

Sinh hoạt khoa học-kỹ thuật Răng Hàm

Mặt Thái Nguyên, 19 Tháng Năm, 2018

VẬT LIỆU NHA KHOA PHỤC HỒI HIỆN ĐẠI

COMPOSITE TĂNG CƯỜNG

~~SỢI~~ FIBER-REINFORCED COMPOSITES (FRCs)

VÀ

ỨNG DỤNG TRONG NHA KHOA

NGND, GS TS Hoàng Tử Hùng

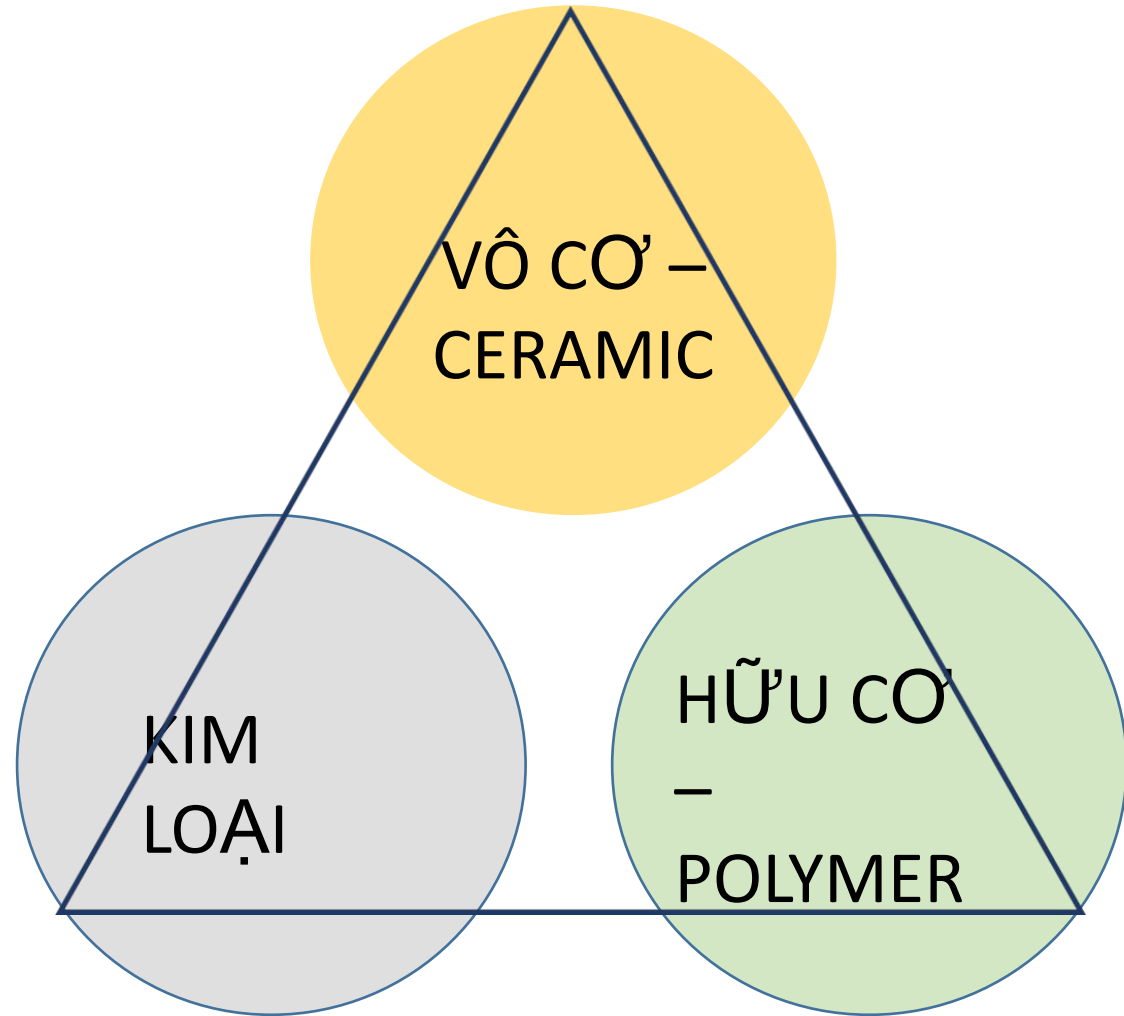
tuhung.hoang@gmail.com

Website: hoangtuhung.com

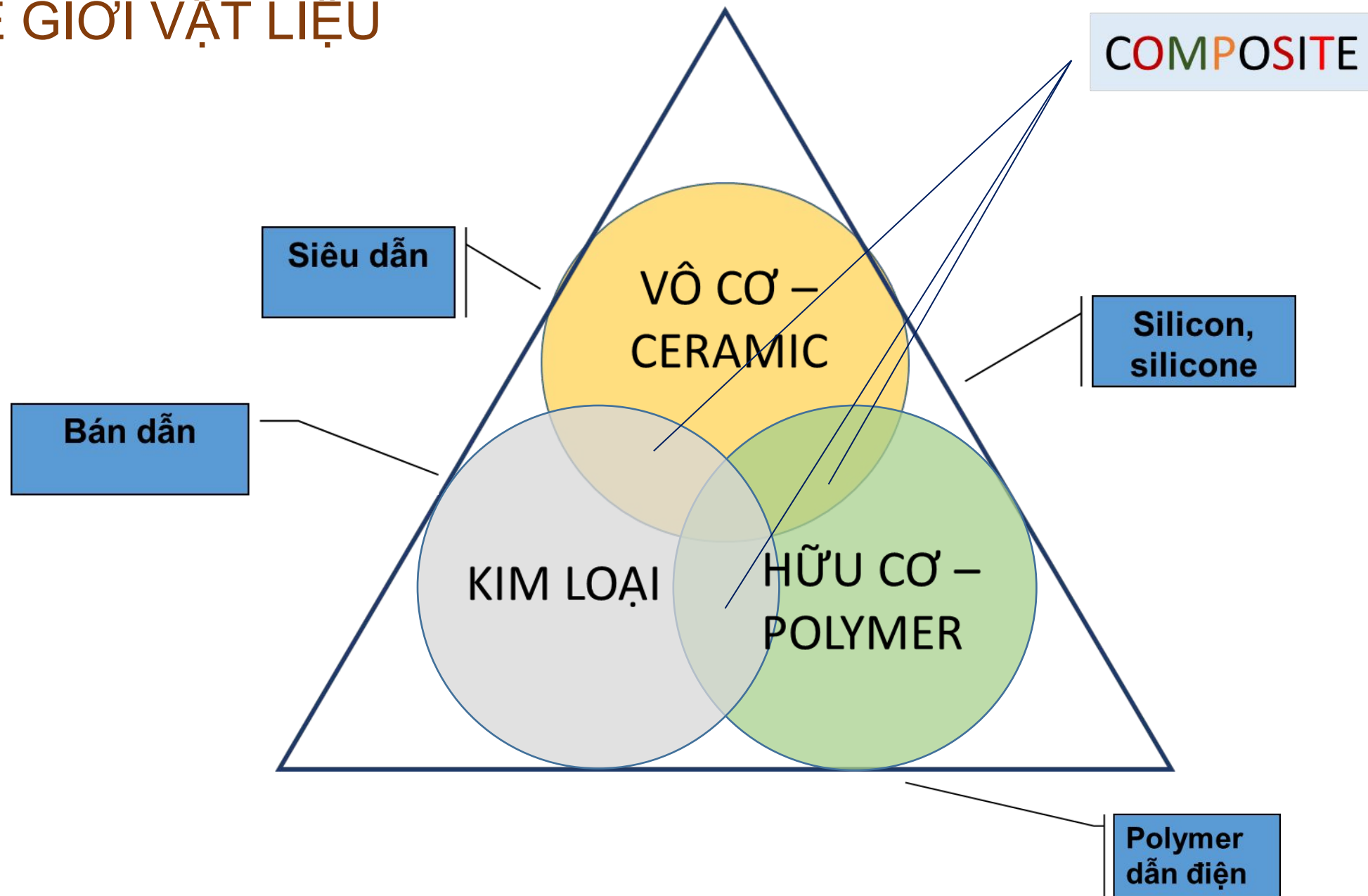
THẾ GIỚI VẬT LIỆU

Trăm năm trong cõi người ta

