

# COMPOSITE TĂNG CƯỜNG SỢI

## FIBER-REINFORCED COMPOSITES (FRCs)

NGND, GS TS Hoàng Tử Hùng  
[tuhung.hoang@gmail.com](mailto:tuhung.hoang@gmail.com)  
Website: [hoangtuhung.com](http://hoangtuhung.com)

# TỪ COMPOSITE ĐẾN COMPOSITE TĂNG CƯỜNG

SỢI

Sau khi ra đời, composite nha khoa đã có nhiều cải thiện, **cải thiện có hiệu quả nhất** là đưa thêm thành phần sợi vào composite □ **FRC**

FRC giải quyết được một số vấn đề của cấu trúc có hợp kim  
□ **Giải pháp thay thế** đối với phục hồi trực tiếp hoặc gián tiếp

E Mangoush et al.: Comparative evaluation between glass and polyethylene fiber reinforced composites: A review of the current literature. J Clin Exp Dent. 2017;9(12):e1408-17

Từ những năm 1960, đã có ý kiến dùng FRC trong nha khoa nhưng đến cuối TK 20 mới thực sự có ứng dụng lâm sàng.

**FRCs** là vật liệu có cấu trúc gồm tối thiểu hai thành phần:

- TP sợi tăng cường cung cấp độ bền và độ cứng
- TP khuôn: vật liệu có thể gia công và bảo vệ sợi trước tác động cơ học và vấy bẩn

Đặc tính của FRC phụ thuộc vào:

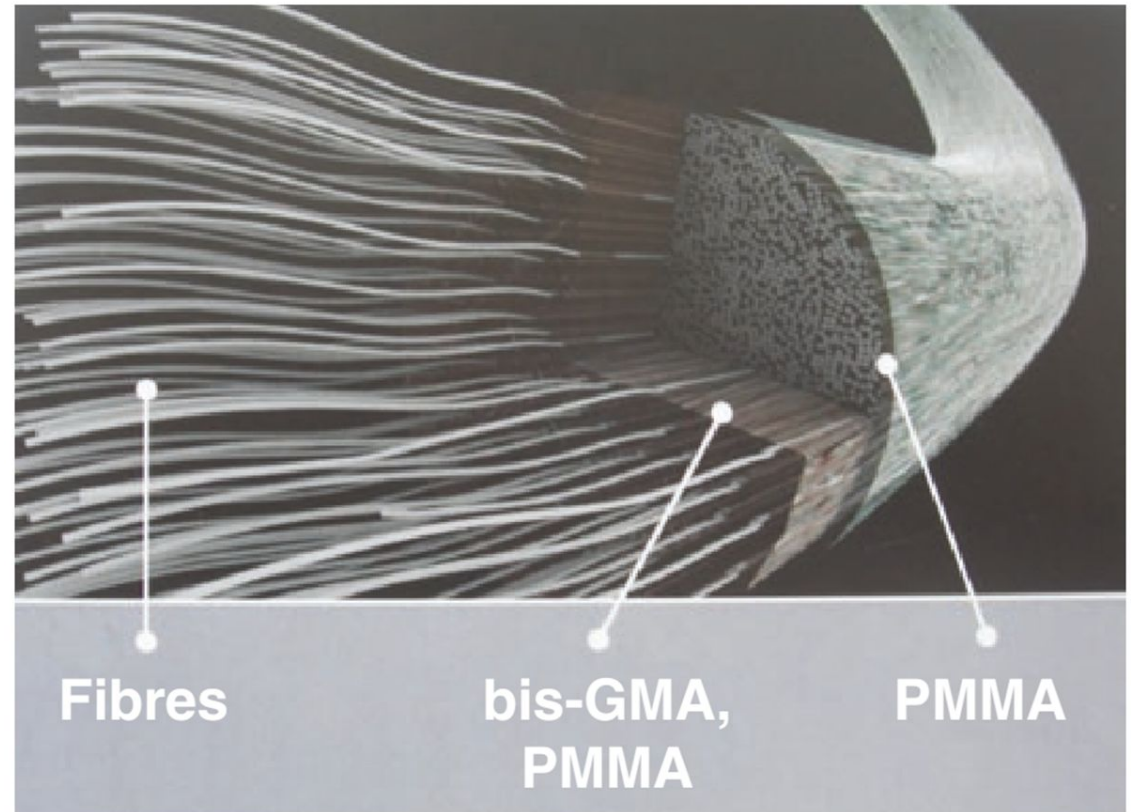
- Tính chất của sợi tăng cường
- Độ bền của khuôn nhựa
- Độ bền giao diện giữa sợi và khung nhựa để có thể truyền tải lực

