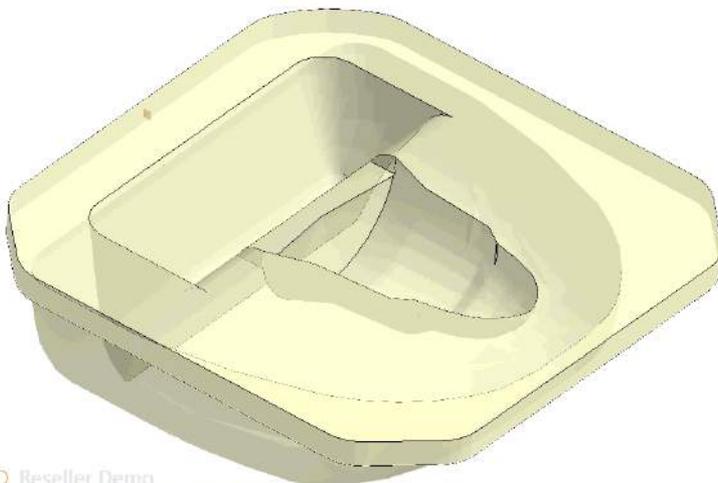
Светодиодная линза. Анализ толщин – CAD/CAM-система Cimatron E



Анализ литья полимеров под давлением – CAE-система Moldex3D

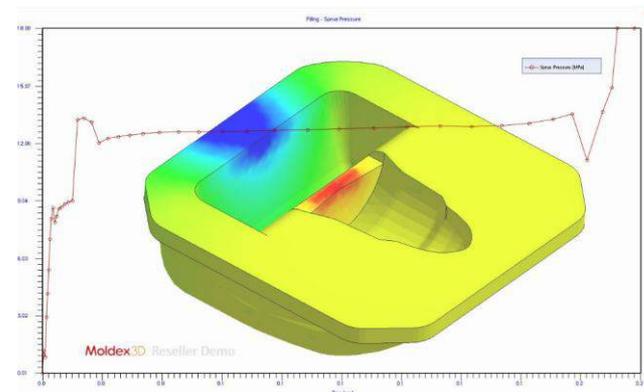
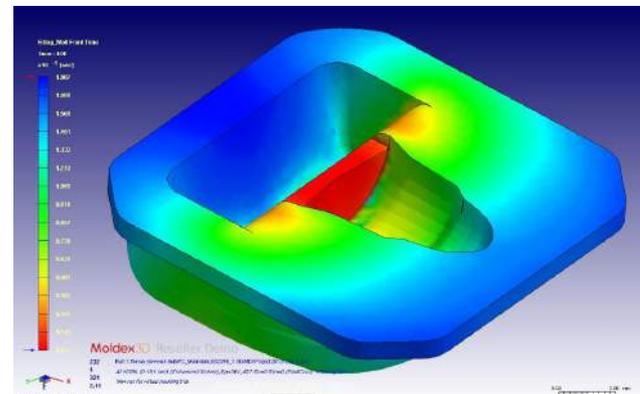
Packing_Melt Front Animation
Time = EOP

Melt Front at 0.101 sec

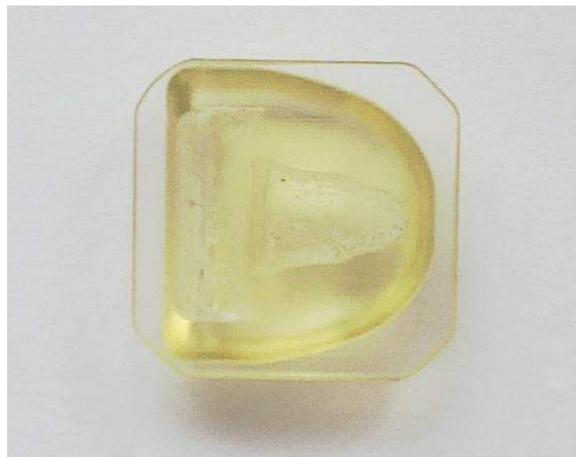
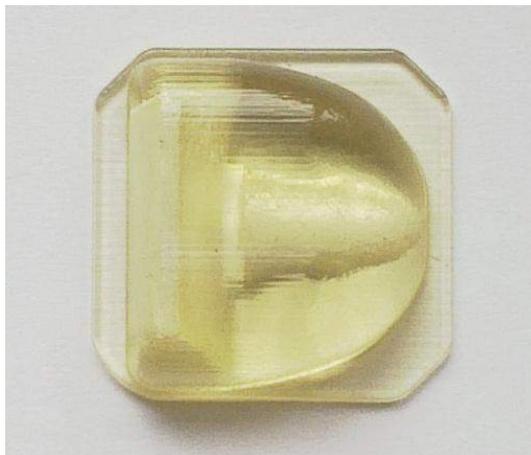
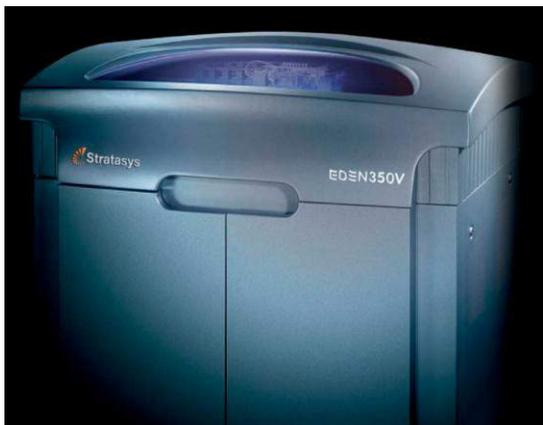


Moldex3D Reseller Demo
232 Run 1: C:\msd\user\mold3d\PC_Moldex3D\LED2045_1.mold3d\Proc\013126_1.pro
4 At 100% (0.101 sec) (Enhanced Solve) Em=061,407 Em0 Em0 (PostCool) <<Design>
1.77 After use for optimal modeling & Use
R12.0/129 131100:30:02:25:2914