Thế giới vật liệu (chỉ) có ba thứ
này



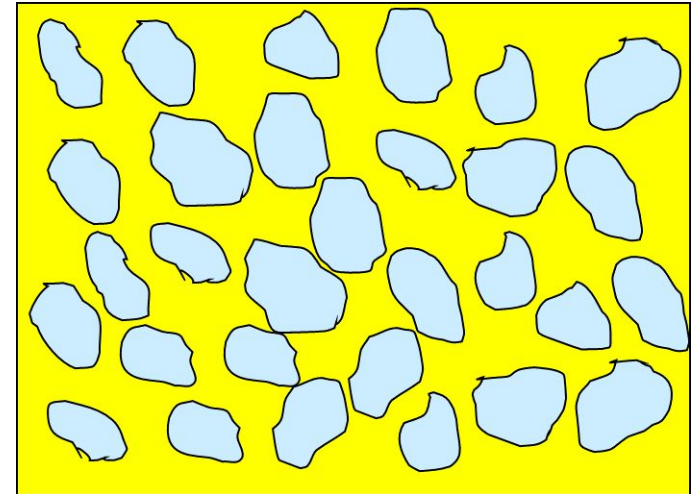
THẾ GIỚI VẬT LIỆU

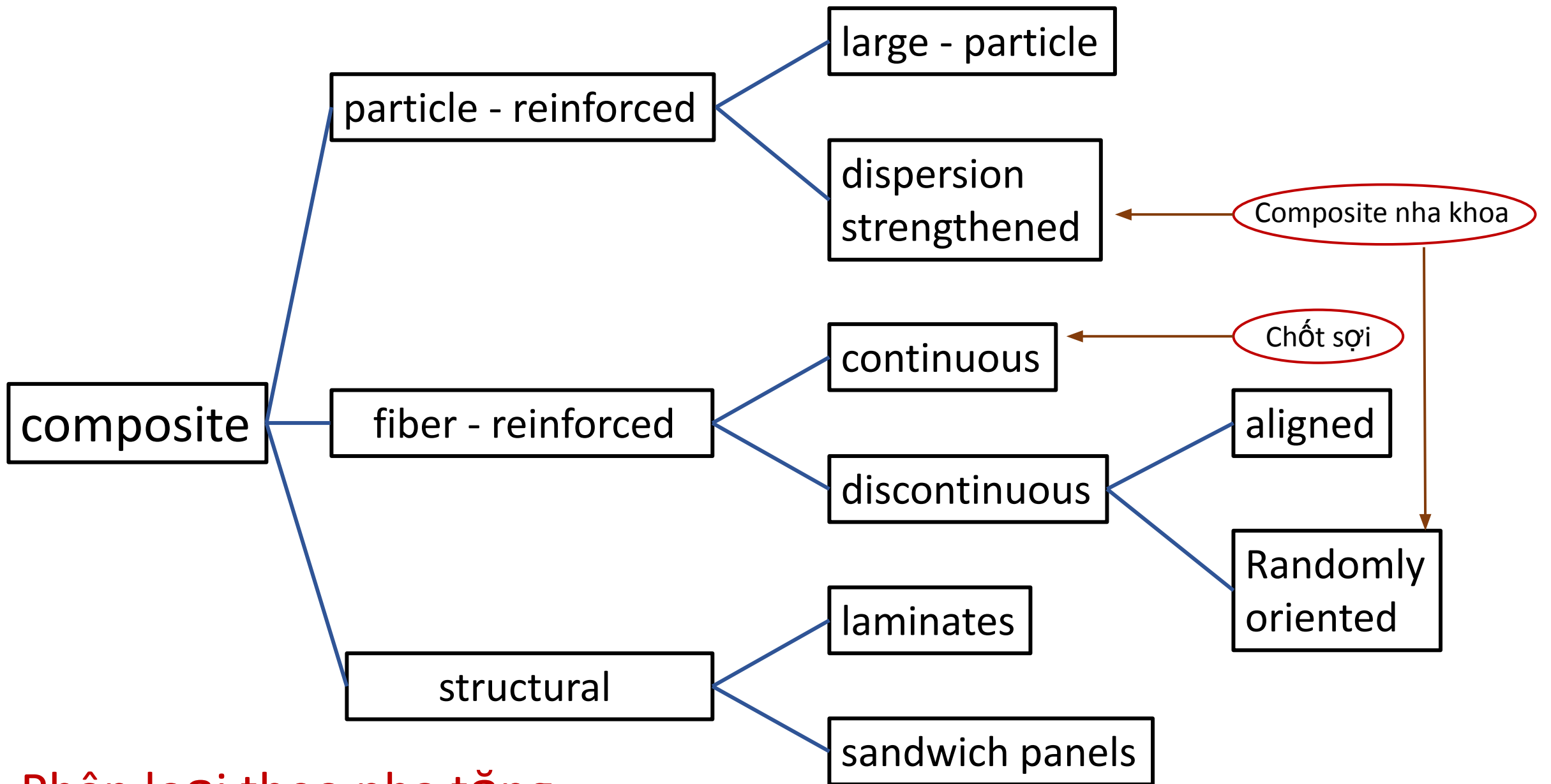


Composite truyền thống là vật liệu có vi cấu trúc gồm:

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

Thí dụ: composite nha khoa





Phân loại theo pha tăng
cường

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

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

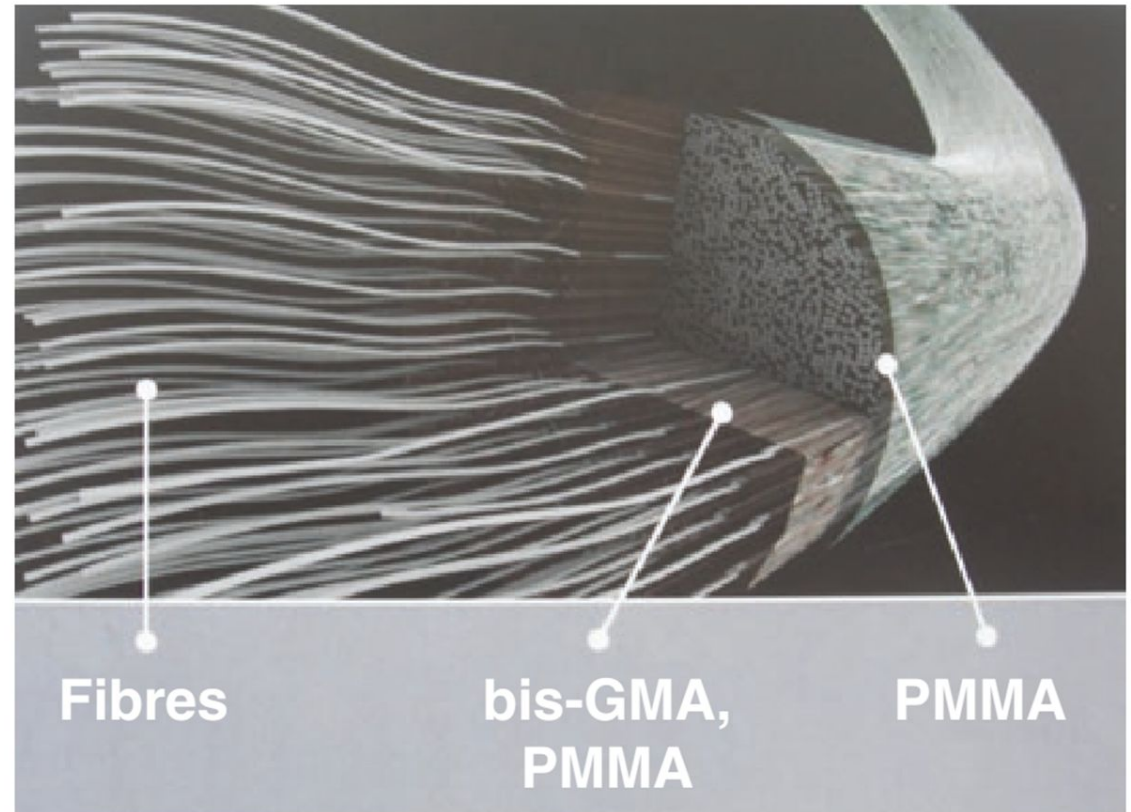


Fig. 9.1 Unidirectional semi-interpenetrating polymer network (semi-IPN) resin-impregnated fiber-reinforced composite

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

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

Hai loại sợi của FRC nha

khóa

Sợi polyethylene:

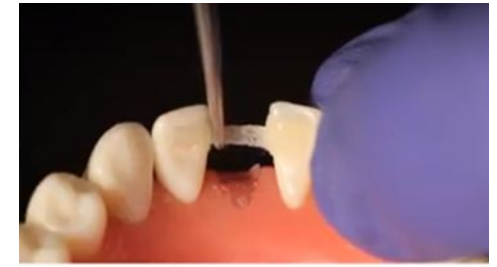
- Bề mặt sợi được xử lý bằng chiếu xạ plasma để tăng độ bám dính với resin

Năng lượng bề mặt thấp

□ độ dán dính với nhựa kém



Ribbond
Kerr's Connect fibers



Hai loại sợi của FRC nha

khoa 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:

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 μm .

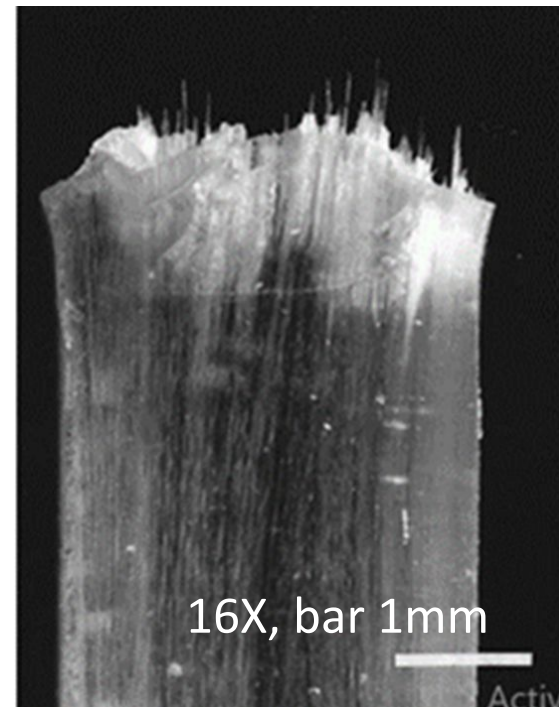
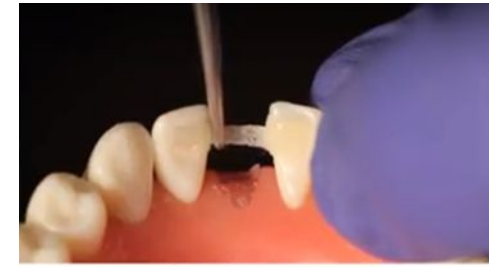
E-glass fiber thường dùng để tăng cường plastic, là một calcium-alumino-borosilicate

