

# Технология и оборудование для переработки высокотемпературных фторполимеров

---

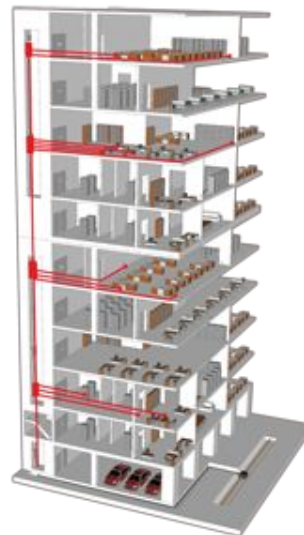
*ВСЕРОССИЙСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС,  
Москва - март 2017*

*Рамиро Родригез / Александр Чамов*

# FER - Использование фторполимеров

## Качество кабеля - Пожаробезопасность - Теплостойкость

- Огнестойкие кабели для межпотолочных пространств - критический элемент в предотвращении распространения пожара в здании.
- По требованиям некоторых стандартов телекоммуникационные кабели должны быть огнестойкими.
- Огнестойкость обеспечивается использованием специальных материалов (FER) и конструкций кабеля.
- Поэтому Maillefer предлагает решения для переработки фторполимеров.



# FER - Применение фторполимеров

---

- Специальные теплостойкие кабели
- Военное применение
- Авиация и космонавтика
- Автопровода, новые стандарты, передача данных
- Нефтедобыча, геология
- И т.п.

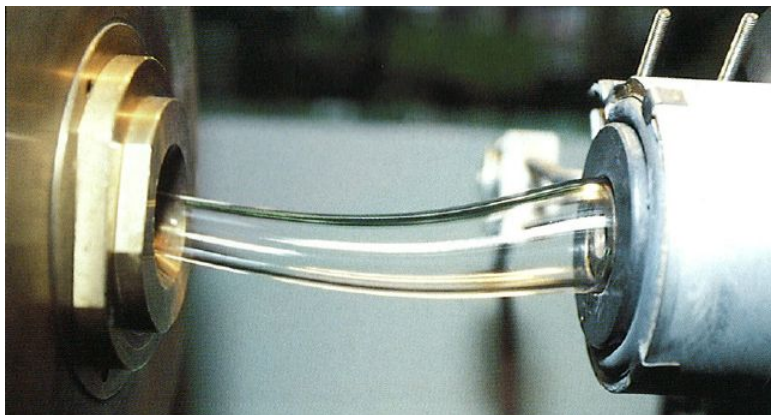
# Основные типы фторполимеров

---

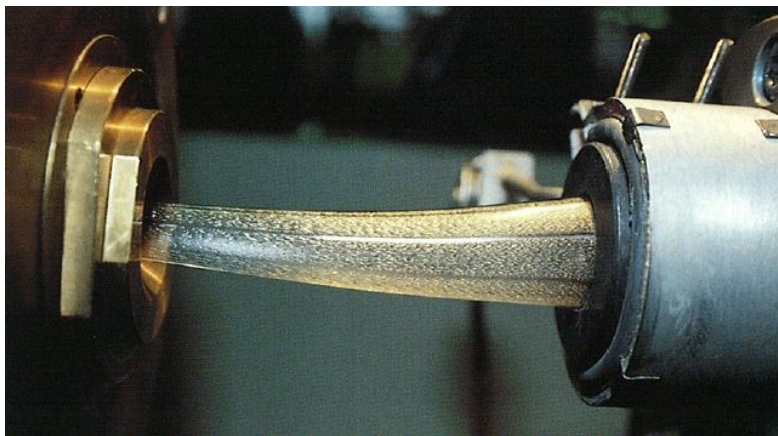
- PTFE Polytetrafluorethylen / Политетрафторэтилен
- FEP Fluor Ethylen-propylen / Фтор Этилен-Пропилен
- ETFE Copolymer Ethylen-Tetrafluoroethylen /  
Сополимер Этилен Тетрафторэтилена
- ECTFE Ethylen-chlorotrifluorethylen /  
Этилен-хлортрифторэтилен
- MFA TFE/Perfluoromethylvinyléther  
TFE/Перфторметилвинилэфир
- PFA Perfluoroalkoxy / Перфторалкокси
- PVDF Polyvinlyden-fluoride / Поливинилиденфторид

