

**УНИВЕРЗИТЕТ “СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ”
СКОПЈЕ**

СТОМАТОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Клиника за фиксна стоматолошка протетика

Емилија Бајрактарова Ваљакова

**ЕВАЛУАЦИЈА НА ЈАЧИНАТА НА ПОВРЗУВАЊЕ ПОМЕЃУ
ПОРЦЕЛАНОТ И КОМПОЗИТОТ ПРЕКУ
КАРАКТЕРИЗАЦИЈА НА МЕЃУГРАНИЧНАТА ПОВРШИНА –
INTERFACE**

- магистерски труд -

Скопје, 2007

УНИВЕРЗИТЕТ “СВ.КИРИЛ И МЕТОДИЈ”
СКОПЈЕ

СТОМАТОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Клиника за фиксна стоматолошка протетика

Емилија Бајрактарова Ваљакова

**ЕВАЛУАЦИЈА НА ЈАЧИНАТА НА ПОВРЗУВАЊЕ ПОМЕГУ
ПОРЦЕЛАНОТ И КОМПОЗИТОТ ПРЕКУ
КАРАКТЕРИЗАЦИЈА НА МЕГУГРАНИЧНАТА ПОВРШИНА –
INTERFACE**

- магистерски труд -

Ментор: проф д-р Елена Петкова

Скопје, 2007

МЕНТОР:

Проф. д-р Елена Петкова dr. sci.
Стоматолошки факултет - Скопје

ЧЛЕНОВИ НА РЕЦЕНЗЕНТСКАТА КОМИСИЈА:

1. Проф. д-р Ерол Шабанов dr. sci.
Стоматолошки факултет - Скопје
2. Проф. д-р Јагода Бајевска dr. sci.
Стоматолошки факултет - Скопје
3. Проф. д-р Елена Петкова dr. sci.
Стоматолошки факултет - Скопје

Дата на одбрана: 19 Јуни 2007 година - Скопје

СТОМАТОЛОШКИ НАУКИ - ФИКСНА ПРОТЕТИКА

4

На моите родители
Бона и Драган Бајрактарови,
со љубов и почит

БЛАГОДАРНОСТ

На мојот ментор, проф. д-р Елена Петкова ѝ должам посебна благодарност за разбирањето, поддршката и корисните сугестии при изработката на овој труд.

Благодарност изразувам и на моите професори: проф. д-р Јагода Бајевска и проф. д-р Ерол Шабанов за корисните совети при конечното обликување на магистерскиот труд.

На д-р Анита Грозданов, доцент на Технолошко-Металуршкиот факултет во Скопје ѝ изразувам благодарност за соработката, ангажираноста, корисните совети и помошта околу реализацијата на дел од испитувањата во овој магистерски труд.

За коректниот и пријателски однос и помошта околу реализацијата на дел од испитувањата им благодарам и на г-ѓа Марика Теохарева, дипл. физичар, Петров Свонко и Илиев Боро, електротехничари во лабораторијата на фабриката за кабли од Неготино.

Посебна почит изразувам кон проф. д-р Мирко Спиrowsки за ангажманот, корисните совети и соработката, а сум благодарна и на останатите колеги од Институтот за имунобиологија и хумана генетика при Медицинскиот факултет во Скопје, каде бев примена како да сум дел од нивниот тим.

Голема благодарност и на моите непосредни соработници - забните техничари од лабораторијата на Клиниката за фиксна стоматолошка протетика при Универзитетскиот стоматолошки клинички центар, за советите и помошта, за професионалниот и пријателски однос, поради што долгите часови поминати во лабораторијата, поминуваа неосетно. На моите колеги од Клиниката за фиксна стоматолошка протетика им благодарам за соработката и колегијалниот однос.

На мојот сопруг, дипл. ел. инж. Сашко Ваљаков, му благодарам за помошта околу статистичката обработка на податоците, компјутерската обработка на илустрациите и за комплетната поддршка, без која овој труд не би било лесно да се реализира. Благодарност и изразувам и на г-ѓа Ленка Ваљакова, за драгоцената помош, поддршката и големото разбирање.

На проф. др Бона Бајрактарова и сл. инж. Драган Бајрактаров - моите родители, им благодарам за усмерувањето кон духовните животни вредности.

На синот Григориј, за неизмерната љубов.

Благодарност до Министерството за образование и наука на Република Македонија за финансиската помош и на УСКЦ "Св. Пантелејмон", каде беше реализиран овој труд.

Емилија Бајрактарова Ваљакова

СОДРЖИНА

КРАТКА СОДРЖИНА	6
SUMMARY	9
1. ВОВЕД	12
2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА	14
Фактори кои влијаат врз појавата на фрактури на порцеланот кај метал-керамичките реставрации	14
Техники за репарација на фрактурираните порцелански реставрации ...	17
Протокол за репарација	18
Значење и механизам на дејствување на одделни фактори применети во тек на репаративната постапка	20
Подготовка на површината на фрактурираниот порцелан и/или експонираниот метал	20
Физичка алтерација на површината на порцеланот за обезбедување на механичка ретенција	20
Физичко-хемиска алтерација на површината на порцеланот за обезбедување на механичка ретенција и хемиска адхезија	23
Хемиска алтерација на површината на порцеланот за обезбедување на механичка ретенција	24
Активирање на површината на порцеланот - обезбедување хемиска ретенција	27
Ефект на термичко третирање и чување во вода	29
Избор на систем за репарација	31
3. ЦЕЛ НА ТРУДОТ	33
4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД	34
5. РЕЗУЛТАТИ	42

6. ДИСКУСИЈА	74
Влијание на набраздувањето на порцеланската површина со дијамантски борер врз силата на поврзување	75
Влијание на нагризувањето на порцеланската површина со киселина врз силата на поврзување	76
Влијание на силанизирањето на порцеланската површина врз силата на поврзување	78
Влијание на термичкото третирање врз силата на поврзување	80
Влијанието на времето на полимеризација врз степенот на вмреженост на композитот употребен за репарација	81
Корелации помеѓу моделните и макросистемите	81
7. ЗАКЛУЧОЦИ	82
8. ЛИТЕРАТУРА	85
АНЕКС	94

КРАТКА СОДРЖИНА

ЕВАЛУАЦИЈА НА ЈАЧИНАТА НА ПОВРЗУВАЊЕ ПОМЕЃУ ПОРЦЕЛАНОТ И КОМПОЗИТОТ ПРЕКУ КАРАКТЕРИЗАЦИЈА НА МЕЃУГРАНИЧНАТА ПОВРШИНА - INTERFACE

Порцеланските реставрации имаат широка примена во современата протетска реставративна стоматологија. Како резултат на: несоодветено изработена метална субструктура, дефекти во граничната површина меѓу порцеланот и металот, дефекти во самата керамика, инкомпатибилноста помеѓу физичките карактеристики на металот и порцеланот, трауматска оклузија, мастикаторни сили, удар или замор на материјалот, понекогаш, кај метал-керамичките реставрации настануваат фрактури на порцеланот - без или со експозиција на металот. Овие оштетувања на протетската конструкција предизвикуваат естетски, фонетски и мастикаторни нарушувања. Репарацијата на дефектот, интраорално, во секојдневната клиничка пракса, засега се врши со дентален композит. Силата на поврзување помеѓу порцеланот и композитниот материјал е значајна за трајноста на овие репарации. За да се обезбеди задоволувачка адхезија, се спроведува специфичен третман на порцеланот.

Ефикасноста на врската помеѓу порцеланот и композитниот материјал и влијанието на одделни фактори во таа смисла, беше предизвик за изработката на овој магистерски труд. Цел на истражувањето беше: да се испита јачината на поврзување меѓу порцеланот и композитниот материјал како средство за репарација, по одредена, претходна подготовка на порцеланската површина. Во таа смисла, испитувано е влијанието на одделни фактори - третмани врз ефикасноста на порцеланско-композитното поврзување и тоа:

- набраздувањето на порцеланската површина извршено со употреба на дијамантски борер;
- нагризувањето на порцеланската површина со фосфорна киселина;
- времетраењето на нагризувањето на порцеланот со киселина;
- силанизирањето на порцеланската површина;
- термичкиот третман;
- влијанието на времето на полимеризација на композитот употребен за репарација; детерминирање на вмреженоста на композитот;
- воспоставување на корелации помеѓу моделните и макросистемите.

За реализација на поставената цел беа подготвени вкупно 120 примероци составени од метална база (изработена со помош на специјално за оваа намена изработен калап од челик кој не 'рѓосува) и порцелан. Врз порцеланот е нанесуван и полимеризиран композитен материјал, по претходна подготовка на порцеланската површина.

Подготовката на порцеланската површина опфати три основни постапки (набраздување со дијамантски борер, нагрзување со киселина и апликација на силиан) и нивни комбинации, според кои се формирани следните групи:

- група 1. атхезив
- група 2. борер + атхезив
- група 3. киселина (15 сек.) + атхезив
- група 4. борер + киселина (15 сек.) + атхезив
- група 5. борер + киселина (30 сек.) + атхезив
- група 6. борер + киселина (60 сек.) + атхезив
- група 7. киселина (15 сек.) + силиан + атхезив
- група 8. киселина (30 сек.) + силиан + атхезив
- група 9. киселина (60 сек.) + силиан + атхезив
- група 10. борер + киселина (15 сек.) + силиан + атхезив
- група 11. борер + киселина (30 сек.) + силиан + атхезив
- група 12. борер + киселина (60 сек.) + силиан + атхезив

Пред изведувањето на планираните испитувања, применети се постапки како: чување на примероците во водена бања на 37°C - 24 часа; термичко третирање од 300 циклуси - наизменично на 5°C и 55°C, по 30 секунди.

Ефикасноста на јачината на поврзување помеѓу порцеланот и композитниот материјал е оценувана преку: силата на смолкнување, степенот на вмреженост, типот на фрактурата и степенот на атхезивноста. Силата на смолкнување (MPa) која ја одразува силата на поврзување помеѓу порцеланот и композитот е испитувана со помош на Tinius Olsen машината. Морфологијата на површината на фрактурата кај некои испитувани групи е анализирана со помош на SEM. Податоците од испитувањата се обработени и анализирани со компјутерскиот пакет SigmaStat 3.5. За опис на добиените резултати беа користени: средна вредност, стандардна девијација, стандардна грешка, one-way ANOVA, All Pairwise Multiple Comparision Procedures Holm-Sidak test и paired sample t-test.

Ова истражување покажа дека, третманот на површината е одлучувачки фактор за капацитетот на издржливост на композитот поврзан за порцеланот.

Набраздувањето со дијамантски борер генерално ја зголемува силата на поврзување. Ефектот е двоен: отстранување на површинскиот порцелан кој содржи микропукнатини и остварување на механички ретенции.

Употребата на дијамантски борер значајно влијае на зголемувањето на силата на порцеланско-композитното поврзување, кога третманот е изведен со нагрзување со киселина во времетраење од 15 секунди и употреба на силиан, независно од термичкото третирање; со зголемување на времето на нагрзувањето со киселина, при истата комбинација на третмани, силата на поврзување (незначајно) се намалува, веројатно како резултат на дејството на киселината (растворачко) врз нерамнините создадени со борерот и нивното делумно губење како ретентивни елементи.

Кога подготовката на порцеланската површина опфаќа само примена на борер, иако незначајно, термичкиот третман ја намалува силата на

поврзување, веројатно поради своето негативно влијание врз порцеланско-композитниот спој.

Кога третманот се изведува со употреба на дијамантски борер и нагрзување со киселина (без апликација на силан), времетраењето на дејствување на киселината (15, 30 или 60 сек.) нема статистички значајно учество врз зголемувањето на силата на поврзување, независно од термичкото третирање.

Кога третманот вклучува нагрзување со киселина и апликација на силан (без употреба на борер), времето на дејствување на киселината значајно влијае врз силата на поврзување, независно од термичкото третирање.

Кога третманот вклучува набраздување со дијамантски борер, нагрзување со киселина и апликација на силан, времето на дејствување на киселината нема значајно влијание врз силата на поврзување, независно од термичкото третирање.

Силанот ефикасно ја подобрува силата на поврзување на композитот за порцеланот; за постигнување на стабилна и долготрајна врска меѓу порцеланот и композитот, после механичката алтерација, неопходно е површината да се третира и со средство за силанизирање.

Термичкото третирање има различно влијание врз јачината на силата на поврзување и зависи пред сè од методите кои се спроведени за репарација на порцеланот.

Термичкото третирање главно ја намалува јачината на силата на поврзување, кога за подготовка на порцеланската површина се применети само методи кои овозможуваат механичка ретенција; тоа веројатно се должи на влијанието врз механичката врска меѓу порцеланот и композитот.

Термичкото третирање (веројатно како резултат на термичкото калење на материјалот), доведува до мал пораст на јачината на поврзување, кај сите примероци каде покрај механичка е обезбедена и хемиска врска (силан).

Карактеристичните DSC термограми за вмреженоста на испитаните композитни примероци покажуваат комплетна (100%) вмреженост на композитот, без разлика на времето на полимеризација (20, 40 или 60 секунди); ова оди во прилог на квалитетот на врската меѓу порцеланот и композитот.

Комбинацијата на методите за обезбедување на механичка и хемиска ретенција е најефикасна за интегритетот на порцеланско-композитната врска.

Клучни зборови: фрактура на порцелан, металкерамички реставрации, порцелан, дентален композитен материјал, репарација, сила на поврзување.

SUMMARY

EVALUATION OF THE SHEAR BOND STRENGTH OF THE COMPOSITE TO PORCELAIN THROUGH INTERFACE CHARACTERIZATION

The metal-ceramic restorations are widely used in contemporary restorative dentistry. Factors such as incorrect design of the metal frame, defects in the metal-ceramic interface, intraceramic defects, and incompatibility between metal and porcelain physical properties, local overload, occlusal forces, impact and material fatigue may result in fracture of porcelain veneering, with or without metal exposure. This can lead to aesthetical, phonetic and masticator disruptions. Intra-oral repair in everyday clinical practice, as far, is done with dental composite. Bond strength of composite material to porcelain is important, towards the longevity of these reparations. In order to provide satisfactory adhesion, specific treatment of the porcelain surface is being made.

The efficiency of the bond between the porcelain and the composite material and the influence of separate factors, has been a challenge for preparing this master thesis. The aim of the research was: to evaluate the shear bond strength of composite to porcelain, through previously specified treatment of the porcelain surface. In that way, the influence of different ceramic surface treatments over the efficiency of the porcelain-composite bond has been researched, as follows:

- Roughening of the porcelain surface by diamond bur;
- Acid etching (H_3PO_4) of the porcelain surface;
- Porcelain surface acid etching period;
- Silane priming of the porcelain surface;
- Thermocycling;
- Determination of composites interlocking with different period of polymerization (20, 40, 60 s.);
- Correlations between models and macro systems.

For the realization of the research, a total of 120 specimens comprised of metal base and porcelain have been prepared. Composite material has been applied over the porcelain and polymerized, after previously done porcelain surface treatment.

The preparation of the porcelain surface consisted of three basic steps (roughening with diamond bur, acid etching and silane application) and their combinations, after which the following groups have been formed:

- Group 1. adhesive
- Group 2. bur + adhesive
- Group 3. acid (15 s.) + adhesive
- Group 4. bur + acid (15 s.) + adhesive
- Group 5. bur + acid (30 s.) + adhesive
- Group 6. bur + acid (60 s.) + adhesive
- Group 7. acid (15 s.) + silane + adhesive
- Group 8. acid (30 s.) + silane + adhesive

- Group 9. acid (60 s.) + silane + adhesive
- Group 10. bur + acid (15 s.) + silane + adhesive
- Group 11. bur + acid (30 s.) + silane + adhesive
- Group 12. bur + acid (60 s.) + silane + adhesive

Before being subjected to a shear load, all specimens were stored in 37°C distilled water for 24 hours and half of them were thermo cycled between 5°C and 55°C for 300 cycles with a 30 s. dwell time.

The efficiency of the bond strength between the porcelain and the composite material has been evaluated through: the shear bond strength, interlocking level, fracture type and the level of adhesion. The shear bond strength (values were recorded in MPa) which characterizes the bond strength of composite resin to the porcelain has been measured with Tinius Olsen machine. The morphology of the fracture surface at some of the researched groups has been analyzed by SEM. The data from the researches has been processed and analyzed with SigmaStat 3.5 computer software application. For describing of the results processed: average value, standard deviation, standard error, one-way ANOVA, All Pairwise Multiple Comparison Procedures Holm-Sidak test, paired sample t-test have been used.

This research has shown that the treatment of the porcelain surface is a crucial factor for the capacity of the strength of the composite bonded to porcelain.

Roughening with diamond bur, generally, increases the bond strength; the effect is double: removing the surface of the porcelain which has micro infractions and obtaining mechanical retentions.

The use of diamond bur significantly influence on increasing of the porcelain-composite bond strength, when the treatment has been applied by acid etching of 15 s. and silane use, independent of the thermal treatment; with increasing the period of acid etching, the bond strength (insignificantly) lowers, probably as a result of acid etch (dissolving) on the roughening made by bur and their partial loss as a retentive elements.

When the preparation of the porcelain surface is made only by use of bur, even insignificantly, the thermal treatment is lowering the bond strength, probably because of its negative implication on the porcelain-composite bond.

When the treatment is made with use of diamond bur and acid etching (without application of silane), the time of acid etch (15, 30 or 60 s.), has no statistically significant implication on the increasing of the bond strength, independent of the thermal treatment.

When the treatment includes acid etching and silane application (without use of bur), the time of acid etching significantly implies to the bond strength, independent of the thermal treatment.

When the treatment includes bur grinding, acid etching and silane application, the time of acid etching does not significantly influence the bond strength, independent of the thermal treatment.

The silane, effectively increases the bond strength of the composite to the porcelain; for reaching a stable and long-lasting bond between the porcelain and the composite, after the mechanical alteration, it is needed that surface is treated with silane agent.

The thermal treatment has different influence on the bond strength and depends mostly on the methods which have been conducted for porcelain preparation.

The thermal treatment mostly decreases the bond strength, when porcelain surface treatment methods are applied which allow mechanical retentions; this probably depends on the influence over the mechanical bond between the porcelain and the composite.

The thermal treatment (probably as a result of thermal strengthening of the material), leads to small increase of the shear bond strength on all specimens where mechanical and chemical relation (silane) is applied.