0.00 4.00 mm
2.00



Прототип – послойная технология PolyJet



**3D-принтер
Objet Eden350V**

Прототип-изделие - метод литья в силиконовую форму



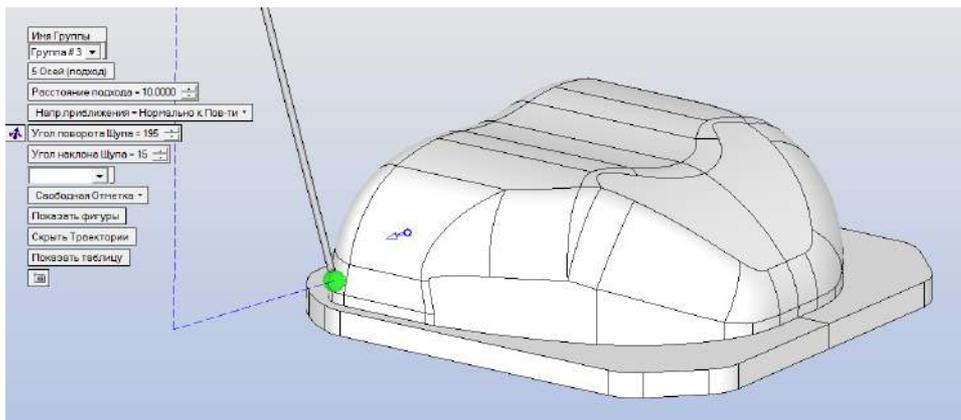
Вакуумный шкаф



Контроль точности геометрии

Оборудование: КИМ Global Perfomance

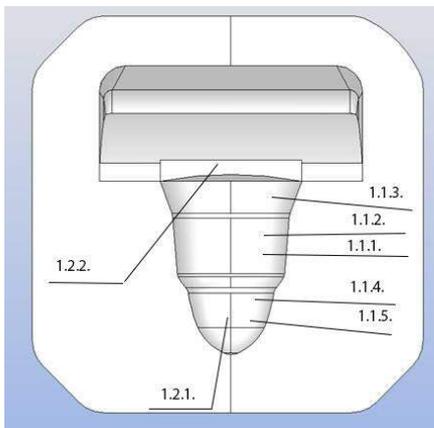
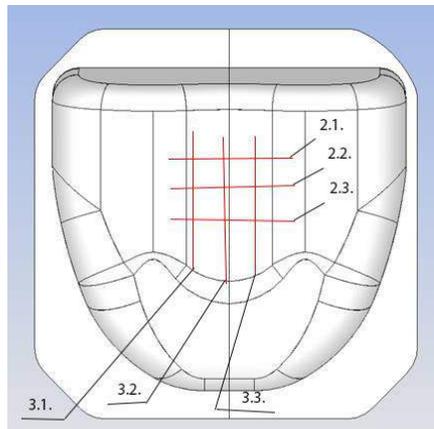
Измерение по контрольным точкам или полное сканирование изделия и сравнение с исходной 3D моделью



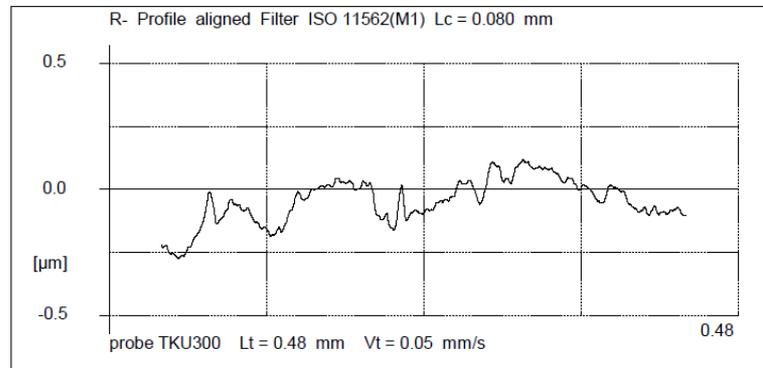
КОММЕНТАРИЙ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕРЕНО	ОТКЛ	ВНЕ_ДОП.
1 - X (MM)	0.000	0.050	0.050	-0.051	-0.051	0.001
1 - Y (MM)	-8.929	0.050	0.050	-8.930	0.000	
1 - Z (MM)	-0.573	0.050	0.050	-0.568	0.004	
2 - X (MM)	0.000	0.050	0.050	-0.049	-0.049	
2 - Y (MM)	-5.338	0.050	0.050	-5.342	-0.003	
2 - Z (MM)	-0.533	0.050	0.050	-0.529	0.004	
3 - X (MM)	-6.549	0.050	0.050	-6.553	-0.004	
3 - Y (MM)	0.000	0.050	0.050	-0.069	-0.069	0.019
3 - Z (MM)	-0.457	0.050	0.050	-0.459	-0.002	
4 - X (MM)	-10.995	0.050	0.050	-10.996	-0.001	
4 - Y (MM)	0.000	0.050	0.050	-0.096	-0.096	0.046
4 - Z (MM)	-0.387	0.050	0.050	-0.379	0.008	
5 - X (MM)	-3.508	0.050	0.050	-3.510	-0.002	
5 - Y (MM)	-2.147	0.050	0.050	-2.151	-0.004	
5 - Z (MM)	0.000	0.050	0.050	-0.011	-0.011	
6 - X (MM)	-4.255	0.050	0.050	-4.265	-0.010	
6 - Y (MM)	-16.821	0.050	0.050	-16.881	-0.060	0.010
6 - Z (MM)	3.950	0.050	0.050	3.971	0.021	

