

Universität Stuttgart  
Institut für Kunststofftechnik

**IKT** KUNSTSTOFF  
TECHNIK  
STUTT GART

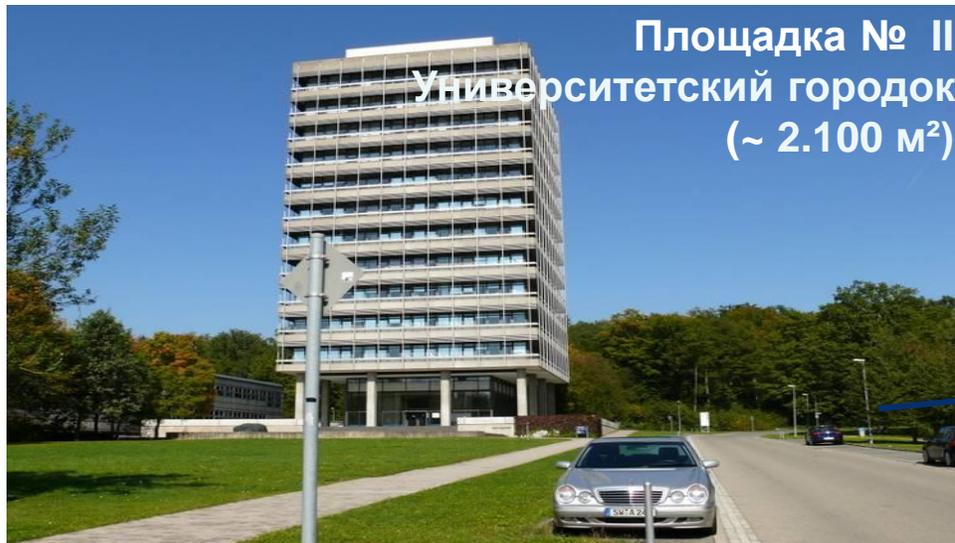


Инновационные материалы  
Прогрессивные технологии  
Сферы применения будущего

Интерпластика, 30.01.2019

Проф. Др.инж. наук  
Кристиан Бонтен/  
Christian Bonten

- Введение
- Актуальные тенденции в сфере материалов
- Полимеры в окружающей среде - угроза отрасли?
- Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном
- Актуальные разработки в сфере аддитивного производства
- Индустрия пластмасс 4.0
- Выводы



- Разработка новых и совершенствование существующих полимеров
- Разработка характеристик материалов

(Аккредитация и лабораторные испытания по стандарту ISO / IEC 17025: 2005)



- CAD-моделирование, в т.ч. компонентов
- Состаривание и прогнозирование срока службы материалов
- Испытание изделий, разрушающий и неразрушающий контроль, анализ повреждений

- Экструзия
- Литье под давлением
- Литье под давлением - Компаундирование
- Термоформование
- Экструзионные выдувные формы
- 3D- печать
- Реология
- Моделирование процессов, симуляции



- Введение
- **Актуальные тенденции в сфере материалов**
- Полимеры в окружающей среде - угроза отрасли?
- Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном
- Актуальные разработки в сфере аддитивного производства
- Индустрия пластмасс 4.0
- Выводы

Замена металла

Проводящие полимеры

# Материалы

Защита от подделок

Биополимеры

Полимеры в окружающей среде

Нехватка PA66 из-за ограниченного количества  
предпродукта АдН (Адиподинитрил)

→ Использование блендов с PA6 или PA66



## Замена металла

Высокотемпературные сферы  
применения расширяют спектр  
возможностей



Огнестойкость пластмасс  
Использование менее токсичных  
добавок  
Уменьшение объемов добавок



Фотоисточники: Handtmann Elteka, Akroplastic, Kraiburg

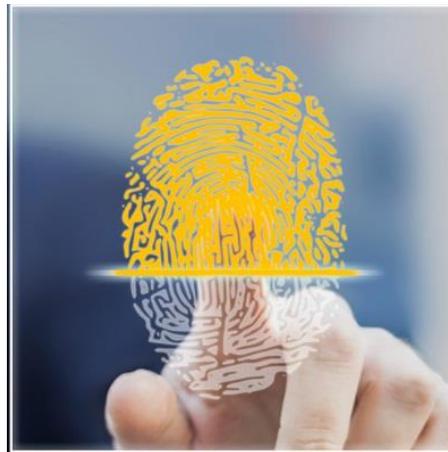


## Защита от подделок

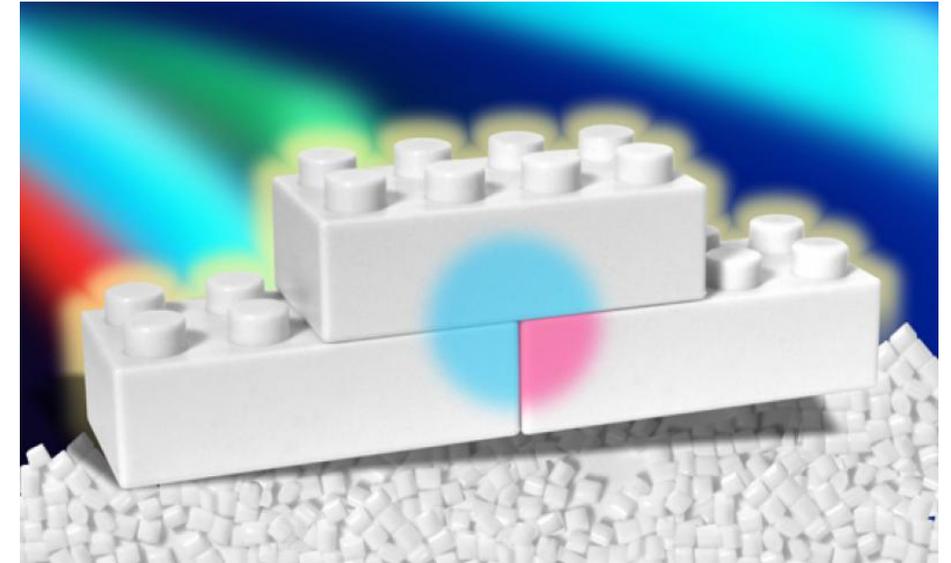
Директива ЕС 2011/62/EU, вступает в силу с 02/2019

Применяется в первую очередь только для фармацевтической промышленности:

- Препараты для человека и их пластиковые дозаторы обладают дополнительными функциями для обеспечения безопасности и выявления возможных манипуляций
- Применимость в других отраслях (например, для марочной продукции)

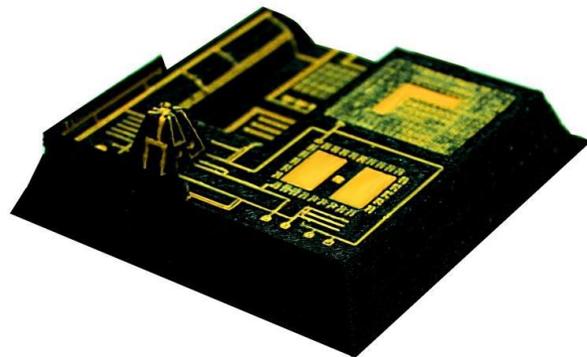


Индивидуальный мастер-батч с маркером



Скрытые материалы, светящиеся только под UV-излучением

Фотоисточники: Grafe, Barlog



Каждое свойство имеет свой собственный порог перколяции, который должен быть достигнут до того, как эффект проявится.

Фотоисточники: IKT, Osram, Plasticker

- Введение
- Актуальные тенденции в сфере материалов
- Полимеры в окружающей среде - угроза отрасли?
- Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном
- Актуальные разработки в сфере аддитивного производства
- Индустрия пластмасс 4.0
- Выводы





Десять одноразовых пластиковых изделий, находимых на пляжах Европы, составляют 43% от общего количества отходов в море. Еще 27% приходится на рыболовные снасти. ЕС принимает меры, чтобы убрать до 70% всех отходов с пляжей Европы.



Установление новой цели по переработке 55% всех отходов пластиковой упаковки до 2030 года

К 2019 году государства-участники должны сократить использование до 90 пакетов, а к 2026 году-до 40 пакетов на человека.

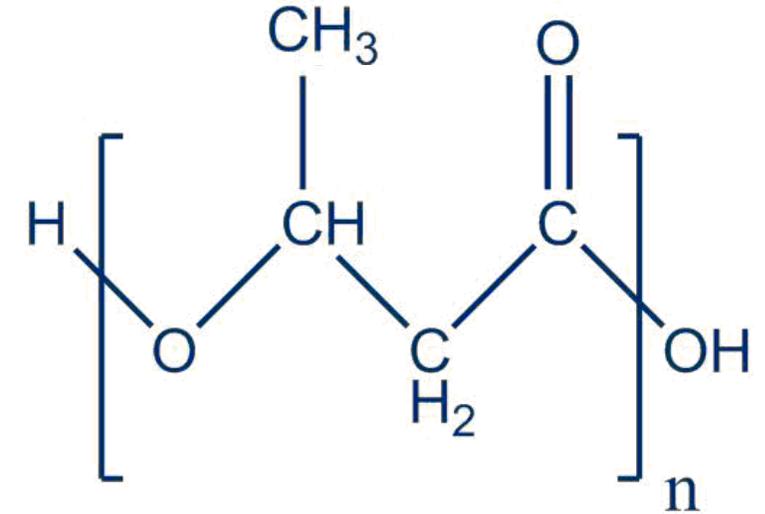
Улучшение дизайна изделия с точки зрения долговечности, ремонтпригодности и пригодности к повторной переработке

Государства-участники обязуются следить за морскими отходами и сокращать объемы собственных отходов.

# Полимеры в окружающей среде

Биополимер Polyhydroxyalkanoat (PHA) - материал с потенциалом будущего?

- Характеристики материала Polyhydroxybutyrat (PHB)
- + На биооснове и биоразлагаемый (даже в морской воде)
- + Не растворяется в воде во время использования
- + Прекрасные барьерные свойства против воздействия паров воды (важно для пищевых продуктов)
- Хрупкость, низкая эластичность
- Медленная кристаллизация и сильная пост-кристаллизация



# Полимеры в окружающей среде

Совершенствование процесса переработки PET (замкнутый контур)

Чем равномернее и качественнее отсортированы пластиковые отходы, тем лучше качество рециклятов, которые могут быть созданы на их основе (вплоть до качества нового продукта)!



