

درسنامه ترمیمی کریگ

گردآوری:

دکتر نیلوفر موسوی

(متخصص ترمیمی)

سرشناسه	: موسوی، نیلوفر، ۱۳۶۹ -
عنوان و نام پدیدآور	: درسامه ترمیمی کریگ/مؤلف نیلوفر موسوی،
مشخصات نشر	: تهران : شایان نمودار، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	: ۶۷ ص: مصور(رنگی)، جدول(رنگی)،
شابک	: ۷۹۷۸-۲۳۷۵۳۸-۲۳۷-۹۶۴-۹۶۴-
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتاب حاضر ترجمه و تلخیص کتاب "Craig's restorative dental materials, 14th. ed, 2019" تألیف رونالد. ال ساکاگوچی، جک ال فراکین، جان. ام پاورز است.
موضوع	: دندانسازی -- مواد
موضوع	: Dental materials
موضوع	: دندانسازی -- مواد -- آزمون‌ها و تمرین‌ها
موضوع	: Dental materials-- Examinations, questions, etc.
موضوع	: دندانپزشکی ترمیمی
موضوع	: Dentistry, Operative
موضوع	: دندانپزشکی ترمیمی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها
موضوع	: Dentistry, Operative -- Examinations, questions, etc.
شناسه افزوده	: ساکاگوچی، رونالد ال.
شناسه افزوده	: Sakaguchi, Ronald L.
شناسه افزوده	: فراکین، جک ال.
شناسه افزوده	: Ferracane, Jack L.
شناسه افزوده	: پاورز، جان ام، ۱۹۴۶ - م.
شناسه افزوده	: Powers, John M., 1946-
شناسه افزوده	: کریگ، رابرت جورج، ۱۹۲۳ - م.
شناسه افزوده	: Craig, Robert George, 1923-
رده بندی کنگره	: ۵/RK۶۵۲
رده بندی دیویی	: ۶۹۵/۶۱۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۷۳۲۴۳۵۱
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیپا

نام کتاب: درسامه ترمیمی کریگ

گردآوری: دکتر نیلوفر موسوی

ناشر: انتشارات شایان نمودار

مدیر تولید: مهندس علی خزعلی

حروفچینی و صفحه‌آرایی: انتشارات شایان نمودار

طرح جلد: آتلیه طراحی شایان نمودار

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: ۱۳۹۹

شابک جلد: ۷-۲۳۷-۵۳۸-۲۳۷-۹۶۴-۹۷۸



شایان نمودار

دفتر مرکزی: تهران/ میدان فاطمی/ خیابان چهلستون/ خیابان دوم/ پلاک ۵۰/ بلوک B/ طبقه همکف/ تلفن: ۸۸۹۸۸۸۶۸



وب سایت: shayannemoodar.com



اینستاگرام: Shayannemoodar

(تمام حقوق برای ناشر محفوظ است. هیچ بخشی از این کتاب، بدون اجازه مکتوب ناشر، قابل تکثیر یا تولید مجدد به هیچ شکلی، از جمله چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی، فیلم و صدا نیست.

این اثر تحت پوشش قانون حمایت از مولفان و مصنفان ایران قرار دارد.)

سلام،

کتاب پیش رو، خلاصه ای از نکات مهم کتاب کریگ ۲۰۱۹ (کتاب رفرنس دستیاری درس ترمیمی) می باشد. چند نکته را جهت استفاده هرچه بیشتر از این کتاب لازم دانستم که ذکر کنم. بخش های **bold** شده، قسمت هایی از کتاب است که از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و در سالهای اخیر سوالات بیشتری از آنها مطرح شده است.

قسمت هایی که با علامت (II/III⁺) مشخص شده، بخش هایی است که از نظر درک مطلب یا به خاطر سپردن مشکل است و در سالهای اخیر مورد توجه طراحان سوال نیز نبوده، در نتیجه خواندن آن به داوطلبانی که درس ترمیمی برای آنها ضریب ۲ یا ۳ دارد توصیه می شود. بقیه داوطلبان براساس وقت و شرایط خود می توانند در مورد خواندن این بخش ها تصمیم گیری کنند.

در انتهای هر فصل ۵ سوال از امتحانات دستیاری، یا ارتقاء سالهای اخیر جهت فهم هرچه بهتر نحوه سوال دهی این مباحث آورده شده است.

امیدوارم این کتاب در راه رسیدن به هدفتان و قبولی در امتحان دستیاری کمک کننده باشد.

دکتر نیلوفر موسوی
مرداد ۱۳۹۹

راهنمای استفاده از درسنامه

به نام خدا

دوست عزیز

افتخار بزرگی نصیب ما شده تا در مسیر موفقیت در آزمون دستیاری دندانپزشکی در کنار شما باشیم. مهمترین ملاک موفقیت در آزمون برنامه ریزی دقیق و استفاده از منابع جامع و در عین حال خلاصه است تا امکان دوره چند باره آن را داشته باشید. در این درسنامه تلاش شده است ضمن انتقال دقیق متون رفرنس اصلی و حفظ یکپارچگی مطالب، تاکید بیشتری روی نکاتی که احتمال طرح سوال از آن در آزمون وجود دارد انجام گیرد. لطفا در مطالعه این درسنامه علاوه بر گرفتن راهنمایی از مشاوران موسسه آوید، به نکات و پیشنهاد های ذیل دقت کنید:

۱- در ابتدای هر فصل سطح اهمیت مطالب با توجه به در نظر گرفتن ضریب هر درس برای داوطلبان و سوالات مطرح شده از فصل در ۱۰ سال گذشته به سه سطح A، B و C تقسیم شده است:

A: فصولی که تقریباً هر سال از آن سوال طرح شده است و نسبت حجم و دشواری مطالب فصل به تعداد سوالی که از آن در آزمون مطرح می شود به شکلیست که خواندن فصل برای همه داوطلبان و با هر انتخاب رشته ای مقرون به صرفه است. اگر وقت کمتری برای دوره این درس دارید پیشنهاد نمی شود این فصول جزء فصول حذفی قرار گیرد.