Контроль качества поверхности

Оборудование: профилометр Hommel Tester T8000

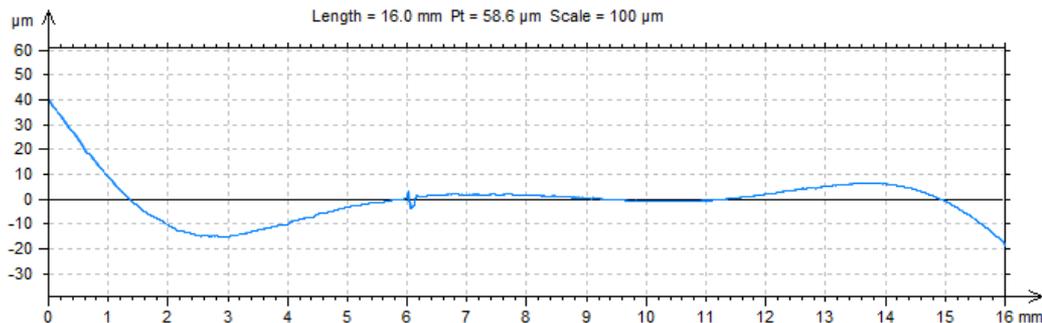


	Ra, μm
1.1.1.	0.08
1.1.2.	0.10
1.1.3.	0.10
1.1.4.	0.08
1.1.5.	0.09
1.2.1.	0.07
1.2.2.	0.34
2.1.	0.05
2.2.	0.04
2.3.	0.03
3.1.	0.06
3.2.	0.04
3.3.	0.13

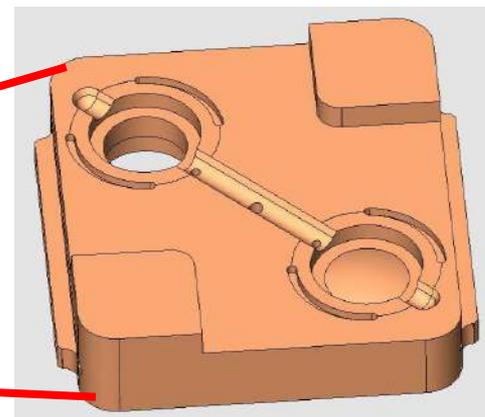
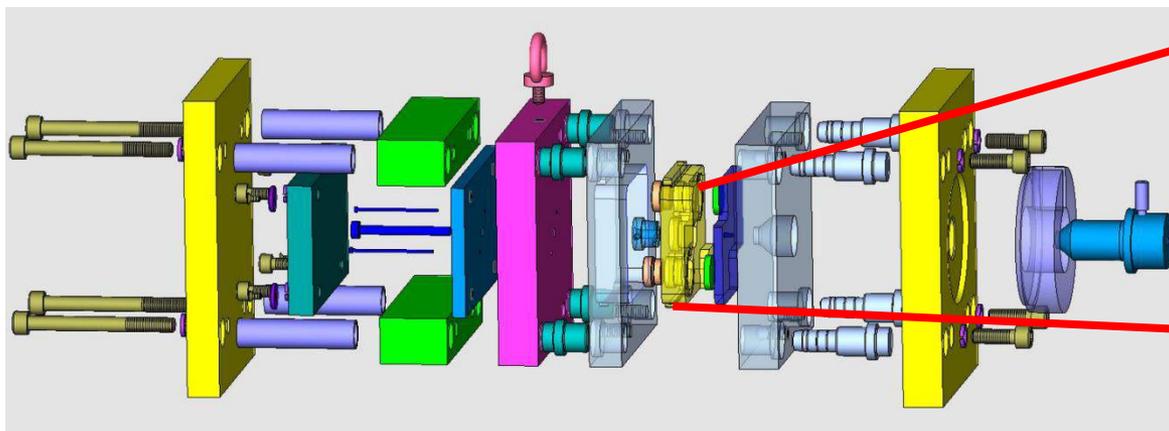
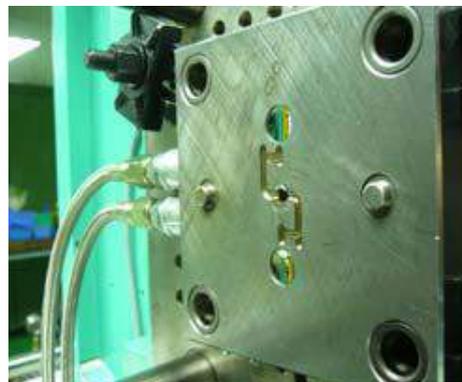