# Коэффициент сдвига и разрыв расплава

---

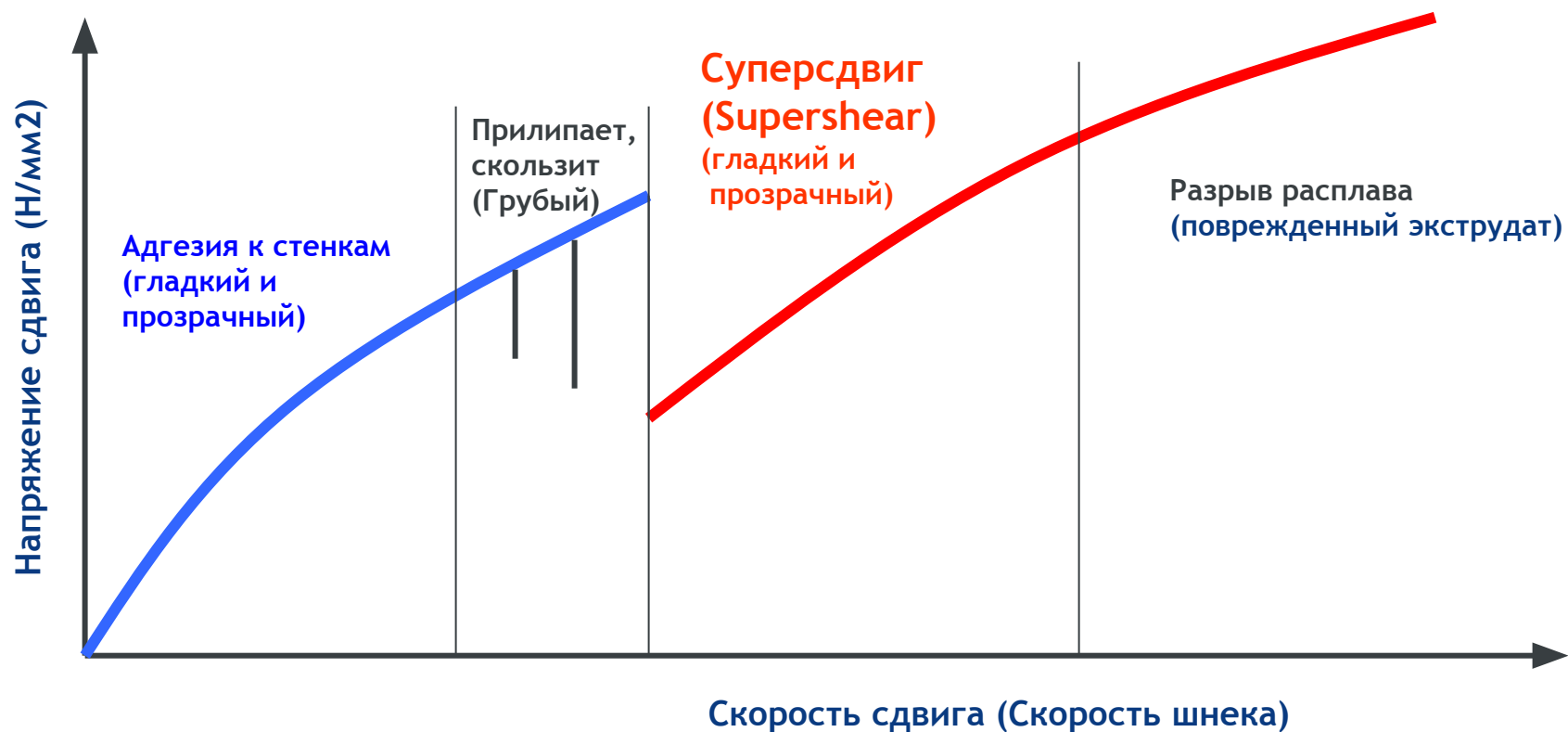


Типовая экструзия трубкой  
без разрыва расплава



Типовая экструзия  
трубкой  
с разрывом расплава

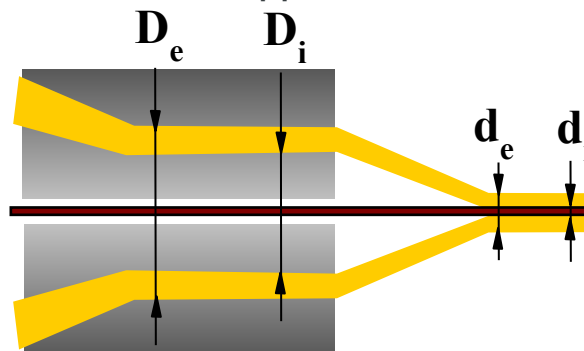
# Напряжение сдвига в зависимости от скорости сдвига «Суперсдвиг»



# Расчет инструмента: DDR

- DDR= “Draw Down Ratio (коэффициент вытяжки)”
- Это соотношение сечения инструмента и сечения изделия.

$$DDR = \frac{D_e^2 - D_i^2}{d_e^2 - d_i^2}$$

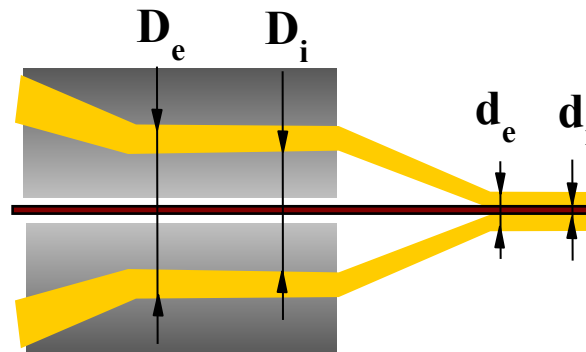


- Когда DDR высокий: Ниже напряжение сдвига в инструменте, но выше напряжение удлинения.
- Обычное значение для сплошной изоляции FER: 80-120; PFA до 200 (в зависимости от размера изделия и производственной скорости).