B: فصولی که تقریباً یک سال در میان از آن ها سوال مطرح می شود. نسبت حجم و دشواری مطالب به تعداد سوالی که از آن در آزمون مطرح می شود به شکلیست که خواندن آن به همه داوطلبان توصیه می شود ولی در اولویت بعدی نسبت به فصول سطح A قرار دارند. در صورت کمبود وقت، حذف این فصول فقط در صورت اجبار و کمبود شدید وقت و فقط پس از هماهنگی با مشاور انجام می شود.

C: فصولی که ندرتاً در سال های گذشته از آن ها سوال طرح شده است یا نسبت حجم و دشواری مطالب به تعداد سوالی که از آن در آزمون مطرح می شود به شکلیست که خواندن آن برای داوطلبانی که وقت دوره کمتری دارند مقرون به صرفه نیست. این بدین معنی نیست که حذف این فصول برای همه داوطلبان پیشنهاد می شود، ولی اگر درسی برای شما ضریب ۱ یا ۰/۵ داشته و به دلایلی فرصت کمتری برای دوره دارید با راهنمایی مشاور می توانید فصول حذفی را از این فصول انتخاب کنید.

دقت داشته باشید که همه فصول درسنامه مهم بوده و امکان طرح سوال از همه فصول وجود دارد و سطح بندی فوق برای کمک در مواردی انجام شده که برنامه مطالعه داوطلبان عزیز از برنامه موسسه عقب افتاده است.

۲- در هر فصل قسمت هایی وجود دارد که احتمال مطرح شدن سوال از آن ها کم بوده یا میزان دشواری مطلب در سطحی است که صرف وقت برای مطالعه آن ها به دوستانی پیشنهاد می شود که درس برای آن ها ضریب ۲ یا ۳ دارد. این قسمت از متن با علامت (II/III +) مشخص شده اند.

۳- در هر فصل سوالات تالیفی و سوالات مطرح شده در آزمون های سال های گذشته آورده شده است. دقت کنید که این تست ها صرفاً برای کمک به یادگیری بهتر درسنامه طراحی شده اند و داوطلبان باید حتماً پس از هماهنگی با مشاور از سایر منابع تست برای آمادگی آزمون نیز استفاده کنند.

۴- پیشنهاد می کنیم از چند منبع یا درسنامه مختلف استفاده نکنید. متعهد هستیم که میزان انطباق سوالات آزمون با مطالب درسنامه اگر نه کامل، نزدیک به کامل است.

۵- فیلم آموزشی که همراه با درسنامه خدمت شما ارسال شده است برای کمک به درک مطالب کتاب و آشنایی با روش مطالعه صحیح درس است و استفاده از آن در دور اول مطالعه پیشنهاد می شود. هر چند مطالب درسنامه کامل بوده و محتوایی از درس برای ایجاد اجبار برای شما عزیزان در تهیه فیلم حذف نشده است.

بدون شک هیچ نگارشی فاقد اشتباه نیست. خواهشمندیم اگر هر مشکلی در متن پیش رو وجود دارد با بزرگواری به ما تذکر دهید تا بتوانیم نقص های احتمالی موجود را برطرف نماییم.

با آرزوی کامیابی
واحد آموزش و مشاوره آوید

فهرست مطالب

فصل اول: کامپوزیت (فصل ۹ کریگ).....	۸
بیومتریال کامپوزیت	۸
ماتریکس رزینی.....	۹
فیلرها	۱۱
فاز اینترفاسیال و عامل کوپلینگ	۱۳
نقش عوامل کوپلینگ	۱۳
آغازگر و تسریع کننده ها	۱۵
پیگمانها و سایر اجزا	۱۵
واکنش پلیمریزاسیون	۱۶
بسته بندی کامپوزیت ها.....	۱۷
خصوصیات کامپوزیت ها.....	۱۸
خصوصیات فیزیکی	۱۸
خصوصیات حرارتی.....	۱۹
استحکام باند به سوبستراهای دندانی	۲۱
خصوصیات کلینیکی	۲۲
کاربردهای اختصاصی کامپوزیت ها	۲۳
گلاس آینومرها.....	۲۵
اجزا و واکنش ستینگ گلاس آینومر کانونشنال	۲۵
نقش آب در ستینگ کلی گلاس آینومرها:.....	۲۶
اجزا و واکنش ستینگ گلاس آینومرهای رزین مدیفاید (RMGI)	۲۷
سیستم گلاس آینومر Tri-cure	۲۸
نانو آینومرها	۲۸
بسته بندی گلاس آینومرها	۲۸
کاربردهای کلینیکی گلاس آینومرها	۲۸
خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و حرارتی گلاس آینومرها	۲۹
روشهای کاندیشنینگ	۲۹
کامپومرها	۳۰
دستگاه های لایت کیور	۳۰
دستگاه های لایت کیور QTH	۳۱
دیودهای تابنده نور آبی رنگ (LED).....	۳۱
کاربردهای پروتزی پلیمرها	۳۲
پودر	۳۲
مایع	۳۳
سؤالات فصل اول	۳۴

فصل دوم: آمالگام (فصل ۱۰ کریگ) ۳۶

۳۷	تعیین کننده ویژگی های آمالگام.....
۳۸	میزان حلالیت نقره، قلع و مس در جیوه در دمای مشابه.....
۳۹	خصوصیات فیزیکی و مکانیکی.....
۴۰	تغییرات ابعادی.....
۴۱	خوردگی (CORROSION) چیست؟.....
۴۱	میزان کروژن فازهای آمالگام.....
۴۱	باندینگ آمالگام.....
۴۲	تکنیک قراردادن آمالگام باند.....
۴۳	سوالات فصل دوم.....

فصل سوم: مواد برای ادهیژن و لوتینگ (فصل ۱۳ کریگ) ۴۶

۴۷	سیستم های ادهزیو.....
۴۸	ارزیابی آزمایشگاهی عملکرد باند.....
۴۹	زیست سازگاری.....
۴۹	عملکرد کلینیکی.....
۵۰	باند به مینا.....
۵۰	باند به عاج.....
۵۲	باندینگ به سایر سوبستراها.....
۵۴	تقسیم بندی و مشخصات عوامل لوتینگ.....
۵۵	زیست سازگاری.....
۵۵	سیل کردن اینترفاسیال و فعالیت ضد پوسیدگی.....
۵۵	ادهیژن.....
۵۵	خواص مکانیکی.....
۵۶	خواص handling و رادیوآپاسیتی.....
۵۶	ویسکوزیتی و ضخامت.....
۵۶	حلالیت.....
۵۶	زیبایی.....
۵۶	سمانهای اسید- باز.....
۵۹	گلاس آینومر.....
۶۲	گلاس آینومرهای رزین مدیفاید.....
۶۴	سمانهای کلسیم آلومینات/ گلس آینومر.....
۶۴	سمان های رزینی.....
۶۶	سمانهای رزینی سلف ادهزیو.....
۶۷	سمانهای رزینی برای ترمیمهای موقت.....
۶۸	سوالات فصل سوم.....