Pt	11.89 μm
Ra	0.08 μm
Rq	0.10 μm
Rz	0.20 μm
Rmax	0.26 μm

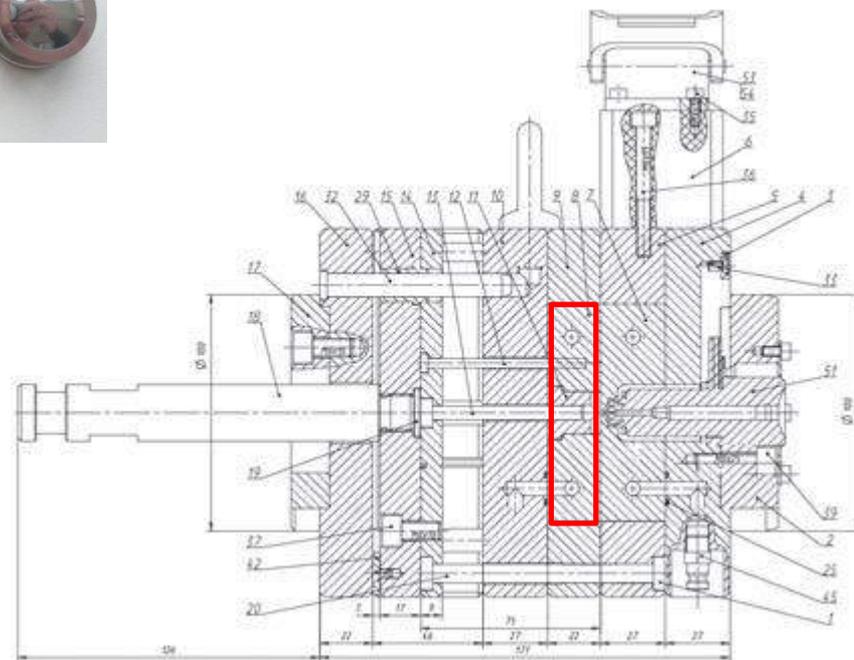
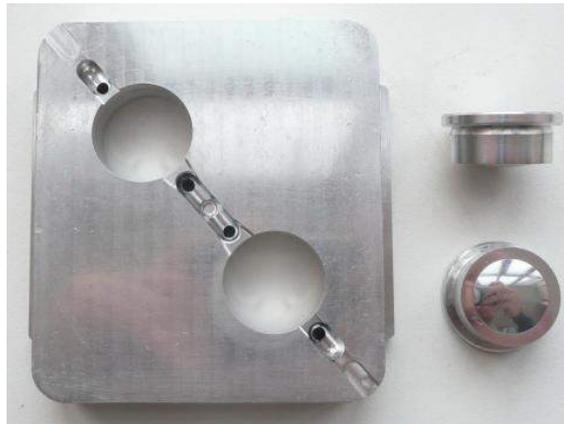
1.1.1.



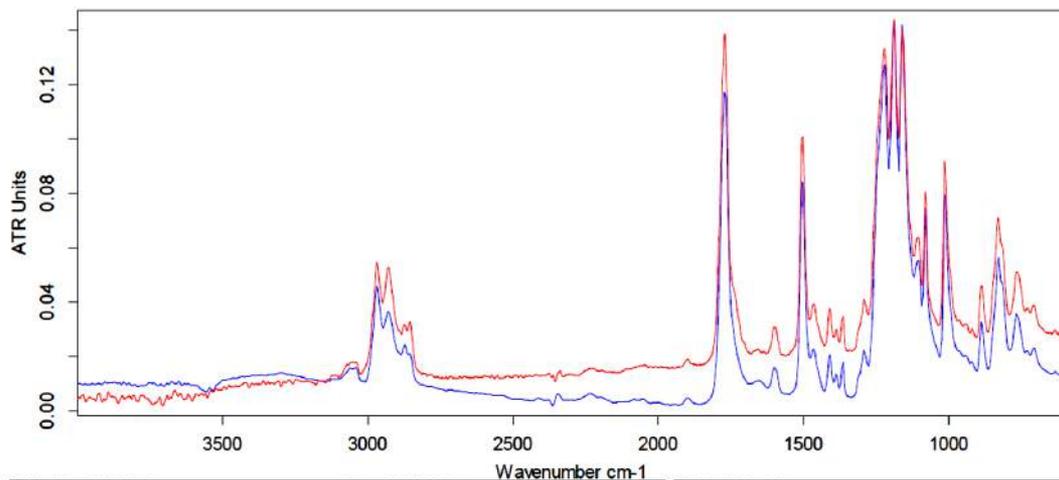
Литьевая форма (ЛФ) и формообразующая деталь (ФОД)



Литьевая форма (ЛФ) и формообразующая деталь (ФОД)