- Введение
- Актуальные тенденции в сфере материалов
- Полимеры в окружающей среде - угроза отрасли?
- **Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном**
- Актуальные разработки в сфере аддитивного производства
- Индустрия пластмасс 4.0
- Выводы

# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

Преимущества и недостатки гибридов металла и пластика

- Металлический лист: доступная по цене прочность
- Литье под давлением: доступное по цене разнообразие форм, встроенный монтаж

Актуальные вызовы:

- Необходим промотор адгезии
- Относительно высокая плотность металла
- Собственное натяжение и опасность деформации, особенно при смене температуры



### Дуромеры



- Более низкая вязкость исходного мономера → лучшая микроинfiltrация
- Практически отсутствует ползучесть
- Более высокий E-Модуль



- Невозможно последующее изменение формы
- Не пригоден к сварке
- Время реакции больше времени охлаждения термопластов

### Термопласты



- Меньший E-модуль (компенсируется более высоким моментом инерции поверхности)
- Более высокая ползучесть
- Ограниченное погружение волокна



- возможно последующее изменение формы (после предварительного локального разогрева)
- пригоден к сварке
- Возможна полная переработка материала
- Время цикла (охлаждения) меньше времени для химической реакции
- Высокая ударопрочность

# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

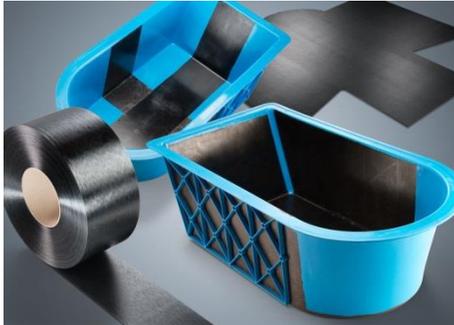
Усиленные непрерывными волокнами вкладыши в качестве замены металла

## Металлопластиковые гибридные компоненты



Усиленные непрерывными волокнами  
вкладыши в качестве замены металла

### Использование ленты



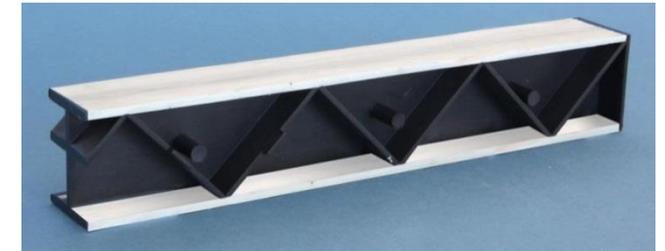
Низкая нагрузка

### Органолисты



От низкой до высокой  
нагрузки

### In-situ-пултрудат



высокие и сверх-  
высокие нагрузки

Фотоисточники: Dynamit Nobel Kunststoff GmbH, BASF SE, LANXESS

# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

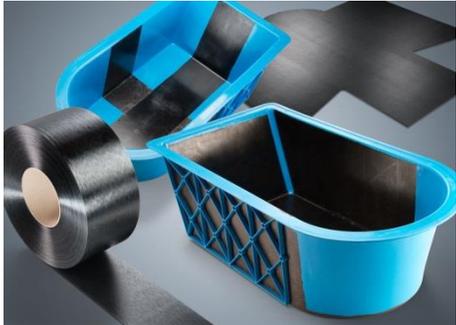
Усиленные непрерывными волокнами вкладыши в качестве замены металла

## Металлопластиковые гибридные компоненты



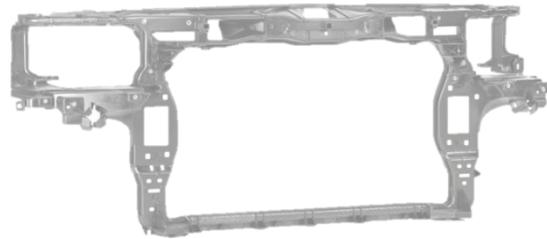
Усиленные непрерывными волокнами  
вкладыши в качестве замены металла

### Использование ленты



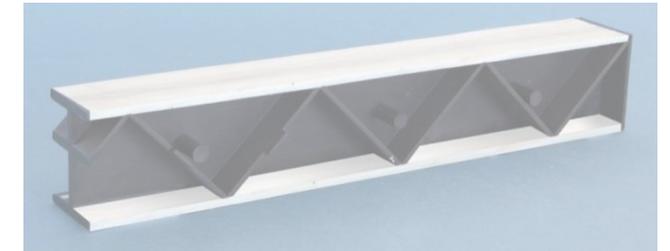
Низкая нагрузка

### Органолисты



От низкой до высокой  
нагрузки

### In-situ-пултрудат

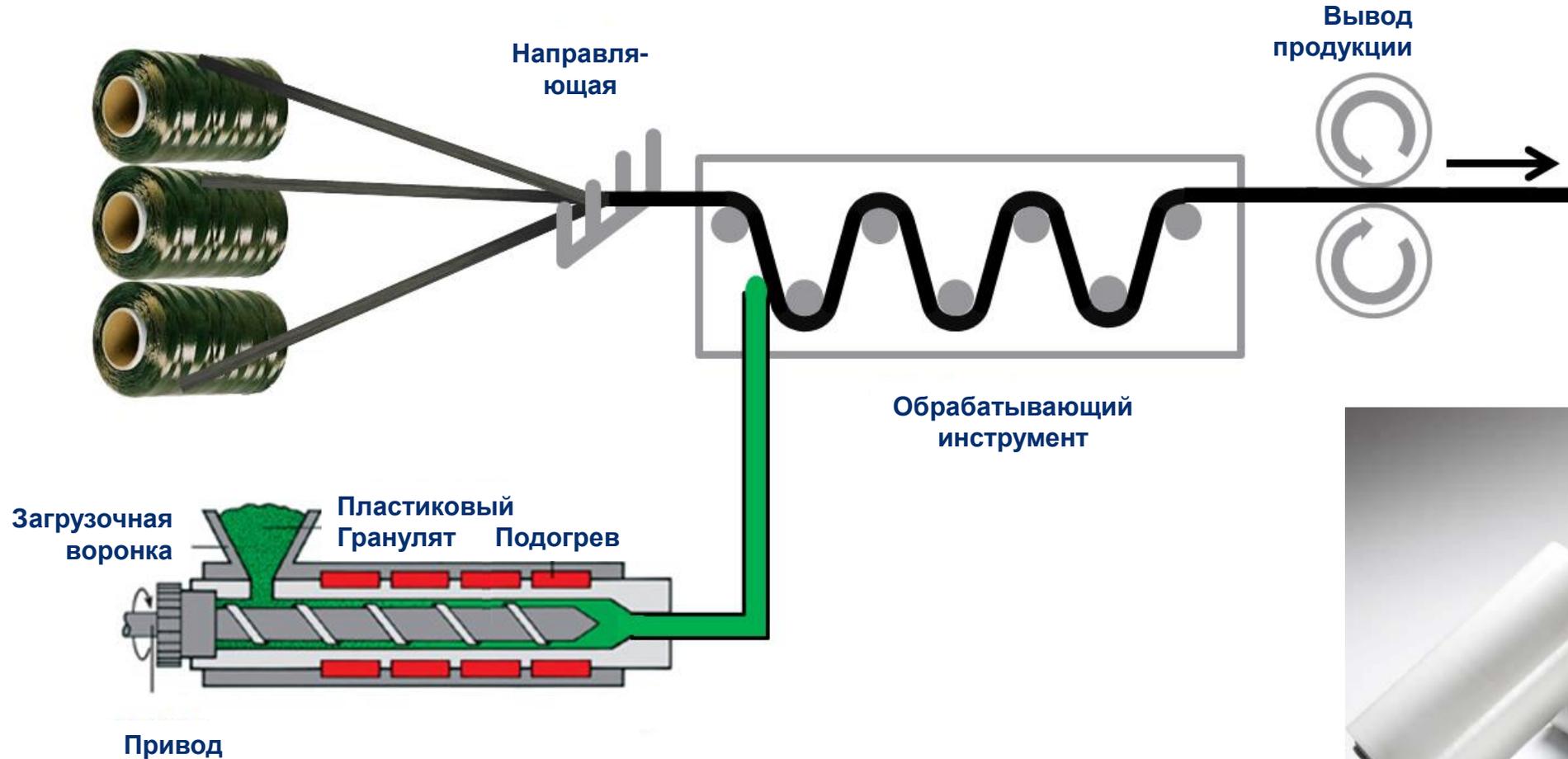


высокие и сверх-  
высокие нагрузки

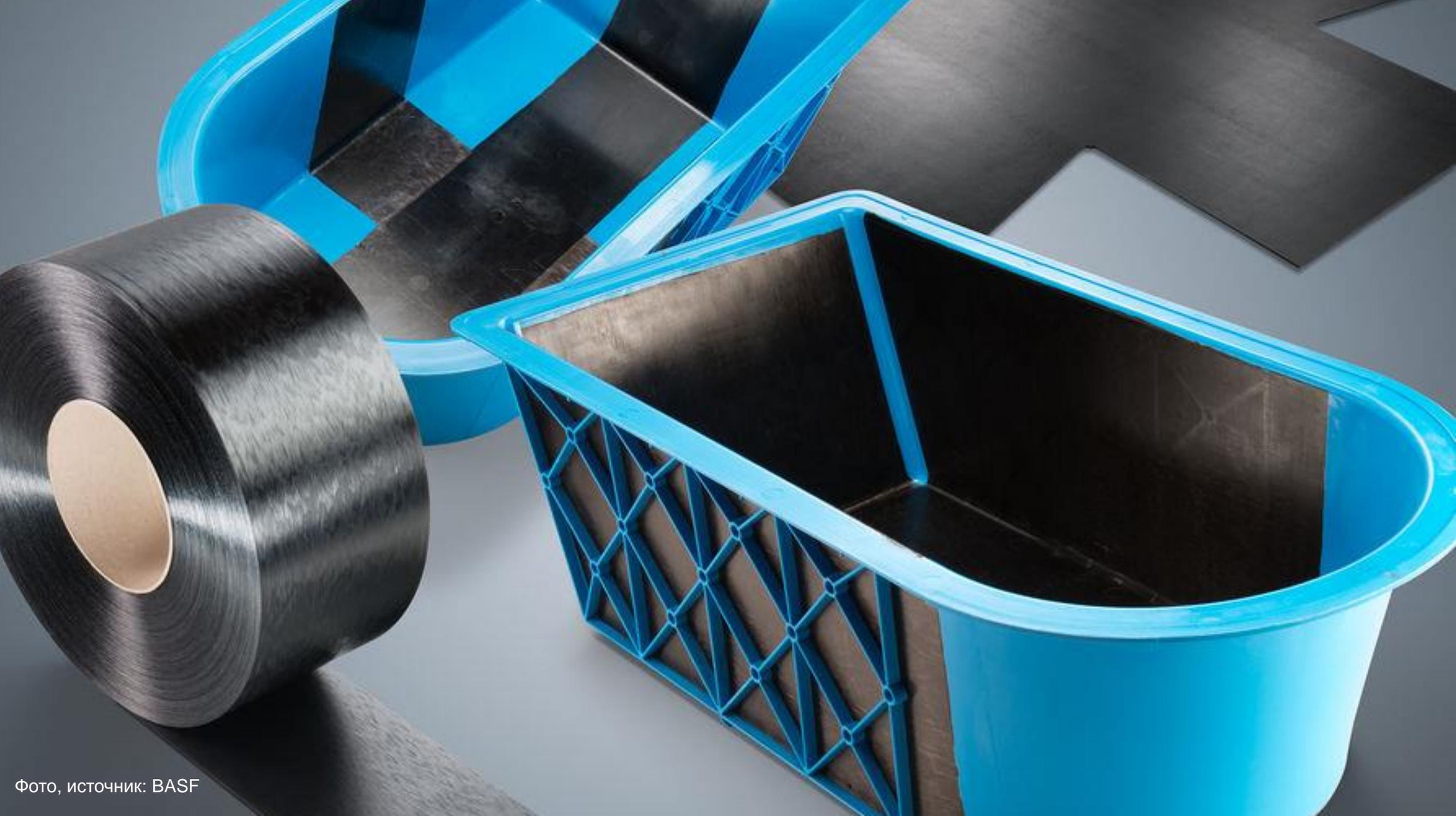
Фотоисточники: Dynamit Nobel Kunststoff GmbH, BASF SE, LANXESS

# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

Использование лент



Фото, источник: Celanese  
Фото, источник: Celanese



# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

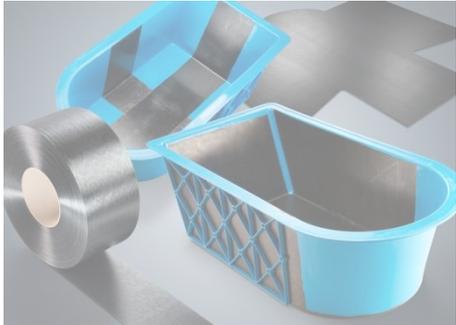
Усиленные непрерывными волокнами вкладыши в качестве замены металла

## Металлопластиковые гибридные компоненты



Усиленные непрерывными волокнами  
вкладыши в качестве замены металла

### Использование ленты



Низкая нагрузка

### Органолисты



От низкой до высокой  
нагрузки

### In-situ-пултрудат



высокие и сверх-  
высокие нагрузки

Фотоисточники: Dynamit Nobel Kunststoff GmbH, BASF SE, LANXESS

# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

Технологические процессы для углепластиков CFK / полуфабрикатов



Фото, источник:  
KraussMaffei

# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

Технологические процессы для углепластиков CFK / полуфабрикатов

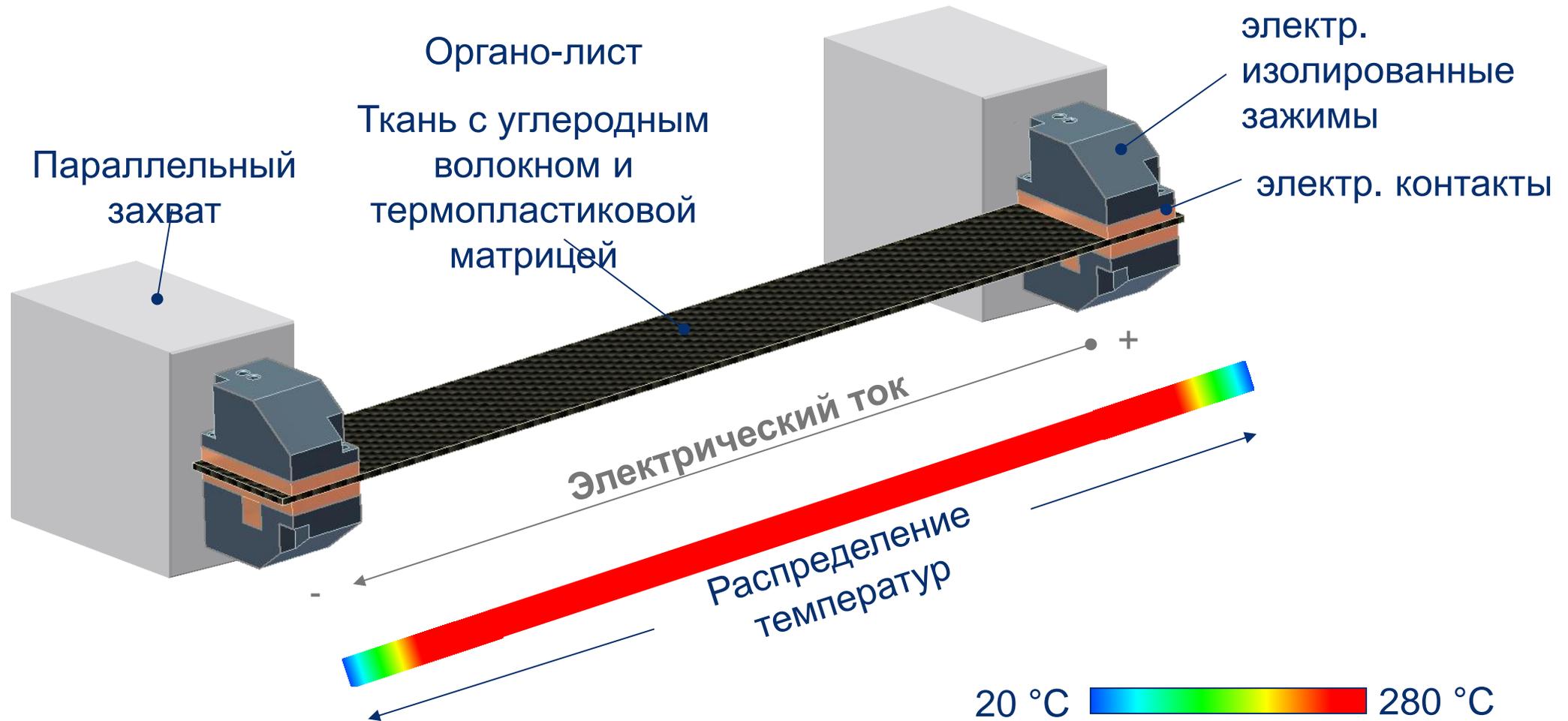


Фото, источник: KraussMaffei

# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

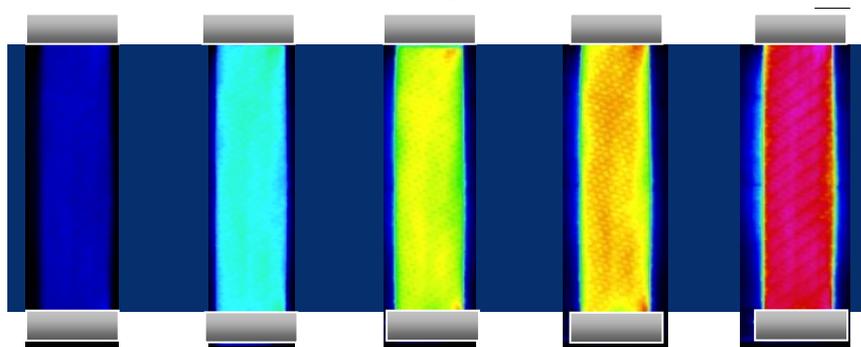
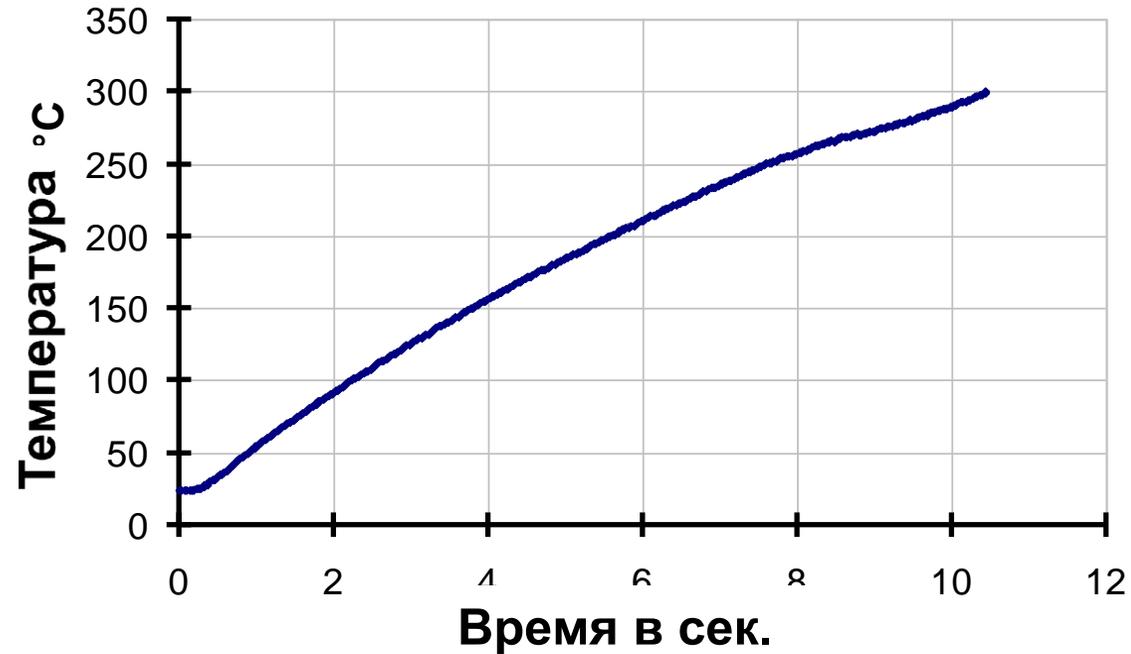
Технологические процессы для углепластиков CFK / полуфабрикатов

Новшество: создание электрического напряжения на контактах-использование электрической потери тепла



# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

Быстрое нагревание с небольшим количеством энергии возможно изнутри



Terex® dynalite 201-C200/50% 25 x 150 x 0,5 мм<sup>3</sup>

# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

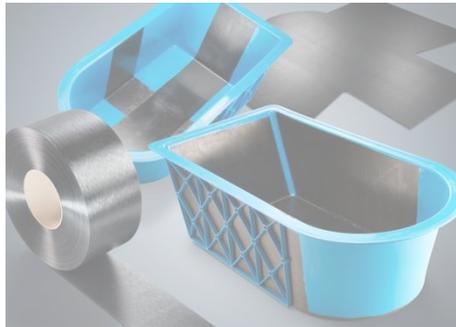
Усиленные непрерывными волокнами вкладыши в качестве замены металла

## Металлопластиковые гибридные компоненты



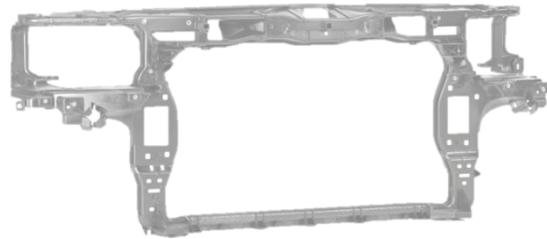
Усиленные непрерывными волокнами  
вкладыши в качестве замены металла