'60s: Những FRC đầu tiên:

Thành phần sợi không đủ nhiều

Các sợi không được thấm resin đầy đủ

□ Độ bền không đạt được như kỳ vọng



**Fig. 9.1** Unidirectional semi-interpenetrating polymer network (semi-IPN) resin-impregnated fiber-reinforced composite

# SỢI TĂNG CƯỜNG

Phân loại theo:

## 1. Bản chất của sợi

- ✓ Sợi carbon, aramid, boron, kim loại
- ✓ Sợi polyethylene hoặc sợi thủy tinh

## 2. Chiều hướng sợi trong FRCs

- ✓ Sợi dài liên tục một hướng (continuous unidirectional)
- ✓ Sợi dài liên tục đan dệt (continuous bidirectional - weaves)
- ✓ Sợi ngắn không liên tục đa hướng (multidirectional discontinuous)

## 8 loại sợi thủy tinh trong công nghệ FRC

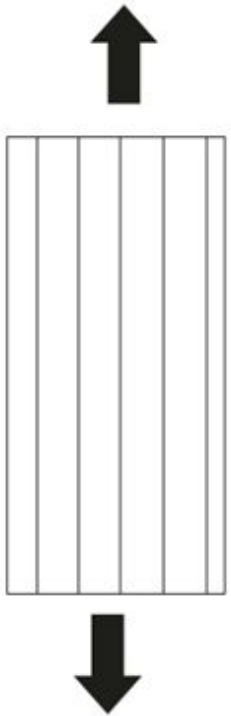
**Table 1** Types of glass fiber [1]

| Type              | Manufacturing                                      | Composition                                              | Characteristics                                                    | Application                                                                              |
|-------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| A-glass           | Produced from cullet glass (often bottle) to fiber | Alkali-lime with little or no boron oxide                | Not very resistant to alkali                                       | When alkali resistance is not a requirement                                              |
| AR-glass          |                                                    |                                                          | Resistant to alkali                                                | When alkali-resistance is required                                                       |
| C-glass (T-glass) | From used glass staple fibers                      | Alkali-lime with high boron oxide content                | Resistant to chemical attack and most acids which dissolve E-glass | When higher chemical resistance to acid is required, for example for glass staple fibers |
| D-glass           |                                                    |                                                          |                                                                    |                                                                                          |
| E-glass           |                                                    | Alumino-borosilicate with less than 1 wt% alkali oxides  | Not chloride-ion resistant; E-glass surface is soluble             | Mainly for glass-reinforced plastics; originally for electrical applications             |
| E-CR-glass        |                                                    | Alumino-lime silicate with less than 1 wt% alkali oxides | High acid resistance                                               | When high acid resistance is required                                                    |
| R-glass           |                                                    | Alumino silicate without MgO or CaO                      | Good mechanical properties                                         | With high mechanical requirements                                                        |
| S-glass           |                                                    | Alumino silicate without CaO but with high MgO content   | Highest tensile strength among all types of fiber                  | Aircraft components and missile casings, when high tensile strength required             |

# Hướng của sợi

Hướng của sợi tăng cường ảnh hưởng đến đặc điểm cơ học  
Hiệu quả tăng cường tính theo % (yếu tố Krenchel)

$K = 1,0$  (100 %)



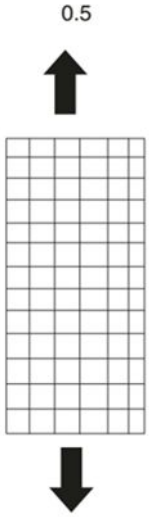
Sợi tăng cường một hướng làm tăng độ cứng và độ bền cơ học bất đẳng hướng (anisotropic) của composite theo **hướng của sợi**: Krenchel  $\approx 0 - 1,0$   
☐ Thích hợp để dùng cho cấu trúc đã biết trước hướng ứng suất cao nhất;

$K = 0$  (0 %)