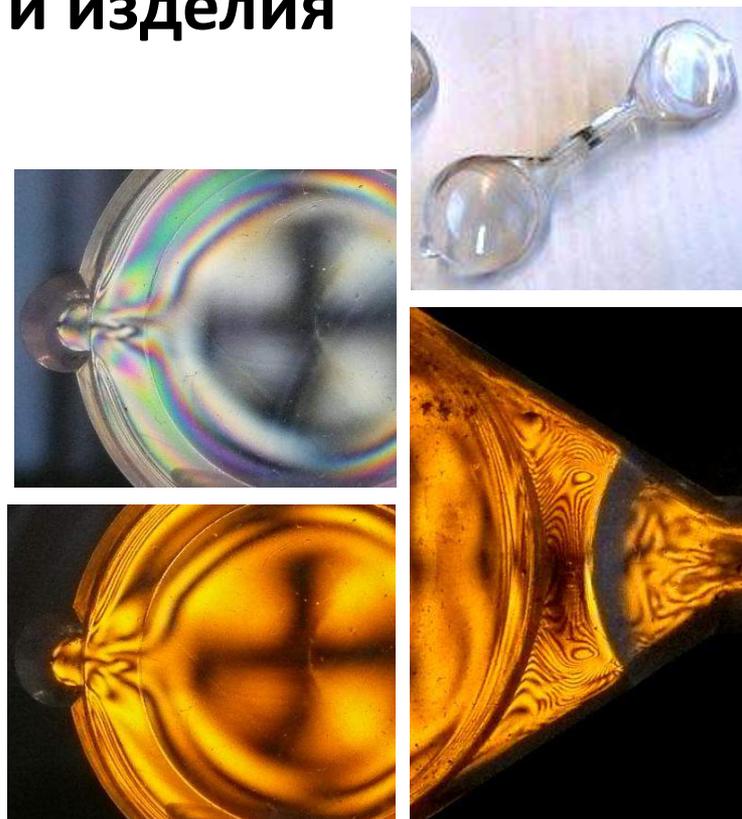


Контроль параметров материала и изделия



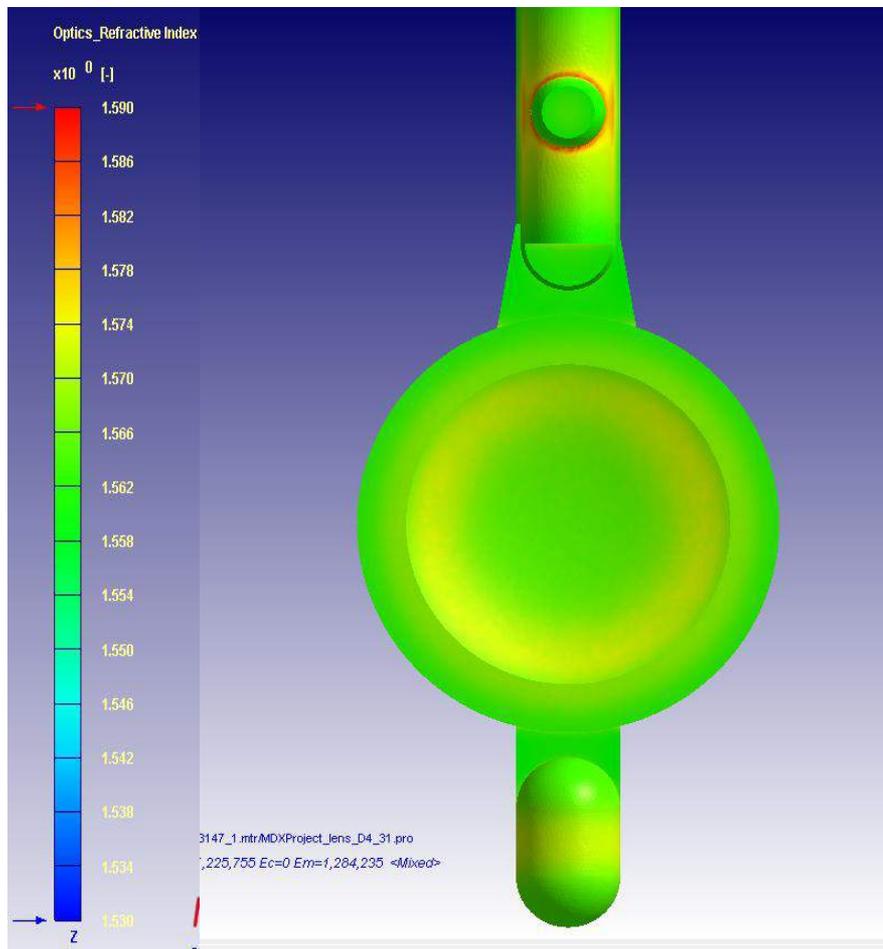
Hit Nr.	Hitqualität	Substanzname	Eintrag Nr.	Bibl. Index	Substanzinformation
1	817	PC Polycarbonat	6	2	Substanzname PC Polycarbonat
2	656	LEXAN TM	1638	1	Substanzname
3	627	POLY(BISPHENOL A CARBONATE)	914	1	Summenformel
4	625	POLYCARBONATE RESIN	78	1	Molmasse
5	598	POLY(BISPHENOL A CARBONATE)	1644	1	CAS Nummer

Спектральные линии поглощения для определения состава материала с помощью интерферометра

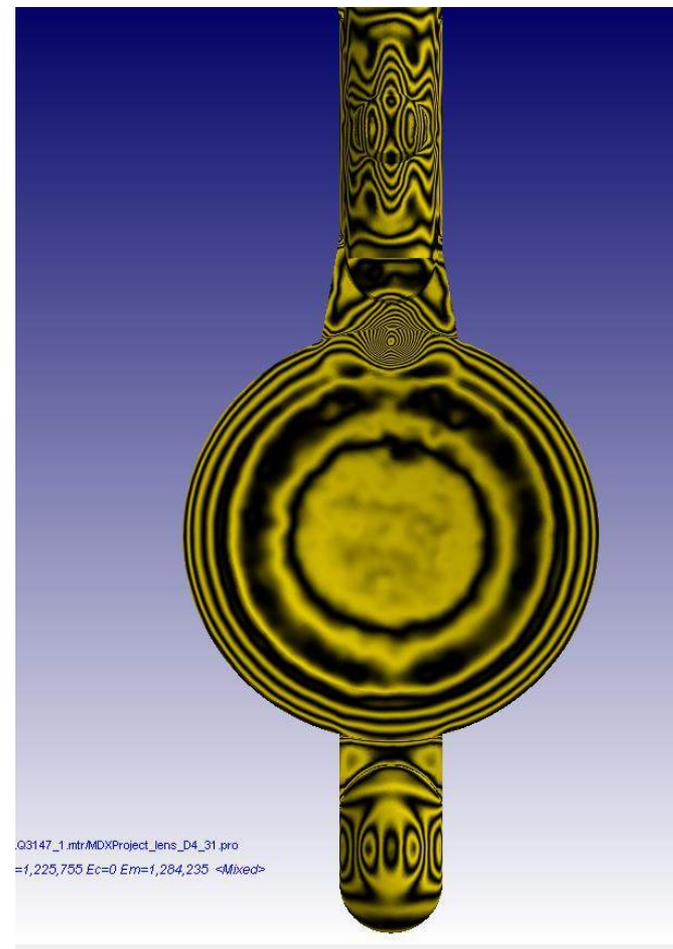


Остаточные напряжения для анализа литья и двулучепреломления с помощью полярометра