The characteristic DSC thermograms for the curing of the studied composite specimens show complete (100%) curing of the composites, no matter of the polymerization time (20, 40 or 60 s.) which confirmed the quality of the porcelain composite bond.

The combination of the methods that provide mechanical and chemical retention has been shown as most efficient for the integrity of the porcelain-composite bond.

Key words: porcelain fracture, metal-ceramic restorations, porcelain, dental composites, reparation, bond strength.

ВОВЕД

Порцеланските реставрации имаат широка примена во современата протетска реставративна стоматологија. Поради природниот изглед и одличната биокомпатибилност, керамичките реставрации (безметални или со метална субструктура) станаа атрактивни како за пациентите така и за стоматолозите.

Денес, и покрај ориентацијата кон безметалната керамика, поради добрата механичка цврстина (базирана на отпорноста на металот) и естетиката на порцеланот, метал-керамичките реставрации, сè уште се сметаат како добра опција за орална протетска рехабилитација (33,54).

Како резултат на: оклузалните/мастикаторни сили, замор на материјалот, инкомпатибилноста помеѓу физичките карактеристики на металот и порцеланот, удар, понекогаш, кај метал-керамичките реставрации настанува фрактура на порцеланот, најчесто од кохезивна природа (22,77,122). Фрактурите можат да се класифицираат како едноставни (зафатен е само порцеланот, без експозиција на металот), мешани (делумна фрактура на порцеланот со експозиција на металот), или комплексни - комплетно паѓање на порцеланот и целосна експозиција на металната основа (45).

Појавата на оштетување на метал-керамичките реставрации во условите на оралната средина се резултат главно на природната кртост на керамичките реставративни материјали. Најголем процент (65%) од овие оштетувања (фрактура на порцеланот) се регистрирани во фронталната регија, а 35 % во постериорната регија; 60% од оштетувањата се јавуваат на лабијалната површина, 27% на букалната, 8% на оклузалната површина и 5% на инцизалниот раб. Фрактурите најчесто се јавуваат во максилата (75%), предоминантно на лабијалната површина (75).

Фрактурата во пределот на фронтот претставува проблем од естетски и фонетски аспект, додека фрактурирањето на порцеланот од реставрации во постериорната регија главно ја нарушува мастикаторната функција, доведуваат до пореметување на оклузијата и артикулацијата, но истовремено може да предизвика и лацерација на јазикот и оралната мукоза (3). Пукнатините и фрактурираната површина на порцеланот се идеално место за акумулирање на плак и размножување на микроорганизми (113).

Поради горе изнесеното, решавањето на проблемот на фрактурираните порцелански реставрации често пати се смета за итен третман и претставува предизвик за стоматологот како поради нарушената естетика на фрактурираната реставрација, така и поради нејзината редуцирана функција (88). проблемот е покомплициран ако фрактурираната коронка е дел од поголема (повеќецелена) конструкција.

Репарацијата на настанатиот дефект - интраорално, во секојдневната клиничка пракса, засега се врши со дентален композит, имајќи ја во предвид комплицираната и главно неизводлива процедура за изведување на истата во лабораториски услови - со порцелан (32,51,52). Во оваа насока, денталната

индустрија нуди сетови за изведување на интраорални репарации на оштетените порцелански реставрации.

Поврзувањето помеѓу порцеланот и композитниот материјал како средство за репарација на фрактурните дефекти на порцеланските стоматолошки реставрации, било предмет на интерес на истражувачи во овој домен; биле проследувани различни фактори кои може да имаат влијание во таа смисла. Некои од нив, на пример Kato и сор. (49), сметаат дека силата на поврзување за порцеланот главно зависи од типот на агентот за кондиционирање, отколку од материјалот за репарација на дефектот. Diaz-Arnold и сор. (32) пак, употребувајќи различни комерцијални атхезивни системи за репарација на порцеланот, не утврдиле значајна разлика во поврзувачката моќ помеѓу порцеланот и композитот. Третманот на површината на порцеланот (механичка обработка на површината на порцеланот, нагризувањето со киселина и силанизирањето на истата) има значење во репаративната постапка и силата на поврзување помеѓу истиот и композитот.

Различни се наодите на истражувачите за влијанието на механичките ретенции на површината на порцеланот постигнати со употреба на дијамантски борер, врз силата на врзување на композитот за порцеланот.

Важна фаза во спроведувањето на постапката за репарација на скршениот порцелан е употребата на киселина за нагризување на порцеланската површина. За таа намена обично се употребуваат две киселини: флуорводородната и фосфорната киселина. Концентрацијата на киселината и времетраењето на нагризувањето се два значајни фактори во оваа постапка.

Силанизирањето на порцеланската површина е исто така значаен фактор кој влијае на силата на врзување на композитот за порцеланот. Истражувачите се согласуваат околу позитивниот ефект од употребата на силанот во наведената смисла.

Третирањето на површината на порцеланот со различни методи значајно ја намалува микропропустливоста на граничната површина (порцелан/композит), што значи и подобро поврзување на истите. На врската на композитот употребен за репарација на оштетените порцелански конструкции со порцеланот, влијае и оралниот медиум и факторот време: силата на поврзување се менува со текот на времето, односно со стареењето на материјалот во оралната средина. Во *in vitro* услови, ваквото влијание се симулира преку термичко третирање и чувањето во вода. Термичкиот ефект и ефектот на механичко оптеретување кај различните реparatorни системи, различно влијаат врз силата на поврзување.

Ефикасноста на врската помеѓу порцеланот и композитниот материјал и влијанието на одделни фактори во таа смисла, бепе предизвик за изработката на овој магистерски труд.

ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА

Современата имплантологија нуди многу можности при оралната рехабилитација на пациентите. Меѓутоа, имплантите не можат секогаш да бидат решение на избор при протетското згрижување (67).

И покрај сè поголемата ориентираност кон безметалната керамика (98), метал-керамичките реставрации сè уште често се изработуваат. Конвенционалните фиксно-протетски конструкции се сметаат како добра опција за орална протетска рехабилитација (33,54).

Керамичките маси се цврсти но лесно кршливи (фрагилни); имаат релативно мала сила на истегнување, поради што, со цел да се зголеми нивната отпорност кон кршење, историски се поврзани со металните легури (10). Од легурите, денес најчесто се употребуваат никел-хромовите и кобалт-хромовите легури, земајќи ги предвид цената на чинење и нивните механички карактеристики (81); овие легури овозможуваат изработка на реставрации со поголема ригидност, а помала дебелина (88).

Според Петкова (1989), целта на секоја забнопротетичка работа е потполна функционална рехабилитација на мастикаторниот систем. Во таа смисла, како императив се наметнува прашањето за воспоставување на мастикаторната функција како и целосна естетска и фонетска рехабилитација (78).

Постојат повеќе причини за неуспех на метал-керамичките реставрации (25,58,47). Тука спаѓаат: кариес (91,103), пародонтити како резултат на субгингивална поставеност на работ на коронката или трауматска оклузија (78,123), фрактура на забната коронка или корен, ендодонтски компликации (103), голема должина на фиксно-протетската конструкција (37,58,84), деформирање и прекин на континуитетот на мостовната конструкција (5) и несоодветно одржување на оралната хигиена (37). Фрактурата на порцеланот е втора причина (по денталниот кариес) за замена на фиксно-протетските конструкции (57). Процентот на неуспешност на овие конструкции како резултат на фрактура на порцеланот се движи од 2,3-8% (60). Преваленцијата на порцеланските фрактури според друга студија се движи од 5 до 10%, по 10-годишна употреба (24). Фрактурите најчесто се јавуваат во текот на првите неколку месеци по цементирањето на реставрацијата (101).

Фактори кои влијаат врз појавата на фрактури на порцеланот кај метал-керамичките реставрации

Фрактурирањето на порцеланот на реставрациите во суштина е мултифакторијален проблем кој вклучува неколку елементи поврзани со:

1. Подготовката на забите:
 - Неадекватна препарација на забното трупче (недоволен интероклузален простор за металната субструктура и порцеланот).
 - Препарацијата на забот со тангенцијална демаркациона линија ја зголемува можноста за формирање на микропукнатини во порцеланот уште за време на неговото печење (16).
2. Металната основа:
 - Неправилно дизајнирање на металната основа (31).
 - Инкомпатибилен коефициент на термичка експанзија помеѓу металната основа и порцеланската маса (31).
 - Голема разлика во модулот на еластичност помеѓу металот и керамичките маси.
 - Голема антеро-постериорна должина на металната субструктура; металниот скелет се свиткува под дејство на голем или комплексен товар предизвикувајќи фрактура на порцеланот (84).
 - Дефекти во граничната површина помеѓу металот и порцеланот (59).
 - Несоодветна ретенција меѓу металот и порцеланската фасета (36).
3. Порцеланот:
 - Минијатурните гребнатинки на површината на порцеланот понекогаш се однесуваат како остри вдлабнатини со V-форма, чии краеве се широки колку и просторот меѓу атомите (56).
 - Повременото присуство на пори во керамиката ја намалува нејзината отпорност и може да предизвика фрактура на тоа место (72); порозноста се јавува како резултат на воздух (меурчиња) заробен при апликацијата на порцеланската маса врз металниот скелет (35).
 - Микропукнатините во керамиката може да се создадат и при процесите на кондензација и синтерување на керамиката врз металот, поради различниот термички коефициент (120).
 - Голема дебелина на порцеланот со неадекватна метална субструктура (31).
 - Порцелан со неадекватна дебелина (108).
 - Микропукнатини во и околу леуцитните кристали: кога фелдспатниот дентален порцелан се лади, кристалите се контрахираат повеќе отколку околниот стаклест матрикс, што резултира со формирање на микропукнатини (30).
 - Деформација и промени во порцеланот на рабовите од реставрациите како резултат на последователно додавање и печење на нов порцелан (85, 112).
4. Оралната средина:
 - Влијание на надворешните фактори, посебно влагата; влажната средина ја намалува јачината на метал-керамичките

конструкции за 20-30% (90) како резултат на ослабнување на силикон-оксидните врски помеѓу металот и керамиката (27) и хидролиза на силикатните врски во стаклестиот матрикс на керамиката: плунката во присуство на механички стрес, предизвикува ширење на фрактурата по должина на микропукнатините (65).

5. Мастикација и оклузални сили:

- Постојаното оптеретување (стресови) при мастикацијата во услови на хемиски-активна водена средина, може да предизвика бавно растење на микропукнатините во керамиката (115).
- Правецот на пренесување на силата има големо влијание врз местото на појавување на фрактурата. Понекогаш фрактурите се јавуваат на места кои трпат релативно мал локален притисок (114).

6. Оклузија и артикулација:

- Предвремените контакти на забите од протетската конструкција (при неадекватна оклузија и артикулација), претставуваат зони на стрес (69).

7. Траума и парафункционална оклузија:

- Порцеланската фасета може да пукне, да се оштети или фрактурира како резултат на траума (31) или постоење на парафункционална оклузија (36,61).

8. Својствата на легурите и порцеланот:

- микроструктура,
- отпорност на фрактура (6).

9. Својствата на материјалите за цементирање:

- цементи,
- пукнатини во самиот цементен слој (109).

Поради потребата за воспоставување на нарушената естетика и функција, фрактурираните порцелански реставрации бараат итно решавање. Начинот на изработка на метал-керамичките конструкции не овозможува интра-орално додавање нов порцелан за репарација на дефектот. Изработката на нова реставрација бара време, но и финансиски средства. Тука е и непријатната фаза на симнување на оштетената реставрација од устата, а потоа изведување на сите фази - до конечното цементирање на новата изработка. Траумата предизвикана од симнувањето на мостот, во случај кога истиот е изработен на периодонтално компромитирани заби, може да доведе до губење на истите.

Понекогаш мостот може да се симне* без да се оштети, а дефектот да се реставрира со повторно печење на порцелан. Сепак, треба да се има предвид дека механичката траума предизвикана при симнувањето на мостот за екстра-орално репарирање на истиот, може да биде причина за фрактура на забните трупчиња, фрактура на корените или пак ирреверзибилно оштетување на пулпата.

*Апаратите за симнување на коронките и мостовите се базираат на повторувачки сили кои го кршат цементот употребен за цементирање на конструкцијата. Користењето на вакви апарати може да предизвика оштетување на забите носачи, но и на металната основа на мостот, а можат да предизвикаат и понатамошно оштетување на порцеланот. Најчесто е невозможно да се симне мостот без да се оштети или уништи, па е неопходна изработка на нова конструкција (83).

Замената на неуспешната реставрација со нова, не е најпрактичното решение на проблемот. Компликациите кои може да се јават при симнувањето на оштетените реставрации, цената на чинење на новата конструкција и времето потребно за нејзина изработка, понекогаш може да го одложат мснувањето на фрактурираната метал-керамичка конструкција.

Кога од кои било причини, не постојат услови за замена на фрактурираната реставрација со нова, а истовремено таа продолжува да го исполнува барањето за заштита на дентално-периодонталното здравје, постои индикација за репарација на истата (77).

Техники за репарација на фрактурираните порцелански реставрации

Постојат индиректни и директни техники за репарација на фрактурираните метал-керамички конструкции.

Индиректни методи

Во индиректните методи спаѓаат:

- over-lay коронка (39),
- "pin onlay" (66),
- "pin-retained casting" (7),
- порцелански инлеи,
- порцелански фасетки - "patches" и
- целосни порцелански фасети (15).

Директни методи

Во директни методи спаѓаат:

- "реплантација" на скршениот (интактен) дел од порцеланот со помош на композитен цемент (11) и
- репарирање на фрактурираната површина со употреба на композитни материјали.

Најчесто употребувана техника за репарација на скршената метал-керамичка реставрација е директната метода, каде фрактурираниот дел се заменува со композитен материјал. Предности на оваа техника се тие што постапката е едноставна, се изведува во една сесанса (краток временски

период) и пониската цена на чинење (не е вклучена работата во заботехничката лабораторија). Недостатоци на оваа техника се: релативно мала јачина на поврзување на композитот со порцеланот, поголем степен на абразија во однос на околниот порцелан и понекогаш слаб естетски изглед како резултат на недостаток на транслуценција или несоодветно избрана боја (9,19,39). Кај пациенти со лоша орална хигиена, со тек на време, композитот ја менува бојата (поради абсорпција на пигменти од плунката).

Сепак, поради добриот естетски ефект и лесната манипулација, композитите треба да бидат материјали на избор кога е фрактуриран мал дел од порцеланот. Според Llobell (61), на овој начин може да се репарира и поголема фрактура, но крајниот резултат не може да се спореди со оригиналната реставрација ниту според времетраењето, ниту естетски.

Клиничкиот успех на системите за репарација на порцеланот, скоро целосно зависи од интегритетот на врската остварена меѓу керамиката и композитната смола; ова се постигнува преку создавање на механички и хемиски врски. Многу од техниките кои порано се користеле, биле базирани на постапки за обезбедување на механичка ретенција; поради естетските и физичките (механички) ограничувања, резултатите од овие техники биле незадоволителни (76). Современите системи за репарација во својот состав вклучуваат и хемиски супстанции, со чија помош се обезбедуваат хемиски врски меѓу порцеланот и композитот. На тој начин, покрај механичките, се создаваат и хемиски, појаки врски, кои ги подобруваат својствата на ново добиениот комплекс.

Третманот на фрактурната површина е одлучувачки фактор за издржливоста на композитот поврзан за порцеланот. За да се обезбеди задоволувачка адхезија, се спроведува специфичен третман на супстратот-порцеланот (73,109).

Протокол за репарација

Процесот на репарација на фрактурираната метал-керамичка реставрација се состои од неколку етапи:

- подготовка на фрактурната површина (порцеланска, порцеланско-метална или метална),
- активација на површината,
- реставрирање со композитен материјал.

1. Подготовка на површината на фрактурираниот порцелан и/или експонираниот метал со една од следниве методи:

1.1. физичка алтерација на површината (обезбедување на механичка ретенција):

- користење на дијамантски борер
- пескирање - абразија со 50 μm зрна Al_2O_3

- 1.2. хемиска алтерација на површината (механичка ретенција):
 - нагризување со фосфорна киселина
 - нагризување со флуорводородна киселина
 - нагризување со закиселен фосфатен флуорид
- 1.3. физичко-хемиска алтерација на површината (механичка ретенција и хемиска адхезија):
 - пескирање со силикатно (SiO_2) изменети зрна на Al_2O_3 т.н. SiO_x
2. **Активирање на површината:**
 - на порцеланот - со средство за силанизирање
 - на металот - со метал прајмер
3. **Апликација на опакер и/или адхезив.**
4. **Нанесување на композитен материјал, негово обликување, полимеризација и обработка.**
5. **Употреба на "surface silant".**

За да се прифати и поднесе функционалното оптеретување, врската меѓу материјалот за репарација и порцеланот мора да биде доволно јака. Композитниот материјал кој се користи за оваа цел треба да има минимален коефициент на термичка експанзија и минимална полимеризациска контракција.

Видот на употребениот композитен материјал има влијание врз јачината на оваа врска. Се смета дека употребата на хибридни композити или композити со партикли со поголема димензија резултира со поголема сила на поврзување, во споредба со микрофилните композити (партикли со помала димензија (42).

Проблемите кои се јавуваат со абрадирањето и промените на површината на репарираниот дел, не се поврзани со системите за репарација туку со изборот на композитниот материјал за репарација. Затоа, за постигнување на појака порцеланско-композитна врска и минимизирање на проблемите со абразијата, хибридните композитни смоли се препорачуваат како најсоодветни материјали за репарација на фрактурираните порцелански реставрации (63).

Кој композит ќе го одбере зависи и од длабочината на фрактурата. Ако е експониран *металоид*, посебно при фрактури на коронки во постериорната регија, постапката се состои од:

1. Апликација на опакер и/или кондензирачки композитен материјал со голем процент на полнител, како прв слој, за маскирање на бојата на металот (имитира порцелански опакер).

2. Апликација на универзален хибриден композит (имитира порцелан со "дентинска" боја (42) - обезбедува јачина и резилиенција на репарираниот дел (3).
3. Нанесување на микрофилен композит (површински слој) со голема можност за полирање - обезбедува максимална естетика и превенција на акумулација на плак.