کامپوزیت / فصل ۹ کتاب کریگ

سطح اهمیت: A

بیومتریال کامپوزیت

ماده جامدی که شامل دو یا چند ماده یا فاز تشکیل دهنده مشخص است. توانایی تغییر خواص بر اساس کنترل اجزای تشکیل دهنده آن‌ها، یک مزیت مهم در استفاده از این مواد است. طبق این تعریف مینا، عاج، استخوان و پلیمرهای تقویت شده مثال هایی از کامپوزیت ها هستند. آلیاژ برنج کامپوزیت نیست. رزین کامپوزیت‌ها نسبت به آکريل‌ها و سيليكات‌ها:

- (۱) ضريب انبساط حرارتي كم تر
- (۲) تغييرات ابعادی كم تر حين ستينگ
- (۳) مقاومت به سايش بيش تر
- (۴) عملکرد كلينيكي بهبود يافته دارند.

TABLE 9.1 Types of Restorations and Recommended Resin Composites

Type of Restoration	Recommended Resin Composite
Class 1	Multipurpose, nanocomposite, bulk filled, microfilled (posterior), ^a compomer (posterior) ^a
Class 2	Multipurpose, nanocomposite, bulk filled, laboratory, microfilled (posterior), ^a compomer (posterior) ^a
Class 3	Multipurpose, nanocomposite, microfilled, compomer
Class 4	Multipurpose, nanocomposite
Class 5	Multipurpose, nanocomposite, microfilled, resin-modified glass ionomer, compomer
Class 6 (MOD)	Bulk filled, nanocomposite
Cervical lesions	Flowable, resin-modified glass ionomer, compomer
Pediatric restorations	Flowable, resin-modified glass ionomer, compomer
3-unit bridge or crown	Laboratory (with fiber reinforcement)
Alloy substructure	Laboratory (bonded)
Core build-up	Core
Temporary restoration	Provisional
High caries-risk patients	Glass ionomers, resin-modified glass ionomer

سؤال: طبق جدول شماره ۱-۹ فصل کامپوزیت، کدامیک از کامپوزیت‌های زیر برای ترمیم حفره CHI مناسب نمی‌باشد؟

الف) چند منظوره (ب) میکروفیلد (ج) لابراتوری (د) کامپومر
جواب: گزینه ج

جدول ۲-۹: ویژگی انواع کامپوزیت رزین‌ها

نوع کامپوزیت	سایز پارتیکل‌های فیلر	حجم فیلرهای غیر آبی (%)	ویژگی‌ها و خصوصیات handing
			مزایا
			معایب
multipurpose	۰/۰۴، ۰/۲-۳/۰	۶۰-۷۰	استحکام بالا، مدلوس بالا
Nanocomposite	۰/۰۰۲، ۰/۰۷۵	۷۲-۷۹	پالیش بالا، استحکام بالا، مدلوس بالا، ماندگاری پالیش
microfilled	۰/۰۴	۳۲-۵۰	بهترین پالیش، بهترین زیبایی
Bulk, filled	۰/۰۴، ۰/۲-۲۰	۵۹-۸۰	کیور عمیق، مراحل کار کاهش یافته
flowable	۰/۰۴، ۰/۲-۳/۰	۴۲-۶۲	سرنگی، مدلوس کمتر
laboratory	۰/۰۴، ۰/۲-۳/۰	۶۰-۷۰	بهترین آناتومی و کانتکت، سایش کمتر

نکته: در این جدول ستون‌های مربوط به مزایا و معایب انواع کامپوزیت‌ها مهم می‌باشد.

سؤال: کدام یک از معایب کامپوزیت میکروفیلد می‌باشد؟

الف) سایش بیشتر (ب) تطابق مارژینال نامناسب (ج) انقباض بیشتر (د) نیاز به سمان رزینی
جواب: گزینه ج

اجزای اصلی تشکیل دهنده رزین کامپوزیت‌ها:

۱- ماتریکس پلیمری آلی

۲- ذرات فیلر غیر آلی

۳- عامل کوپلینگ

۴- سیستم آغازگر-تسریع کننده

ماتریکس رزینی می‌تواند از جنس:

۱. مونومرهای متاکریلاتی

۲. مونومرهای متاکریلاتی با انقباض کم

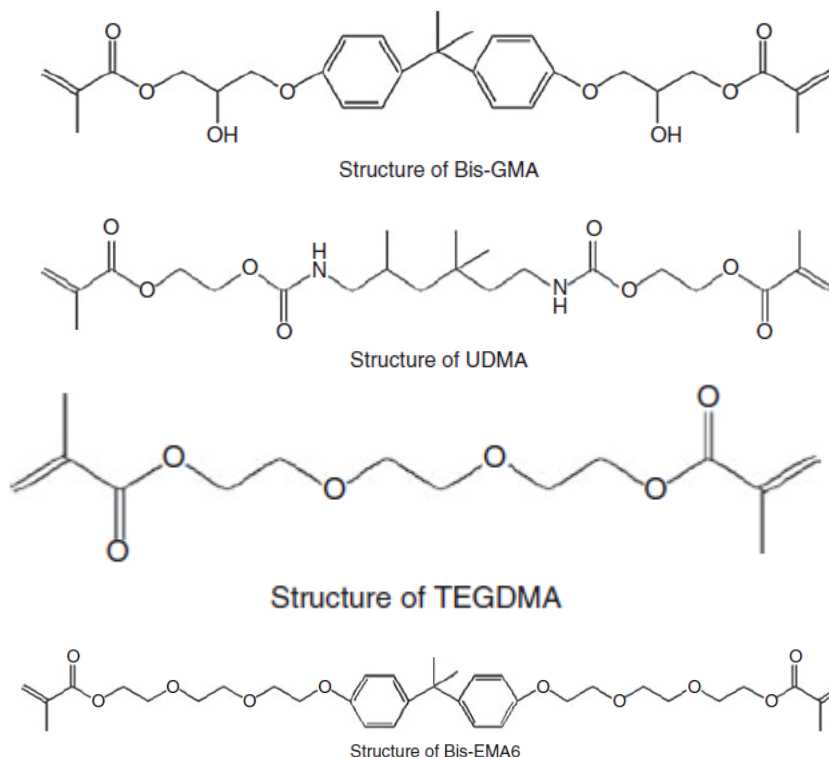
۳. مونومرهای سیلوران با انقباض کم باشد.