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



Ribbond

Kerr's Connect fibers



16X, bar 1mm

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

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

Chiều hướng của sợi

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

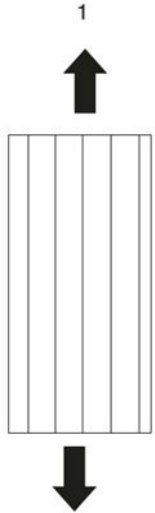


Fig. 9.2 Reinforced (left) unidirectional fibers 90° to the

Sợi tăng cường một hướng làm tăng độ cứng và độ bền cơ học bất đẳng hướng (anisotropic) của composite theo hướng của sợi

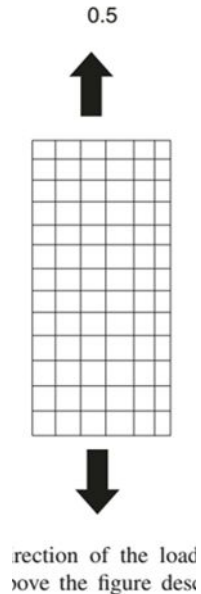
□ Thích hợp để dùng cho cấu trúc đã biết trước hướng ứng suất cao nhất; Krenchel $\approx 1,0$ (100 %)



(left) 0°/90° in the fibers. Value: efficiency of fibers

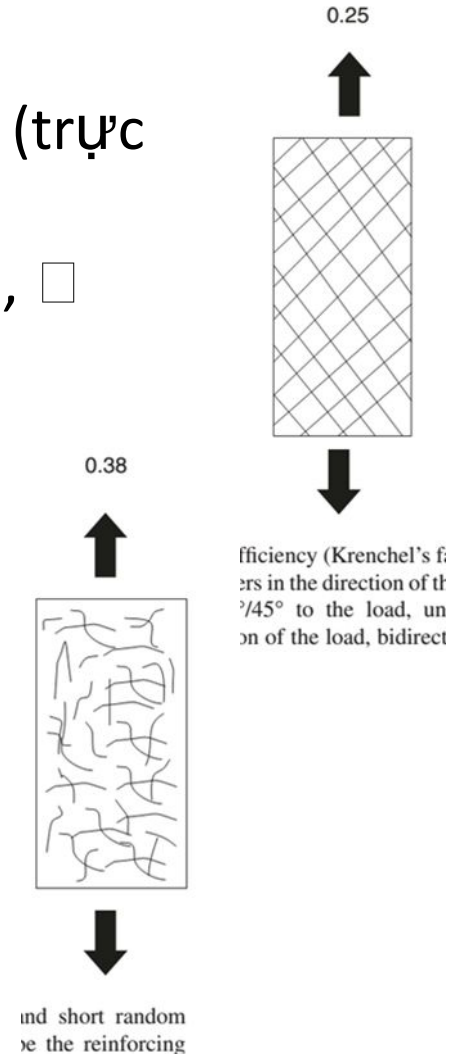
Hướng của

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)



Các phương pháp chế tạo IPCs:

- **Thấm nhập mao dẫn** vật liệu độ nhớt thấp thành mạng lưới trong vật liệu lỗ rỗng
- **Thấm nhập dưới áp lực**
- Phương pháp phản ứng tại chỗ gồm:
 - **Phản ứng kim loại thấm nhập** bằng cách thay thế oxyt chống ăn mòn
 - **Phản ứng tổng hợp tự lan dần dưới nhiệt độ cao**
 - Phản ứng ép nóng đẳng tĩnh
- Kỹ thuật phân hủy spinodal hệ thống pha glass tách biệt

(spinodal decomposition of phase-separated glass systems)

- **Phương pháp tạo mẫu nhanh (in ba chiều)**

J. J. HARRIS, P. M. MARQUIS: **Comparison of the deformation and failure characteristics of morphologically distinct metal-glass interpenetrating phase composites** JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE **37** (2002) 2801 – 2810

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

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

Brand	Manufacturer	Fiber orientation	Composition
Ribbond	Ribbond 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 (con't)