Ако фрактурата е ограничена само на површинскиот слој на порцеланот, во естетски чувствителна регија, се аплицира само микрофилен композит за исполнување пред сè на естетските очекувања, но без потценување на функционалните карактеристики. Композитните материјали треба да ги имитираат дентинот и емајлот, со посебен осврт на рефлексивната, рефрактивната и трансмисијата на светлина, со цел да се постигне илузија на природен заб.

Значење и механизам на дејствување на одделни фактори применети во тек на репаративната постапка

Влијанието на различни фактори (поединечни или во комбинација) врз јачината на врската на репарираниот дел со останатиот дел од порцеланската реставрација, е испитувано од повеќе автори. Во таа смисла, проценуван е ефектот на одделни третмани на порцеланската површина, преземани во насока на подобрување на порцеланско-композитната врска.

Подготовка на површината на фрактурираниот порцелан и/или експонираниот метал

Физичка алтерација на површината на порцеланот за обезбедување на механичка ретенција

Подготовка на површината на фрактурираниот порцелан, со цел да се обезбеди механичка ретенција за композитниот материјал со кој ќе се изврши репарацијата, може да се изведе со помош на дијамантски борер или воздушна абразија (пескирање) со 50 μm зрна на Al_2O_3 .

Некои стоматолози за обезбедување на добра врска меѓу порцеланот и композитот се потпираат исклучиво на механичката ретенција, постигната со правењето на каналчиња или поткопани места. Земајќи ги во предвид микропропустливоста и влажната орална средина, употребата на оваа техника се смета за несоодветна. Според некои испитувања, употребата на *дијамантски борер* за обезбедување на механичка ретенција ја зголемува можноста за создавање на пукнатини и нивно пропагирање низ керамиката (117).

Kussano и сор. (54) установиле дека механичката ретенција на порцеланската површина постигната само со употреба на дијамантски борер, многу малку влијае врз зголемувањето на силата на поврзување, споредено со групата каде не бил употребен борер или каков било друг третман.

Комбинираното третирање на порцеланската површина со дијамантски борер и сулфурна киселина, според Leibrock (59), не предизвикува видливи разлики на површинската структура, во однос на онаа, добиена при пескирањето со зрна на Al_2O_3 . Според овој автор, користењето на дијамантски борер и K1 карборундумско каменче, предизвикува создавање на релативно мазна површина, а абразијата со дијамантски борер, комбинирано со нагрзување со 8-9% FH киселина, предизвикува создавање на јасно видлива микро-ретентивна површина.

Пескирањето се опишува како ефикасен метод за третирање на површината на фрактурираната метал-керамичка реставрација, без разлика дали експонираната површина е само порцеланска, метална или комбинација од двата материјала. Со овој метод се елиминира употребата на каустичните и потенцијално штетните киселини, така што пациентот не е изложен на ризикот од добивање на изгореници. Со пескирањето со зрна од Al_2O_3 се обезбедува зголемување на површината за бондирање и намалување на површинскиот напон; на овој начин се обезбедува микромеханичка ретенција.

Најдобра физичка алтерација на површината на керамиката се постигнува кога пескирањето се изведува со зрна на Al_2O_3 со големина од 50 μm . Овој метод ја подобрува и ретенцијата помеѓу металот и смолата, како резултат на отстранувањето на оксидите и другите нечистотии од површината на металот и негова физичка алтерација. За обезбедување на подобра хемиска ретенција, се препорачува употреба и на силан (89).

Според Lacy и сор. (55), повисоки вредности на атхезивната сила се постигнуваат со пескирање со Al_2O_3 , отколку со нагрзување и силанизирање на порцеланската површина. Спротивни резултати добил Shahverdi (89). Неговите испитувања покажале дека силата на поврзување кај примероците кои биле третирани со FH киселина и силан, биле поголеми од оние добиени со пескирање и силан. Според овој автор, пескирањето со Al_2O_3 е помалку ефикасен метод од употребата на FH киселината. Најниски вредности биле добиени кај примероците третирани со пескирање и FH киселина, без употреба на силан. Споредбата на резултатите од примената на различни третмани покажала дека, без силанизирање, јачината на врската е релативно мала, независно од типот на другите спроведени постапки (нагрзување со киселина или пескирање со зрна на Al_2O_3). Највисоки вредности биле добиени кај примероците кај кои биле применети повеќе постапки: пескирање, нагрзување со киселина и силанизирање. Од напред изнесеното може да се заклучи дека, за постигнување на стабилна и долготрајна врска меѓу смолата и порцеланот, после механичката алтерација, површината мора да се третира и со средство за силанизирање. Oh и Shen (70) се согласуваат со констатацијата на Shahverdi, за помалата ефикасност на пескирањето во однос на употребата на флуорводородната киселина. Комбинацијата на овие

две методи, се покажала како најсоодветен третман за подготовка на порцеланската површина.

Наспроти наодите на Lacy, студијата на Chung и Hwang (22) покажала дека силата на поврзување која се постигнува при употребата на 9,5% FH киселина, е идентична со онаа, која се постигнува при примената на постапката на пескирање со 50 μm зрна на Al_2O_3 .

Kurics (53) го испитувал ефектот на три методи за алтерација на порцеланската површина (пескирање со 50 μm Al_2O_3 , 8% FH киселина и комбинација од овие два метода) и ефектот од употребата на средство за силанизирање. Утврдено е дека методот кога површината прво се пескира, а потоа се третира со флуорводородна киселина, обезбедува постојано високи вредности на силата на поврзување.

Güler (43), порцеланските површини ги третираше со повеќе различни методи: пескирање со 50 μm или 110 μm Al_2O_3 , нагризување со 9,6% FH киселина, употреба на силан или нивна комбинација. Применети одделно, методите не обезбедувале солидна врска меѓу порцеланот и микрофилниот композит. Најниски вредности за силата на поврзување на порцеланот за композитот биле регистрирани кај примероците кај кои бил аплициран само силан. Највисоки вредности биле забележани во групата третирана со FH киселина и силан, и во групата каде примероците биле третирани постапно на повеќе начини: пескирани со 50 μm Al_2O_3 , потоа третирани со FH киселина и на крај силанизирани. Меѓу последниве две групи не постоела значајна разлика.

Thurmond (106) ја испитувал јачината на адхезијата постигната при примена на различни третмани и комбинација на истите: набраздување со дијамантски борер со средно фина зрнатост, пескирање со Al_2O_3 , нагризување со флуорводородна киселина, нагризување со фосфорна киселина, употреба на силан и средство за бондирање. Најдобри резултати биле регистрирани кај примероците каде било применето пескирање на керамиката со 50 μm Al_2O_3 , пропратено со нагризување со FH киселина, аплицирање на силан и "unfilled" смола - без полнило. Добиените вредности биле значајно поголеми од останатите девет употребени техники, дури и по три-месечно чување на примероците во вода и нивно термичко третирање.

Suliman (102) вршел споредување на ефектот кој го имале пескирањето со Al_2O_3 , набраздувањето со дијамантски борер, нагризувањето со 9,6% HF киселина и комбинацијата од последните два метода, врз силата на поврзување при употреба на хидрофилна бондирачка смола. Како најефикасен се покажал комбинираниот третман на порцеланската површина со дијамантски борер проследено со нагризување со FH киселина, но не значајно подобар од останатите применети методи.

Wolf и сор. (118) заклучиле дека пескирањето или постигнувањето на рапавост на порцеланската површина со дијамантски борер може да обезбеди задоволувачка сила на поврзување кај повеќето случаи. Сепак, според нив, за постигнување на подолготрајна и поголема сила на поврзување, најсоодветен третман е употребата на FH киселина поради нејзината длабока пенетрација во порцеланот. Истиот автор, во друга своја студија (119) вршел споредба на

ефектите од употребата на 9,6% FH гел со различно време на дејствување од: 30, 60, 150 и 300 секунди, и пескирање со различна големина на зрна на Al_2O_3 (10,2; 33,5; 48,0; 78 микрони); резултатите покажале дека, колку е подолго времето на дејствување на киселината и колку се поголеми димензиите на зрната на Al_2O_3 , толку е поголема рапавоста на порцеланската површина. Нагризувањето со 9,6% FH гел резултирало со поголема тензиона сила на поврзување, отколку пескирањето со различните димензии на Al_2O_3 зрна. Нагризувањето подолго од 60 секунди предизвикало зголемување на процентот на кохезивните фрактури во порцеланот, додека фрактурите кои се појавиле кај примероците кои биле пескирани, главно биле од атхезивен карактер.

Репараторните системи кои користат интра-орално абразивно пескирање, не се покажале посупериорни од другите системи за репарација. Значајно ниските вредности на силата на поврзување добиени после термичкото третирање и механичкото оптеретување (TCML) кај овие системи, споредени со системите кои не ја користат оваа метода, можат да се објаснат со контаминирањето на површината со абразивните гранули или нецелосното отстранување на струготините од површината на порцеланот (95).

Методите кои се користат за подготовка на порцеланот за постигнување на рапавост, може да резултираат со појава на дебрис на керамичката површина. Така, нагризувањето со FH киселина создава нерастворливи силика-флуоридни соли, додека пескирањето со алуминиум оксид предизвикува имбибирање на зрната во третираната порцеланска површина (50,105). Рутинското интраорално чистење на порцеланската реставрација со користење на спреј воздух/вода, не ги отстранува материите (органиски резидуи или депозити на гранули) кои се јавуваат како крајни продукти од спроведената постапка или реакцијата предизвикана од истата. Познато е дека дебрисот го оневозможува продорот на атхезивната смола длабоко во третираната керамика (во создадените микроретенции на површината); се јавува во вид на слабо атхерирани партикли или преципитати кои го оневозможуваат интимниот контакт меѓу керамичката и композитот, ослабнувајќи ја нивната интерфацијална врска.

Отстранувањето на контаминираниот слој создаден при третирање на порцеланот, обезбедува оптимална хемиска реакција на порцеланот со силанот (107) и композитната смола. Најчесто употребувани методи за оваа намена се ултрасоничното чистење во бања со дестилирана вода или чистењето со компримирана водена пара. Меѓутоа, според Oh и Shen (71), чистењето на порцеланската површина со пламен е најефикасна метода - обезбедува зголемување на силата на поврзување за 52%.

Физичко-хемиска алтерација на површината на порцеланот за обезбедување на механичка ретенција и хемиска атхезија

Обезбедување на механичка ретенција и хемиска атхезија, може да се постигне преку пескирање со силикатно (SiO_2) изменети зрна на Al_2O_3 . Со овој

метод се овозможува атхезивно поврзување на смолата за сите конвенционално достапни легури и керамики; се употребува за силикатизација и репарација на металните, керамичките и композитните површини (74). Третираната површина е силико-модифицирана и хемиски многу пореактивна за поврзување со смолата преку силанот (50).

Edelhoff и Marx (34) спровеле студија во која различни методи биле користени за третирање на порцеланската површина вклучувајќи користење на дијамантски борер, пескирање со Al_2O_3 , пескирање со силикатно изменети зрна на алуминиум оксид и нагризување со киселина. Резултатите добиени од силикатизирањето покажале значајно поголема сила на поврзување на смолата за површината на порцеланот во споредба со другите системи.

Хемиска алтерација на површината на порцеланот за обезбедување на механичка ретенција

Повеќето интра-орални репараторни системи се базирани на локална апликација на киселина, како средство за зголемување на ретентивноста на површината со која треба да се поврзе композитот употребен за репарација (93). Голема предност на овие системи е едноставната постапка за апликација на киселината за нагризување на површината која се репарира во устата на пациентот. За таа цел се користат: флуорводородна киселина, фосфорна киселина и закиселен фосфатен флуориден гел.

Ефектот од апликацијата на киселината (нагризување) е тесно поврзан со составот на денталните порцелани (94). Главната кристална компонента е леуцитот ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$), кој под дејство на киселина се раствара многу побрзо отколку околниот стаклест матрикс (29); со нагризувањето се предизвикува физичка алтерација на порцеланот - се формираат микроретентивни каналчиња на местата каде што бил леуцитот. Во овие каналчиња (микроретенции), кои се со различна големина и длабочина, пенетрира нанесената (течна) композитна смола. Од бројот и големината на вака создадените каналчиња ќе зависи јачината на силата на поврзување, односно атхезијата на композитната смола за површината на фрактурираниот порцелан (106).

Главен составен елемент на повеќето дентални порцелани е силициумот. Јоните на флуорводородната киселина пенетрираат во Si-O мрежата формирајќи 10.000 микро-порозности/ mm^2 ; на тој начин третираната површина добива изглед на саќе. Потоа, флуоридните јони ја "напаѓаат" Si-O мрежата, што резултира со создавање на хидросолубилен флуорсиликат (38).

Изборот на киселина, нејзината концентрација и времето на нагризување, зависи од типот на порцеланот од кој е изработена реставрацијата (17). Повеќето порцелани кои се комерцијално достапни за употреба се слични по својот хемиски состав. Кај нив постојат јасни разлики во однос на конституентите, кристалната структура, големината на партиклите, однесувањето при синтерување и микротопографијата -

фактори, кои влијаат на морфологијата на нагрзаната површина. На пример, алуминиумот како конституент ја зголемува јачината на порцеланот, но истовремено го прави и многу отпорен на дејството на хемиски агенси. Поради тоа, нагрзувањето на порцеланите (кои во својот состав содржат поголем процент на алуминиум) со киселина, не предизвикува посебен ефект.

Della Bona и Anusavice (28) го испитувале ефектот од дејствувањето на амониум бифлуоридот - ABF (1 min.), флуорводородната (FH) киселина (9,6%; 2 min.), и закиселениот фосфатен флуорид - APF (4%; 2 min.) врз површинската текстура на 15 различни дентални порцелани. Анализите покажале дека FH киселината предизвикува создавање на ирегуларна релјефна површина, кај која порите имаат карактеристични топографски особености. Површината на порцеланските примероци која била третирана со ABF главно била со долги и тесни канали, а APF предизвикал создавање на површински преципитати. Испитувањето покажало дека механизмот на нагрзување е различен за сите три киселини, со тоа што FH киселината кај сите испитувани дентални керамики продуцирала најпроминентен релјеф.

Со употреба на SEM, Leibrock (59) го испитувал ефектот од нагрзувањето со 32-35% фосфорна киселина, за обезбедување на механичка ретенција на порцеланската површина. Нагрзувањето резултирало со настанување на микро-ретентивна, богата со фисури површина. До слични заклучоци дошол и Lu (62).

Влијанието на должината на времето на нагрзување со киселина врз јачината на силата на поврзување ја испитувал Güler со соработниците (44). Тие употребиле 9,6% гел на FH киселина, со време на нагрзување од 0, 30, 30+30, 60, 60+60, 120 и 180 секунди, и две различни средства за бондирање: Single Bond и AdheSE. Резултатите покажале дека нагрзувањето на порцеланот со 9,6% гел на FH киселина во времетраење од 120 секунди, обезбедува адекватна сила на поврзување, при репарација на порцеланот со микрохибриден композит. Од двата различни адхезивни системи, Single Bond покажал подобри резултати.

Ефектот од нагрзувањето со киселина и употребата на средствата за силанизирање, го испитувале Chen и сор. (21). За таа цел била користена флуорводородна киселина со концентрација од 2,5% и 5%, и различно време на нагрзување на примероците од фелдспатен порцелан: 0, 30, 60, 90, 120, 150 и 180 секунди. Кога киселината била нанесена на порцеланските површини без последователно силанизирање, 2,5%-та киселина продуцирала поголема сила на поврзување отколку 5%-та, независно од времетраењето на нагрзувањето, освен кога тоа траело 180 секунди.

Kato и сор. (48) вршеле испитувања на ефектот од примената на различни киселини (со различна концентрација и време на нагрзување) во комбинација со пескирање (50 μm Al_2O_3 / 5 s.), врз микроструктурата на порцеланската површина. Биле користени: 10% амониум хидроген бифлуориден гел - АНВ (60 s.), закиселен фосфатен флуориден гел - APF (0,9%, 60 s. / 10 min.), 5% гел на флуорводородната киселина - HFA (60 s.), 40% гел на фосфорната киселина - PНА (60 s.) и комбинација од сулфурна - 6,25% и флуорводородна киселина - SHF (60 s.). Резултати од SEM

испикувањата покажале дека фосфорната киселина предизвикала многу слаба рапавост; APF-гелот (60 s.) исто така незначително го нагрисал порцеланот, но сепак добиениот релјеф бил многу поизразен во однос на оној добиен од дејството на фосфорната киселина. Подолгиот период на нагрисување (10 min.) резултирал со солидна рапавост на површината, а таков бил и ефектот од пескирањето на површината (јасно изразени нерамнини). Површините третирани со ANB, HFA и SHF имале комплициран релјеф со јасна подминираниост, што оди во прилог на голема ретентивност. Ниските вредности за силата на поврзување кај примероците третирани со PНА и APF (60 s.) се во корелација со добиената текстура, која укажува на недоволна ретентивност; 10-минутното нагрисување со APF ја зголемува рапавоста, а со тоа и јачината на силата на поврзување кај примероците кои не биле подложени на термичко третирање. Типичниот релјеф добиен по нагрисувањето со ANB, бил во корелација со релативно високите вредности за силата на поврзување по извршеното термичко третирање. HFA и SHF (и двете содржат флуорводородна киселина) се покажале ефикасни во нагрисувањето на порцеланот, создавајќи многубројни дефекти во вид на саќе; добиените вредности за силата на поврзување биле највисоки, без разлика дали тестирањето било извршено пред или по термичкото третирање.

Boyer (14) за механичка алтерација на порцеланската површина користел набраздување со дијамантски борер или пескирање со $50 \mu\text{m Al}_2\text{O}_3$. За хемиска алтерација користел 32% H_3PO_4 или 4% FH киселина. Спроведеното испитување покажало дека употребената флуорводородна киселина обезбедува поголема сила на адхезија во споредба со фосфорната киселина во случаи кога порцеланската површина претходно е алтерирана со дијамантски борер или е пескирана со зрна на Al_2O_3 .

Llobell и сор. (61) утврдиле дека FH киселината обезбедува поголема сила на поврзување, отколку фосфорната киселина. Ефикасноста на FH киселината ја потврдиле и Stangel и сор. (99). Според овие автори, керамиката нагрисена со FH киселина покажува микроструктура која овозможува формирање на силни врски меѓу порцеланот и смолата. Меѓутоа, поради фактот што флуорводородната киселина претставува метаболен отров, интра-оралното користењето на истата треба сериозно да се преиспита*.