• مونومرهای متاکریلاتی

اکثر مونومرهای مورد استفاده برای ماتریکس رزینی ترکیبات دی متاکریلات هستند. **UDMA و BisGMA** دو مونومر رایج مورد استفاده هستند. در هر دو مونومر پیوندهای فعال دوگانه کربن در انتهای زنجیره تحت واکنش پلیمریزاسیون افزایشی آغاز شده توسط رادیکال‌های آزاد قرار می‌گیرند. استفاده از گروه‌های **آروماتیک**، باعث **تطابق خوب ضریب شکست با گلاس‌های رادیوپاک شده** و بنابراین خواص نوری را بهبود می‌بخشند.

ویسکوزیتی مونومرها (به خصوص BisGMA) زیاد است.

ترکیباتی با وزن ملکولی پایین و پیوندهای دوگانه کربن دو عاملی مانند **TEGDMA یا Bis-EMA6** به عنوان **رقیق کننده**، جهت کاهش ویسکوزیتی اضافه می‌شوند.



• مونومرهای متاکریلاتی با انقباض کم

این مونومرها جهت کنترل انقباض حجمی و استرس پلیمریزاسیون کامپوزیت‌ها استفاده می‌شوند. افزایش فاصله بین گروه‌های متاکریلاتی در این مونومرها منجر به کاهش تراکم کراس‌لینک یا افزایش سفتی مونومرها می‌شود. برخی نمونه‌ها شامل استفاده از اسیدهای دایمر، افزودن واحدهای سیکلوآلیفاتیک و واحدهای **photocleavable** برای حذف استرس پلیمریزاسیون است. در عوامل باندینگ مورد استفاده در این کامپوزیت‌ها نیز به منظور سازگاری با آن‌ها از مونومرهای آلی مشابه استفاده می‌شود.

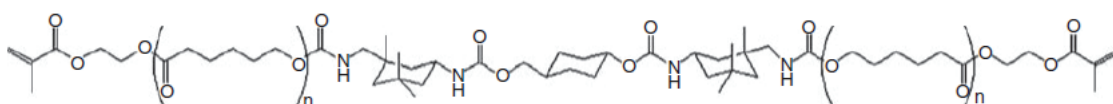
• مونومرهای سیلوران با انقباض کم

هدف: کاهش انقباض و استرس پلیمریزاسیون

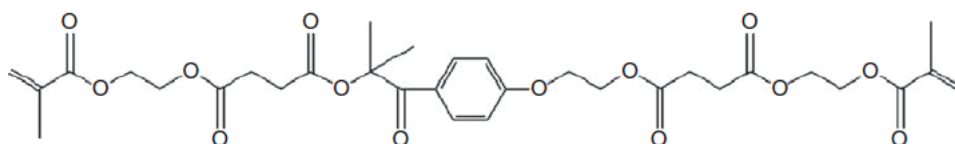
اجزای ساختار شیمیایی: سایلوکسان و اکسیران (oxirane به عنوان اپوکسی نیز شناخته می‌شود).

سایلوکسان باعث **هیدروفوب** شدن کامپوزیت شده و **اکسیران** از طریق پلیمریزاسیون کاتیونی، تحت کراس لینک **ring opening** قرار می‌گیرد.

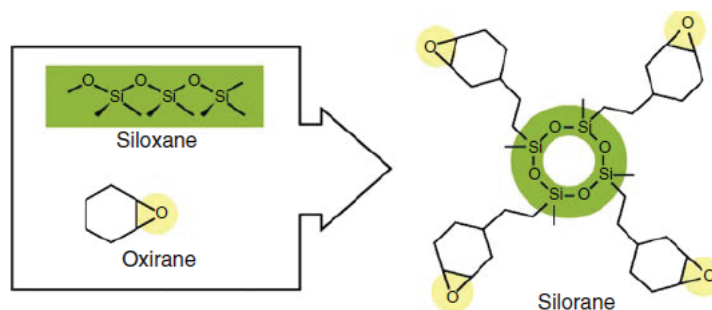
باقی ماندن هر گونه خاصیت قلیایی در سطح فیلرهای استفاده شده (بعضی گلاس‌ها و سیستم‌های مشتق شده از سل-ژل) در این کامپوزیت‌ها باعث ناپایداری آن‌ها می‌شود. برای استفاده از این کامپوزیت‌ها سیستم‌های آغازگر-ادهزیو اختصاصی مورد نیاز است.



Structure of a Monomer with Cycloaliphatic Units



Structure of Monomer with Photocleavable Units



Structure of Silorane

فیلرها

عملکرد فیلرها به عنوان جزیی که بخش عمده ای از وزن یا حجم کامپوزیت‌ها را تشکیل داده‌اند شامل: (۱) **تقویت ماتریکس** (۲) **ایجاد ترانسلسنسی مناسب** (۳) **کنترل انقباض حجمی** کامپوزیت در حین پلیمریزاسیون می‌باشد. ذرات فیلر اغلب از مواد معدنی مانند گلاس، کوارتز یا سرامیک‌های مشتق از سل-ژل، سیلیکای میکروفاین و یا اخیراً از **نانو ذرات** به دست می‌آیند. اغلب گلاس‌ها به منظور ایجاد **رادپا پاسیتی** حاوی اکسیدهای فلزی سنگین مانند **باریم** یا **روی** می‌باشند.

یکی از روش‌های تقسیم بندی کامپوزیت‌ها بر اساس سایز و شکل ذرات و توزیع ذرات فیلر است:

• ماکرو فیلدها

دارای ذرات کروی یا نامنظم بزرگ با میانگین قطر ذرات ۲۰-۳۰ میکرون این کامپوزیت‌ها تقریباً **اپک** بوده و **مقاومت به سایش** کمی داشتند.