Оценка оптических параметров в системе Moldex3D

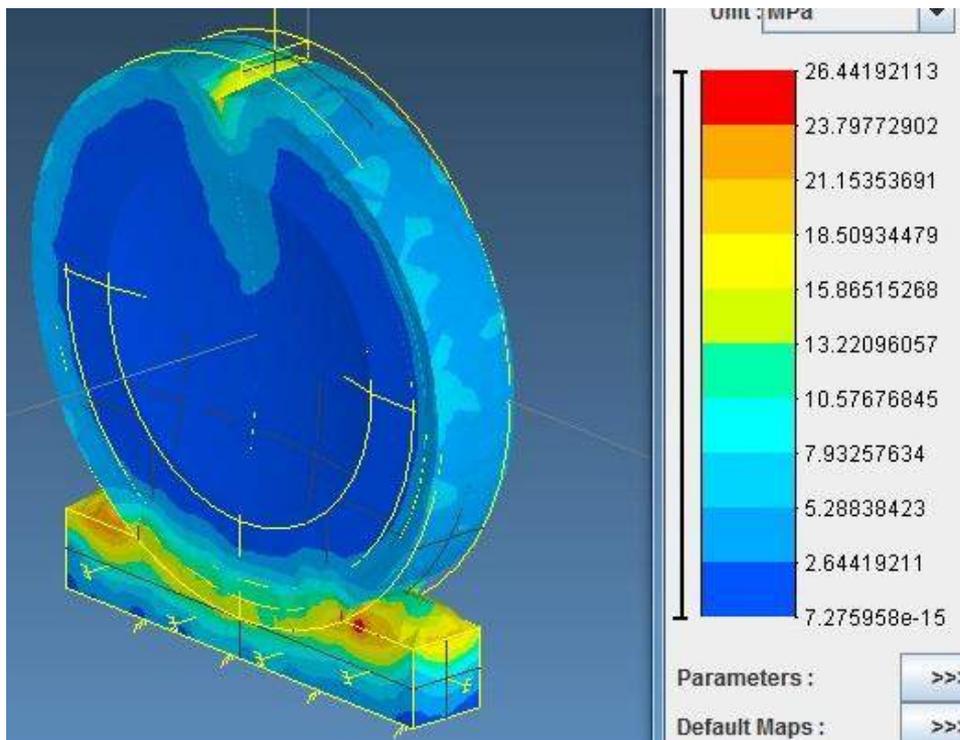
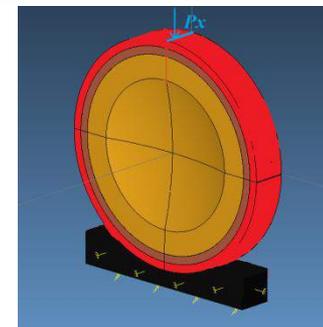


Показатель преломления

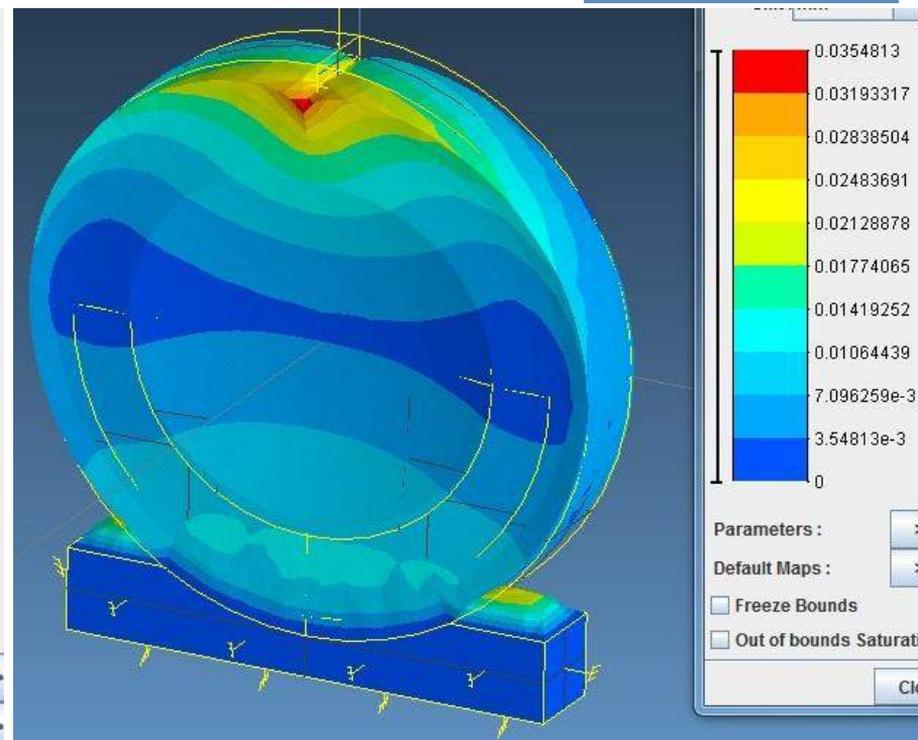


Интерференция света

Оценка механических параметров в системе OOFELIE



Напряжения



Смещения

Интегрированный процесс разработки и производства

№	Этап процесса	ПО	Оборудование
1	Проектирование изделия	CATIA, Zemax, Code V, OOFELIE	
2	Применение аддитивных технологий	Objet Studio, Catalyst EX	3D-принтеры Objet Eden350V и Dimension 1200S
3	Моделирование литьевых процессов	Moldex3D	
4	Проектирование литьевых форм	CATIA Cimatron E	
5	Подготовка производства и изготовление ФОД	CATIA Cimatron E	Haas SuperMiniMill, Haas SL-10T, Primacon PFM 24 Ngd
6	Контроль ФОД	PC-DMIS CAD++	КИМ Global Perfomance, профилометр Hommel Tester T-8000
7	Производство изделий	Moldex3D	ТПА EE30-55
8	Контроль изделий	ТУ Ильменау/ИТМО	ТУ Ильменау/ИТМО
9	Разработка интегрированной автоматизированной системы	SmarTeam	