*Флуорводородната не е особено јака киселина, но има способност да дифундира во клетките и да ги уништи преку нарушување на нивниот метаболизам. Поради иритабилноста, токсичноста и екстремниот каустичен ефект на хуманите ткива, таа е категоризирана во групата на отровни реагенси. Затоа, ако воопшто се користи за интра-орална употреба, неизоставна е употребата на rubber dam и внимателно ракување за да не дојде до оштетување на ткивата на пациентот или на терапевтот. Од тие причини, се препорачува употреба на средства со мала токсичност кон хуманите ткива.

Широко прифатената теорија дека флуорводородната киселина ја зголемува врската меѓу композитната смола и порцеланот повеќе од APF не е потврдена. Според Tulka и Stewart (110), интраоралната употреба на FH

киселината не е поефикасна од помалку опасниот APF гелот. Јачината на поврзување на композитната смола за силанизираната керамика по нејзиното нагризување со APF е приближно еднаква со онаа сила која се јавува после употребата на FH киселината (1). Според Della Bona и van Noort (1995), со употреба на 4% APF гел, тензионата сила на поврзување не е значајно различна од силата добиена со употреба на 9,6% флуорводородна киселина.

Закиселен фосфатен флуориден гел - APF (1,23%) (89) или 37% ортофосфорна киселина - H_2PO_4 (13), може да се користат како безбедна и ефикасна замена за нагризување на порцеланската површина за поврзување со композитната смола, поради намалениот ризик за работа со нив.

Според Lacy и сор. (55), силата на поврзување меѓу композитната смола и порцеланот која се постигнува само со нагризување на површината на порцеланот (без силанизирање), не е појака од онаа која се постигнува со механичка обработка на површината со дијамантски борер. Според Pameijer (77), гледано од клинички аспект, примената само на флуорводородна киселина за подготовка на порцеланската површина за бондирање со композитната смола, се смета за неадекватна, а според Matsumara и сор. (64), третманот со киселина, во праксата, може да биде корисен единствено за да се отстранат нечистотиите од порцеланот.

Активирање на површината на порцеланот - обезбедување хемиска ретенција

Средства кои се користат за обезбедување на хемиска врска меѓу порцеланот и смолата се *силаниите*. Овој метод за обезбедување на подобра атхезија е промовиран во далечните 1970-ти години од страна на Newburg и Pameijer (68). На самиот почеток од нивната примена постоел проблем поради хемиската нестабилност на силанските раствори и нивната осетливост кон влажната орална средина (80). Од тогаш до денес, направен е голем чекор во подобрувањето на својствата на средствата за силанизирање, како во смисла на нивната хемиска стабилност, така и во смисла на зголемување на јачината на врска која ја обезбедуваат.

Силаните се хибридни органско-неоргански соединенија кои можат да служат како медијатори за подобрување на атхезијата помеѓу различни органски и неоргански материјали. Тоа се соединенија на силициумот и водородот (Si_nH_{2n+2}) кои во својата молекула содржат најмалку две различни реактивни групи поврзани за атомот на силициум. Како резултат на поседувањето на овие два типа реактивни групи, силаните се способни да обезбедат хемиски врски меѓу органските и неорганските материјали (40).

Силаните кои се користат во стоматологијата имаат органски функционален радикал кој може да ко-полимеризира со композитната смола; имаат три алкокси групи подготвени да хидролизираат во раствор на вода и алкохол, а потоа да реагираат со хидроксилните групи на површината на неорганските супстрати (керамика, оксиден слој на металната површина,

силикатизирана површина). Со други зборови, површината која треба да биде силанизирана мора да содржи хидроксилни групи во доволна количина.

Повеќето нови генерации на средствата за силанизирање се составени од два или три раствора (86): едниот е силан, а другиот е киселинска компонента. Aida и сор. (2) заклучиле дека киселинската компонента го подобрува формирањето на силоксанските врски и ја овозможува атхезијата на композитната смола за порцеланот. Реакцијата помеѓу метоксисиланот (Si-OCH_3) на силановиот агенс и хидроксилната (OH) група на порцеланската површина (заедно формираат силоксанска врска) е иницирана и катализирана од страна на киселинската компонента. Во својата студија, Culler и сор. (26) установиле корелација помеѓу степенот на хидролиза на силанот и атхезивната сила на композитниот материјал врзан за претходно силанизираните порцелански заби.

Разни се ставовите на истражувачите за поврзувачкиот ефект на силанот, употребен сам или во комбинација со различни средства за обезбедување на механичка ретенција (8).

Според некои студии средствата за силанизирање ја подобруваат јачината на врската за приближно 25%. Меѓутоа, треба да се истакне дека користењето на силаните на глазирана површина е тотално неефикасно (31). Кога постапката не вклучува силанизација, без оглед на тоа кој тип на третман на порцеланската површина е спроведен (55), силата на поврзување меѓу композитот и порцеланот е релативно слаба; фрактура на граничната површина меѓу порцеланот и композитот настанува токму како резултат на слабата врска.

Според Nayaakawa и сор. (46), хемиската реакција меѓу порцеланската површина и средството за силанизирање, овозможува остварување на јака атхезија; според Llobell и сор. (61), високи вредности на силата на смолкнување се постигнуваат со употреба на FH киселина (за механичка ретенција), и средство за силанизирање (за хемиска ретенција). Спротивно од Llobell, Sorensen (96) утврдил дека, силанот нема значајно влијание врз силата на поврзување на композитниот материјал за фелдспатниот порцелан кој претходно бил третиран со киселина.

Shahverdi и сор. (89) укажале дека, иако средствата за силанизирање се способни да формираат врски и со неоргански и со органски површини, тие сами по себе не помагаат во поврзувањето. Според овие автори, без механичка ретенција, силанот не обезбедува голема сила на поврзување. Освен тоа, хемиската ретенција остварена со силан е зависна и се намалува со текот на времето и по спроведеното термичко третирање. Силанот обезбедува поголема атхезивна сила кога е употребен после пескирање на порцеланската површина со Al_2O_3 , отколку по третман со флуорводородна киселина (13,61). Резултатите на Kussano и сор. (54) од примената на 35% гел на фосфорна киселина и силан, и 10% гел на флуорводородна киселина и силан, покажале дека не постои значајна разлика во јачината на врската кај примероците третирани со двете различни киселини; незначително поголема сила на поврзување била постигната со примената на фосфорна киселина.

Shen и Williams (92), го испитувале влијанието на пост-силанизирачкото сушење на керамичките површини со топол воздух, врз композитно/порцеланското поврзување. За сушење на претходно третираните и силанизирани порцелански површини, бил користен воздух загреан на собна температура или на температура од $45\pm 5^\circ\text{C}$. Добиените резултати покажале дека (без разлика на третманот и типот на порцеланот) сушењето на силанот со топол воздушен млаз (загреан на над 40°C) ја зголемува тензионата сила на поврзување на композитот за порцеланот.

Ефект на термичко третирање и чување во вода

Евалуацијата на иницијалната атхезивна сила не дава одговор на прашањето дали, употребениот систем за репарација ќе покаже успешна - долготрајна стабилност во услови на механичките, термичките и хидролитичните стресови во оралната празнина (59). Поради тоа, за проценка на влијанието на одделните фактори (влага, временски фактор, температурни разлики) на издржливоста на атхезивните системи, преземани се постапки со кои се симулирани условите во оралната празнина. Во таа насока, експерименталните примероци се чувани (складирани) во дестилирана вода или артифициелна плунка за различен временски период (од неколку часа до неколку месеци), на температура која одговара на онаа во интраоралната празнина, или се подложувани на циклично термичко третирање, со температурен градиент ΔT помеѓу 5°C и 55°C .

Чувањето во вода и термичкото третирање е чест начин за тестирање на денталните материјали *in vitro*, за да се утврди нивната издржливост кога се користат *in vivo*. Експонирањето на примероците на нагли температурни промени во текот на термичкото третирање, ја забрзуваат дифузијата на вода меѓу композитната смола и порцеланот, односно металот. Менувањето на температурата предизвикува стрес на граничната површина помеѓу двата материјала, поради нивниот различен коефициент на термичка експанзија. Според Cochran и сор. (23), термичкото третирање ја намалува јачината на врската како резултат на слабеењето на структурата на употребената смола. Зголемената количина на вода апсорбирана од страна на композитните материјали, предизвикува хидролиза и деградација на силанот. Со тек на време, поради пермеабилноста на смолите за вода и хидролизата, се очекува намалување на врската помеѓу силанот и композитните смоли, што во услови на влага, може да доведе до корозија и субкритично растење на пукнатината.

И Gregory со соработниците (41) укажуваат дека, изложувањето на композитно-порцеланските примероци на пролонгирано чување во вода и термичко третирање, доведува до значајно намалување на силата на смолкнување (од 25% до 69%). Според овие автори, тоа може да се должи на термичкиот стрес на порцеланот, кој води до прогресија на пукнатината проследено со рана кохезивна фрактура во порцеланот. Ако преостанатиот порцелан има голем број на пукнатини, како што може да се претпостави од иницијалното фрактурирање, поврзувањето на композитниот материјал за

преостанатиот порцелан со средство за бондирање најверојатно нема да биде успешно поради големата можност за повторување на фрактурата (резултат на внатрешната слабост на околниот порцелан). Во клиничката пракса, тоа би значело, отстранување на несигурниот порцелански супстрат пред започнувањето на процесот на репарација, што е од екстремна важност. Воедно, процесот на репарација треба да се изведе колку е можно повнимателно, за да се минимизира можноста за формирање на пукнатина во самиот порцелан (20).

Спротивно на гореспоменатото, Berry и сор. (12), кои го испитувале влијанието на влагата од оралната средина врз издржливоста на силаните, во *in vitro* услови, установиле зголемување на вредноста на силата на поврзување по чување во вода од 1 недела, 1 и 3-месеци, освен кај примероците чие чување во вода траело 24 часа. Зголемувањето на силата на поврзување за 75% по 6-дневното чување во вода, и понатамошното зголемување на вредностите во наредниот 3-месечен период, заедно со фактот дека сите фрактури биле главно од кохезивен тип, оделе во прилог на заклучокот дека, врската што тестираните системи за силанизирање ја обезбедиле во текот на чувањето во вода е стабилна.

Силата на поврзување во функција на времето на чување во водена бања и термичкото третирање, но и различните постапки за подготовка на порцеланот, ги испитувал Shahverdi (89). Пролонгираното чување на примероците во водена бања и спроведеното термичко третирање, предизвикало значајно намалување на силата на поврзување кај примероците кои биле пескирани и третирани со FH киселина (без употреба на силан). Исти резултати биле добиени и кај примероците кои биле третирани само со силан, без механичка алтерација на површината. Вредностите на добиената сила не се намалиле значајно единствено кај примероците кои прво биле пескирани, потоа нагризени со FH киселина и на крај третирани со силан. Друга студија утврдува намалување на силата на поврзување кај примероците кои биле пескирани со $50 \mu\text{m Al}_2\text{O}_3$ (118). Високи вредности на тензионите и силите на смолкнување се утврдени кај оние порцеланско-компонитни примероци (по 24-часовно чување во вода), кои претходно биле силанизирани. Stokes и Hood (100) испитувајќи го влијанието на силанизирањето и термичкото третирање врз пропустливоста на граничната површина на светлосно-полимеризирачката Bis-GMA смола и денгалниот порцелан, установиле дека силанизирањето ја минимизира пропустливоста на граничната површина композит/порцелан како последица на термичкото третирање. Спротивно на ова, Sorensen (97) дошол до заклучок дека третманот на порцеланот само со силан не ја намалува микропропустливоста на граничната површина, но во комбинација со нагрзување со флуорводородна киселина, истата значајно се намалува. Според Sorensen, третманот на порцеланската површина значајно ја зголемува отпорноста на примероците кон влијанието на пролонгираното чување во вода и термичкото третирање.

Peutzfeldt и Asmussen (79), не нашле статистички значајно намалување на иницијалните вредности на јачината на атхезивната сила на порцеланско-

композитните примероци по 20-часовно чување во водена бања (на 36°C) и 6-часовно термичко третирање (180 циклуси, помеѓу 15°C и 70°C), и по 1 година чување во водена бања и спроведени 900 термоциклуси.

Избор на систем за репарација

Релативно голем е комерцијалниот избор на материјали за репарација на порцеланските фрактури. Важен фактор при изборот треба да биде силата на поврзување што ја обезбедува агенсот за поврзување помеѓу композитниот материјал и порцеланот (20,104). Хидрофилните материјали како резултат на својата способност за оптимално продирање во порцеланот, ја зголемуваат силата на поврзување (121). Тие обезбедуваат подолготрајна врска за порцеланот во споредба со системите со хидрофобна смолеста база.

Многу автори го испитувале атхезивниот ефект на различни системи за интраорална репарација на фрактурирани порцелански реставрации (4,82). Така, Van der Vyver и сор. (111), највисоки вредности за силата на поврзување добиле при употребата на Ultradent Porcelain Repair Kit, нешто послаби резултати за Vivadent Repair Kit, за Cimara (Voco) и Scotchbond/RelyX Primer (3M), а најниски вредности биле добиени за Prime i Bond NT/ Calibra Silane Coupling Agent (Dentsply).

Испитувањето на силата на смолкнување на три системи за репарација (Fusion, Scotchprime и Ultra-Bond) употребени врз глазирани и рапави површини на испитуваниот порцелан, покажало значајни разлики на јачината на силата, во зависност од видот на системот за репарација и од текстурата на површината (31). Во 1993 година, истиот автор испитувал неколку системи за порцеланска репарација, применувајќи термичко третирање и чување во водена бања (37°C, 36 дена); најдобри резултати покажал All-Bond 2, а најниски вредности на силата на поврзување покажал системот Ceram-Etch.

Влијанието на температурните промени и мастикаторното оптеретување врз силата на поврзување кај различни сетови за репарација, во *in vitro* услови го испитувале Leibrock и сор. (59). Биле симулирани услови на приближно 2 години интра-орално оптеретување, период кој се смета како минимален за “преживувањето” на еден успешен систем за репарација. Првичните резултати покажале значајна разлика помеѓу различните системи за репарација. Command Ultrafine® покажал најниски вредности. Највисоки вредности на атхезивната сила на поврзување, после TCML покажале Z 100 Kit® и Monobond S/Tetric®, а All Bond® 2/PH - најниски вредности.

Knight (51) ја испитувал силата на поврзување за порцеланот на два композитни материјала, употребени со два различни порцелански бондинг системи. По чувањето на примероците во водена бања (37°C, 7 дена), не биле установени значајни разлики во средната вредност на силата на смолкнување помеѓу четирите групи, ниту пак помеѓу двете групи кои покажале највисоки и најниски вредности.

Испитуван е и ефектот од употребата на течен композит при репарација на фрактурираниот порцелан (18). Врз претходно подготвените

керамички површини биле нанесувани три различни типа на течен композит, а кај контролната група бил употребен само хибриден композит. Резултати покажале дека течниот композит нема статистички значајно влијание врз ефектот на порцеланско-композитното поврзување.

Силата на поврзување е евалуирана и на релација со полимеризациската контракција на свстлосно-полимеризирачките композитни смоли. Во таа насока, Tulonoglu и Beudemir (109), врз една група порцелански примероци нанеле композитен материјал кој бил полимеризиран *in situ*, а кај другите примероци, композитната супраструктура била претходно полимеризирана, а потоа бондирана на порцеланската површина. Постапката на претходно изведување на полимеризацијата на композитот, се покажала посупериорна наспроти постапката каде полимеризацијата била изведена *in situ*.

Прашањето на ефикасноста на врската (поврзувањето) помеѓу порцеланот и композитниот материјал, како и влијанието на одделни фактори и нивната комбинација, беше предизвик и основа за поставување на истражувачките цели на овој магистерски труд.

ЦЕЛ

Цел на истражувањето планирано во рамките на овој магистерски труд е: да се испита јачината на поврзување меѓу порцеланот и композитниот материјал како средство за репарација, по одредена, претходна подготовка на порцеланската површина. Во таа смисла, испитувано е влијанието на одделни фактори (третмани) врз ефикасноста на порцеланско-композитното поврзување и тоа:

1. Влијанието на набраздувањето на порцеланската површина извршено со употреба на дијамантски борер.
2. Влијанието на нагризувањето на порцеланската површина со киселина.
3. Влијанието на времетраењето на нагризување на порцеланската површина со киселина.
4. Влијанието на силанизирањето на порцеланската површина.
5. Влијанието на термичкиот третман.
6. Влијанието на времето на полимеризација на композитот употребен за репарација.
7. Воспоставување на корелации помеѓу моделните и макросистемите.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД

За реализација на поставената цел беа подготвени вкупно 120 примероци кои се состоја од метална база и порцелан. Брз порцеланот беше нанесуван и полимеризиран композитен материјал, по претходна подготовка на порцеланската површина.

Металната база на примероците беше изработена со помош на специјално за оваа намена изработен калап од челик кој не рѓосува, со цилиндрична форма и димензии: 22 mm. висина и 30 mm. дијаметар (сл. 1а). Во централниот дел на цилиндрот има перфорација-канал со дијаметар од 6 mm. Првиот дел од каналот во длабочина од 6.5 mm. послужи за изработка на восочните цилиндри, но и за придржување на метал-керамичките примероци при изведувањето на тестот за утврдување на силата на смолкнување. Вториот дел од перфорацијата послужи за навртување на клипот, со чија помош се отстрануваат восочните модели од матрицата. За постигнување на униформна висина на примероците, беа користени два метални диска, со висина од 1.5 mm. и дијаметар од 6.0 mm.

Постапка за изработка на примероците:

1. Подготовка на восочните модели (димензии: 6.0 x 3 mm.)

- ставање на двата диска во перфорацијата (калап);
- изолација на ѕидовите на перфорацијата со вода или средство за изолација;
- растопување одредена количина на син восок;
- исполнување на перфорацијата со растопениот восок;
- вадење на восочните модели со помош на клипот (по ладењето на восокот) (сл. 1б).