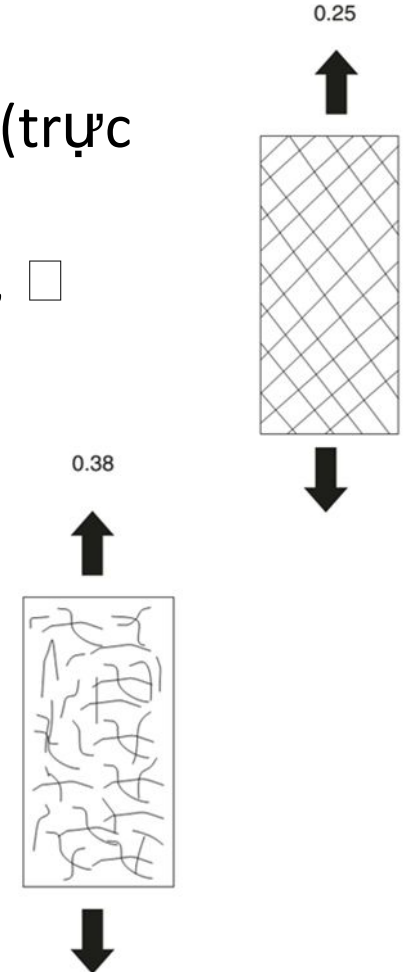
# Hướng của

**Hướng của sợi** tăng cường ảnh hưởng đến đặc điểm cơ học  
Hiệu quả tăng cường tính theo % (yếu tố Krenchel)



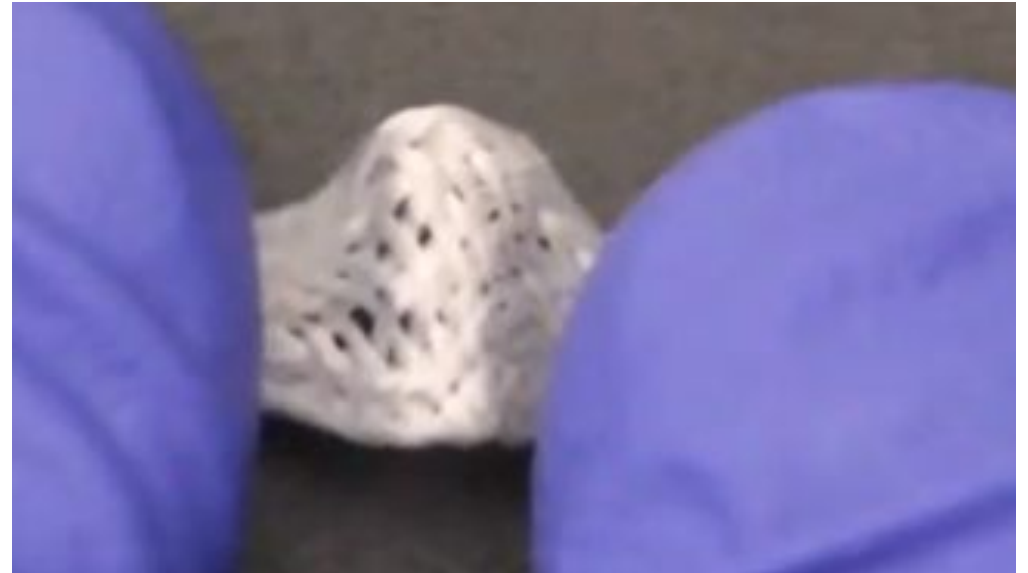
**Sợi tăng cường hai chiều** (đơn) tăng độ bền theo hai hướng: (trực hướng - orthotropic)(Krenchel  $\approx$  50 hoặc 25 %), có tác dụng như tác nhân ngăn sự lan vết nứt (crack stopper), thích hợp cho cấu trúc chịu lực chưa biết trước.

**Sợi tăng cường hướng ngẫu nhiên**: tăng độ bền theo mọi hướng (đẳng hướng - isotropic), không liên hệ đến hướng của lực  
(Krenchel  $\approx$  20% theo 3 chiều; 38% theo 2 chiều)