# Расчет инструмента : DRB

- DRB= “Draw Ratio Balance (Коэффициент баланса вытяжки)”  
(Коэффициент степени удлинения)

$$DRB = \frac{D_e}{D_i} \cdot \frac{d_i}{d_e}$$



- Коэффициент DRB описывает сходство между инструментом и изделием, следовательно соотношение между коэффициентом удлинения на входе и выходе продукта.
- DRB < 0.9: Неровности изоляции, смятие
- DRB > 1.15: Разрыв конуса



# Рабочая скорость

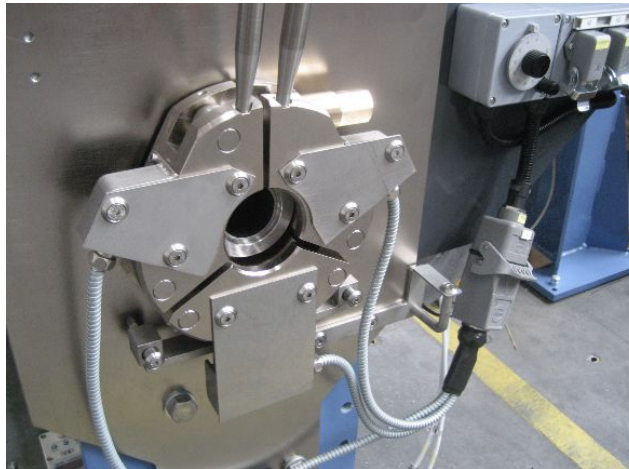
---

- Рабочая скорость зависит не только от производительности экструдера.
- Важными факторами являются Критическая скорость сдвига, коэффициенты DDR и DRB. Это означает, что определяющим условием является размер инструмента и, как следствие, размер экструзионной головки.
- Только после этого мы можем выбрать подходящий размер экструдера.

# Высокотемпературная экструзия фторполимеров

## Экструзионная группа

- Основной экструдер: МХС 45-30D “F”
- Доп. экструдер NMA 30-24D “F”
- Головка ЕСН 3/9 “F”



# Экструдер NMC 45-30D

## Вспененный + сплошной

Цилиндр



Тип Гладкий

Варианты Для сплошного или вспененного фторполимера

Материал Биметаллическая  
внутренняя часть

Втулка Reiloy R115  
твердость 52 - 55 HRC

Соед. фланец Никелированный

Шнек



FEP

Тип Lisa для сплошного или вспененного FEP

Материал Inconel

Твёрдость 35 HRC

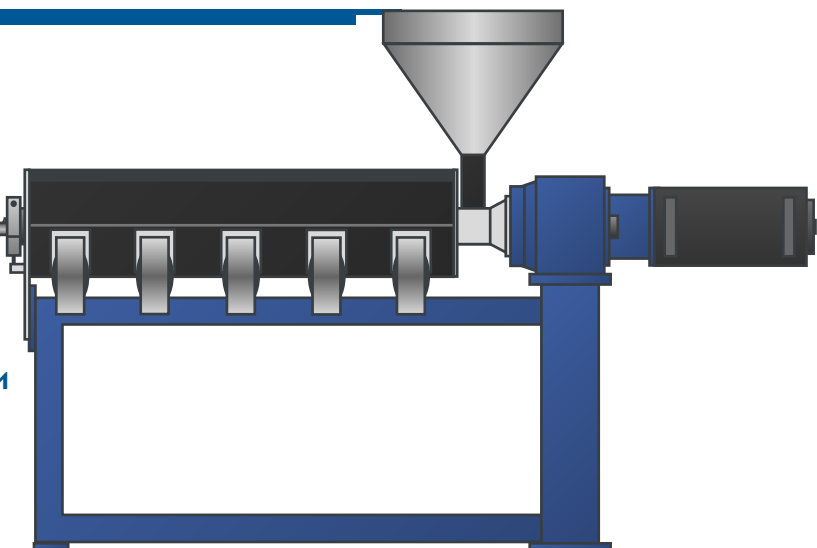
PE

Тип Gisele FD

Материал Азотированная сталь

Поверхностная твёрдость 1000 HV

Защит. покрытие витков Stellite 6



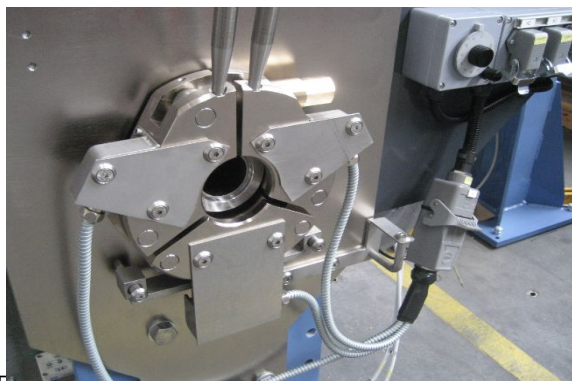
Экструдер

Система нагрева/охлаждения до 400°  
C (750 °F)

6 зон нагрева (5 цилиндр, 1 хомут)