• کامپوزیت‌های هیبرید و میکروهیبرید

کامپوزیت‌های هیبرید از ترکیب ۲ نوع فیلر تشکیل شده اند:

۱- ذرات فاین با میانگین سایز ذرات ۲-۴ میکرون

۲- ذرات میکرو فاین معمولاً سیلیکا با میانگین سایز ذرات ۰/۲-۰/۴ میکرون (۵-۱۵٪).

در مورد کامپوزیت‌های میکرو هیبرید ذرات فاین با میانگین سایز ذرات کوچکتر ۰/۴ تا ۱ میکرون استفاده می‌شود.

(II/III⁺) ذرات از سایش گلاس (بروسیلیکات گلاس، لیتیوم یا باریم آلومینیوم سیلیکات گلاس، استرانسیوم یا زینک گلاس)، کوارتز یا مواد سرامیکی به دست می‌آیند. این نحوه توزیع ذرات فیلر در این کامپوزیت‌ها امکان وارد کردن فیلر بیشتر و handling خوب کامپوزیت را فراهم کرده است. کامپوزیت‌های میکرو هیبرید ممکن است دارای ۶۰-۷۰٪ حجمی (معادل ۷۷-۸۴٪ وزنی در کامپوزیت) فیلر باشند.

این دسته از کامپوزیت‌ها مقاومت به سایش و خصوصیات مکانیکی خوبی دارند و برای کاربردهای تحت استرس مطلوب هستند، اما به تدریج پالایش سطحی خود را از دست داده و خشن و کدر می‌شوند.

• نانوفیلرها و نانوکامپوزیت‌ها

نانوتکنولوژی عبارت است از ایجاد ساختارها و مواد فانکشنال در مقیاس نانو (۱۰۰-۱ نانومتر)، با استفاده از روش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلف به منظور ایجاد ساختارهایی با خصوصیات جدید.

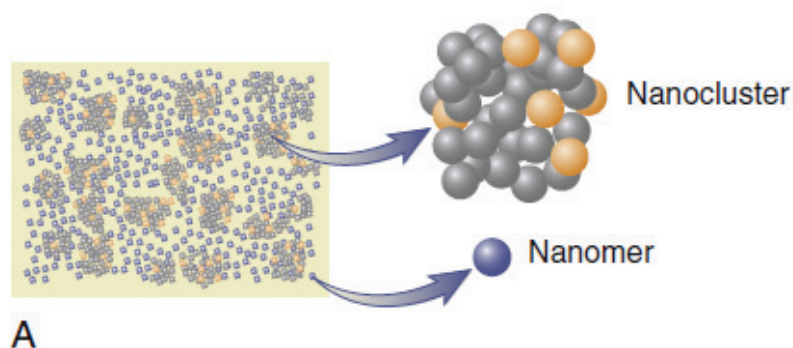
دو نوع متمایز از نانوکامپوزیت‌های دندان‌ی در دسترس است: ۱- نانوفیلدها ۲- نانوهیبریدها

کامپوزیت‌های نانوفیلد: این کامپوزیت‌ها حاوی ذرات نانومتری (۱-۱۰۰ nm) در سراسر ماتریکس رزینی بوده و ذرات بزرگتر اولیه ندارند.

اندازه ذرات نانومتری کم تر از نورمرئی (۴۰۰-۸۰۰ nm) بوده و بنابراین فرصت ایجاد مواد بسیار شفاف‌ی را فراهم می‌کنند. به علاوه، نسبت سطح به حجم نانوذرات بسیار بزرگ است. اندازه ی کوچکترین نانوذرات، نزدیک به مولکولهای پلیمری است بنحویکه می‌توانند در مقیاس مولکولی تعاملی را با ماتریس رزینی برقرار کنند.

۲ نوع از نانو ذرات برای این دسته از کامپوزیت‌ها استفاده می‌شوند. نوع اول ذرات نانومتری با جرم یکسان، متراکم نشده و غیر آگلومره سیلیکا یا زیرکونیا است. سطح نانوذرات، تحت تاثیر عوامل کوپلینگ سیلان قرار گرفته است که پس از قرار دادن و کیور کردن کامپوزیت، امکان باند شدن ذرات به ماتریکس رزینی را فراهم می‌کند. سنتر این نانومرها بوسیله پدیده سُل بوده و ذراتی هم اندازه تولید می‌شود. بنابراین اگر این ذرات به تنهایی برای ساخت کامپوزیت‌های پرفیلر استفاده شوند خصوصیات رئولوژیک به دست آمده ضعیف خواهد بود. (تعریف رئولوژیک در کتاب نیست. رئولوژیک: ویسکوالاستیک. رئولوژی: مطالعه دفورمیشن و flow مواد). برای حل این مشکل نوع دوم ذرات با عنوان نانو کلاسترها طراحی شدند. نانو کلاسترها از سُل سیلیکا یا مخلوطی از اکسیدهای سیلیکا و زیرکونیا و با روش سینترینگ سبک اکسیدهای نانومتری ساخته می‌شوند. اندازه ذرات اولیه برای تولید آن‌ها ۷۵-۵ نانومتر است. کلاسترها می‌توانند به گونه ای ساخته شوند که توزیع وسیعی از سایز ذرات در محدوده ۱۰۰ nm تا مقادیر زیر میکرون و میانگین سایز ۰/۶ میکرون را داشته باشند.

منحصر به فرد بودن کامپوزیت‌های نانوفیلد در این است که استحکام مکانیکی میکرو هیبریدها را دارا بوده، به علاوه پالایش سطحی خود را در حین سرویس دهی حفظ می‌کنند. این به دلیل آن است که نانو کلاسترها در حین ابریژن، با سرعتی مشابه ماتریکس اطراف دچار shear می‌شوند و بنابراین سطح صاف ترمیم برای مدت طولانی تری حفظ می‌شود.



شکل ۱-۱: دیاگرام شماتیک یک کامپوزیت نانوفیلد متشکل از نانوکلاسترها و نانومرها

نانو فیلرها باعث بهبود خواص نوری نیز می‌شوند. در کامپوزیت‌های هیبرید سایز ذرات فیلر ۳-۴/۰ میکرون می‌باشد. در صورت عدم تطابق ضریب شکست (توانایی یک ماده برای انتقال نور) ذرات و رزین، ذرات به دلیل پراکنده کردن نور، موادی اپک ایجاد می‌کنند.