2. Изработка на металната база

- поставување штифт и обезмастување на восочните модели (сл. 1в, г);
- вложување во кивети обложени со азбестна трака;
- ставање на киветите во печка за жарење - по стврднувањето на масата за вложување; кај оваа постапка восокот изгорува без остаток;
- леање со метал;
- ладење на киветата;
- отстранување на масата за вложување (сл. 1д); (со чекање, а потоа и во пескара);
- обработка на металните цилиндри - металната база и упасување во внатрешноста на матрицата со помош на армирани дискови за сепарирање;
- завршна обработка на металните примероци во пескара со алуминиум-оксидни зрна (100 μm);

- плакнење на примероците под млаз на вода;
- сушење со компримиран воздух;
- ставање на примероците во чаша со етил ацетат во времетраење од 5 минути.

3. Подготовка на порцеланот

- нанесување и печење на опакер - два слоја (сл. 1г);
- нанесување на порцеланска маса (сл. 1е);
- печење на порцеланот - двапати (сл. 1ж, 1м).

4. Дефинитивна обработка на метал-керамичките примероци*

- упасување на метал-керамичките примероци во централната перфорација на калапот, со користење на дијамантско-синтерувани фрези;
- завршно полирање на порцеланската површина со дискови за полирање од алуминиум-оксид - последователно со груба, средна и фина гранулација на зрната (сл. 1з).

Вака подготвените метал-керамички примероци беа со димензии: 5 mm. висина (метална база - 3 mm., порцелан - 2 mm.) и 6 mm. дијаметар.

*Глазирање на порцеланската површина не е извршено од разбирливи причини - фрактурираната површина на порцеланот не е глазирана.

5. Подготовка на порцеланската површина на примероците

Подготовката на порцеланската површина опфаќа три основни постапки (набраздување со дијамантски борер, нагризување со киселина и апликација на силан) и нивни комбинации, според кои се формирани следните групи:

- група 1. атхезив
- група 2. борер + атхезив
- група 3. киселина (15 сек.) + атхезив
- група 4. борер + киселина (15 сек.) + атхезив
- група 5. борер + киселина (30 сек.) + атхезив
- група 6. борер + киселина (60 сек.) + атхезив
- група 7. киселина (15 сек.) + силан + атхезив
- група 8. киселина (30 сек.) + силан + атхезив
- група 9. киселина (60 сек.) + силан + атхезив
- група 10. борер + киселина (15 сек.) + силан + атхезив
- група 11. борер + киселина (30 сек.) + силан + атхезив
- група 12. борер + киселина (60 сек.) + силан + атхезив

6. Нанесување на композитен материјал - комплетирање на примероците

За подготовка на порцеланската површина на примероците е користен дијамантски борер и сетот на светлосно полимеризирачки материјали за интраорална репарација на порцелански и композитни реставрации - Ceramic Repair Kit, Ivoclar-Vivadent (сл. 2).

Материјалите користени за реализација на испитувањата во овој магистерски труд беа од ист производител, со цел да се обезбеди нивна меѓусебна максимална компатибилност.

Различните третмани кои исклучуваа примена на одредена постапка, односно средство, се спроведувани со цел да се утврди влијанието на истите врз намалувањето, односно зголемувањето на силата на поврзување на композитот (употребен за репарација) за порцеланската површина.

Изведување на постапките:

- Набраздување на порцеланската површина со дијамантски борер (сл. 1s) - обезбедување рапавост; групи: 2, 4, 5, 6, 10, 11 и 12.
- Нагризување на порцеланската површина со 37% ортофосфорна киселина (сл. 1и). Во различни групи, времето на нагризување е различно:
 - 15 s. - група: 3, 4, 7, 10
 - 30 s. - група: 5, 8, 11
 - 60 s. - група: 6, 9, 12
- Отстранување на киселината со млаз на вода.
- Сушење на нагризаната површина со компримиран воздух (без примеси на вода или масло).
- Нанесување на средство за силанизирање (60 секунди); групи: 7; 8; 9; 10; 11; 12 (сл. 1j).
- Сушење со компримиран воздух (без примеси на вода или масло).
- Нанесување на атхезив (во сите испитувани групи); отстранување на вишокот со слаб млаз на компримиран воздух (за да се добие тенок слој; сл. 1к).
- Полимеризација на атхезивот - 20 секунди.

- Нанесување на композитниот материјал во тенки слоеви, со пластичен инструмент; адаптирање на композитот со инструмент за набивање, со равна работна површина; (при оваа постапка метал-керамичките примероци се опфатени со целулоидна трака поставена во метален држач за циркуларна матрица).
- Полимеризација на композитот со ладна, полимеризациска светлина-60 секунди.

Пред изведувањето на планираните испитувања, примероците од сите 12 групи (по 10 во секоја група) беа складирани 24 часа во водена бања* - во destилирана вода загреана на 37°C (Институт за имунобиологија и хумана генетика, Медицински Факултет - Скопје; сл.1л,л). Половина од примероците од секоја група дополнително беа подложени на термичко третирање од 300 циклуси**, наизменично на 5°C и 55°C, со времетраење на еден циклус од 60 ± 2 s. Во секоја од бањите примероците се чуваа во времетраење од 30 секунди.

*Чувањето на примероците во водена бања и спроведеното термичко третирање, беа применети со цел да се испита влијанието на лабораториски предизвиканото стареење на материјалот, врз силата на поврзување на композитот за порцеланот. Симулирање на условите на оралната средина, експериментално (артефициелна орална средина) се постигнува со чување на примероците во водена бања, нивно термичко третирање и механичко оптеретување.

**Најголема ресорпција на вода од страна на полимерите се јавува во првите 24 часа од чувањето на примероците во вода, поради што, примената на 300 термални циклуси обезбедуваат практична евалуација на иницијалната атхезија (44).

Ефикасноста на јачината на поврзување помеѓу порцеланот и композитниот материјал е оценувана преку:

- силата на смолкнување***,
- степенот на вмреженост,
- типот на фрактурата и
- степенот на атхезивноста.

***Порцеланските фасети на реставрациите во фронталната регија (чии фрактури во секојдневната пракса се најчести - 65%), првенствено се под влијание на стресови предизвикани од сили на смолкнување. Токму поради тоа, мерењето на вредностите на силата на смолкнување (ISO 10477, 1994 г.) се зема како најсоодветно за испитување на ефектот на различните методи за подготовка на скршената порцеланска површина, врз ефикасноста на поврзувањето на композитните смоли како репараторен материјал (114).

Добиените вредности на силата на смолкнување ја прикажуваат всушност јачината на атхезивната сила на композитно-порцеланскиот спој и

се детерминирани од големината на површината за поврзување и нејзината рапавост (површинскиот релјеф).

По спроведувањето на горе споменатите постапки, метално-порцеланскиот дел од примероците беше поставуван во внатрешноста на централната перфорација на калапот, а композитниот дел на комплексот - експониран надвор од калапот, беше изложен на дејството на сила (сл. 3) реализирана преку специјален додаток на Tinius Olsen машината, со брзина на движење од 0.5 mm/min (Фабрика за кабли - Неготино; сл. 1н).

Добиените вредности беа изразени во Њутни. Поради потребата од споредување на добиените резултати со резултатите добиени при слични испитувања објавени во реномираните светски научни списанија, вредностите добиени во Њутни ги конвертираме во мегапаскали (MPa), според формулата:

$$\text{MPa} = \text{N/mm}^2$$

Плоштината на порцеланската површина беше пресметана според формулата: $P = r^2 \pi$.

Средната вредност за измерениот дијаметар на меѓуграничната површина композит-порцелан изнесуваше 5.7 mm.

Плоштината на граничната површина композит/порцелан изнесуваше:
 $P = 2.85^2 \times 3.14$; $P = 25.50 \text{ mm}^2$

Значи: $\text{MPa} = \text{N}/25.50 \text{ mm}^2$

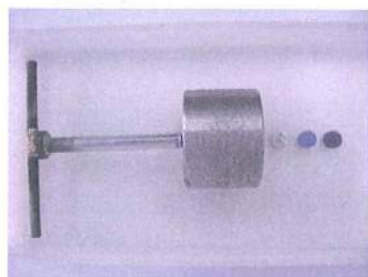
За погзактно утврдување на силата на поврзување меѓу порцеланот и композитот, ова истражување вклучи додатен параметар - детерминирање на вмреженоста на композитот со различно време на полимеризација (20, 40 или 60 секунди).

Влијанието на времето на полимеризација врз степенот на вмреженост на композитот беше следено со диференцијална скенирачка калориметрија (DSC-7, Perkin Elmer, Технолошко-Металуршки Факултет, Скопје). Согласно теоретските основи на DSC, доколку при покусно време на полимеризација има недовмрежена полимерна матрица во композитот, на DSC термограмот треба да биде регистриран соодветен егзотермен ефект. Спротивно, доколку целата полимерна матрица е вмрежена, не се регистрираат термички ефекти и DSC термограмот е права линија.

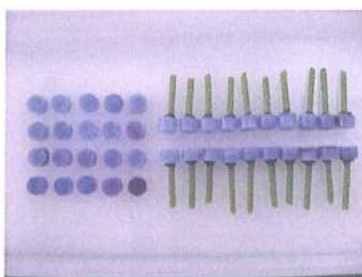
Ако термограмите покажат нецелосна вмреженост на композитот, тоа би значело помала сила на поврзување помеѓу порцеланот и композитот употребен за репарација.

Морфологијата на површината на фрактурата кај некои испитувани групи (1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 и 10) беше анализирана со помош на SEM - скенирачка електронска микроскопија (Институт за хемија и технологија на материјали /ICTP/-CNR Наполи, Италија). Со SEM е анализиран и типот на фрактурата и степенот на атхезивноста.

Подготовката на примероците е презентирана на слика 1: претставени се фазите на работа (од а-л), некои апарати (љ-н) употребени при испитувањата реализирани во овој магистерски труд, како и примероците кои се подготвени за анализа на фрактурната површина со SEM (њ).



а.



б.



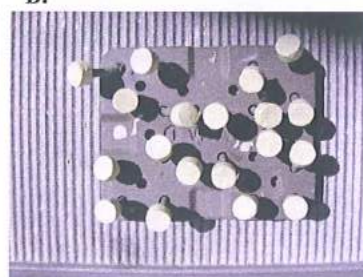
в.



г.



д.



ё.



е.



ж.



з.



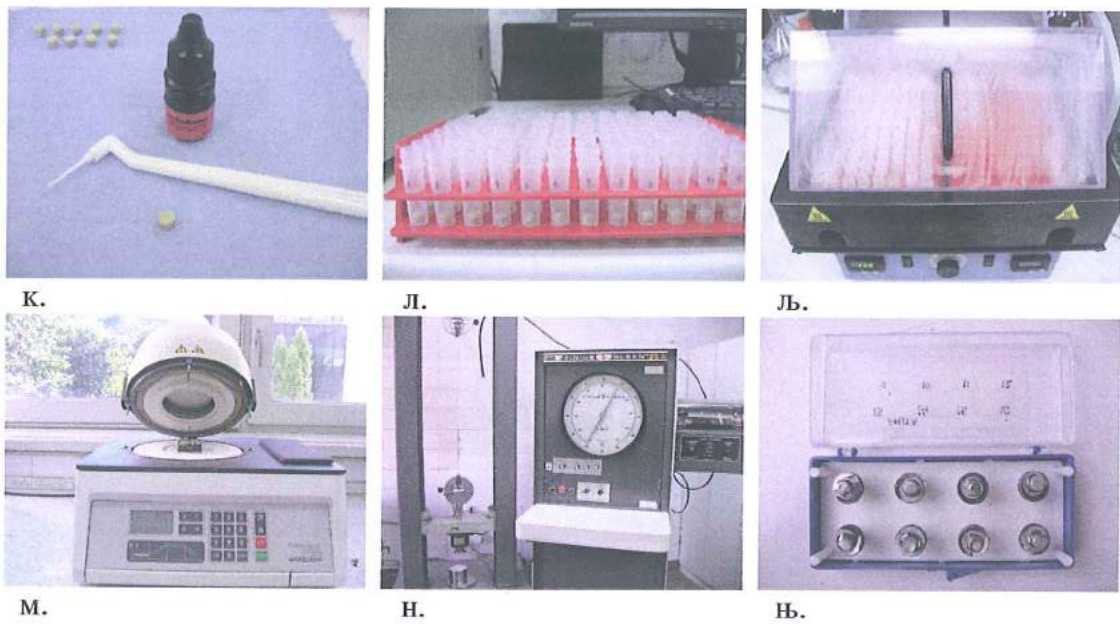
с.



и.



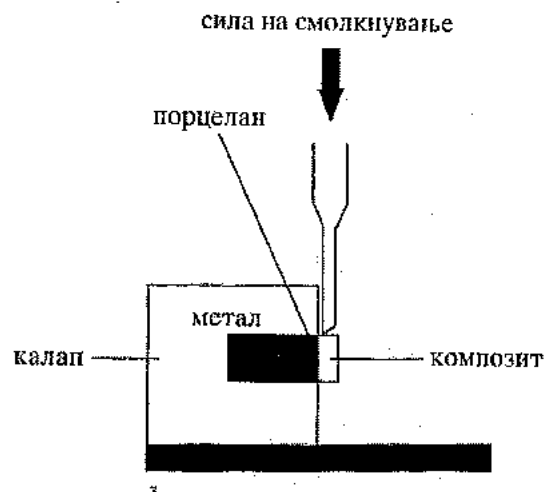
ј.



Слика 1. Фази на подготовка на примероците и користена апаратура.



Слика 2. Сет за репарација на фрактурирани порцелански реставрации.



Слика 3. Шематски приказ на делување на силата на смолкнување.

Статистичка обработка на податоците

Податоците од испитувањата се обработени и анализирани со компјутерскиот пакет SigmaStat 3.5. За опис на добиените резултати беа користени:

- средна вредност,
- стандардна девијација,
- стандардна грешка,
- one-way ANOVA,
- All Pairwise Multiple comparison Procedures Holm-Sidak test,
- paired sample t-test.

РЕЗУЛТАТИ

Резултатите добиени од истражувањата спроведени во рамките на овој магистерски труд се презентирани табеларно и графички.

Табела 1. Групирање на примероците според спроведениот третман на порцеланската површина

Третман Група	третман со борер	нагризување со киселина	силанизирање	аплицирање на атхезив
1				+
2	+			+
3		15 s.		+
4	+	15 s.		+
5	+	30 s.		+
6	+	60 s.		+
7		15 s.	+	+
8		30 s.	+	+
9		60 s.	+	+
10	+	15 s.	+	+
11	+	30 s.	+	+
12	+	60 s.	+	+

Во табела 1 се претставени 12-те групи определени според видот на спроведениот третман на порцеланската површина.

Табела 2. Средни вредности на силата на смолкнување* (МПа) и компарација меѓу групите примероци кои не се подложени на термичко третирање и оние со термичко третирање (paired sample t-test)

Група	\bar{X} без ТЦ (МПа)	s.d.	s.e.	\bar{X} со ТЦ (МПа)	s.d.	s.e.	t	P
1	2.510	1.423	0.637	2.102	1.417	0.634	0.385	0.720
2	4.990	2.404	1.075	3.428	1.149	0.514	1.074	0.343
3	2.266	1.130	0.505	1.160	0.291	0.130	2.278	0.085
4	2.388	0.851	0.380	1.692	0.244	0.109	1.746	0.156
5	2.032	0.475	0.212	2.814	0.590	0.264	-2.651	0.057
6	2.548	0.608	0.272	3.654	1.847	0.826	-1.254	0.278
7	3.656	0.377	0.169	4.132	1.121	0.501	-0.973	0.386
8	6.164	1.557	0.696	7.960	3.052	1.365	-1.481	0.213
9	4.188	1.112	0.497	6.392	1.923	0.860	-2.161	0.097
10	8.478	4.372	1.955	8.642	3.027	1.354	-0.066	0.951
11	7.020	1.644	0.735	7.896	2.515	1.125	-0.782	0.478
12	5.452	0.824	0.369	6.958	2.667	1.193	-1.437	0.224

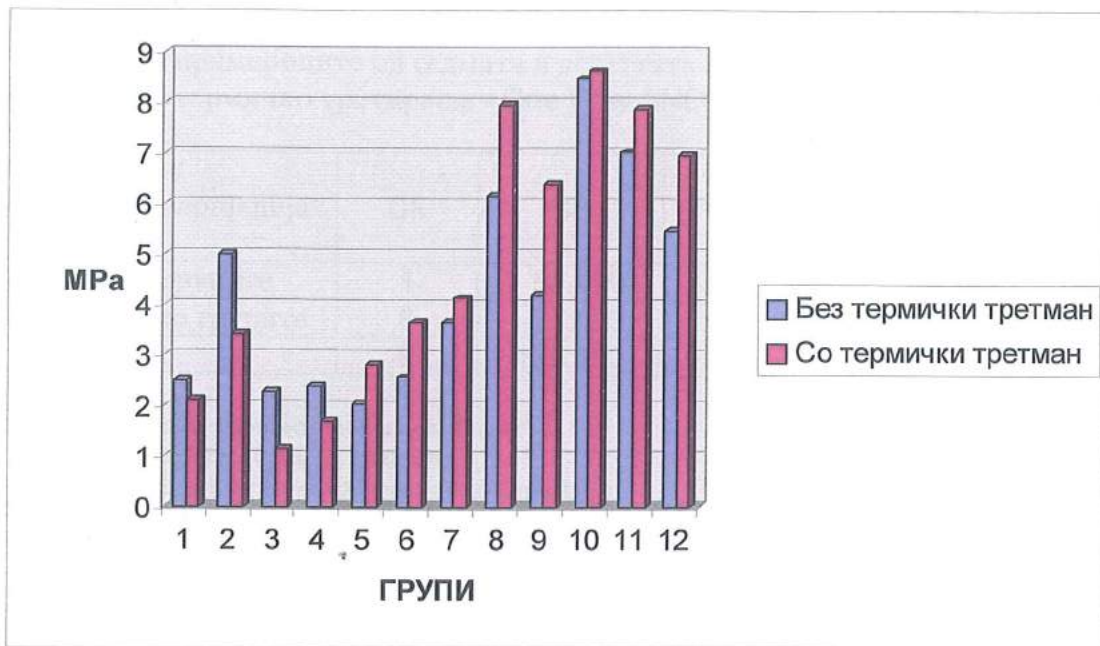
ЛЕГЕНДА:

- \bar{X} - средна вредност
- s.d. - стандардна девијација
- s.e. - стандардна грешка
- t - t варијабла
- P - сигнификантност

*Силата на смолкнување е одраз на јачината на силата на поврзување помеѓу порцеланот и композитот.