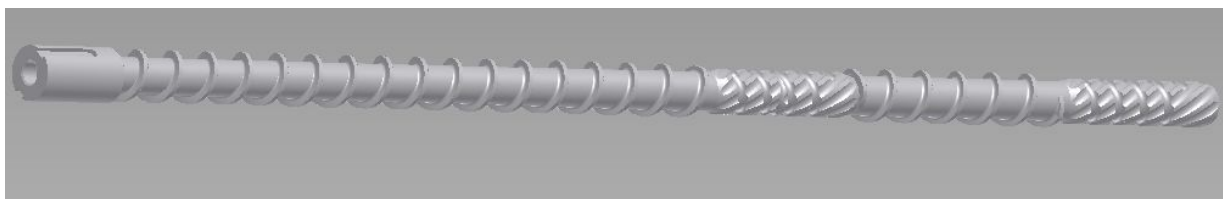
Хомут - Никелированный или  
Инконель

Никелированная передняя панель



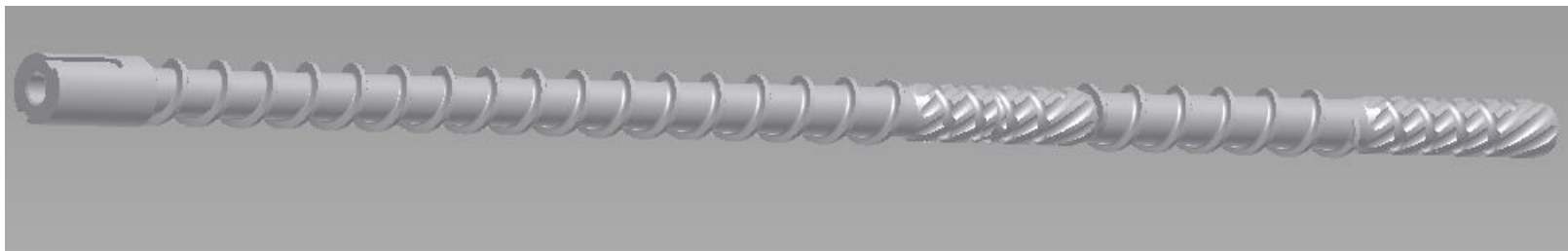
# Экструзионный шнек Maillefer

- Для переработки FEP материалов, Maillefer и DuPont-Chemours рекомендует конструкцию шнека с 4 зонами, включая зоны смешения после точки впрыска газа и в конце шнека.

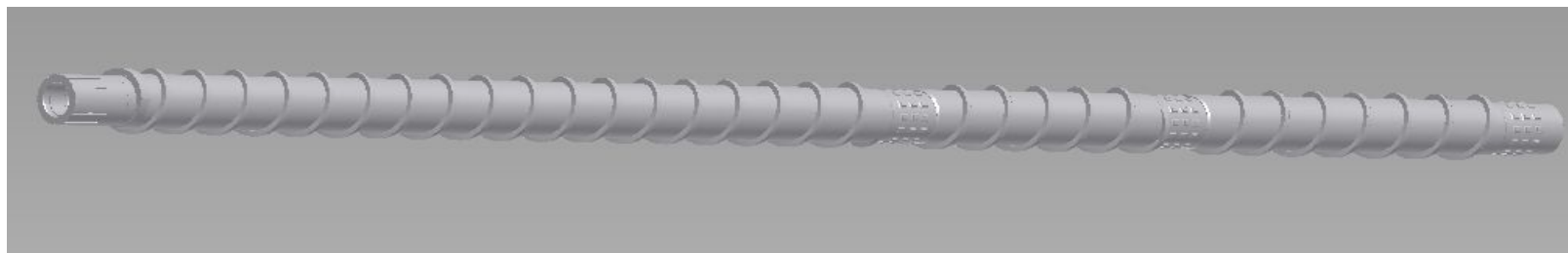
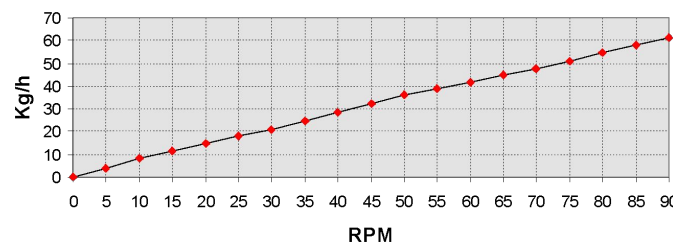