نانوفیلرها بسیار کوچک تر از طول موج نور بوده و بنابراین با ضریب شکست قابل اندازه گیری نمی‌باشند. پس از برخورد نور، نور با طول موج بلند از ماده عبور کرده و ترانس لوسنسی بیشتر به نظر می‌رسد.

هم چنین با قرار گرفتن کامپوزیت‌های نانوفیلد روی یک پس زمینه ی سیاه، نانوذرات و نانوکلاسترها، ترجیحاً نور آبی را پراکنده کرده و اثر **opalescent** را در کامپوزیت ایجاد می‌کنند. این اثر، ظاهر زنده تری که مطابق با مینای طبیعی است را ایجاد می‌کند.

مقاومت به سایش این کامپوزیتها پس از ۳-۵ سال استفاده کلینیکی مشابه با مینای دندان است.

Hybrid		Microfill		Nanocomposite	
0	11.7	22.5	11.9	22.6	100
100	88.3	77.7	88.1	77.4	0
3 (0.1)	87.4 (0.1)	93.3 (0.1)	94.6 (0.2)	94.5 (0.3)	96.8 (0.3)

شکل ۱-۲: ترانس لوسنسی یک کامپوزیت هیبرید، کامپوزیت میکروفیلد و یک نانوکامپوزیت

کامپوزیت‌های نانو هیبرید: این کامپوزیت‌ها از ذرات بزرگتر (۴-۵/۰ میکرون) به همراه ذرات نانومتری تشکیل شده اند و بنابراین هیبریدی بوده و کامپوزیت‌های نانوفیلد حقیقی نیستند. صافی سطح و سایش هر کامپوزیت توسط اندازه بزرگترین ذرات فیلر آن تعیین می‌شود و بنابراین این کامپوزیت‌ها نیز مانند میکروهیبریدها به تدریج کدر می‌شوند.

فاز اینترفاسیال و عامل کاپلینگ

عامل کاپلینگ برای عملیات سطحی فیلرها قبل از اختلاط با جزء مونومری بر روی آن‌ها (فیلرها) به کار برده شده و باعث پیوند بین فازهای آلی و غیرآلی کامپوزیت‌ها می‌شود و برای عملکرد موفقیت آمیز کامپوزیت ضروری است. یک انتهای این ملکول‌ها دارای گروه‌های فانکشنال (متوکسی) بوده که پس از هیدرولیز شدن با فیلر غیرآلی واکنش می‌دهد و انتهای دیگر ملکول نیز با دارا بودن پیوندهای دوگانه متاکریلاتی با مونومرها کاپلمریزه می‌شود.

رایج ترین عامل کاپلینگ:

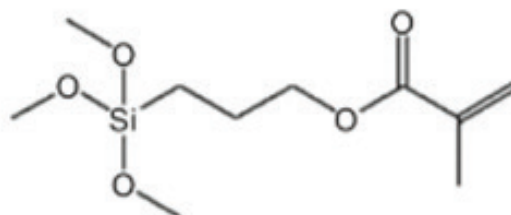
ترکیبات سیلیکون آلی به نام سیلان (۳- متاکریلوکسی پروپیل تری متوکسی سیلان (MPTS))

در کامپوزیت‌های با انقباض کم عامل کاپلینگ فانکشنالیزه شده با اپوکسی، ۳- گلیسیدوکسی پروپیل تری متوکسی سیلان (GPTS)، به منظور باند فیلر به ماتریکس اکسیران (oxirane) استفاده می‌شود.

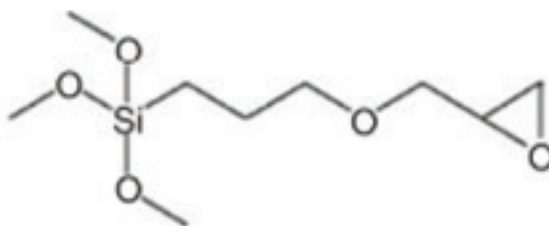
طی عملیات سطحی فیلر گروه‌های متوکسی هیدرولیز شده و با یک واکنش اسید یا باز، گروه‌های هیدروکسیل را تولید می‌کنند. این گروه‌ها پس از تراکم به وسیله پیوندهای کووالانسی با گروه‌های هیدروکسیل روی سطح فیلر متصل می‌شوند. طی کیورینگ کامپوزیت، پیوندهای دوگانه گروه‌های متاکریلوکسی سطح فیلر با رزین‌های مونومر واکنش می‌دهند.

نقش عوامل کاپلینگ:

- ۱- با تشکیل پل interfacial فیلر و ماتریس رزینی را به هم متصل می‌کند.
- ۲- خواص مکانیکی را بهبود بخشیده و کنده شدن فیلرها از ماتریس را طی سایش کلینیکی به حداقل می‌رساند.
- ۳- فاز اینترفاسیال تشکیل شده، عامل توزیع استرس بین ذرات مجاور و ماتریس پلیمری است.
- ۴- با فراهم کردن یک محیط هیدروفوبیک جذب آب کامپوزیت را به حداقل می‌رساند.



Structure of 3-Methacryloxypropyltrimethoxysilane



Structure of 3-Glycidoxypentyltrimethoxysilane

آغازگر و تسریع کننده‌ها

سیستم آغازگر- تسریع کننده نیز مسئول پلیمریزه شدن سیستم به یک توده سفت است که این واکنش پلیمریزاسیون می‌تواند به صورت نوری، شیمیایی (سلف کیورینگ) و نوری- شیمیایی (دووال کیورینگ) باشد. در فعال سازی نوری، نور آبی در طول موج ۴۶۵ nm توسط یک عامل حساس به نور مانند کامفورکینون جذب می‌شود.

کامفورکینون در فرایند تولید به میزان ۱٪- ۰/۱ به مونومر اضافه می‌شود.

در کامپوزیت‌های متاکریلاتی رادیکال‌های آزاد پس از فعال سازی تولید شده و واکنش با حضور یک آمین آلی (آلیفاتیک یا آروماتیک) تسریع می‌شود. تا قبل از اکسپوژر به نور، آمین و کامفورکینون در دمای اتاق پایدار هستند.