### Использование ленты



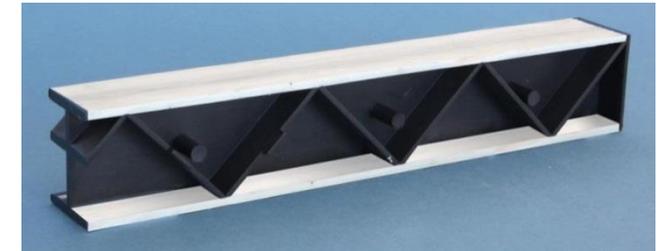
Низкая нагрузка

### Органолисты



От низкой до высокой  
нагрузки

### In-situ-пултрудат



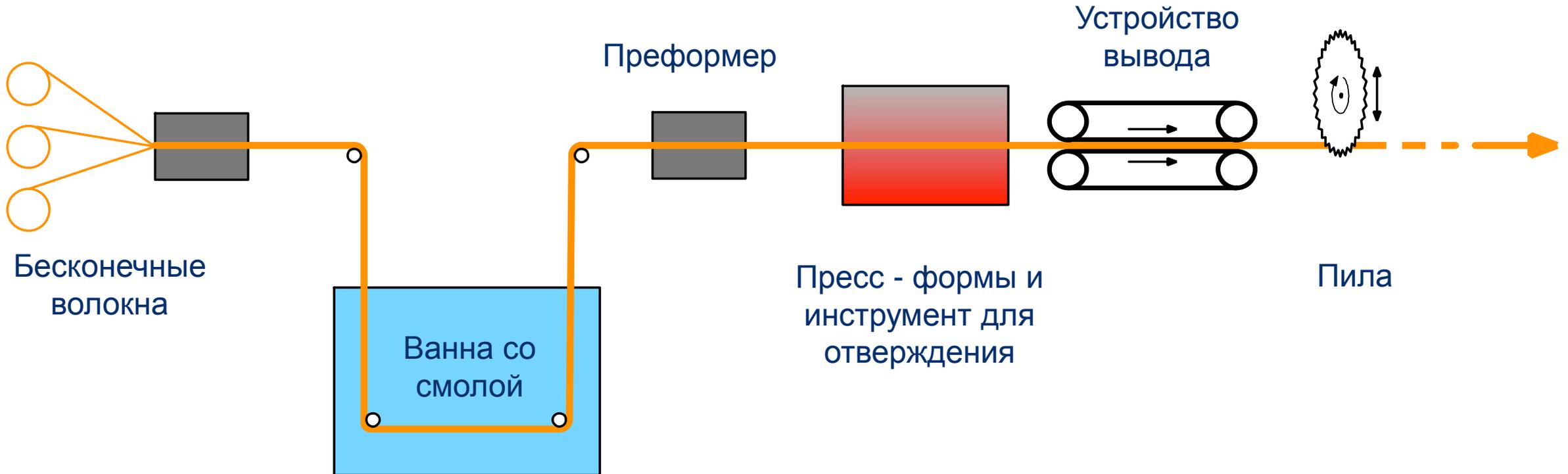
высокие и сверх-  
высокие нагрузки

Фотоисточники: Dynamit Nobel Kunststoff GmbH, BASF SE, LANXESS

# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

Традиционная пултрузия дуромеров

Непрерывный процесс производства бесконечного волокна Duromer



# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

Цель: создать термопластичный пултрудат

Цель: создать термопластичный пултрудат

- Однородность материала с нанесенным материалом
- Возможность переработки
- Свариваемость

Постановка задачи

- Вымачивание и смачивание волокон с помощью плавкой термопластичной матрицы выглядит проблематично
- Ограниченная сложность конфигурации профиля

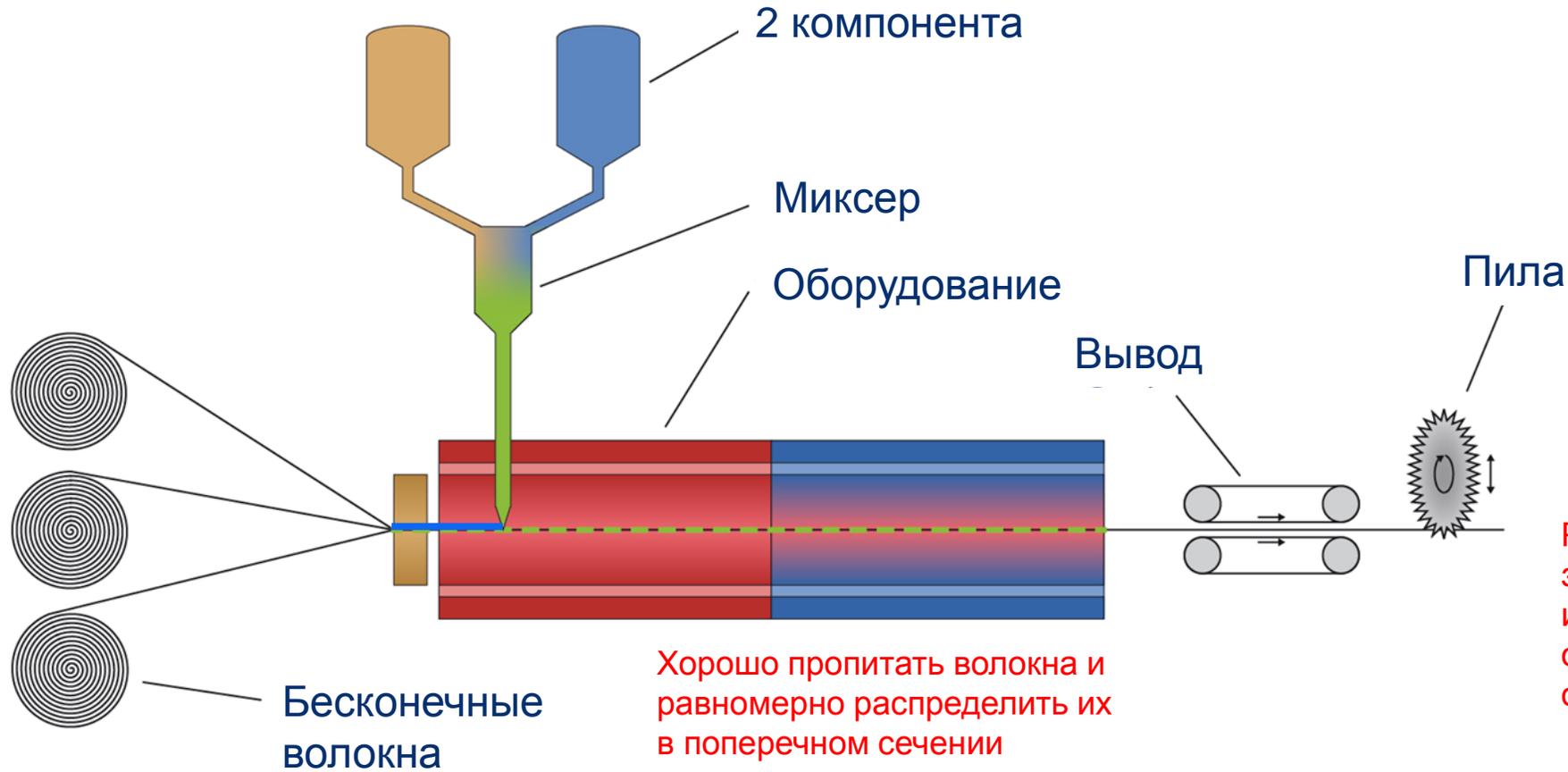
Подход к решению

- Непрерывная анионная полимеризация PA6 во время формования
- Низковязкие мономеры: легкое вымачивание волокна
- Реакция инструмента на термопластичную матрицу PA6
- Разнообразие форм расширяется за счет более позднего заднего впрыска пултрудата



# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

Схема пултрузии на месте, от  $\epsilon$ -Caprolactam до полиамида 6

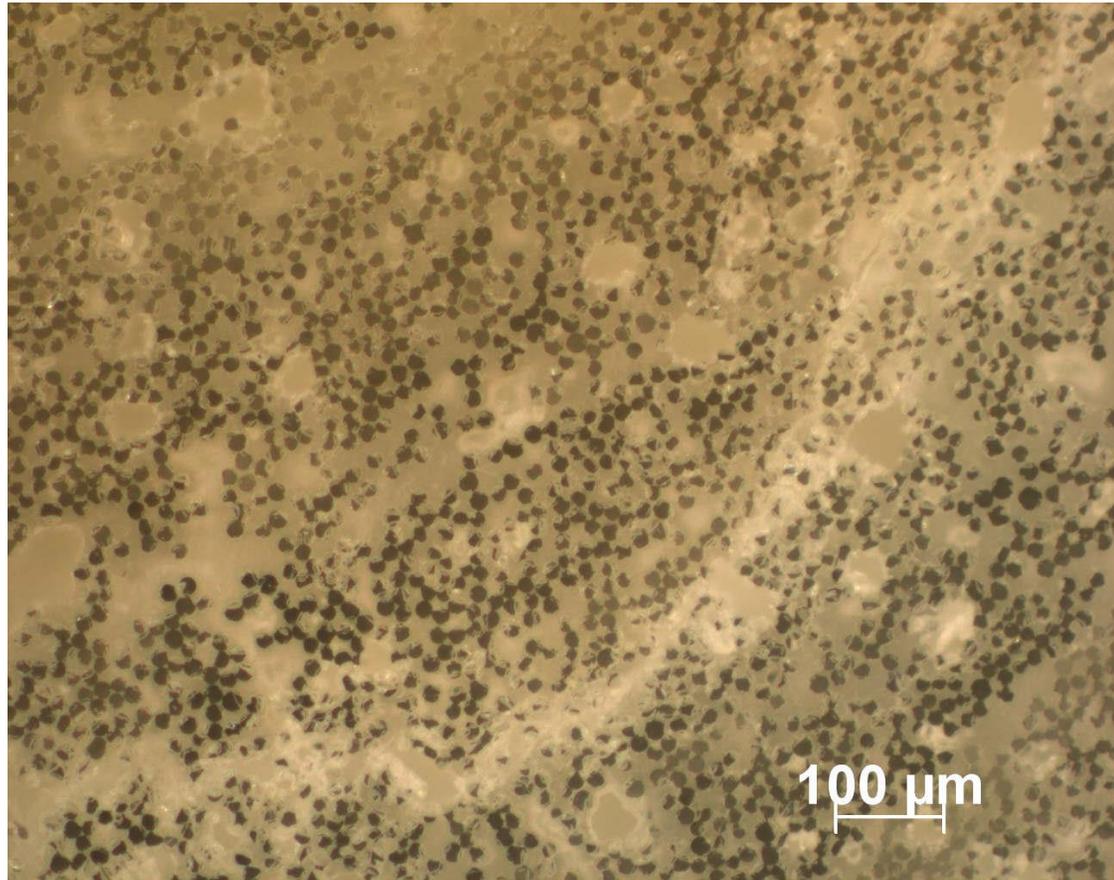


Исключить попадание влаги



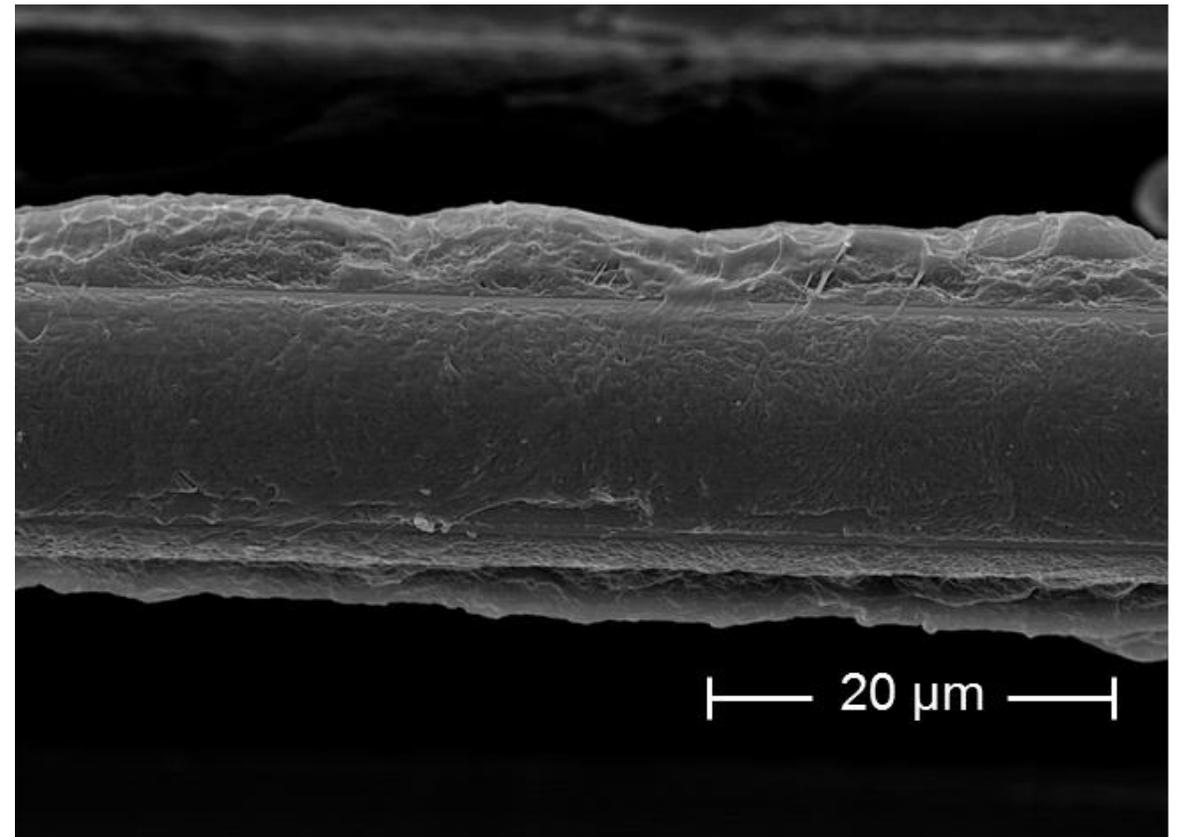
# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

Распределение волокно-матрица и адгезия волокно-матрица в термопластичных экструдатах



Стекловолокно с PA6

Стекловолокно с PA6



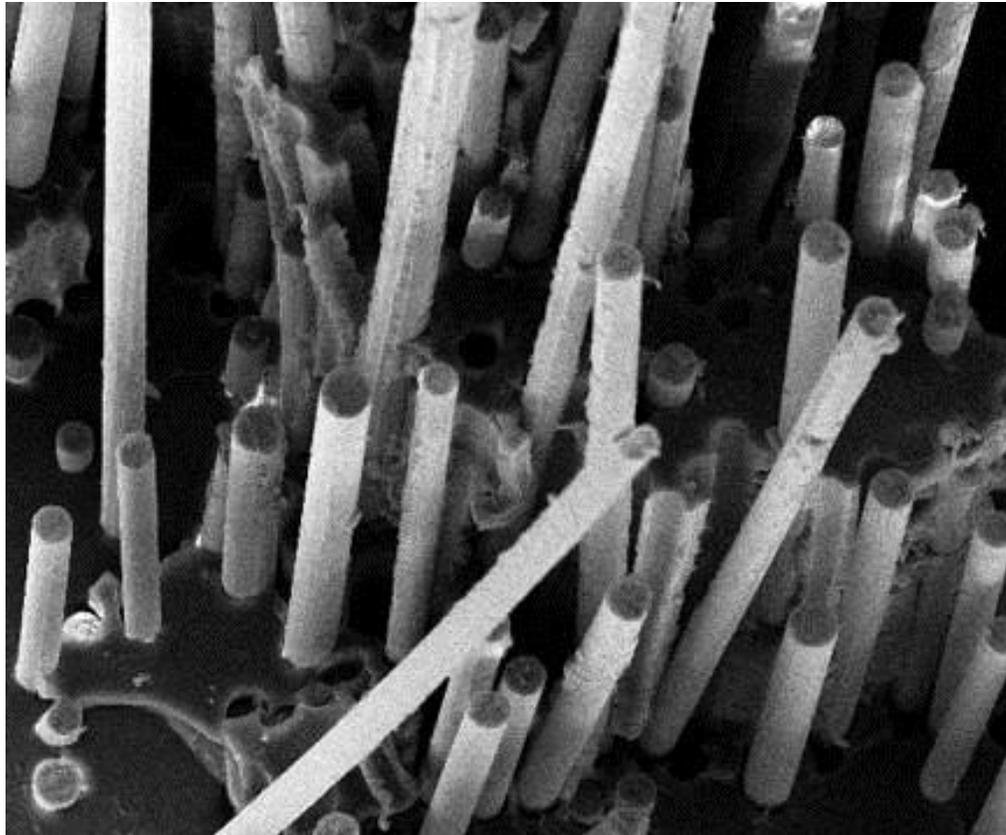
# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

Преимущество пултрузии на месте по сравнению с экструзией-пултрузией

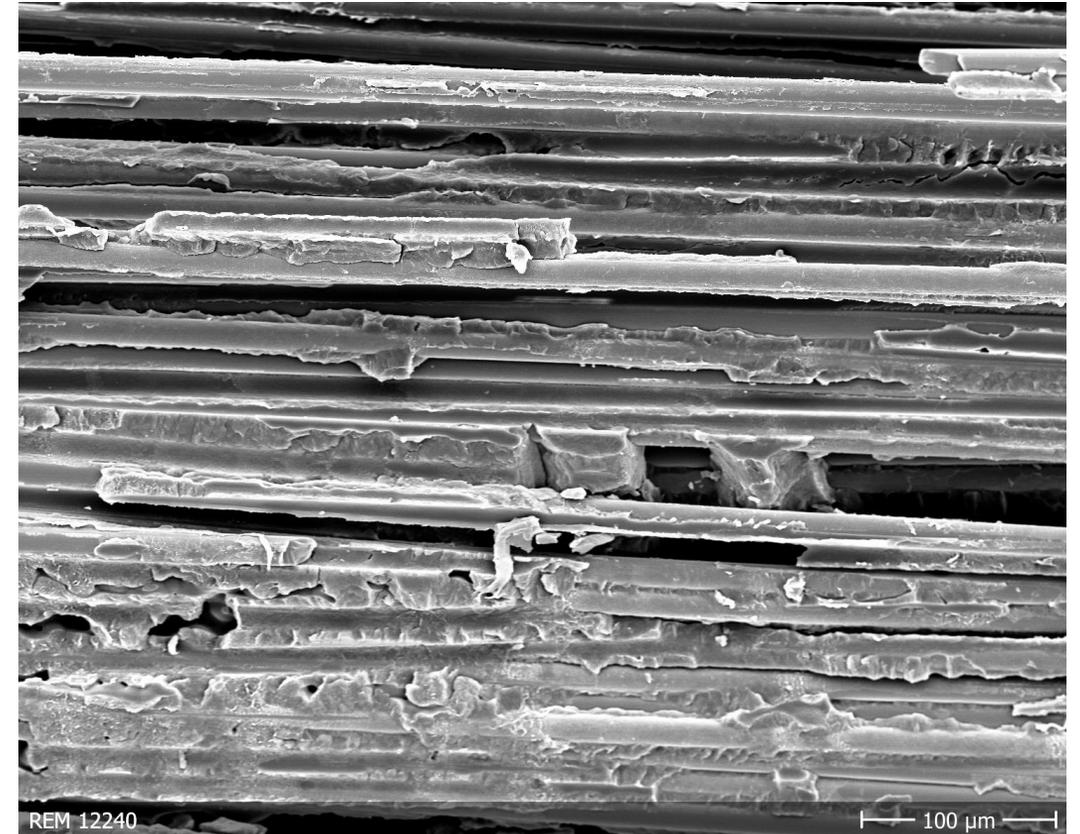
Экструзия- пултрузии PA6:

Плохая адгезия

Пултрузия на месте: от Caprolactam к PA6:  
очень хорошая микрофилтрация с очень  
хорошей адгезией



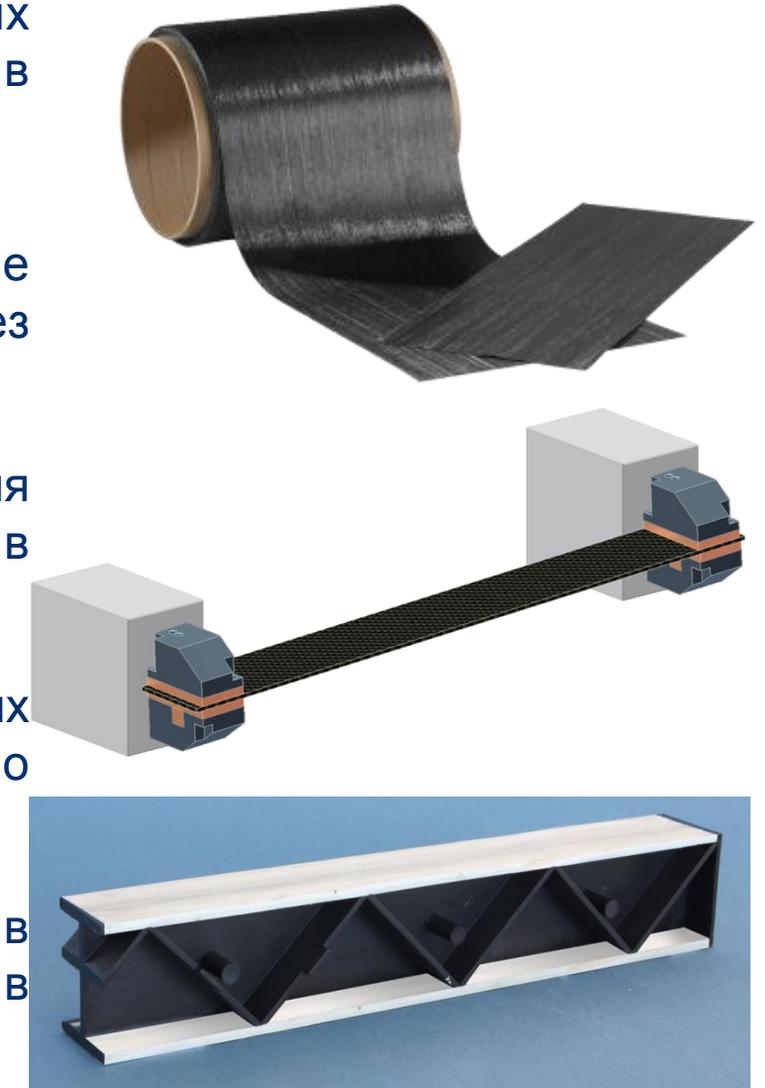
Фото, источник: Technoform Kunststoffprofile GmbH



# Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном

## Промежуточные выводы

- В будущем композитные волокна в качестве легких строительных решений будут все более широко использоваться в автомобилестроении и авиации.
- В частности, заказчики от автомобилестроения ожидают еще больше решений на основе термопластов, и, по возможности, без использования металлических вкладок.
- Применение локально наносимых волокнистых пленок для малоактивных деталей. Производство ленты может контролироваться в потоке.
- Использование органо-листов для деталей, испытывающих повышенные нагрузки. При нагреве за счет электропотерь можно сократить процесс, исключив два производственных этапа.
- Применение термопластов, полученных на основе пултрузии на месте в качестве замены металла: изделия с максимальным наполнением, в виде микрофильтрованных вставок в литых деталях.



- Введение
- Актуальные тенденции в сфере материалов
- Полимеры в окружающей среде - угроза отрасли?
- Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном
- Актуальные разработки в сфере аддитивного производства
- Индустрия пластмасс 4.0
- Выводы

Большая свобода дизайна

Новые технологии  
и актуальные тенденции

# Аддитивное производство

Обработка порошка

### Прототипы



### Индивидуализация

### Модели

### Титановый держатель кабины типа "Кронштейн"

Экономия веса > 30 %  
A350 XWB

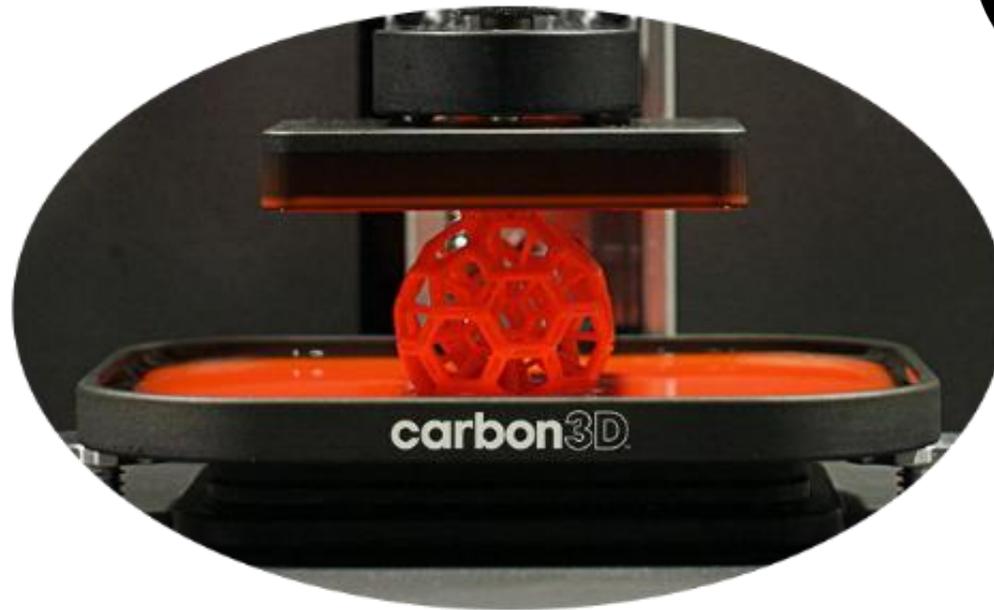


### Рынок запасных частей

[Фотоисточники: BMW, pixabay, Concept Laser]

материалы, полученные на  
основе UV-отверждения

непрерывный процесс



Adidas: 100.000 пар  
обуви в 2018 году

высокая скорость процесса

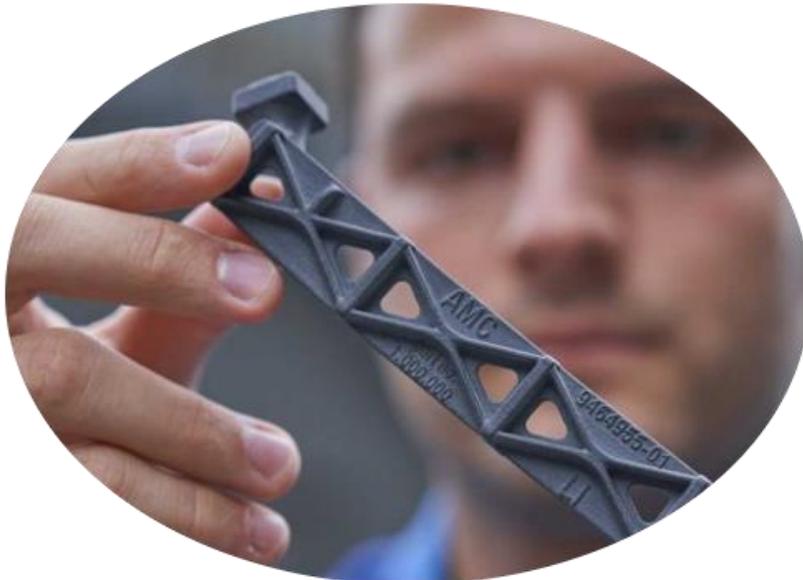
Ступени процесса размыты  
Минимизация «эффекта ступеней»

[Фотоисточники: carbon3D, Adidas]

поверхностный нагрев порошка

Polyamid 12

до 10 % быстрее других технологий



Начало серийного производства

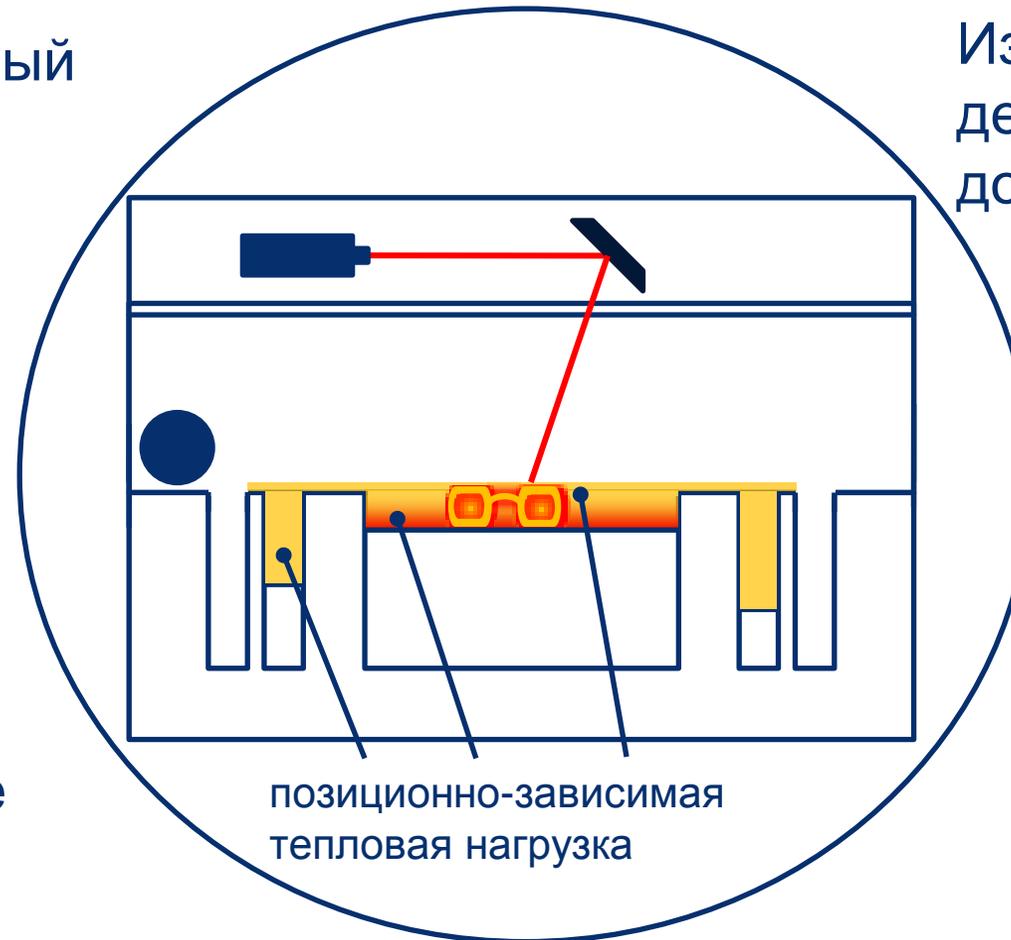
„BMW (2018): один миллион деталей на основе 3D- печати за десять лет“

[Фотоисточники: K-Zeitung, HP]

Селективное лазерное спекание: обработка дорогих порошковых отходов

термально поврежденный порошок может быть использован повторно

Изменение качества детали за счет включения доли порошка



позиционно-зависимая  
тепловая нагрузка

Улучшение свойств старого порошка за счет технологий подготовки

Документирование эффекта старения

Смешивание рециркулированного порошка и нового порошка

- Введение
- Актуальные тенденции в сфере материалов
- Полимеры в окружающей среде - угроза отрасли?
- Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном
- Актуальные разработки в сфере аддитивного производства
- **Индустрия пластмасс 4.0**
- Выводы

Использование традиционных машинных данных

Всесторонний охват и оценка данных об оборудовании и процессах

- Более эффективное отслеживание производственных данных,
- Производные меры контроля качества и процесса,
- Упрощение пересчета для каждого заказа,
- Более быстрая и простая перенастройка.