# Экструдер NMC 45-30D “F”

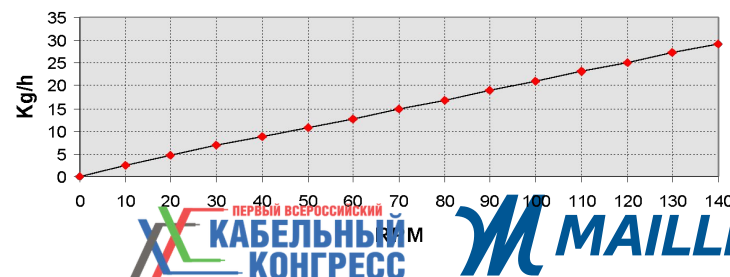
## Шнек FER и PE



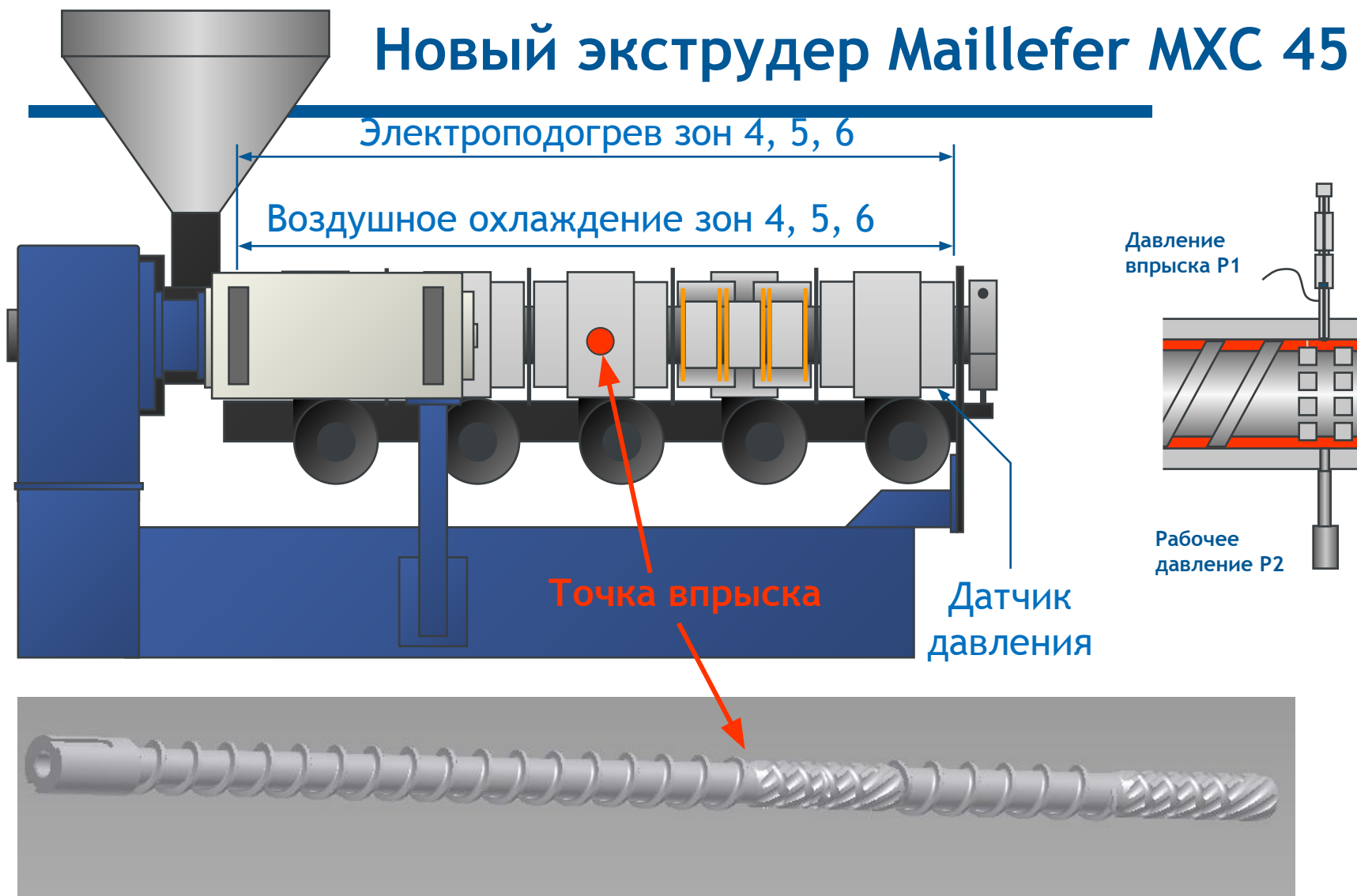
FER вспененный - шнек Lisa



Вспененный ПЭ - шнек Giselle



# Новый экструдер Maillefer МХС 45



Физическое вспенивание FEP - шнек Lisa

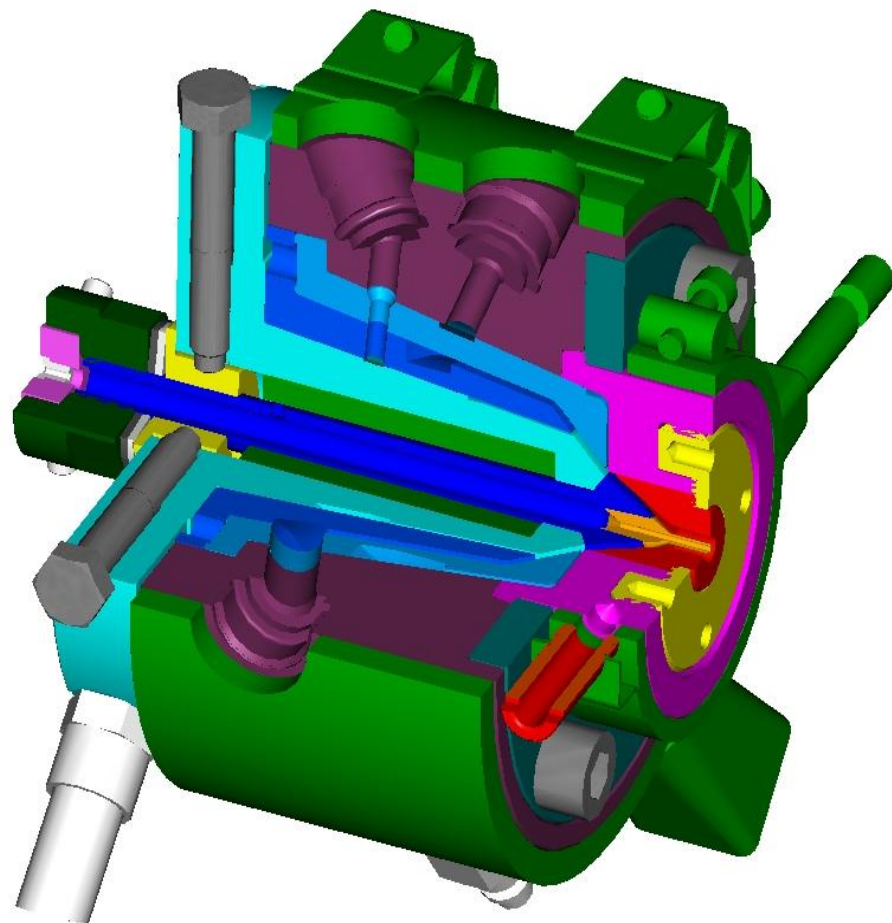
ПЕРВЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ  
КАБЕЛЬНЫЙ  
КОНГРЕСС

MAILLEFER

# Головка ЕСН 3/9 “F”

## Сделана из Инконеля

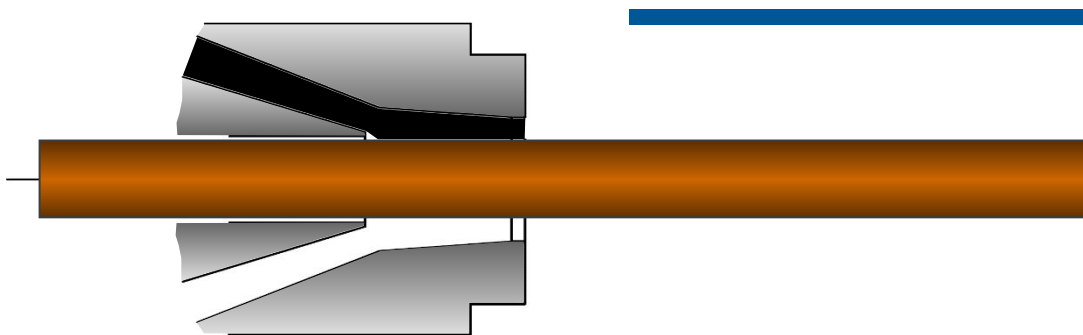