کامفورکینون باعث زرد بودن کامپوزیت کیور نشده می‌شود که در حین کیور شدن سفید می‌شود.

فعال سازی شیمیایی، با واکنش بین یک آمین آلی (خمیر کاتالیز) با پراکسید آلی (خمیر یونیورسال) انجام شده و رادیکال‌های آزاد تولید می‌کند. این رادیکال‌های آزاد با حمله به باندهای دو گانه کربن باعث پلیمریزاسیون کامپوزیت می‌شوند. کامپوزیت‌های dual cure (مانند core و محصولات موقت) حاوی آغازگر و تسریع کننده‌هایی هستند که امکان فعال سازی با نور و سپس فعال سازی شیمیایی (سلف کیورینگ) را فراهم می‌کنند. در کامپوزیت‌های سیلوران، پس از اکسپوژر به نور کاتیون‌هایی تولید می‌شود. سایر اجزا آغازگر (نمک‌های یدونیوم و اهدا کنندگان الکترون) نیز گونه‌های کاتیونی فعالی را تولید می‌کنند که فرآیند پلیمریزاسیون را آغاز می‌کنند.

پیگمان‌ها و سایر اجزا

شایعترین رنگدانه‌ها: اکسید آهن

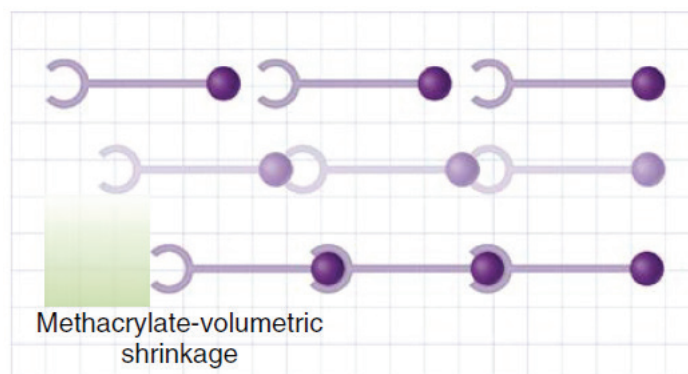
مقیاس‌های مختلفی برای توصیف رنگ کامپوزیت‌ها به کار می‌روند. عامل جذب UV به منظور به حداقل رساندن تغییرات رنگ ناشی از اکسیداسیون اضافه می‌شود. رنگ‌های تیره و اپک نمی‌توانند عمق کیورینگ مشابهی با رنگ‌های ترانسلوپنت داشته باشند.

عوامل **فلوئورسنت** که برای بهبود **وایتالیتی نوری** (optical vitality) و تقلید ظاهر طبیعی دندان‌ها به کامپوزیت اضافه می‌شوند نورهای محدوده ی بنفش و فرابنفش طیف الکترومغناطیسی (۳۴۰-۳۷۰ نانومتر) را جذب کرده و آن را در محدوده ی آبی (۴۲۰-۴۷۰ نانومتر) ساطع می‌کنند. این افزودنیها باعث اثر سفیدکنندگی می‌شوند و با افزایش میزان کلی نور آبی منعکس شده، ماده کمتر زرد به نظر می‌رسد.

واکنش پلیمریزاسیون

• پلیمریزاسیون کامپوزیت‌های متاکریلاتی

شبکه پلیمری کامپوزیت‌های متاکریلاتی با واکنش پلیمریزاسیون افزایشی رادیکال‌های آزاد تشکیل می‌شود. این واکنش پلیمریزاسیون شامل ۳ مرحله ی شروع (initiation)، انتشار (propagation) و اتمام (termination) می‌باشد. در مرحله انتشار اضافه شدن سریع مولکول‌های مونومر باقی مانده به هسته فعال، رشد بیش تر زنجیره پلیمری را فراهم می‌کند. واکنش انتشار تا توقف رادیکال آزاد در حال رشد ادامه می‌یابد. درجه پلیمریزاسیون بسته به این که پلیمریزاسیون در عمق ترمیم یا در لایه سطحی ممانعت شده با هوا باشد از ۸۰٪-۳۵٪ متفاوت است و در کامپوزیت‌های لایت کیور با فاصله نور از ترمیم و زمان اکسپوژر به نور تغییر می‌کند و در کامپوزیت‌های لابرآتواری که در دما و شدت بالا post-cured می‌شوند بیش تر است.



شکل ۳-۱: تصویر شماتیک پلیمریزاسیون رزین متاکریلات و انقباض حجمی ناشی از آن

در حین پلیمریزاسیون با کاهش حجم واندروالس و حجم آزاد مولکولی کاهش حجم کامپوزیت و انقباض دیده می‌شود. کاهش حجم واندروالس به دلیل تبدیل پیوند دوگانه به پیوند تکی و تغییر طول پیوند و کاهش حجم آزاد مولکولی به دلیل کاهش حرکات چرخشی و حرارتی تصادفی که در پلیمر نسبت به مونومر محدودتر می‌شود، اتفاق می‌افتد. حجم واندروالس، حجم خود مولکول است که از اتم‌ها و طول پیوند ناشی شده است.

روش‌های به حداقل رساندن انقباض پلیمریزاسیون:

۱- استفاده از رزین‌های از پیش پلیمریزه شده

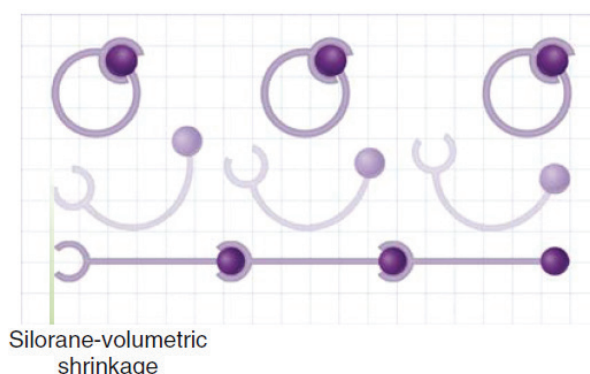
۲- به حداکثر رساندن میزان فیلرهای غیرآلی

۳- استفاده از مونومرهای با جرم ملکولی بالا

هم چنین لایه لایه قرار دادن کامپوزیت‌ها به دلیل محدود بودن عمق کیور استرس انقباض را کنترل می‌کند.