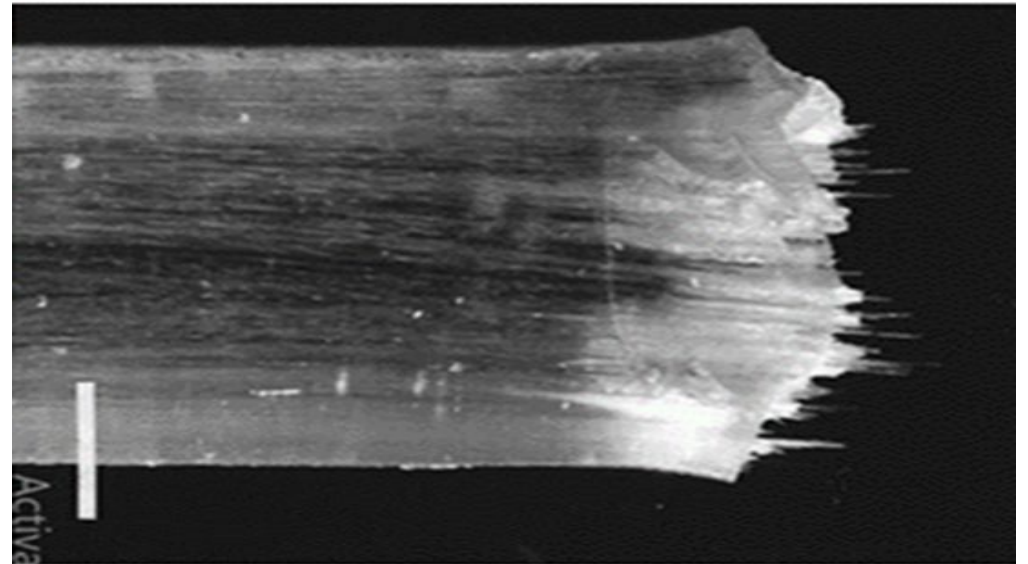


# Hai loại sợi của FRCs nha khoa

Sợi  
polyethylene



Sợi thủy tinh (glass fiber)



## Hai loại sợi của FRC nha

### khóa Sợi polyethylene:

- Bề mặt sợi được xử lý bằng chiếu xạ plasma để tăng độ bám dính với resin
- Năng lượng bề mặt thấp

□ độ dán dính với nhựa kém

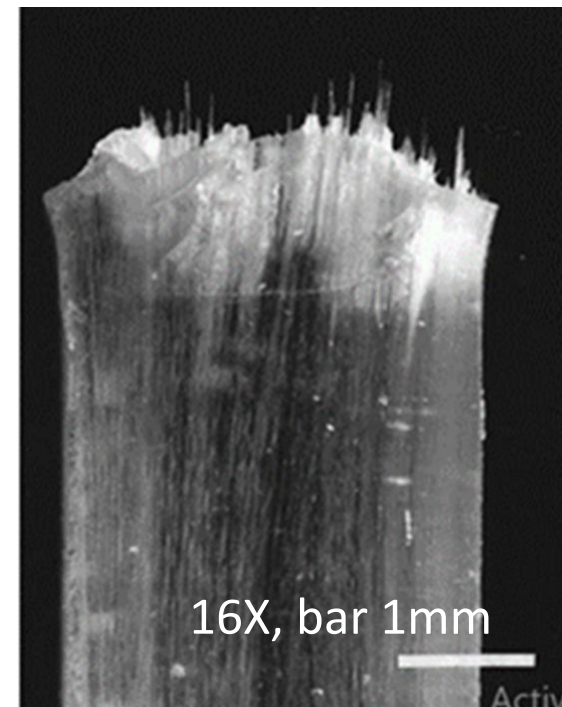
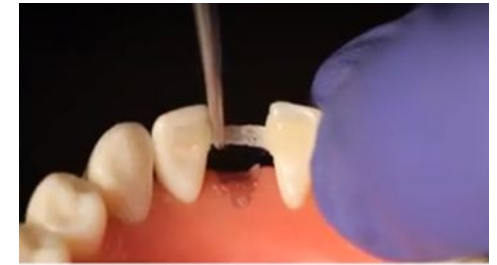
### Sợi thủy tinh (glass fiber):

Các nguyên liệu thô (thành phần nguyên liệu thủy tinh) nung đến 1600°C

Khối thủy tinh chảy được kéo chuốt thành sợi  
10 – 24  $\mu\text{m}$ .

**E-glass fiber** thường dùng để tăng cường plastic, là một calcium-alumino-borosilicate

E Mangoush et al.: Comparative evaluation between glass and polyethylene fiber reinforced composites: A review of the current literature  
J Clin Exp Dent. 2017;9(12):e1408-17



S Garoushi: Fiber-Reinforced Composites, ©  
Springer International Publishing AG 2018.  
V. Miletic (ed.), Dental Composite Materials  
for Direct Restorations,  
<http://doi.org/10.1007/978-3-319-60961-4>  
\_9

# Thành phần nhựa khung

Trong FRC theo cấu trúc mạng liên thẩm (interpenetrating polymer network structure - IPN)

Hai loại polymer được

dùng:

Polymer liên kết ngang (cross-linking ~): polymer nhiệt cứng, multifunctional: dimethacrylate

Polymer mạch thẳng (linea ~) polymer nhiệt dẻo: monofunctional methacrylate

Phản ứng đông cứng gồm

Phản ứng trùng hợp, tạo thành polymer do **cộng hợp** các đơn phân và **ngưng tụ**

Phản ứng liên kết ngang tạo thành các liên kết ngang, làm các chuỗi polymer nối với nhau trực tiếp hoặc thông qua nguyên tử, ion...