- Продукты
  - сплошной однослойный
  - пена - плёнка
  - плёнка - пена - плёнка
  - плёнка - сплошной - плёнка
- 3 конических рассекателя
- ручная и фиксированная центровка
- отдельный нагреватель матрицы
- внутренний нагреватель для внутреннего слоя
- центровка проводника



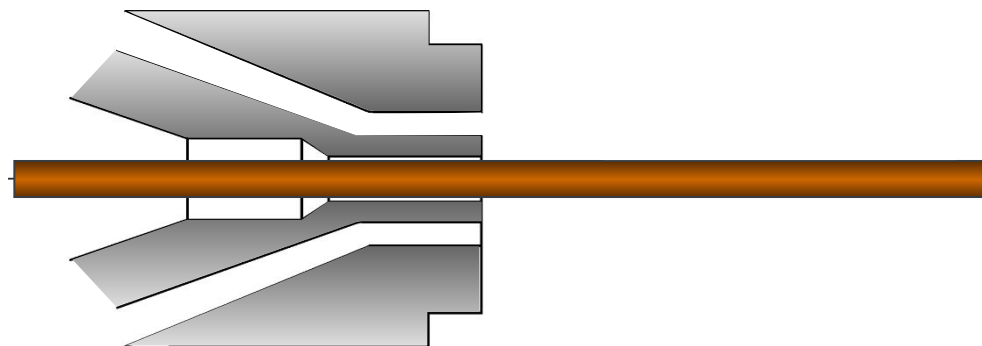


# Вспененный FEP / PFA

- Вспененный PE: Инструмент с обжатием

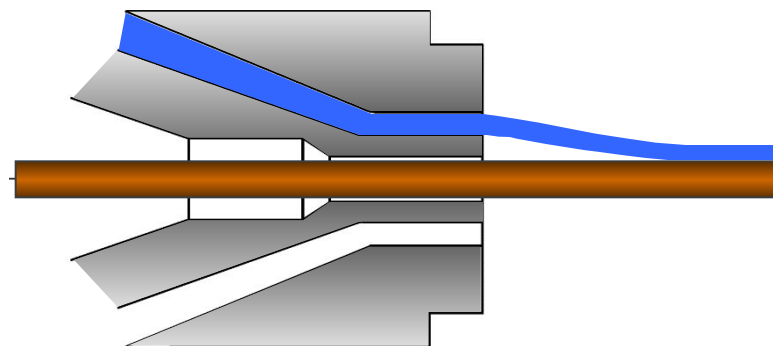


- Вспененный FEP/PFA: Инструмент «трубка»