GLASSSIX Post	Harald Nordin SA, Switzerland	Braided	Pre-impregnated silanized glass fibers with epoxy resin
Vectris	Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Braided	Pre-impregnated silanized R-glass fibers with Bis-GMA, TEGDMA
FiberKor	Jeneric/Pentron, Wallingford, CT,USA	Unidirectional	Silanized S-glass fibers
Estenia C&B EG fiber	Kuarary Medical, Tokyo, 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, Liechtenstein	Unidirectional	E-glass fibers with mixture of dimethacrylate
UniCore	Ultradent, South Jordan, UT, USA	Unidirectional	E-glass fibers with mixture of dimethacrylate

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

Interpenetrating Phase Composites

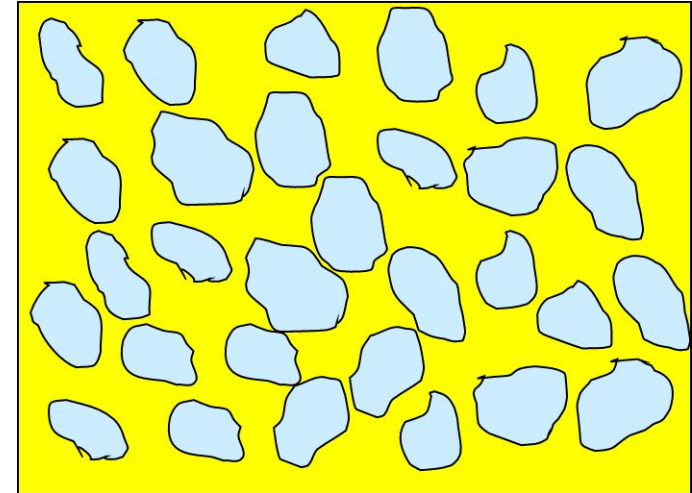
COMPOSITE PHA LIÊN THẨM

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

Composite pha liên thẩm được coi là **composite đa pha**

Trong đó, toàn bộ mỗi pha, về mặt cấu hình liên kết*,
kết nối với nhau** ở mức cấu trúc vi thể

interpenetrating phase composites = multiphase composites

Composite pha liên thẩm = composite đa pha

* topologically

** interconnect

David R. Clarke: Interpenetrating Phase Composites, j.Am. Ceram. Soc., 75 [4]739-59 (1992)

Các vật liệu đa pha, trong đó các pha thành phần:

- liên tục với nhau, và
- kết nối với nhau theo ba chiều

composite pha liên thẩm (interpenetrating phase composites - IPCs).

J. J. HARRIS, P. M. MARQUIS: **Comparison of the deformation and failure characteristics of morphologically distinct metal-glass interpenetrating phase composites**, JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 37 (2002) 2801 – 2810

ƯU ĐIỂM của

FRC

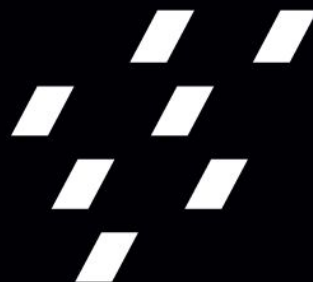
So với composite truyền thống các FRC có đặc tính cơ học tốt hơn:

- 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)