Влијанието на термичкото третирање на испитуваните примероци врз јачината на силата на поврзување помеѓу порцеланот и композитот, претставено е во табела 2 и графикон 1.

По термичкото третирање, кај примероците од 1-та до 4-та група се забележува опаѓање на јачината на силата на поврзување, а кај примероците од 5-та до 12-та група доаѓа до мал пораст на истата, веројатно како резултат на термичкото калење на материјалот.



Графикон 1. Вредности на силата на смолкнување (MPa) кај групите кои не се подложени на термичко третирање и оние со термичко третирање.

Табела 3. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од седмата и десеттата група кои не се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	1	58,129	58,129	6,038	0,039
Внатре во групите	8	77,023	9,628		
Вкупно	9	135,152			

DF - degree of freedom (степен на слобода)
 SS - sum of squares (сума од квадрати)
 MS - mean square (средна вредност од квадрати)
 F - F дистрибуција
 P - сигнификантност

Третманот на порцеланската површина со дијамантски борер, придонесува за значајно зголемување на силата на поврзување ($P=0,039$) кај примероците кај кои третманот се состои од нагризување со киселина во времетраење од 15 секунди, апликација на силан и атхезив, без нивно термичко третирање.

Табела 4. Holm-Sidak метод за мултипна компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од седмата и десеттата група кои не се подложени на термичко третирање

Компарација	Разлика на \bar{X}	t	P	Критично ниво	Значајност
група 10 vs. група 7	4,822	2,457	0,0395	0,05	да

t - t варијабла
 P - сигнификантност

Табела 5. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од седмата и десеттата група кои се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	1	50,850	50,85	9,758	0,014
Внатре во групите	8	41,688	5,211		
Вкупно	9	92,538			

DF - degree of freedom (степен на слобода)

SS - sum of squares (сума од квадрати)

MS - mean square (средна вредност од квадрати)

F - F дистрибуција

P - сигнификантност

Третманот на порцеланската површина со дијамантски борер, придонесува за значајно зголемување на силата на поврзување ($P=0,014$) кај примероците кај кои третманот се состои од нагризување со киселина во времетраење од 15 секунди, апликација на силан и атхезив - со термичко третирање.

Табела 6. Holm-Sidak метод за мултипна компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од седмата и десеттата група кои се подложени на термичко третирање

Компарација	Разлика на \bar{X}	t	P	Критично ниво	Значајност
група 10 vs. група 7	4,51	3,124	0,0141	0,05	да

t - t варијабла

P - сигнификантност

Табела 7. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од осмата и единаесеттата група кои не се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	1	1,832	1,832	0,714	0,423
Внатре во групите	8	20,516	2,564		
Вкупно	9	22,348			

DF - degree of freedom (степен на слобода)

SS - sum of squares (сума од квадрати)

MS - mean square (средна вредност од квадрати)

F - F дистрибуција

P - сигнификантност

Третманот на порцеланската површина со дијамантски борер, не придонесува за значајно зголемување на силата на поврзување ($P=0,423$) кај примероците кај кои третманот се состои од нагризување со киселина во времетраење од 30 секунди, апликација на силан и атхезив - без термичко третирање.

Табела 8. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од осмата и единаесеттата група кои се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	1	0,0102	0,0102	0,00131	0,972
Внатре во групите	8	62,575	7,822		
Вкупно	9	62,585			

DF - degree of freedom (степен на слобода)

SS - sum of squares (сума од квадрати)

MS - mean square (средна вредност од квадрати)

F - F дистрибуција

P - сигнификантност

Третманот на порцеланската површина со дијамантски борер, не придонесува за значајно зголемување на силата на поврзување ($P=0,972$) кај примероците кај кои третманот се состои од нагризување со киселина во времетраење од 30 секунди, апликација на силан и атхезив - со термичко третирање.

Табела 9. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од деветтата и дванаесеттата група кои не се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	1	3,994	3,994	4,172	0,075
Внатре во групите	8	7,660	0,957		
Вкупно	9	11,654			

DF - degree of freedom (степен на слобода)
 SS - sum of squares (сума од квадрати)
 MS - mean square (средна вредност од квадрати)
 F - F дистрибуција
 P - сигнификантност

Третманот на порцеланската површина со дијамантски борер, не придонесува за значајно зголемување на силата на поврзување ($P=0,075$) кај примероците кај кои третманот се состои од нагризување со киселина во времетраење од 60 секунди, апликација на силан и атхезив - без термичко третирање.

Табела 10. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од деветтата и дванаесеттата група кои се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	1	0,801	0,801	0,148	0,71
Внатре во групите	8	43,242	5,405		
Вкупно	9	44,043			

DF - degree of freedom (степен на слобода)
 SS - sum of squares (сума од квадрати)
 MS - mean square (средна вредност од квадрати)
 F - F дистрибуција
 P - сигнификантност

Третманот на порцеланската површина со дијамантски борер, не придонесува за значајно зголемување на силата на поврзување ($P=0,710$) кај примероците кај кои третманот се состои од нагризување со киселина во времетраење од 60 секунди, апликација на силан и атхезив - со термичко третирање.

Табела 11. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од четвртата, петтата и шесттата група кои не се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	2	0,698	0,349	0,793	0,475
Внатре во групите	12	5,276	0,44		
Вкупно	14	5,974			

DF - degree of freedom (степен на слобода)
 SS - sum of squares (сума од квадрати)
 MS - mean square (средна вредност од квадрати)
 F - F дистрибуција
 P - сигнификантност

Кај групите примероци кои не се подложени на термичко третирање, а кај кои спроведениот третман се состои од набраздување на површината со дијамантски борер, нагрзување со киселина и апликација на атхезив, времетраењето на дејствување на киселината (нагрзување: 15, 30 или 60 сек.) нема значајно влијание врз средната вредност на силата на поврзување (P=0,475).

Табела 12. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од четвртата, петтата и шесттата група кои се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	2	9,690	4,845	3,806	0,052
Внатре во групите	12	15,275	1,273		
Вкупно	14	24,965			

DF - degree of freedom (степен на слобода)
 SS - sum of squares (сума од квадрати)
 MS - mean square (средна вредност од квадрати)
 F - F дистрибуција
 P - сигнификантност

Кај групите примероци кои се подложени на термичко третирање, а кај кои спроведениот третман се состои од набраздување на површината со дијамантски борер, нагрзување со киселина и апликација на атхезив, времетраењето на дејствување на киселината (нагрзување: 15, 30 или 60 сек.) нема значајно влијание врз средната вредност на силата на поврзување (P=0,052).

Табела 13. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од седмата, осмата и деветтата група кои не се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	2	17,463	8,731	6,888	0,01
Внатре во групите	12	15,212	1,268		
Вкупно	14	32,675			

DF - degree of freedom (степен на слобода)

SS - sum of squares (сума од квадрати)

MS - mean square (средна вредност од квадрати)

F - F дистрибуција

P - сигнификантност

Кај групите примероци кои не се подложени на термичко третирање, а кај кои спроведениот третман се состои од нагрзување со киселина, апликација на силан и атхезив, должината на дејствување на киселината: 15, 30 или 60 секунди, има значајно влијание врз средната вредност на силата на поврзување ($P=0,010$).

Табела 14. Holm-Sidak метод за мултипна компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од седмата, осмата и деветтата група кои не се подложени на термичко третирање

Компарација	Разлика на \bar{X}	t	P	Критично ниво	Значајност
група 8 vs. група 7	2,508	3,522	0,00421	0,017	да
група 8 vs. група 9	1,976	2,775	0,0168	0,025	да
група 9 vs. група 7	0,532	0,747	0,469	0,05	не

t - t варијабла

P - сигнификантност

Статистички значајна разлика на средните вредности на силата на поврзување се јавува меѓу групите 8 и 7, како и меѓу групите 8 и 9.

Табела 15. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од седмата, осмата и деветтата група кои се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	2	37,033	18,517	3,892	0,05
Внатре во групите	12	57,087	4,757		
Вкупно	14	94,120			

DF - degree of freedom (степен на слобода)
 SS - sum of squares (сума од квадрати)
 MS - mean square (средна вредност од квадрати)
 F - F дистрибуција
 P - сигнификантност

Кај групите примероци кои се подложени на термичко третирање, а кај кои спроведениот третман се состои од нагривување со киселина, апликација на силан и атхезив, должината на дејствување на киселината: 15, 30 или 60 секунди, има значајно влијание врз средната вредност на силата на поврзување ($P=0,050$).

Табела 16. Holm-Sidak метод за мултиплина компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од седмата, осмата и деветтата група кои се подложени на термичко третирање

Компарација	Разлика на \bar{X}	t	P	Критично ниво	Значајност
група 8 vs. група 7	3,828	2,775	0,0168	0,017	да
група 9 vs. група 7	2,26	1,638	0,127	0,025	не
група 8 vs. група 9	1,568	1,137	0,278	0,05	не

t - t варијабла
 P - сигнификантност

Статистички значајна разлика на средните вредности на силата на поврзување се јавува меѓу групите 8 и 7.

Табела 17. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од десеттата, единаесеттата и дванаесеттата група кои не се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	2	22,902	11,451	1,527	0,257
Внатре во групите	12	89,987	7,499		
Вкупно	14	112,889			

DF - degree of freedom (степен на слобода)
 SS - sum of squares (сума од квадрати)
 MS - mean square (средна вредност од квадрати)
 F - F дистрибуција
 P - сигнификантност

Кај групите примероци кои не се подложени на термичко третирање, а кај кои спроведениот третман се состои од набраздување на порцеланската површина со дијамантски борер, нагризување со киселина и апликација на силан и атхезив, времетраењето на дејствување на киселината: 15, 30 или 60 секунди, нема значајно влијание врз средната вредност на силата на поврзување ($P=0,257$).

Табела 18. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од десеттата, единаесеттата и дванаесеттата група кои се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	2	7,120	3,56	0,472	0,635
Внатре во групите	12	90,418	7,535		
Вкупно	14	97,538			

DF - degree of freedom (степен на слобода)
 SS - sum of squares (сума од квадрати)
 MS - mean square (средна вредност од квадрати)
 F - F дистрибуција
 P - сигнификантност

Кај групите примероци кои се подложени на термичко третирање, а кај кои спроведениот третман се состои од набраздување на површината со дијамантски борер, нагризување со киселина и апликација на силан и атхезив, должината на дејствување на киселината: 15, 30 или 60 секунди, нема значајно влијание врз средната вредност на силата на поврзување ($P=0,635$).

Табела 19. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од четвртата и десеттата група кои не се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	1	92,721	92,72	9,348	0,016
Внатре во групите	8	79,349	9,919		
Вкупно	9	172,070			

DF - degree of freedom (степен на слобода)

SS - sum of squares (сума од квадрати)

MS - mean square (средна вредност од квадрати)

F - F дистрибуција

P - сигнификантност

Апликацијата на силан придонесува за значајно зголемување на силата на поврзување ($P=0,016$) кај примероците кај кои третманот се состои од набраздување на порцеланската површина со дијамантски борер, нагрзување со киселина во времетраење од 15 секунди и апликација на атхезив - без термичко третирање.

Табела 20. Holm-Sidak метод за мултиплина компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од четвртата и десеттата група кои не се подложени на термичко третирање

Компарација	Разлика на \bar{X}	t	P	Критично ниво	Значајност
група 10 vs. група 4	6,09	3,057	0,0156	0,05	да

t - t варијабла

P - сигнификантност

Табела 21. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од четвртата и десеттата група кои се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	1	120,756	120,756	26,182	<0,001
Внатре во групите	8	36,898	4,612		
Вкупно	9	157,654			

DF - degree of freedom (степен на слобода)

SS - sum of squares (сума од квадрати)

MS - mean square (средна вредност од квадрати)

F - F дистрибуција

P - сигнификантност

Апликацијата на силан придонесува за значајно зголемување на силата на поврзување ($P < 0,001$) кај примероците кај кои третманот се состои од набраздување на порцеланската површина со дијамантски борер, нагризување со киселина во времетраење од 15 секунди и апликација на атхезив - со термичко третирање.

Табела 22. Holm-Sidak метод за мултипна компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од четвртата и десеттата група кои се подложени на термичко третирање

Компарација	Разлика на \bar{X}	t	P	Критично ниво	Значајност
група 10 vs. група 4	6,95	5,117	0,000911	0,05	да

t - t варијабла

P - сигнификантност

Табела 23. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од петтата и единаесеттата група кои не се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	1	62,200	62,2	42,476	<0,001
Внатре во групите	8	11,715	1,464		
Вкупно	9	73,915			

DF - degree of freedom (степен на слобода)

SS - sum of squares (сума од квадрати)

MS - mean square (средна вредност од квадрати)

F - F дистрибуција

P - сигнификантност

Апликацијата на силан придонесува за значајно зголемување на силата на поврзување ($P < 0,001$) кај примероците кај кои третманот се состои од набраздување на порцеланската површина со дијамантски борер, нагризување со киселина во времетраење од 30 секунди и апликација на атхезив - без термичко третирање.

Табела 24. Holm-Sidak метод за мултипна компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од петтата и единаесеттата група кои не се подложени на термичко третирање

Компарација	Разлика на \bar{X}	t	P	Критично ниво	Значајност
група 11 vs. група 5	4,988	6,517	0,000185	0,05	да

t - t варијабла

P - сигнификантност

Табела 25. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од петтата и единаесеттата група кои се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	1	64,567	64,567	19,348	0,002
Внатре во групите	8	26,697	3,337		
Вкупно	9	91,264			

DF - degree of freedom (степен на слобода)

SS - sum of squares (сума од квадрати)

MS - mean square (средна вредност од квадрати)

F - F дистрибуција

P - сигнификантност

Апликацијата на силан придонесува за значајно зголемување на силата на поврзување ($P=0,002$) кај примероците кај кои третманот се состои од набраздување на порцеланската површина со дијамантски борер, нагризување со киселина во времетраење од 30 секунди и апликација на атхезив - со нивно термичко третирање.

Табела 26. Holm-Sidak метод за мултипна компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од петтата и единаесеттата група кои се подложени на термичко третирање

Компарација	Разлика на \bar{X}	t	P	Критично ниво	Значајност
група 11 vs. група 5	5,082	4,399	0,00229	0,05	да

t - t варијабла

P - сигнификантност

Табела 27. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од шесттата и дванаесеттата група кои не се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
помеѓу групите	1	21,083	21,083	40,176	<0,001
внатре во групите	8	4,198	0,525		
вкупно	9	25,281			

DF - degree of freedom (степен на слобода)

SS - sum of squares (сума од квадрати)

MS - mean square (средна вредност од квадрати)

F - F дистрибуција

P - сигнификантност

Апликацијата на силан придонесува за значајно зголемување на силата на поврзување ($P < 0,001$) кај примероците кај кои третманот се состои од набраздување на порцеланската површина со дијамантски борер, нагрзување со киселина во времетраење од 60 секунди и апликација на атхезив - без термичко третирање.

Табела 28. Holm-Sidak метод за мултипна компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од шесттата и дванаесеттата група кои не се подложени на термичко третирање

Компарација	Разлика на \bar{X}	t	P	Критично ниво	Значајност
група 12 vs. група 6	2,904	6,338	0,000223	0,05	да

t - t варијабла

P - сигнификантност

Табела 29. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од шесттата и дванаесеттата група кои се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	1	27,291	27,291	5,186	0,052
Внатре во групите	8	42,098	5,262		
Вкупно	9	69,389			

DF - degree of freedom (степен на слобода)

SS - sum of squares (сума од квадрати)

MS - mean square (средна вредност од квадрати)

F - F дистрибуција

P - сигнификантност

Апликацијата на силан не придонесува за значајно зголемување на силата на поврзување ($P=0,052$) кај примероците кај кои третманот се состои од набраздување на порцеланската површина со дијамантски борер, нагризување со киселина во времетраење од 60 секунди и апликација на атхезив - со термичко третирање.

Резултатите од компарацијата помеѓу групите кои меѓу себе суштински се разликуваат според методите кои се спроведени за подготовка на порцеланската површина, табеларно се прикажани на табелите 30-33. Споредувањето е извршено помеѓу групите: 1, 2, 3, 6, 8 и 10.

Табела 30. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од првата, втората, третата, шесттата, осмата и десеттата група кои не се подложени на термичко третирање -One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	5	157,972	31,594	6,117	<0,001
Внатре во групите	24	123,969	5,165		
Вкупно	29	281,941			

Кога третманот на примероците се состои од комбинации на различни методи, постои значајна разлика ($P < 0,001$) меѓу средните вредности на силата на поврзување кај групите кои не се подложени на термичко третирање.

Табела 31. Holm-Sidak метод за мултипна компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од првата, втората, третата, шесттата, осмата и десеттата група кои не се подложени на термичко третирање

Компарација меѓу групите	Разлика на \bar{X}	t	P	Критично ниво	Значајност
група 10 vs. група 3	6,212	4,322	0,000233	0,003	да
група 10 vs. група 1	5,968	4,152	0,000359	0,004	да
група 10 vs. група 6	5,93	4,125	0,000384	0,004	да
група 8 vs. група 3	3,898	2,712	0,0122	0,004	не
група 8 vs група 1	3,654	2,542	0,0179	0,005	не
група 8 vs. група 6	3,616	2,516	0,019	0,005	не
група 10 vs. група 2	3,488	2,427	0,0231	0,006	не
група 2 vs. група 3	2,724	1,895	0,0702	0,006	не
група 2 vs. група 1	2,48	1,725	0,0973	0,007	не
група 2 vs. група 6	2,442	1,699	0,102	0,009	не
група 10 vs. група 8	2,314	1,61	0,121	0,01	не
група 8 vs. група 2	1,174	0,817	0,422	0,013	не
група 6 vs. група 3	0,282	0,196	0,846	0,017	не
група 1 vs. група 3	0,244	0,17	0,867	0,025	не
група 6 vs. група 1	0,038	0,0264	0,979	0,05	не

Значајна разлика на вредностите на силата на поврзување се јавува меѓу групите: 10 и 3, 10 и 1, и 10 и 6 кои не се подложени на термичко третирање.

Табела 32. Компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од првата, втората, третата, шесттата, осмата и десеттата група кои се подложени на термичко третирање - One Way ANOVA

Тип на варијација	DF	SS	MS	F	P
Помеѓу групите	5	239,491	47,898	11,356	<0,001
Внатре во групите	24	101,232	4,218		
Вкупно	29	340,723			

Кога третманот на примероците се состои од комбинации на различни методи, постои значајна разлика ($P < 0,001$) меѓу средните вредности на силата на поврзување кај групите кои се подложени на термичко третирање.