Типовой DDR: 20

- Сплошной FEP: Инструмент «трубка»



Типовой DDR: 80-100



# Вспененный FER

---

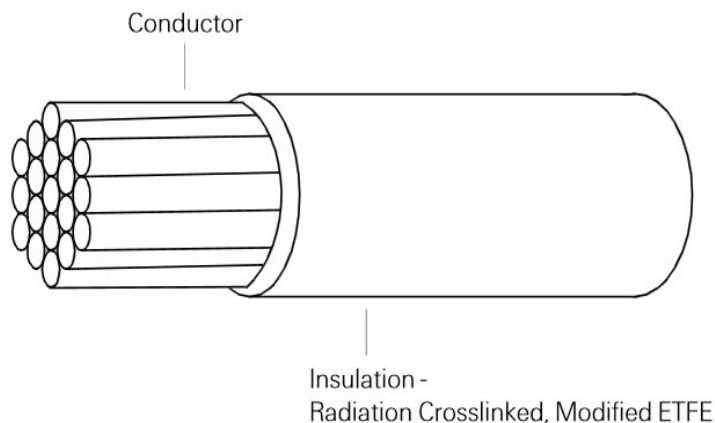
- Впрыск азота осуществляется после зоны сжатия.
- FER содержит вспенивающий агент.
- Давление в головке необходимо поддерживать на высоком уровне во избежание преждевременного вспенивания.
- Типичный DDR: 20
- Коэффициент вспенивания регулируется объемом подаваемого азота и давлением внутри цилиндра.



# *Производство авиакабелей*

# Тип провода, одинарная или двойная изоляция

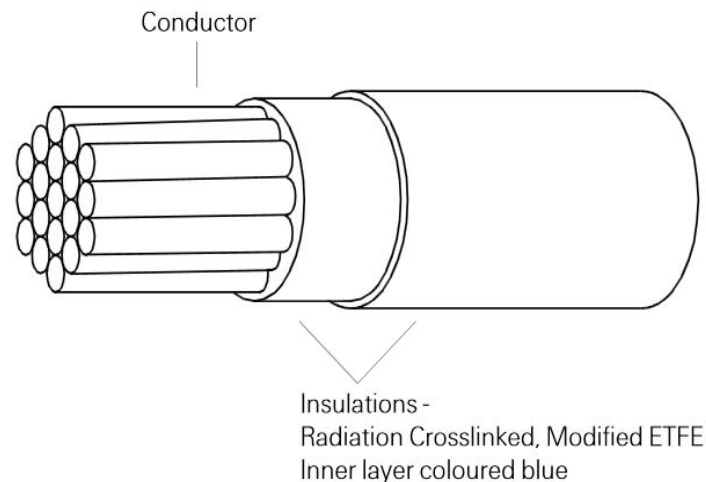
*SPEC 55 insulation system - single wall*