2. Используемое оборудование

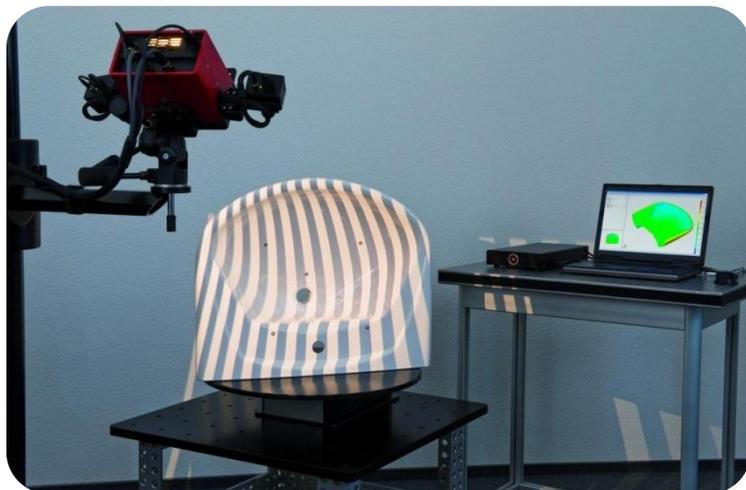




3D-сканер ATOS I

Количество точек, получаемых за одно измерение: 2.000.000

- Малый измеряемый объем: 125x100x90 мм
- Точность измерения для малого объема: 26 мкм
- Крупный измеряемый объем: 500x400x400 мм
- Точность измерения для крупного объема: 53 мкм



После измерения генерируется полигональная сетка поверхности объекта, которая может храниться и экспортироваться в файлы стандартных форматов (STL, ASCII и примитивы в IGES).

3D-принтеры Dimension и Objet



DIMENSION 1200es SST

- Размеры рабочего стола:
- 254x254x305 мм
- Толщина слоя 0,254 мм
- Мин. толщина стенки: 0,25 мм
- Материал: ABS+ пластик 9 цветов

Objet EDEN 350V

- Размеры рабочего стола: 350x350x200 мм
- Разрешающая способность мкм (dpi) :
 - X 42 (600)
 - Y 42 (600)
 - Z 16 (1600)
- Минимальная толщина стенки: 0,6 мм
- Максимальный уровень производительности: 20 мм/ час
- Максимальная автономная продолжительность работы: 72 часа
- Материал: фотополимеры



Станки с ЧПУ HAAS



Токарно-револьверный станок HAAS SL-10TNE

Макс. устанавливаемый диаметр

над станиной - 413 мм

над кареткой - 203 мм

Макс. обрабатываемый диаметр - 279 мм

Мак. длина обработки - 356 мм (при точении между центрами)

Макс. длина точения стандартным инструментом - 285 мм

Макс. скорость вращения шпинделя - до 6000 об/мин

Точность

Точность позиционирования $\pm 5\text{мкм}$

Повторяемость $\pm 2,5\text{мкм}$.



Фрезерный станок HAAS Super Mini Mill

Рабочая зона

Перемещение по оси X: 406мм

Перемещение по оси Y: 305мм

Перемещение по оси Z: 254мм

Высота торца шпинделя от стола: 102-356мм

Шпиндель

Частота вращения шпинделя: 15000об/мин

Мощность шпинделя: 11,2кВт

Точность

Точность позиционирования: $\pm 5\text{мкм}$

Повторяемость: $\pm 2,5\text{мкм}$.

Микрофрезерный 5-координатный станок Primason PFM 24 Ngd

Позиционирование: +/- 1,0μm

Повторяемость: +/- 0,5μm



Перемещения X Y Z (240 x 240 x 240) мм.

Скорость перемещений, мм /мин 0,005 - 12,000

Ускорение, 10м /сек²

Стол, 345 x 295мм

Точность (по VDI\ DGQ 3441)

Повторяемость, +/- 0,0005 мм (+ /- 0,5мкм)

Позиционирование, +/- 0,001мм., +/-1,0мкм

Система ЧПУ - HEIDENHAIN

Зажимной патрон 32-местный (длина инструмента 63 мм - 107 мм)

Система смазки и охлаждения

Система минимальной смазки - туман

Система охлаждения + Стабилизатор температуры

Оптические приборы

Оптический прибор, 30 - кратность увеличения

Измерительные системы

Лазерная измерительная система

Замер заготовки, передача данных по инфракрасному каналу - 3-D Тестер

Сопло для очистки инструмента

Диаметр инструмента – от 100 мкм. и менее

Отношения длины к диаметру инструмента: от 10 до 100

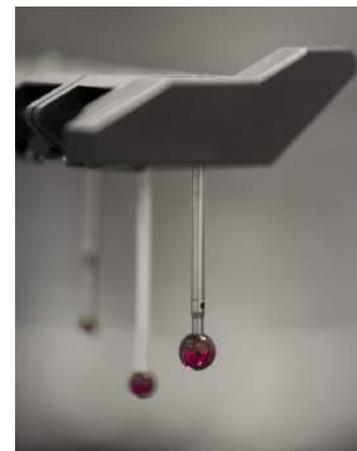
Точность, 0,1мкм. и меньше;

Шероховатость поверхности Ra– от 0,2мкм. и меньше;

Обрабатываемые толщины стенок деталей – от 0,5 мм. и <

Обрабатываемый материал твердость – 45HRC и выше.

Контрольно-измерительная машина (КИМ) – Global Performance



Ход осей (мм)		
X	Y	Z
500	700	500

Погрешность: $MPE_E = \text{от } 1,5 + L/333 \text{ мкм}$

Профилометр Hommel Tester T8000



Принцип измерения	контактный, с применением безопорных щупов
Класс точности по DIN4772	Класс 1 (3%)
Разрешение	0,001 мкм
Длина трассирования It	переменная от до 0,1 - 200 мм
Измеряемые параметры шероховатости	
DIN EN ISO 4287	Ra; Rz; Rmax; Rt; Rq; Rsk; lmo; lo; Rdq; da; ln; La; Lq; Rz-ISO; R3z; Rpm; Rp3z; R3zm; Rp; D; R _{Pc} ; R _{Sm} ; R _{pm} /R3z; lr; Rku; tpif; Rdc; tpia; tpip; tpic; Rt/Ra; Rz1; Rz2; Rz3; Rz4; Rz5; Rmr; Rmr%; Api
Профильные параметры по DIN EN ISO 4287	Pt.; Pp; Pz; Pa; Pq; Psk; PSm; Pdq; lp; Pku; t _{pf} ; t _{pa} ; t _{pb} ; t _{pc} ; Pmr0; APa; APa%; Pmr; Pmr%; Pdc
Параметры волнистости по DIN EN ISO 4287	Wt.; Wp; Wz; Wa; Wq; Wsk; WSm; Wdq; lw; Wku; Wdc