• پلیمریزاسیون کامپوزیت‌های سیلوران

در این کامپوزیت‌ها، آغاز پلیمریزاسیون با یک روند کاتیونی انجام شده که در آن اکسیران (oxirane) با ملکول‌های مجاور تشکیل پیوندهای کووالانسی تکی می‌دهد. شیمی باز شدن حلقه سیلوران که با شکافتن حلقه ی اکسیران شروع می‌شود، فضایی را ایجاد کرده که تا حدی با کاهش حجم ناشی از ایجاد پیوندها مقابله کرده و بنابراین انقباض حجمی و استرس ایجاد شده حین پلیمریزاسیون این کامپوزیت‌ها را کاهش می‌دهد. ولی چون عمق کیور محدودی دارند همچنان باید لایه لایه قرار داده شوند.



شکل ۴-۱: تصویر شماتیک پلیمریزاسیون کامپوزیت سیلوران و انقباض حجمی ناشی از آن

• بسته بندی کامپوزیت‌ها

بسته بندی اولیه از یک ماده پلاستیکی است که اجازه نفوذ اکسیژن را بدهد (اکسیژن مهار کننده پلیمریزاسیون متاکریلات است).

• کامپوزیت‌های لایت کیور

بسته بندی و ذخیره این کامپوزیت‌ها باید به گونه ای باشد تا از کیورینگ زودرس محافظت شود. از آن جا که این کامپوزیت‌ها بیشتر در سرنگ‌های پلاستیکی اپک و سیاه یا کپسول‌های تک واحدی بسته بندی می‌شوند به آن‌ها کامپول گفته می‌شود. مزیت بسته بندی به صورت کپسول‌های تک واحدی کاهش خطر عفونت متقاطع است.

• کامپوزیت‌های سلف کیور و دووال کیور

این کامپوزیت‌ها در دو سرنگ مختلف عرضه شده که پس از مخلوط کردن دو خمیر واکنش شیمیایی شروع می‌شود. برای افزایش طول عمر این کامپوزیت‌ها بهتر است در دماهای سرد نگهداری شوند.

خصوصیات کامپوزیت‌ها

• خصوصیات فیزیکی

• Setting time و Working time

پلیمریزاسیون در کامپوزیت‌های لایت کیور on demand می‌باشد. واکنش setting در این کامپوزیت‌ها برای مدت ۲۴ ساعت طول کشیده و خواص فیزیکی نهایی ممکن است تا ۲۴ ساعت پس از شروع واکنش حاصل نشود. براساس گزارشات ۲۵٪ از پیوندهای دوگانه اشباع نشده کربن به صورت واکنش نیافته در توده ترمیم باقی می‌مانند. حفاظت سطح ترمیم با یک ماتریکس شفاف به منظور به حداقل رساندن میزان رزین غیرپلیمریزه در ترمیم نهایی مفید می‌باشد. استحکام مکانیکی کافی برای اتمام و پرداخت ترمیم با مواد ساینده بلافاصله پس از ترمیم حاصل می‌شود. ۶۰-۹۰ ثانیه پس از اکسپوژر کامپوزیت‌های لایت کیور به نور محیط توانایی جریان یافتن آن بر روی دندان و کار کردن با آن از دست می‌رود. به همین دلیل خمیر خارج شده باید با یک پوشش اپک یا نارنجی رنگ پوشانده شود. setting time کامپوزیت‌های سلف کیور ۳-۵ دقیقه است که با کنترل غلظت آغازگر و تسریع کننده حاصل می‌شود.

TABLE 9.3 Properties of Various Types of Resin Composites, Compomers, Conventional Glass Ionomers, and Resin-Modified Glass Ionomers

Property	Nanocomposite*	Multipurpose Composite	Microfill Composite	Packable Composite	Flowable Composite	Laboratory Composite	Core Composite	Conventional Glass Ionomer	Resin-Modified Glass Ionomer
Flexural strength (MPa)	180	80-160	60-120	85-110	70-120	90-150 ^b	—	7-15	50-60
Flexural modulus (GPa)	—	8.8-13	4.0-6.9	9.0-12	2.6-5.6	4.7-15 ^b	—	—	—
Flexural fatigue limit (MPa)	—	60-110	—	—	—	—	—	—	—
Compressive strength (MPa)	460	240-290	240-300	220-300	210-300	210-280	210-250	10-15	200-250
Compressive modulus (GPa)	—	5.5-8.3	2.6-4.8	5.8-9.0	2.6-5.9	—	7.5-22	7.2-10.3	3.2-6.9
Diametral tensile strength (MPa)	81	30-55	25-40	—	33-48	—	40-50	7-15	30-40
Linear polymerization shrinkage (%)	—	0.7-1.4	2-3	0.6-0.9	—	—	—	—	—
Color stability, accelerated aging: 450 kJ/m ² (ΔE*) ^c	—	1.5	—	—	15	1.1-2.3	—	—	—
Color stability, stained by juice/tea (ΔE*) ^c	—	4.3	—	—	—	1.7-3.9	—	—	—

*From Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. J Am Dent Assoc. 2003;134(10):1382-1390.

^bWithout fiber reinforcement.

^cΔE < 3.3 is considered not clinically perceptible.

نکته: جدول ۳-۹: تنها موارد استحکام خمشی، استحکام فشاری و استحکام کششی قطری برای کامپوزیت‌های نانو مورد بررسی قرار گرفته است. که عدد مربوط به این موارد برای نانو کامپوزیت‌ها نسبت به بقیه انواع کامپوزیت بالاتر است.

• انقباض پلیمریزاسیون و استرس

انقباض حجمی ایجاد شده در کامپوزیت ممکن است با نتایج ذیل همراه باشد:

۱- ایجاد استرس (تا حد ۱۳ MPa) بین ترمیم و دندان باعث استرین باند بین دندان و کامپوزیت و ایجاد شکاف شده و می‌تواند با لیکج مارژینال بزاق و میکروارگانیزم‌ها و به دنبال آن عود پوسیدگی و تغییر رنگ مارژینال همراه باشد. در صورتی که این استرس از استحکام کششی مینا بیشتر باشد باعث ترک و شکستگی مینا در طول اینترفیس می‌شود.