**Однослойный X-ETFE**  
(сшитый модифицированный ETFE)

**Чёрный ящик**  
Толщина 0.1/0.15 мм

*SPEC 55 insulation system - dual wall*

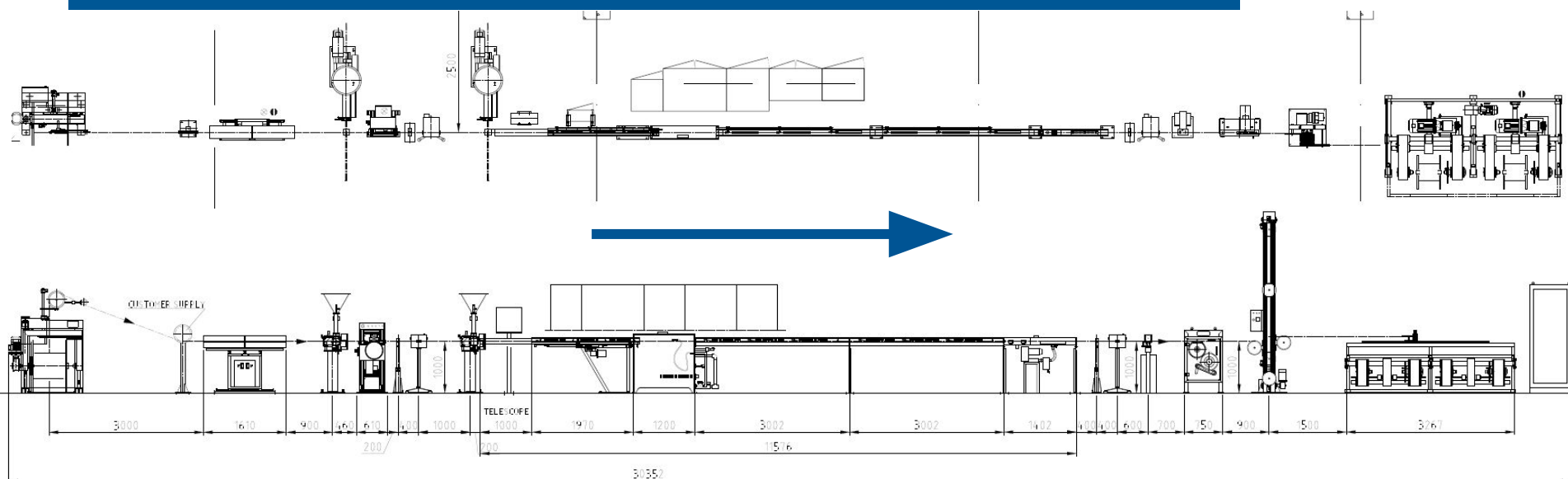


**Двухслойный X-ETFE**  
(сшитый модифицированный ETFE)

**Корпус самолёта**  
Толщина 0.2/0.25 мм

Рабочая температура: от -55°С до 200°С

# Линия Maillefer X-ETFE TEL25X - для авиапроводов



- Отдатчик: Одинарный
- Узел предварительного нагрева
- 1-й слой: Экструдер МХС 30 +
- Головка 4/6“F”; контроль 1-го слоя
- Пусковая колёсная тяга
- 2-й слой: Экстр. МХС 30 +
- Головка 4/6“F”; контроль 2-го слоя

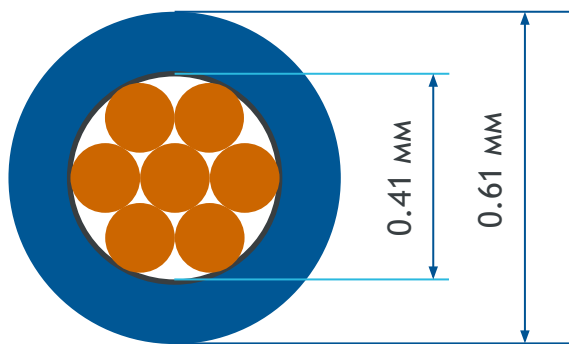
- Прибор измерения для каждого слоя
- Жёсткая маркировка(повреждение): для перемотки
- Колёсная тяга
- Накопитель / сдвоенный приёмник



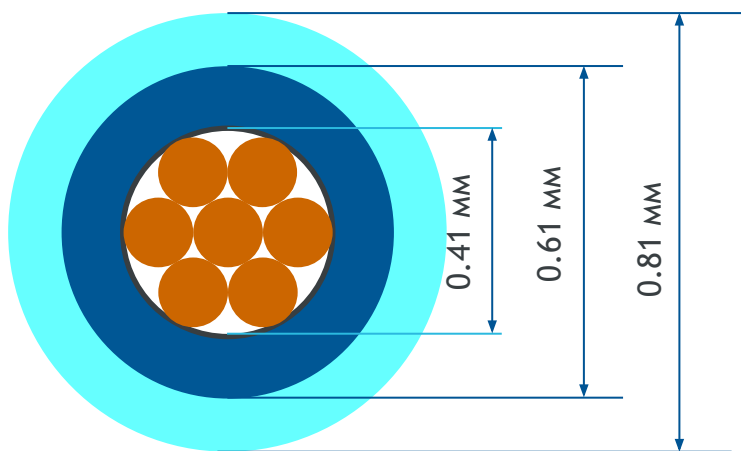
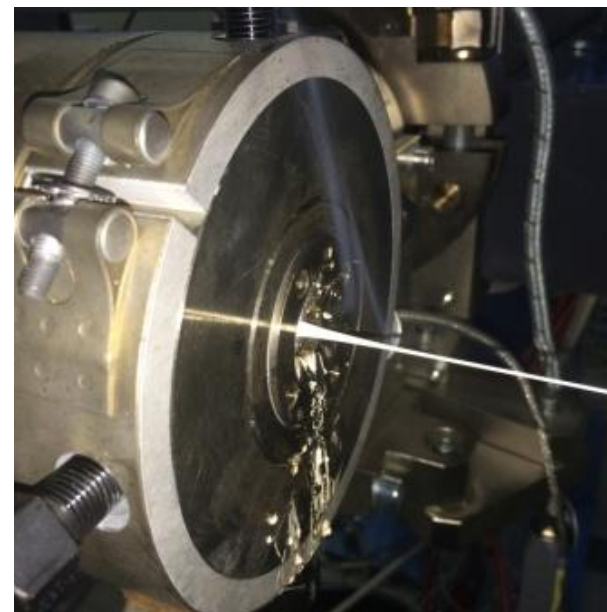
# Линия Maillefer X-ETFE TEL25X - для авиапроводов



# AWG 26 (0.41 мм) однослойное и двухслойное наложение



- Диаметр жилы 0.41 mm
- Внешний диаметр 0.61 mm
- Стабильность диаметра  $\pm 0,015$



- Диаметр жилы 0.41 мм
- Толщина изоляции 2 x 0.1 мм
- Внешний диаметр 0.81 мм
- Стабильность диаметра  $\pm 0,015$