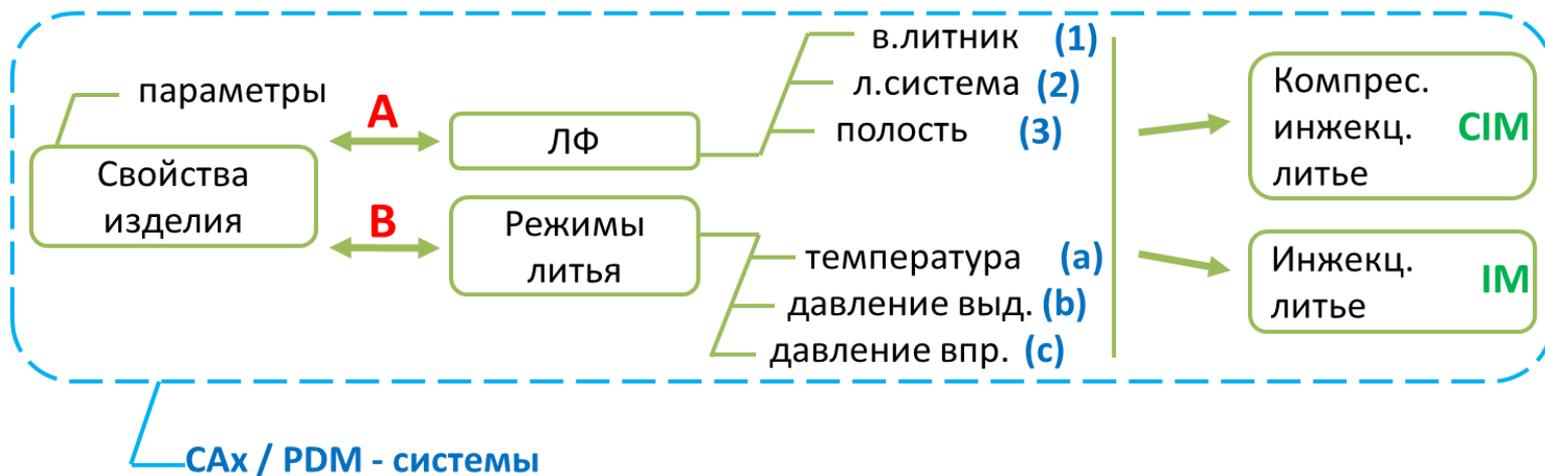
Термопластавтомат Ferromatik Milacron EE30-55



Быстросменалаживаемая литевая форма

Диаметр шнека	мм	18
Давление впрыска	бар	2500
Рабочий объем цилиндра	см	19
Перемещение шнека	мм	75
Вес отливки, макс.	г	17
Объем потока впрыска	см/с	52
Длина шнека	L/D	22
Установленная "греющая" мощность	кВт	4,8
Количество зон нагрева		4
Закрывающий блок		
Усилие закрывания	кН	300
Усилие раскрывания	кН	105
Ширина раскрытия литевой формы	мм	250
Допустимый макс. масса литевой формы (подвижная / неподвижная)	кг	200 / 100
Расстояние между плитами, макс.	мм	580
Расстояние между колоннами в свету Н x V	мм	300 x 300
Усилие выталкивателя	кН	25
Ход выталкивателя	мм	100
Общие характеристики		
Общая потребляемая мощность ³⁾	кВт	11
Размеры машины Д x Ш x В	мм	3420 x 1200 x 1840
Масса нетто	кг	2700

3. Научные исследования

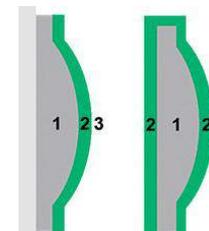


Разработка технологий проектирования и производства изделий из полимерных материалов в области оптики, электроники и биомеханики



Предполагается проведение междисциплинарных исследований международного уровня, основанных на:

- применении методов компьютерного моделирования эксплуатационных характеристик изделий и технологических процессов их изготовления;
- применении новых материалов, аддитивных технологий, интегрированной информационной и интеллектуальной поддержки с использованием баз знаний;
- использовании современного оборудования и измерительных приборов при разработке и проведении испытаний материалов, прототипов и изделий.



Зарубежное партнерство



Michael Koch, Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Заведующий кафедрой полимерных технологий, советник директора полимерного кластера федеральной земли Тюрингия, разработчик дорожной карты полимерной индустрии.
ТУ Ильменау, **Германия**



Olivier Brüls, Prof. Dr.
Заведующий кафедрой аэрокосмической техники и машиностроения, Льежский университет, **Бельгия**



С техническим университетом Ильменау и Льежским университетом подписаны договора о сотрудничестве



Проводимые исследования

- определение зависимостей характеристик изделия от режимов литья полимеров, определение оптимальных режимов механической обработки при разработке высокоточных оптических и электронных деталей приборов;
- термомеханические влияния на оптические свойства изделий, мультифизические исследования сложных систем;
- исследование влияния различных материалов на эксплуатационные свойства изделий и технологической оснастки, изготовленных послойным выращиванием на основе аддитивных технологий;
- информационные системы поддержки принятия решений при проектировании изделий из полимерных композиционных материалов в распределенной среде;
- экспертные системы по проектированию и подготовке производства изделий из полимерных композиционных материалов.

Спасибо за внимание!