# Индустрия 4.0?



Фото, источник: Arburg

# Индустрия пластмасс 4.0

«Умные», самонастраивающиеся процессы („Smart Machines“)

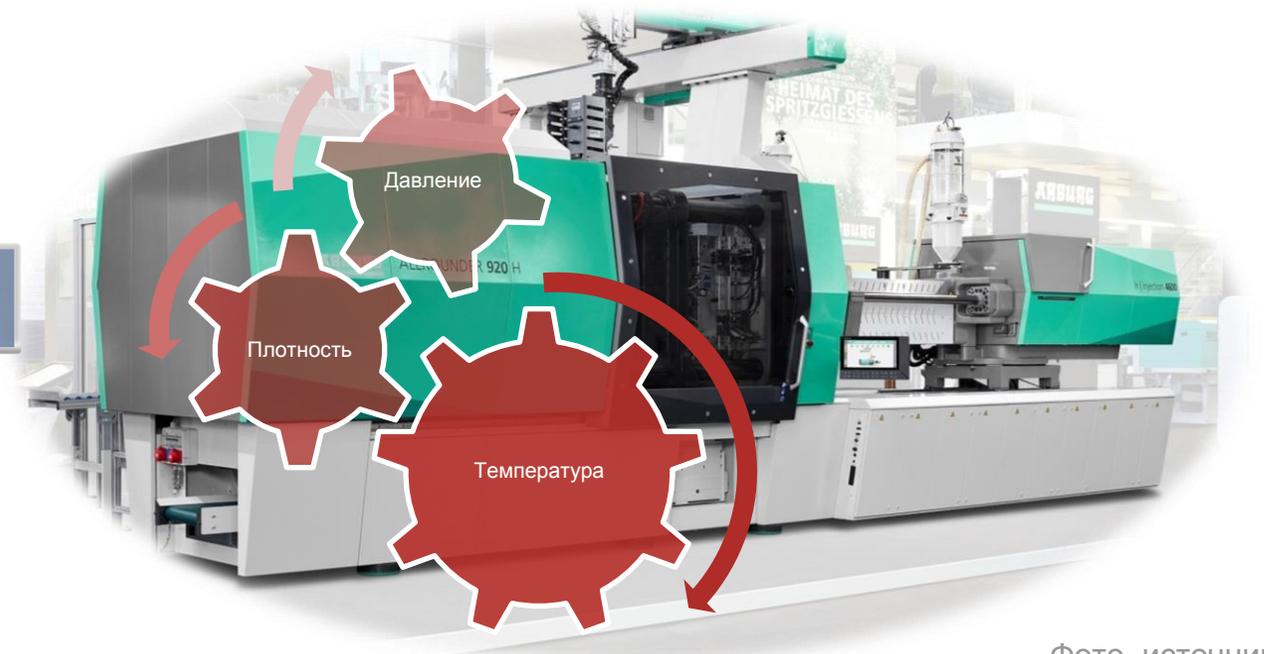
«Умные», самообучающиеся системы используют множество данных о процессе

- автономная оптимизация оборудования за счет контроля состояния машин
- предиктивное обслуживание.

+KI

Искусственный  
интеллект

# Индустрия 4.0!



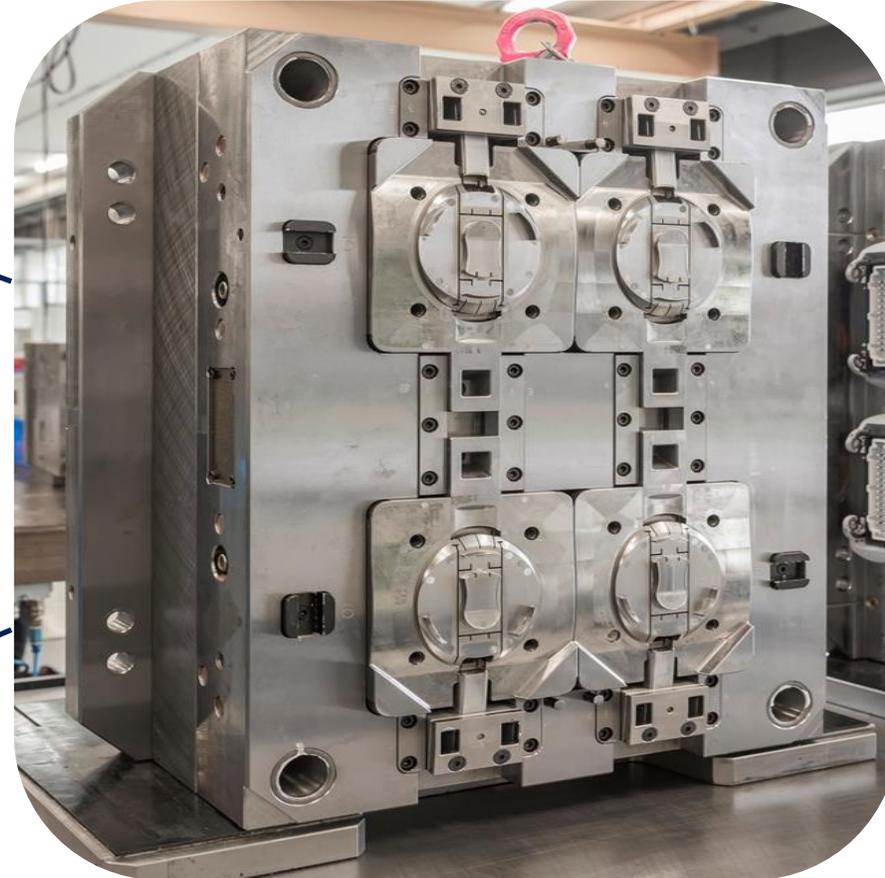
Фото, источник: Arburg

# Индустрия пластмасс 4.0

«Умное», самонастраивающееся оборудование: установка для литья под давлением 4.0 („Smart Tools“)

Автоматическое распознавание, выбор и встраивание в нужную установку с помощью RFID-чипа.

«Умные» датчики со встроенной обработкой данных обеспечивают предиктивное обслуживание



Передача данных для отслеживания параметров производства.

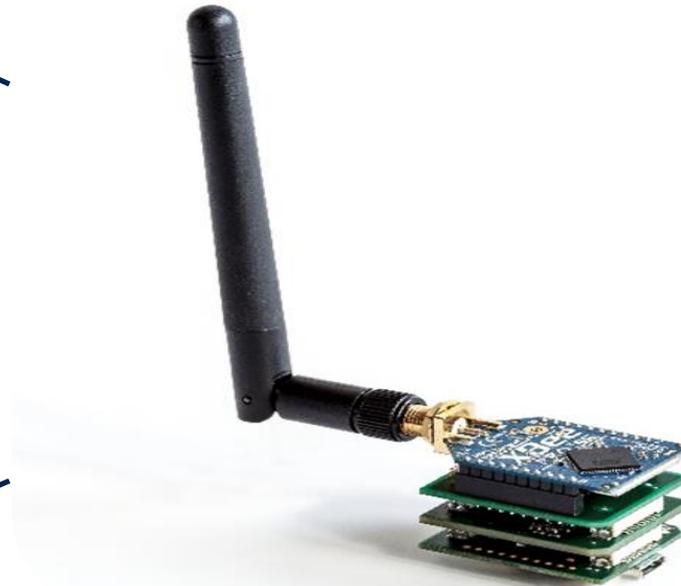
Автоматическая передача оптимальных настроек процесса на литейную установку.

«Умные» датчики со  
встроенной обработкой  
данных

Обнаружение  
критичных /  
неблагоприятных  
условий работы  
машины из меняющихся  
данных

Передача текущих  
производственных  
данных

Автономный контроль  
техобслуживания  
оптимизирует сроки  
техобслуживания и  
ремонта



Датчики установлены в критических  
местах экструдера.

Фото, источник: Plastverarbeiter

# Индустрия пластмасс 4.0

Сегодня: традиционные технологии сбора данных

Полный сбор производственных данных для:

- более эффективного отслеживания производственных данных,
- Оптимизации загрузки оборудования,
- Улучшения внутренней логистики (Workflow).



Фото, источник: Kimberly Wittlieb

# Индустрия пластмасс 4.0

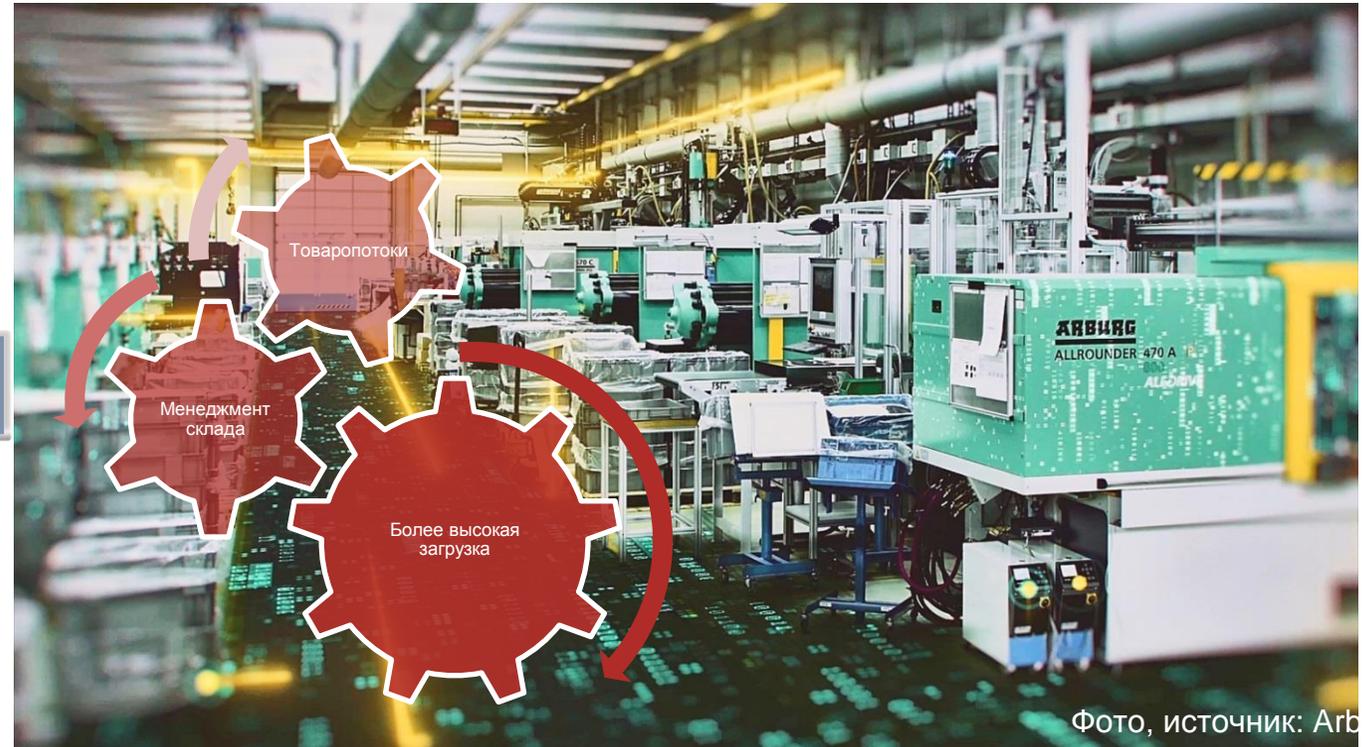
Завтра: «Умное производство» („Smart Produktion“)

- Использование многих собранных эксплуатационных данных, в том числе за пределами машины
- автономная оптимизация рабочего процесса ,
- увеличение загрузки оборудования, оптимизация потоков и складирования,
- Единая сеть оборудования плюс периферия (цель: еще более высокая загрузка производства).