□ **hệ thống liên kết vững chắc**

# Resin dùng trong FRC nha khoa

| Monomer                                       | Abbreviation    | Role in FRCs                    |
|-----------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| <i>bis</i> -phenol-A-diglycidylmethacrylate   | <i>bis</i> -GMA | Cross-linking monomer in matrix |
| Methyl methacrylate                           | MMA             | Linear monomer                  |
| Urethane dimethacrylate                       | UEDMA           | Cross-linking monomer           |
| Triethylene glycol dimethacrylate             | TEGDMA          | Cross-linking monomer           |
| Ethylene glycol dimethacrylate                | EGDMA           | Cross-linking monomer           |
| Hydroxyethyl methacrylate                     | HEMA            | Linear monomer                  |
| Camphorquinone                                | CQ              | Photo-sensitizer                |
| <i>N</i> , <i>N</i> -cyanoethyl methylaniline | CEMA            | Reducing agent                  |

Hai loại monomer trong EverStick

# Thành phần và công nghệ chế tạo các FRC nha khoa

| Brand           | Manufacturer                   | Fiber orientation | Composition                                                             |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Ribbon          | Ribbon Inc, Seattle, WA, USA   | Woven             | Polyethylene fibers                                                     |
| everStick       | Stick Tech Ltd, Turku, Finland | Unidirectional    | Pre-impregnated silanized E-glass fibers with Bis-GMA, PMMA             |
| everStick net   | Stick Tech Ltd, Turku, Finland | Bidirectional     | Pre-impregnated silanized E-glass fiber with Bis-GMA, PMMA              |
| Stick           | Stick Tech Ltd, Turku, Finland | Unidirectional    | Pre-impregnated silanized E-glass fiber with porous PMMA                |
| Construct       | Kerr, Orange, CA, USA          | Braided           | Polyethylene fibers                                                     |
| Connect         | Kerr, Orange, CA, USA          | Braided           | Polyethylene fibers                                                     |
| Interlig        | Angelus, Londrina, Brazil      | Braided           | Pre-impregnated silanized E-glass fibers with Bis-GMA                   |
| DentaPregSplint | ADM a.s., Brno, Czech          | Braided           | Pre-impregnated silanized E-glass fibers with mixture of dimethacrylate |

## Thành phần và công nghệ chế tạo các FRC nha khoa (tiếp)

|                      |                                            |                |                                                               |
|----------------------|--------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|
| GLASSSIX Post        | Harald Nordin SA,<br>Switzerland           | Braided        | Pre-impregnated silanized glass fibers with epoxy resin       |
| Vectris              | Ivoclar-Vivadent, Schaan,<br>Liechtenstein | Braided        | Pre-impregnated silanized R-glass fibers with Bis-GMA, TEGDMA |
| FiberKor             | Jeneric/Pentron, Wallingford,<br>CT,USA    | Unidirectional | Silanized S-glass fibers                                      |
| Estenia C&B EG fiber | Kuarary Medical, Tokyo,<br>Japan           | Unidirectional | Pre-impregnated silanized E-glass fibers with TEGDMA          |
| Fiber braided        | BTD, Australia                             | Braided        | Polyethylene fibers                                           |
| Fiber ribbon         | Angelus, Londrina, Brazil                  |                | Pre-impregnated silanized E-glass fibers with Bis-GMA         |
| Postec               | Ivoclar-Vivadent, Schaan,<br>Liechtenstein | Unidirectional | E-glass fibers with mixture of dimethacrylate                 |
| UniCore              | Ultradent, South Jordan, UT,<br>USA        | Unidirectional | E-glass fibers with mixture of dimethacrylate                 |

PMMA, polymethylmethacrylate; Bis-GMA, bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate; TEGDMA, triethylene glycol dimethacrylate.

# Interpenetrating Phase Composites

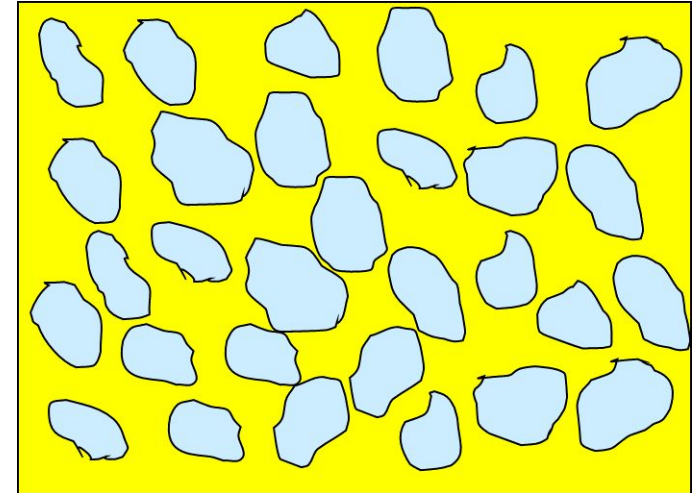
## COMPOSITE PHA LIÊN THẨM

David R. Clarke\*

**Composite truyền thống** là vật liệu có vi cấu trúc gồm:

- Một **pha phân tán**, rời rạc, và biệt lập trong một pha khác, là...
- Pha **khuôn** (matrix) đồng nhất

Thí dụ: composite nha khoa



Những phát triển gần đây của khoa học vật liệu hiện đại đã cho phép khả năng tạo ra có chủ ý **vật liệu composite** trong đó ...