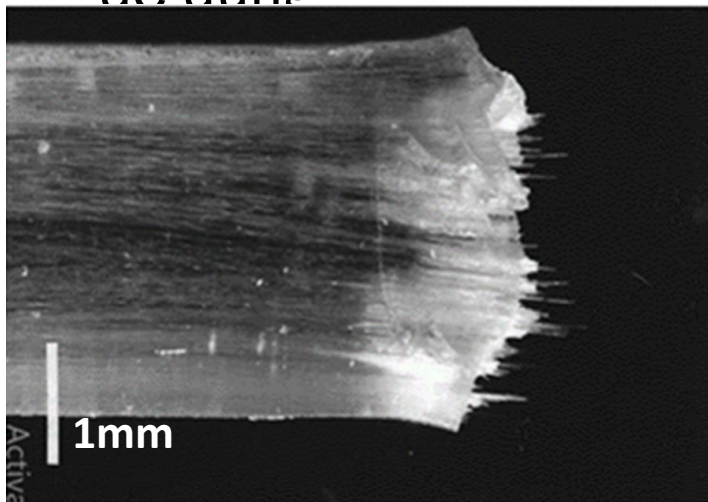
everStick®POST
ø0.9mm, 1.2mm, 1.5mm

everStick® fibres – the beauty of composite

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 một IPN

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



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

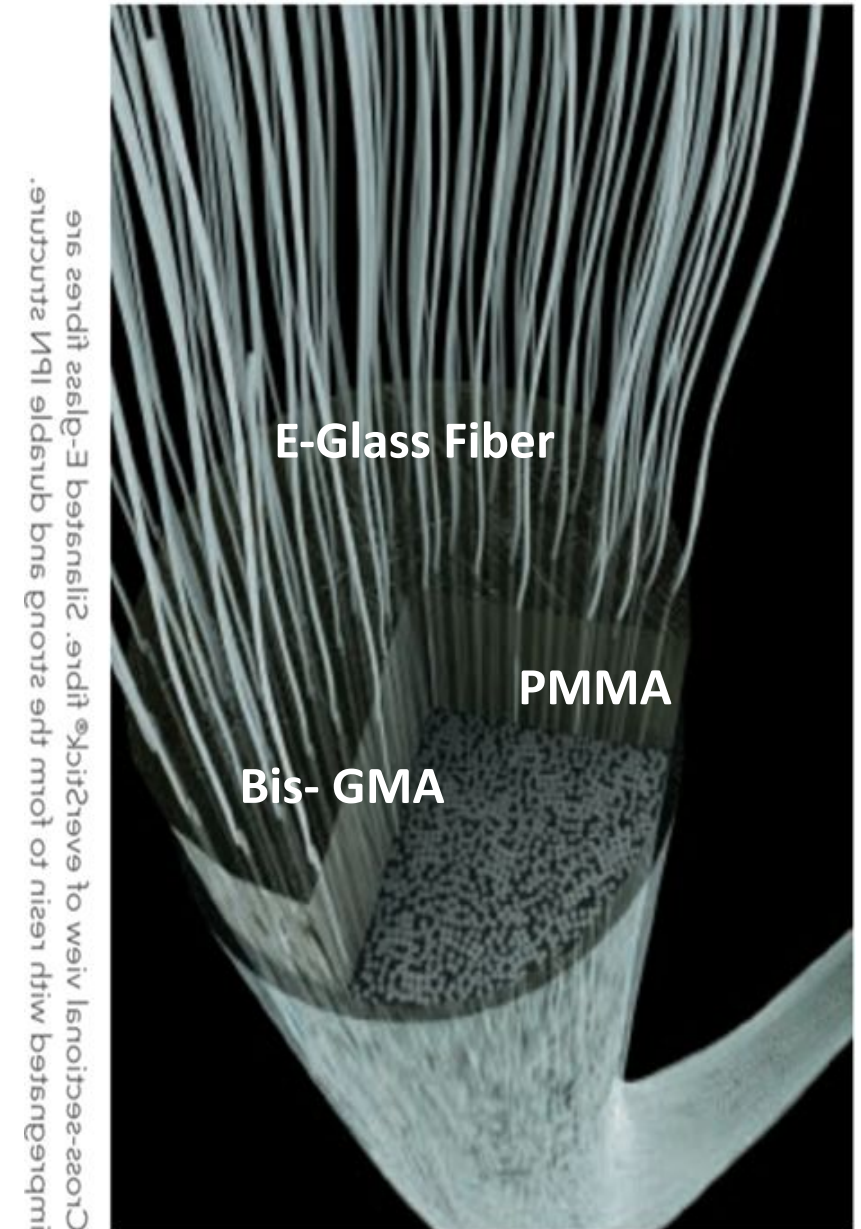
Công nghệ composite mạng bán liên thẩm (semi-IPN) của StickTech (GC Corp):