+KI

Искусственный  
интеллект

# Индустрия 4.0!



Фото, источник: Arb

# Индустрия пластмасс 4.0

Повышение безопасности производства: контроль процессов и предиктивное обслуживание

e-connect.monitor в качестве оптимального решения для анализа критически важных компонентов оборудования

Контроль процессов с помощью встроенных датчиков



«Умные» датчики со встроенной обработкой данных обеспечивают предиктивное обслуживание

Управление процессом, автоматически адаптирующее параметры загрузки

Быстрая замена цвета,  
в зависимости от заказа

Технологическая ячейка  
с полностью  
автоматической сменой  
вставок инструментов.



Фото, источник: Walter Pack Group

Широкое разнообразие  
вариантов, малые  
партии продукции

Индивидуальные  
функции и создание  
декора за один шаг

Системы, доступные извне, отрывают новый потенциал развития.

- Традиционно: производитель поставляет сырьё автоматически, как только бункеры пусты ("Vendor Managed Inventory")
- Индустрия 4.0: производители сырья могут получать информацию о процессах от всех своих клиентов, получая возможность обучаться и улучшать процессы производства.

+KI

Искусственный  
интеллект

**Риски: Безопасность данных!**



R

Производители  
сырья



Фото, источник: Arburg

# Индустрия пластмасс 4.0

Обмен данными за пределами предприятия

Системы, доступные извне, отрывают новый потенциал развития:

- Производитель машины обеспечивает быстрое дистанционное обслуживание, включив оборудование
- Производитель станков может изучать и улучшать многие параметры станков, используя различные материалы для всех своих клиентов
- (в том числе, возможно „предотвращение“ ошибок).

+KI

Искусственный  
интеллект

**Риски: Безопасность данных!**

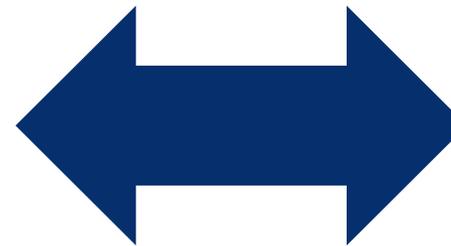


Фото, источник: Arburg

Системы, доступные извне, отрывают новый потенциал развития:

- Заказчик может стать производящим потребителем, англ. „Prosumer“ («producing consumer»).
- Риск „прозрачности“ для переработчика: например, заказчик может использовать данные производительности, страх перед «работой по указке»

**Риски: Безопасность данных!**

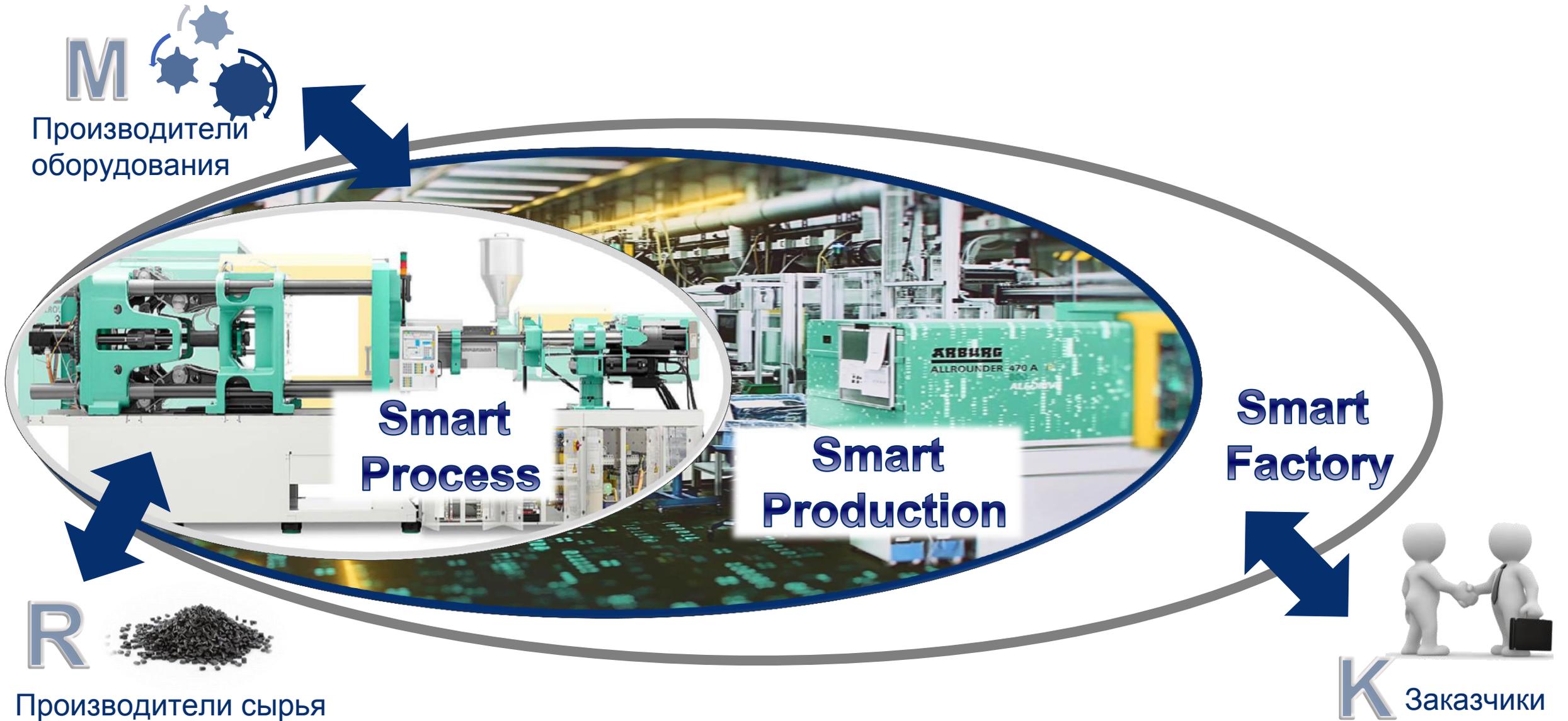


**К**  
Заказчик

Фотоисточники: unternehmer.de; Arburg

# Индустрия пластмасс 4.0

Различные этапы на пути к Полимерной индустрии 4.0



Фото, источник: Arburg

Индустрия 4.0 работает только в том случае, если данные и информация могут передаваться между машинами и периферийными устройствами. Это требует стандартизации интерфейсов отдельных устройств!

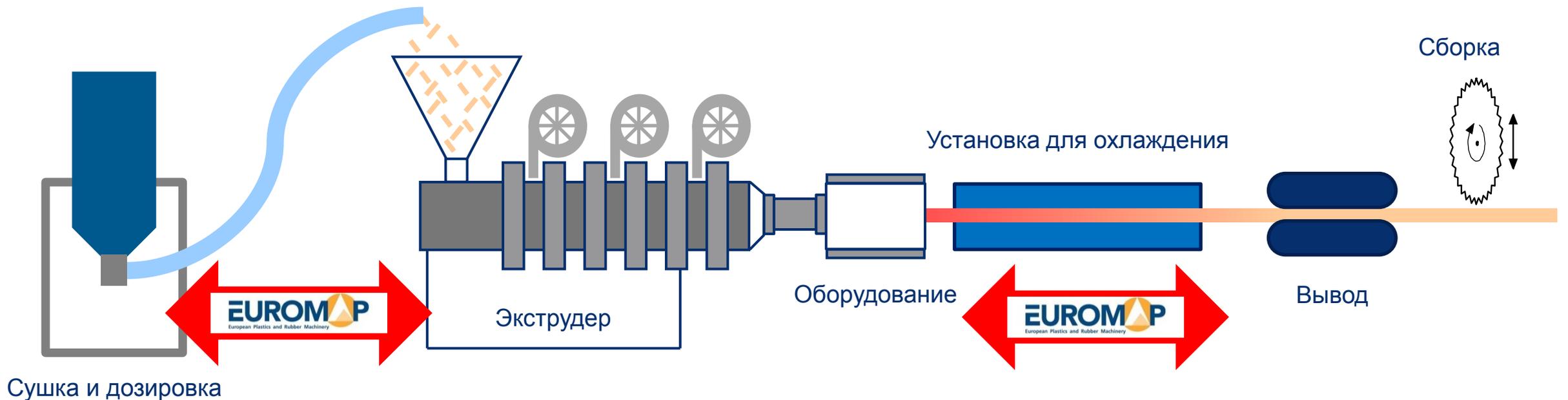
→ Стандарт интерфейса European Plastics and Rubber Machinery (EUROMAP) на базе OPC-UA.

Интерфейс	Сфера применения
EUROMAP 83	Общее (базовый интерфейс)
EUROMAP 77	Литье под давлением
EUROMAP 84	Экструзия
EUROMAP 82.x	Периферия



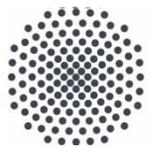
Индустрия 4.0 работает только в том случае, если данные и информация могут передаваться между машинами и периферийными устройствами. Это требует стандартизации интерфейсов отдельных устройств!

→ Стандарт интерфейса European Plastics and Rubber Machinery (EUROMAP) на базе OPC-UA.



- Введение
- Актуальные тенденции в сфере материалов
- Полимеры в окружающей среде - угроза отрасли?
- Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном
- Актуальные разработки в сфере аддитивного производства
- Индустрия пластмасс 4.0
- Выводы

- Никаких квантовых скачков за счет новых материалов, улучшения производятся в деталях!
- Полимеры в окружающей среде на самом деле влияют на отрасль и могут привести к сокращению бизнеса.
- Облегченные конструкции с термопластами на основе композитов с полимерным волокном в качестве замены металлов все чаще реализуются на основе лент, органо-листов и пултрудатов.
- Аддитивное производство постепенно становится дополнением к серийному производству.
- Индустрия пластмасс 4.0 позволяет еще больше повысить уровень автоматизации, загрузки оборудования и улучшить качество продукции!



Universität Stuttgart  
Institut für Kunststofftechnik

**IKT** KUNSTSTOFF  
TECHNIK  
STUTT GART



Инновационные материалы  
Прогрессивные технологии  
Сферы применения будущего

Интерпластика, 30.01.2019

Проф. Др.инж. наук  
Кристиан Бонтен/  
Christian Bonten