**mỗi pha đều liên tục và xuyên thấm vào nhau ở mức vi cấu trúc**

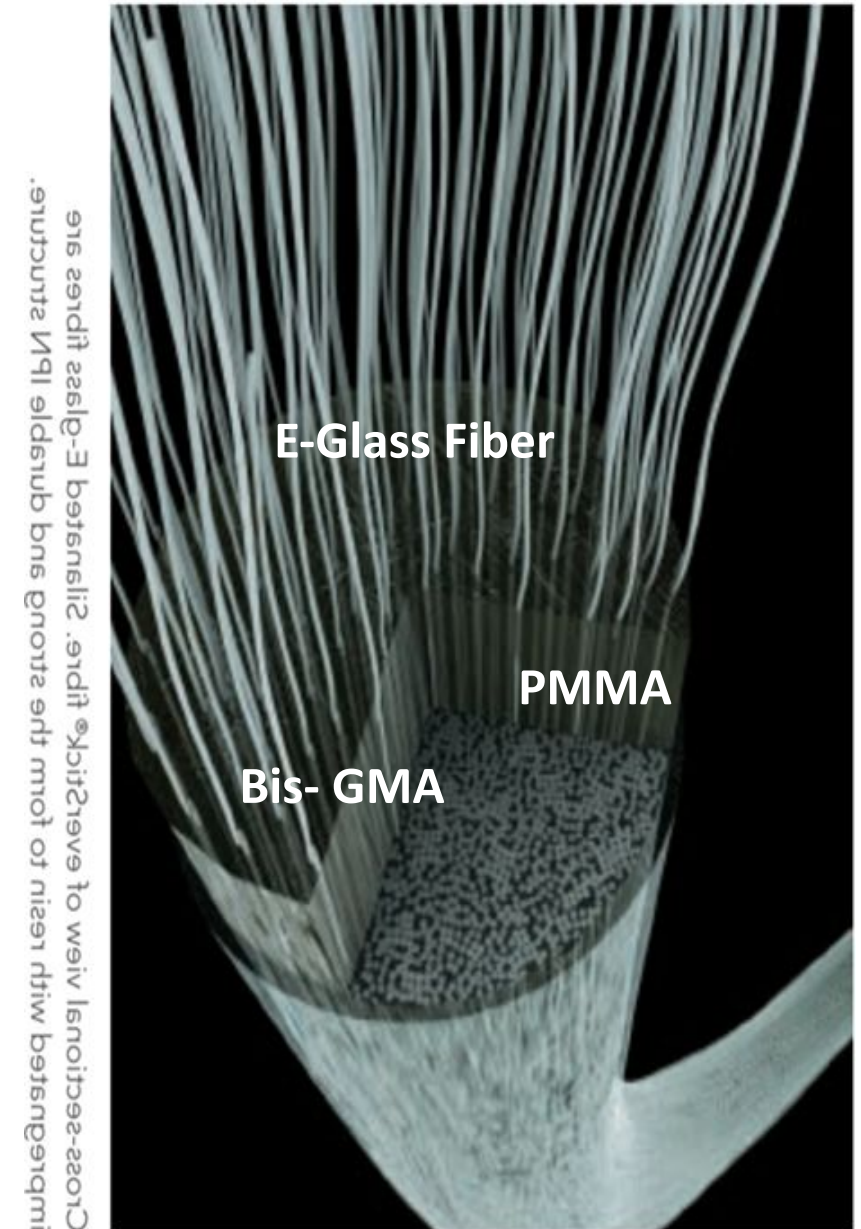
## Công nghệ composite mạng bán liên thấm (semi-IPN) của StickTech (GC Corp):

Dùng Polymethyl methacrylate (PMMA)-dimethacrylate (bis-GMA)

□ Bề mặt của FRC tái hoạt hóa, đạt sự dán cao với mô răng

Chế tạo theo cách **thấm nhập nhựa** □ cho phép nhựa thấm nhập từng sợi FRC với glass tiền thấm nhập, khi sử dụng, được quang trùng hợp cùng lớp composite