Табела 33. Holm-Sidak метод за мултипна компарација на вредностите на силата на поврзување кај примероците од првата, втората, третата, шесттата, осмата и десеттата група кои се подложени на термичко третирање

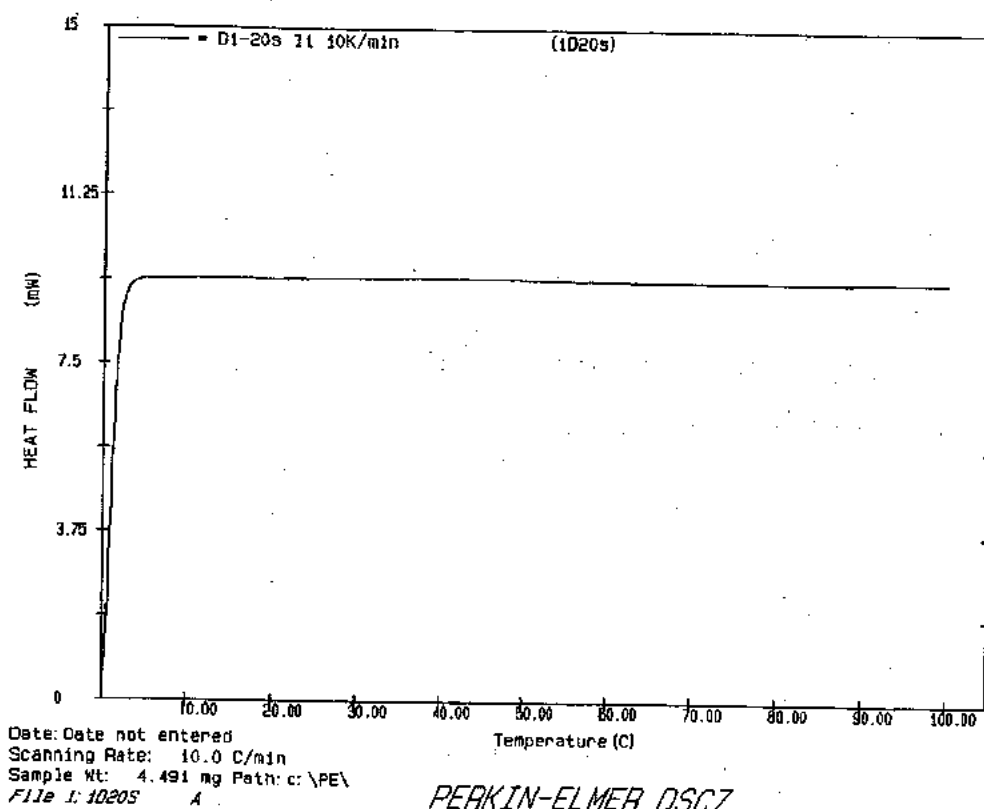
Компарација меѓу групите	Разлика на \bar{X}	t	P	Критично ниво	Значајност
група 10 vs. група 3	7,482	5,76	0,00000616	0,003	да
група 8 vs. група 3	6,8	5,235	0,0000229	0,004	да
група 10 vs. група 1	6,54	5,035	0,000038	0,004	да
група 8 vs. група 1	5,858	4,51	0,000144	0,004	да
група 10 vs. група 2	5,214	4,014	0,000508	0,005	да
група 10 vs. група 6	4,988	3,84	0,000788	0,005	да
група 8 vs. група 2	4,532	3,489	0,00189	0,006	да
група 8 vs. група 6	4,306	3,315	0,0029	0,006	да
група 6 vs. група 3	2,494	1,92	0,0668	0,007	не
група 2 vs. група 3	2,268	1,746	0,0936	0,009	не
група 6 vs. група 1	1,552	1,195	0,244	0,010	не
група 2 vs. група 1	1,326	1,021	0,318	0,013	не
група 1 vs. група 3	0,942	0,725	0,475	0,017	не
група 10 vs. група 8	0,682	0,525	0,604	0,025	не
група 6 vs. група 2	0,226	0,174	0,863	0,050	не

Значајна разлика на средните вредности на силата на поврзување се јавува меѓу групите: 10 и 3, 8 и 3, 10 и 1, 8 и 1, 10 и 2, 10 и 6, 8 и 2, 8 и 6, кои се подложени на термичко третирање.

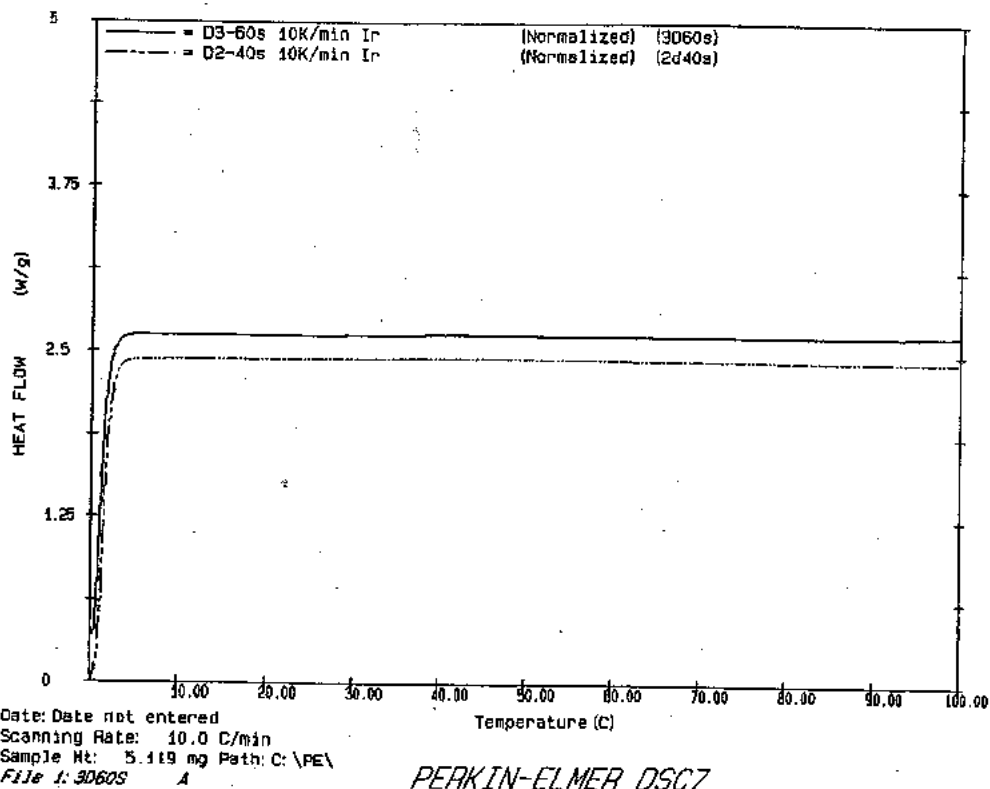
Влијанието на времето на полимеризација врз степенот на вмреженост на композитот употребен за репарација

Реакциите на вмрежување и влијанието на времето на полимеризација врз степенот на вмреженост на композитите, се анализираат со Диференцијална скенирачка калориметрија (DSC). Реакцијата на вмрежување е егзотермен процес при кој се ослободува одредено количество топлина; тоа на DSC кривата резултира во соодветен пик. Со анализа на површината на пикот на вмрежување, се пресметува топлинскиот ефект и степенот на вмреженост на испитуваниот систем. Доколку вмрежувањето е комплетно завршен процес и степенот на вмреженост, $X_{\text{вмр.}}=100\%$, тогаш при DSC анализата се добива права линија.

Карактеристичните DSC термограми за вмреженоста на испитаните композитни примероци со различно време на полимеризација се прикажани на сликите 4 и 5, и се во вид на права линија. Со ова се потврдува дека при анализираното време на полимеризација од 20, 40 и 60 секунди настанува комплетно (100%) вмрежување на полимерот. Тоа сугерира дека, испитуваното време на полимеризација нема значење врз силата на поврзување меѓу порцеланот и композитот.



Слика 4. DSC термограм за вмреженоста на испитаните композитни примероци со полимеризација во времетраење од 20 секунди.

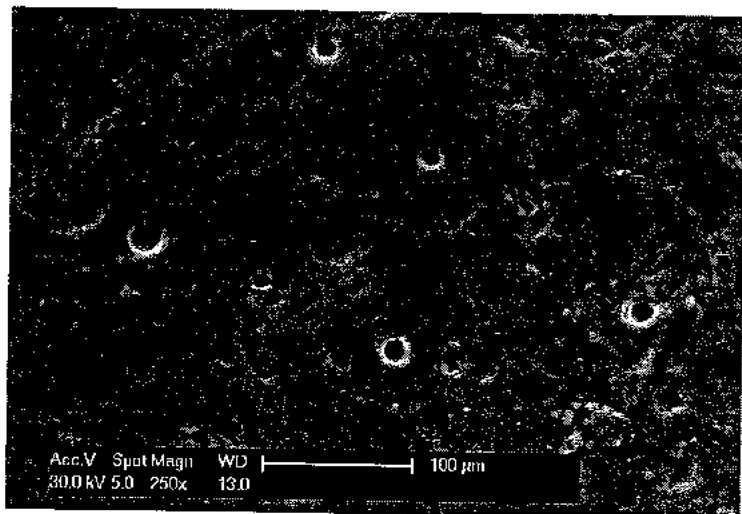


Слика 5. DSC термограм за вмреженоста на испитаните композитни примероци со полимеризација во времетраење од 40 и 60 секунди.

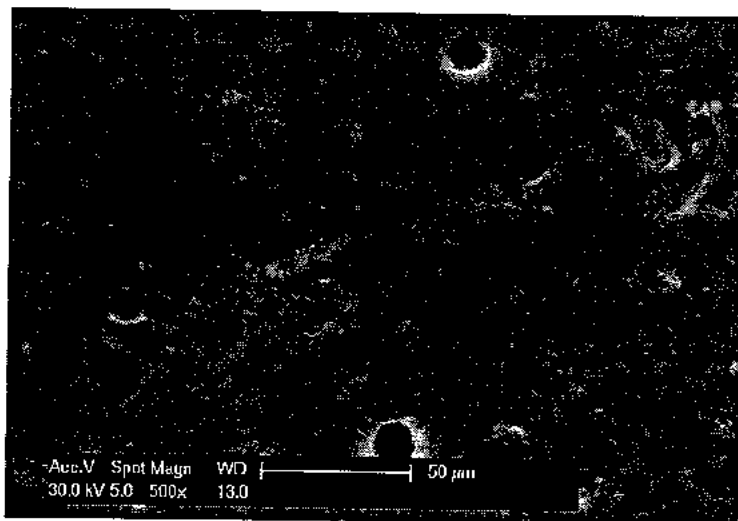
Морфологија на површината на фрактурата

Карактеристичните SEM микрофотографии на површината на фрактура, кои ги претставуваат репрезентативните примери на површинските ефекти предизвикани при различните услови во испитуваните системи, се прикажани на сликите од 6-13. Со анализа на добиените SEM микрофотографии, ќе биде направена квалитативна карактеризација на меѓуграничната површина во испитуваните системи.

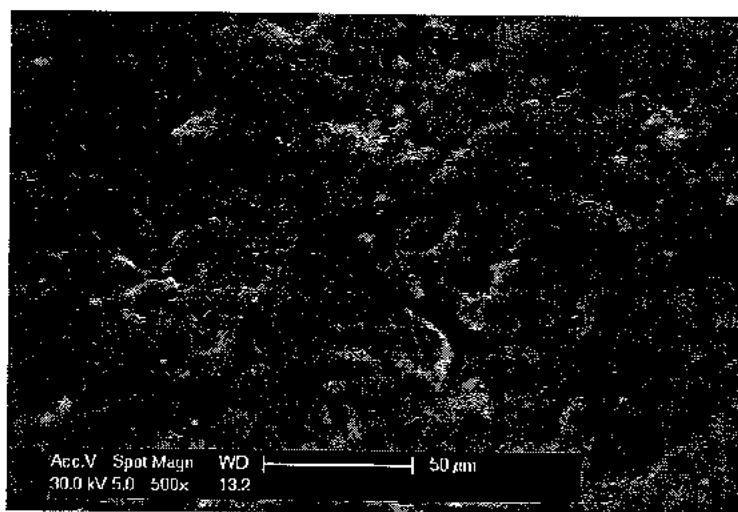
На сл. 6а, 6б и 6в може да се набљудува површината на фрактура за примероците од гр. 1 (атхезив + композит). Порцеланот покажува релативно микрорапава површина со нерамни места од атхезивот. На површината се присутни микропори (сл. 6а и сл. 6б) и вдлабнатини (сл. 6в). Дистрибуцијата на микропорите не е униформна.



Слика 6а. (x250)



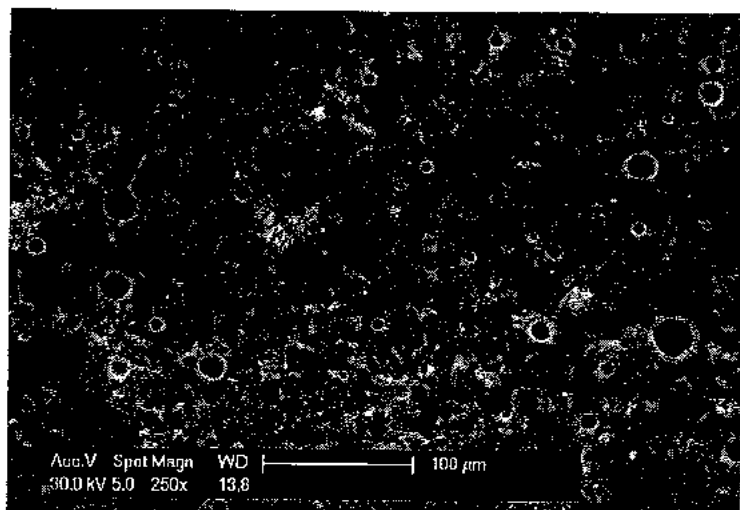
Слика 6б. (x500)



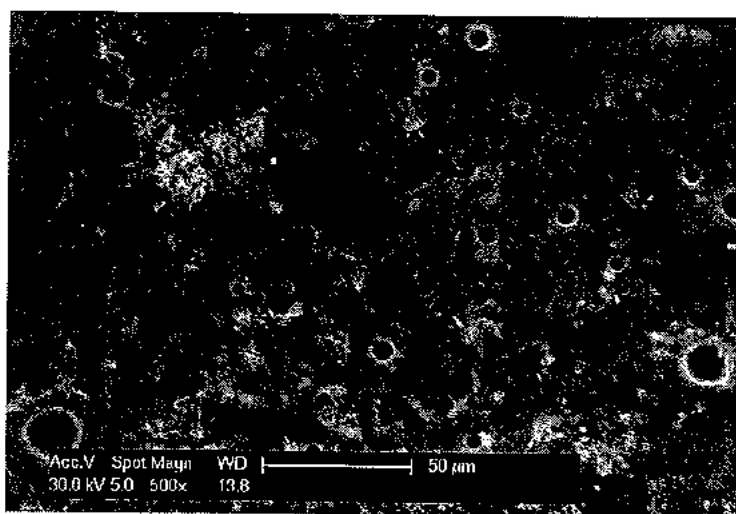
Слика 6в. (x500)

Сл. 6. SEM микрофотографии на површината на фрактура кај примерок од група 1 (атхезив+композит):
а) (x250) б) (x500) в) (x500)

На сликите 7а и 7б е претставена морфологијата на површината на фрактура за примероците од група 2 (борер + атхезив + композит). Микрофотографиите покажуваат дека површината е нерамна, присутни се поголем број на микropори во однос на група 1, и вдлабнатини со нешто помали димензии ($d \sim 5\mu\text{m}$). Овие микрофотографии визуелно го потврдуваат механичкиот ефект на набраздувањето со борер на површината на порцеланот, што го нема кај примерокот од гр. 1 на сл. 6.



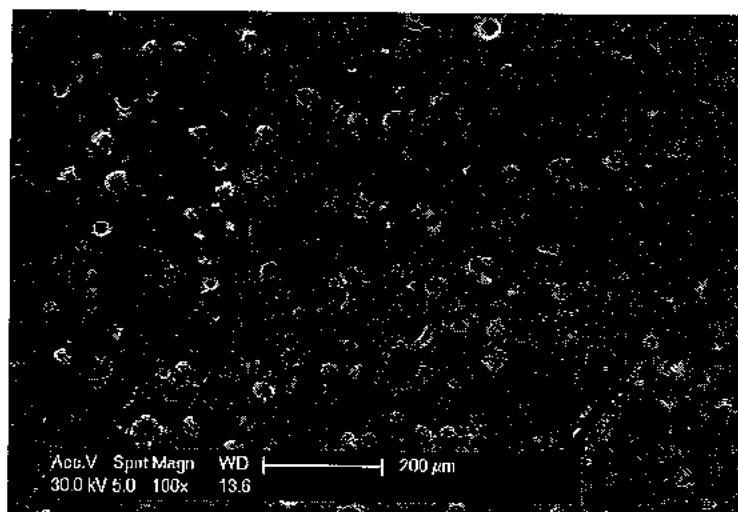
Слика 7а. (x250)



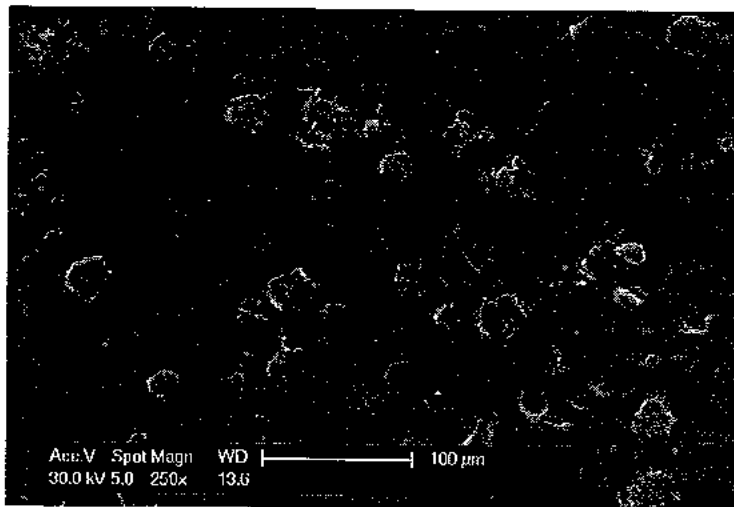
Слика 7б. (x500)

Сл. 7. SEM микрофотографии на површината на фрактура кај примерок од група 2 (борер+атхезив+комполит):
а) (x250) б) (x500)

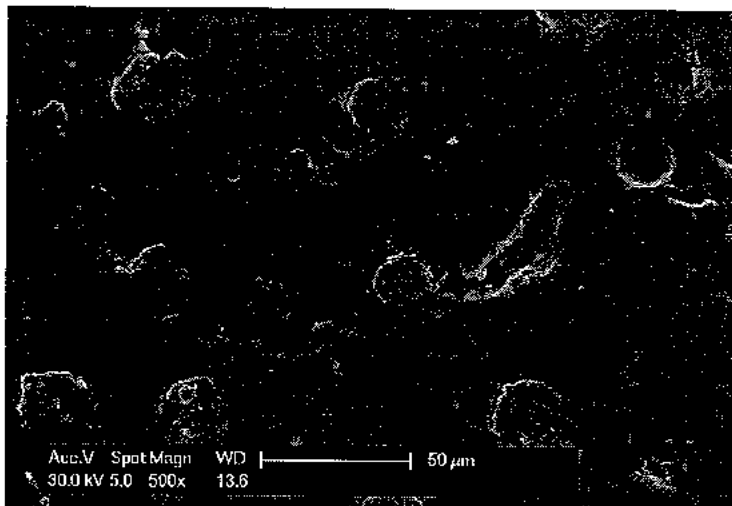
На слика 8а, 8б и 8в е претставена морфологијата на површината на фрактурата за примероци од група 3 (киселина 15 s. + атхезив + композит). Површината е рамна, со огромен број на вдлабнатини - кратери со поголеми димензии ($d = 10\div 20 \mu\text{m}$). Согласно сознанијата од литературата, овие кратери претставуваат 2-D кружен површински раст на минерален слој од мултинуклеусни центри на друга површина од киселинската површина.