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

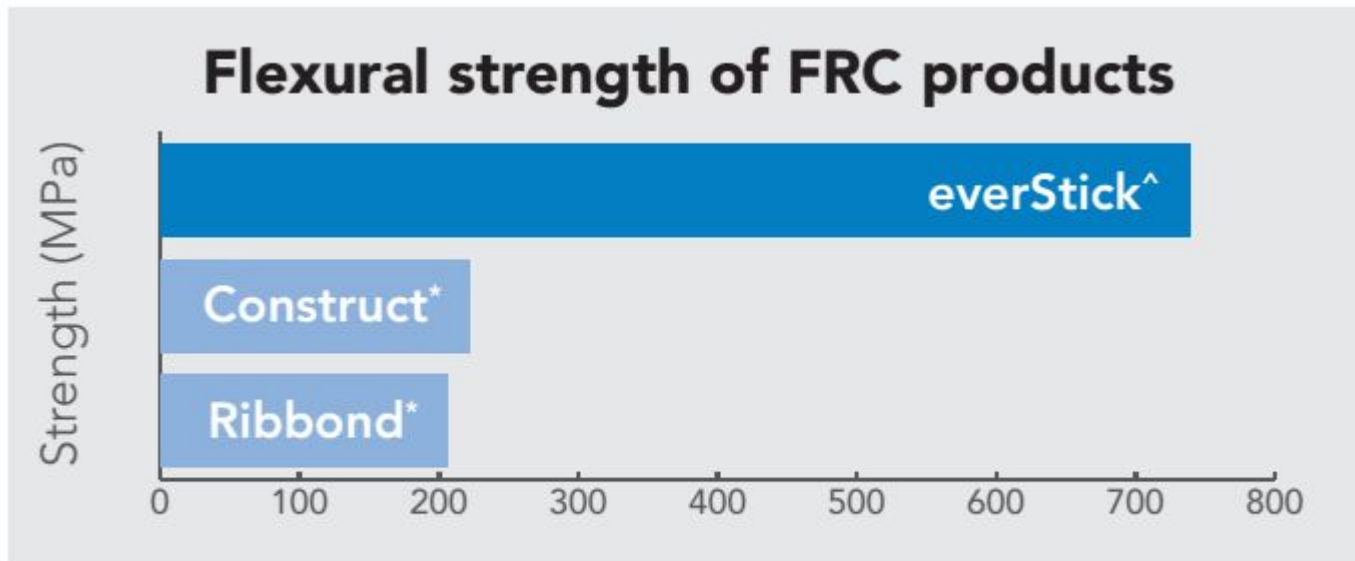
□ Bề mặt của FRC tái hoạt hóa, đạt sự dán cao với mô răng

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

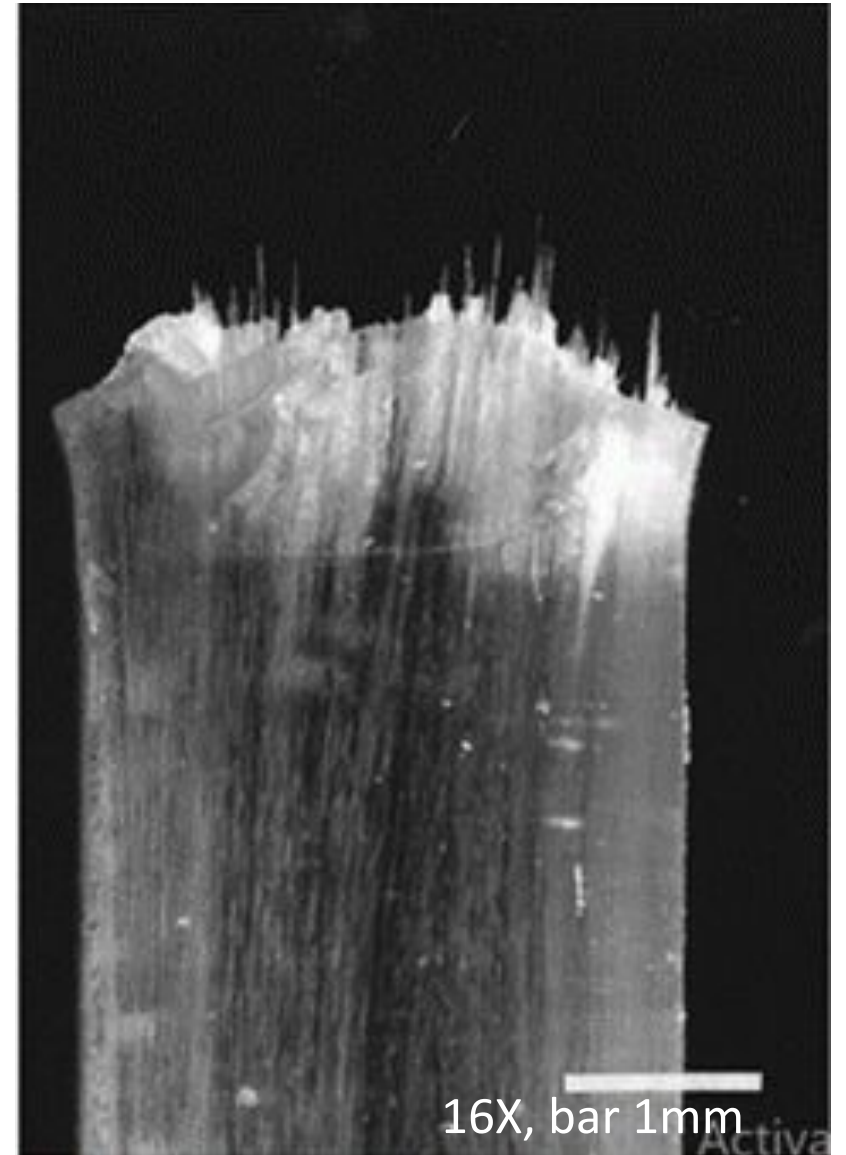
□ **composite mạng liên thẩm (đa pha)**



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