□ **composite mạng liên thấm (đa pha)**



# ƯU ĐIỂM của

## FRC

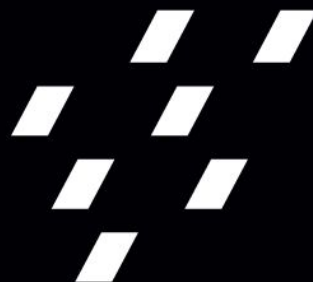
So với composite truyền thống các FRC có đặc tính cơ học tốt hơn:

- độ bền uốn (flexural strength): cứng hơn
- độ bền gãy (fracture toughness): ít giòn hơn
- tỷ số độ bền /khối lượng cao hơn hầu hết hợp kim: nhẹ hơn với cùng thể tích
- không bị ăn mòn
- khá trong, giống màu răng
- dễ dán
- có thể sửa chữa
- Có thể thực hiện trực tiếp hoặc gián tiếp

□ Có tiềm năng cao trong nha khoa phục hồi và nhiều chỉ định khác: nha chu, chỉnh hình...

Sự phát triển của FRC đưa lại cho BS cơ hội thực sự để tạo tác những cấu trúc phục hình bằng composite

everStick®



Strength like  
never before

GC



everStick®C&B  
ø1.5mm (4000 fibres)



everStick®PERIO  
ø1.2mm (2000 fibres)



everStick®ORTHO  
ø0.75mm (1600 fibres)



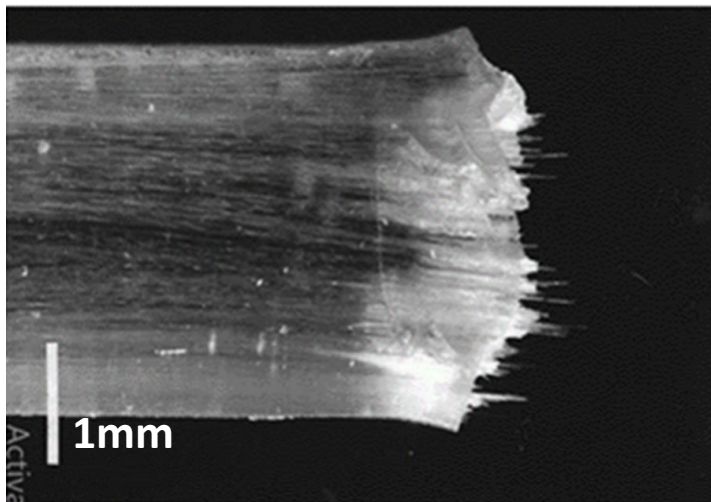
everStick®POST  
ø0.9mm, 1.2mm, 1.5mm

# everStick® fibres – composite tăng cường sợi mạng bán liên thẩm

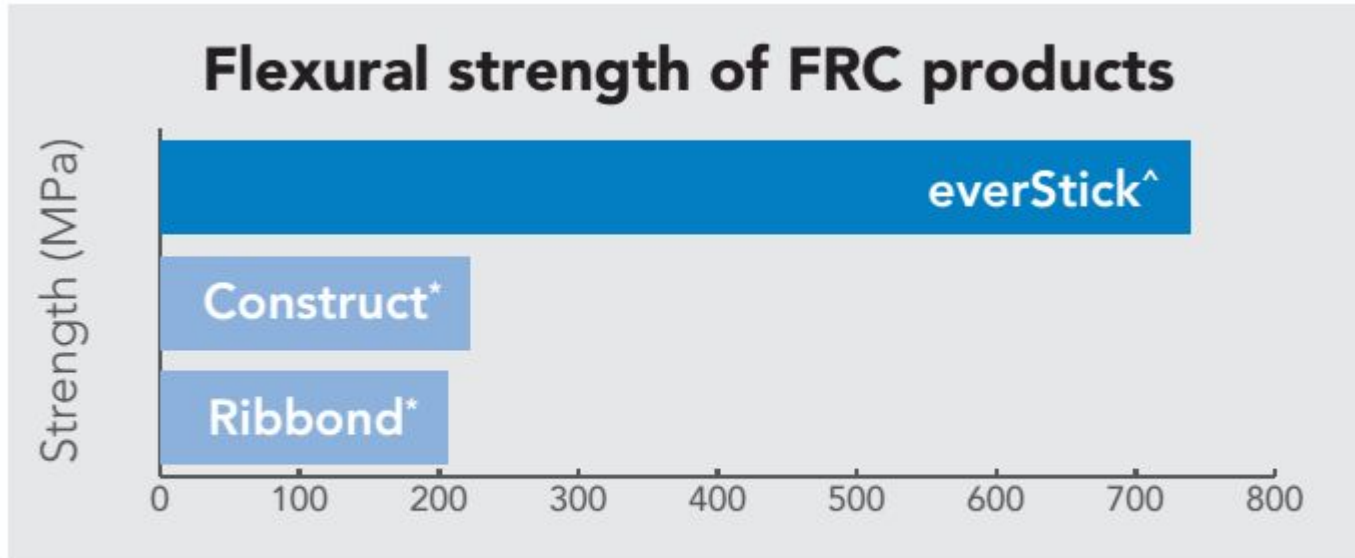
Cốt lõi Bằng sáng chế (patent) của everStick® fibres IPN technology là nhóm sợi thủy tinh gồm 4000 sợi E-glass được tẩm silan và thẩm nhập resin

Sự hợp nhất giữa sợi và resin tạo thành Semi-IPN

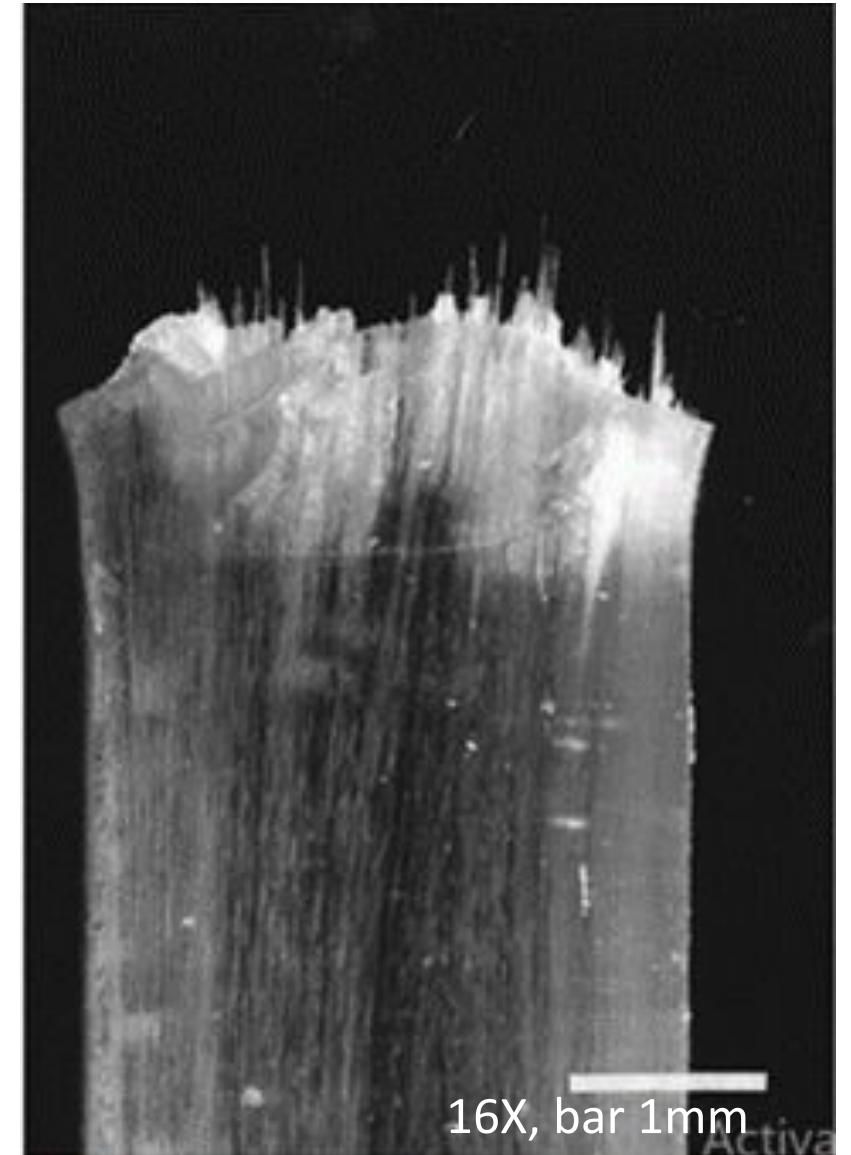
- độ bền cao,
- thẩm mỹ,
- đa dụng và
- dễ dùng



## Công nghệ composite mạng bán liên thẩm (semi-IPN) của StickTech (GC Corp):



^ Silanated E-glass fibre \* Polyethylene fibre. Not a trademark of GC Corporation.



PK. Vallittu: Some Aspects of the Tensile Strength of Unidirectional Glass fiber-Polymethyl Methacrylate Composite Use in Dentures. Journal of Oral Rehabilitation, 1998, 25: 100 - 105

Đón xem: sử dụng composite tăng cường sợi trong phục hình