Слика 8а. (x100)



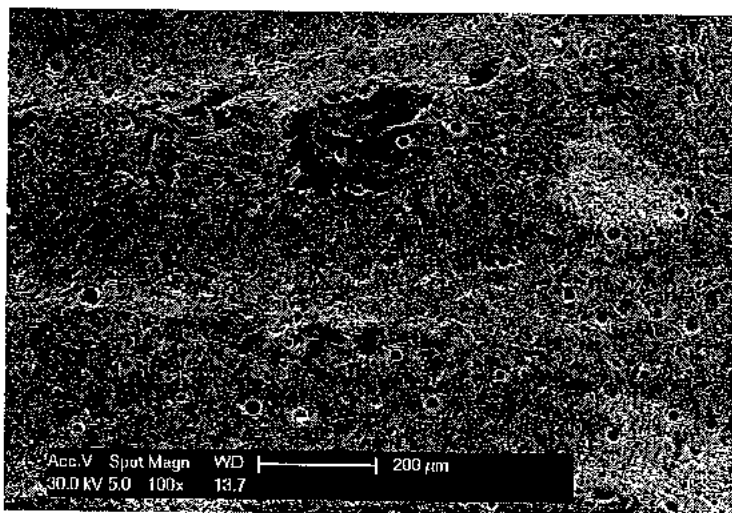
Слика 8б. (x250)



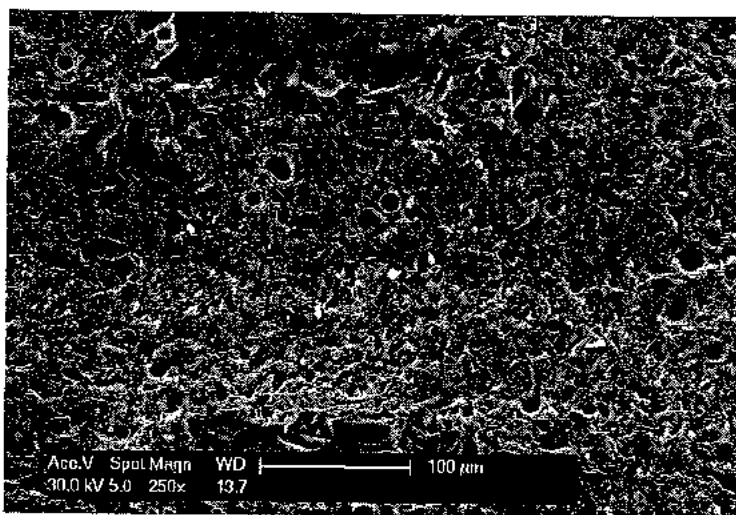
Слика 8в. (x500)

**Сл. 8. SEM микрофотографији на површината на фрактура кај примерок од група 3 (киселина 15 s.+атхезив+комполит):
а) (x100) б) (x250) в) (x500)**

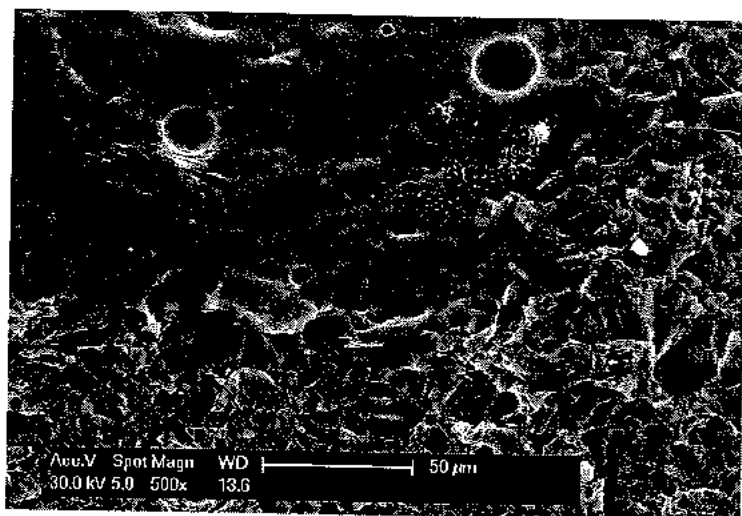
На слика 9а, 9б и 9в се гледа морфологијата на површината на фрактурата кај примероците од гр. 4 (борер + киселина 15 s. + атхезив + композит). Површината е рапава, набраздена со канали од борерот и со голем број на пори. Микрофотографиите визуелно го потврдуваат ефектот од механичкото набраздување на површината на порцеланот извршено со употреба на дијамантски борер, што го нема кај гр. 3 од сл. 8.



Слика 9а. (x100)



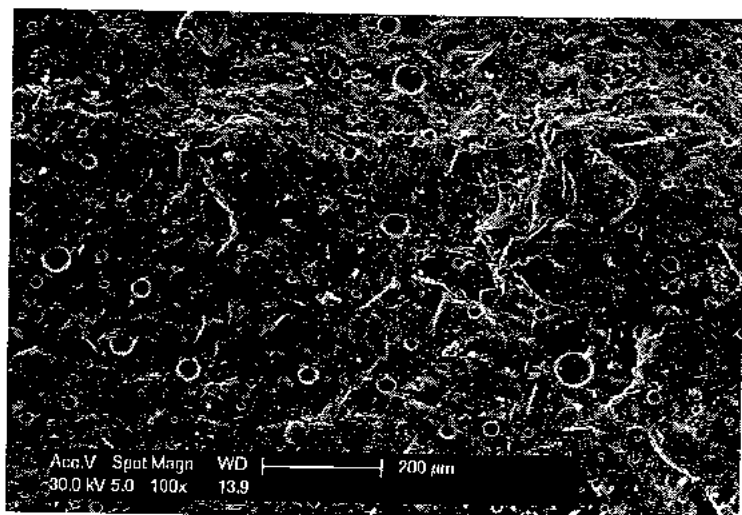
Слика 9б. (x250)



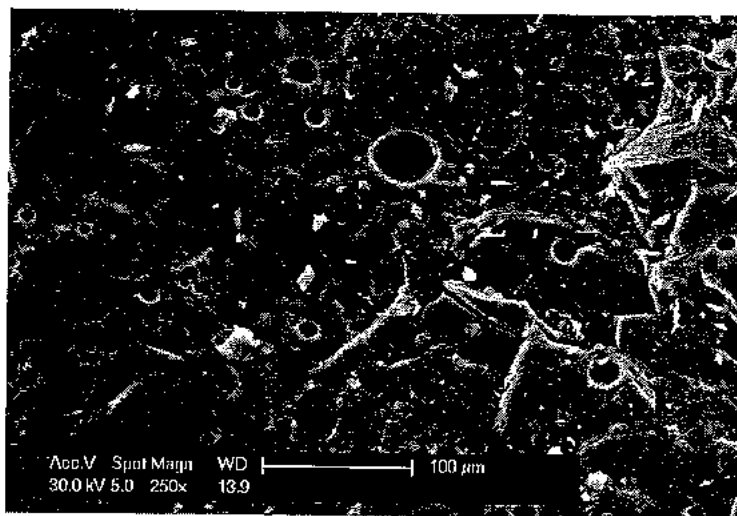
Слика 9в. (x500)

Сл. 9. SEM микрофотографии на површината на фрактура кај примерок од група 4 (борер + киселина 15 s. + атхезив + композит):
 а) (x100) б) (x250) в) (x500)

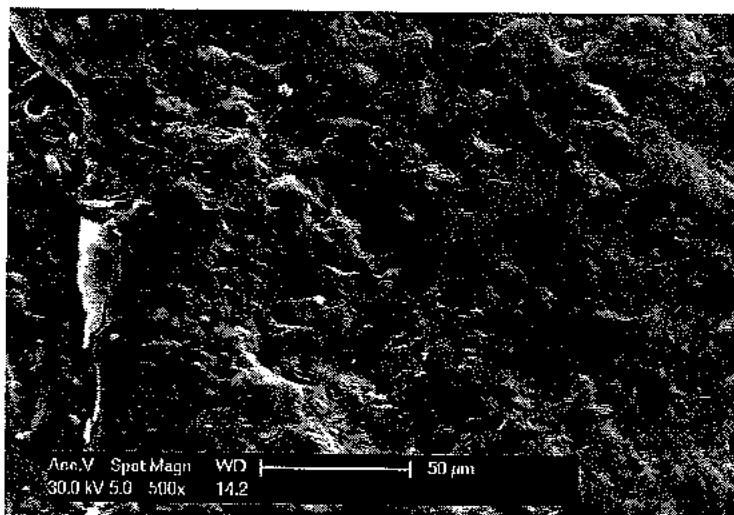
На слика 10а, 10б и 10в се гледа морфологијата на површината на фрактурата кај примерок од гр. 7 (киселина 15 s. + силиан + атхезив + композит). Површината е нерамна со многу ситни пори и вдлабнатини. Присутни се места кои покажуваат пластичен лом при фрактурата како резултат на присуството на силианот.



Слика 10а. (x100)



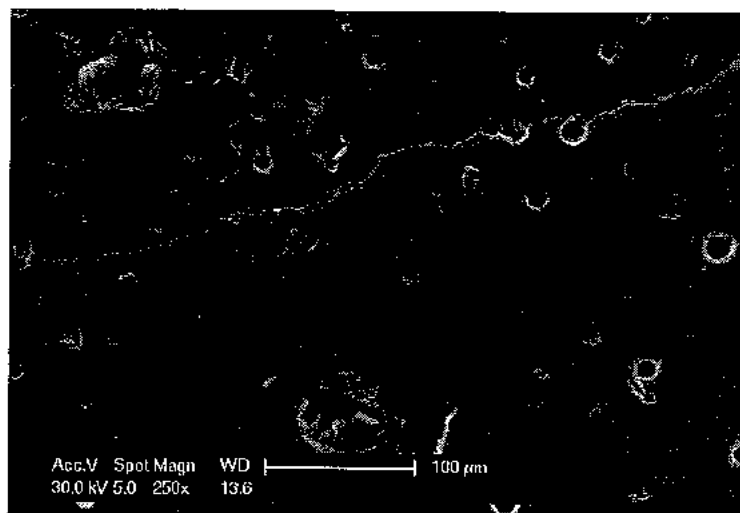
Слика 10б. (x250)



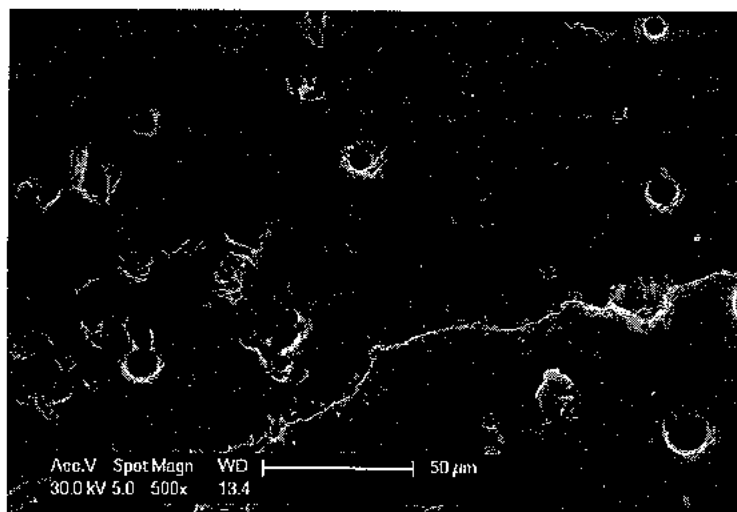
Слика 10в. (x500)

Сл. 10. SEM микрофотографии на површината на фрактура кај примерок од група 7 (киселина 15 s. + силиан + атхезив + композит):
 а) (x100) б) (x250) в) (x500)

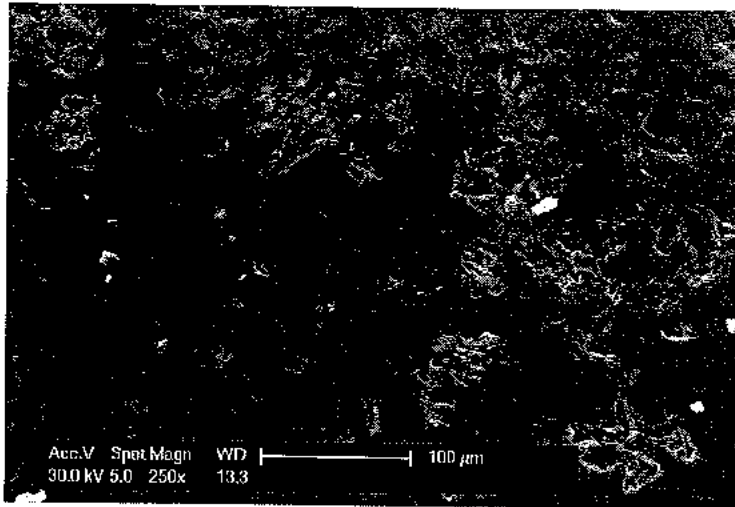
На слика 11а, 11б и 11в се набљудува морфологијата на површината на фрактура кај примерок од гр. 8 (киселина 30 s. + силиан + атхезив + композит). Површината е хетерогена (со рамни и рапави места), со голем број на пори ($d \approx 6\div 12\mu\text{m}$) и со кратери ($d \sim 50\mu\text{m}$). Кај овие примероци се регистрирани и подолги пукнатини.



Слика 11а. (x250)



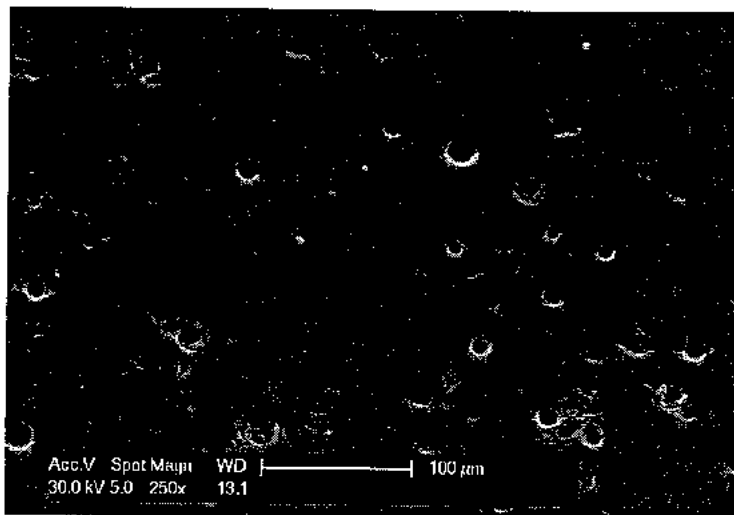
Слика 11б. (x500)



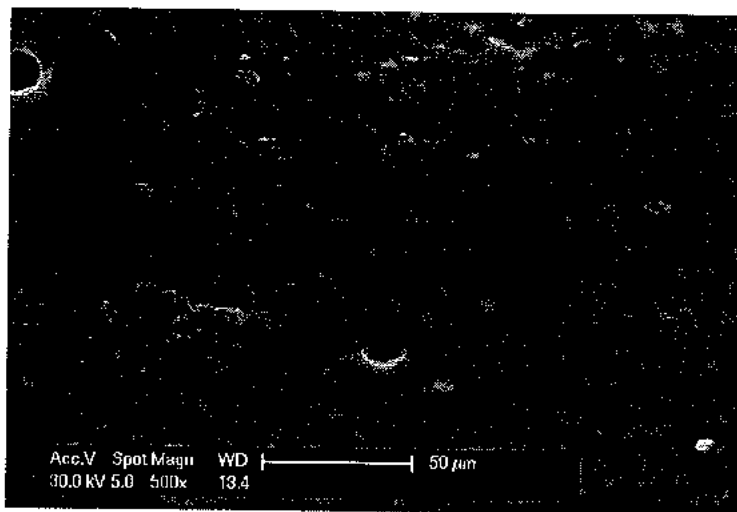
Слика 11в. (x250)

Сл. 11. SEM микрофотографии на површината на фрактура кај примерок од група 8 (киселина 30 s. + силиан + атхезив + композит):
 а) (x250) б) (x500) в) (x250)

На слика 12а и 12б се гледа морфологијата на површината на фрактура кај примерок од гр. 9 (киселина 60 s. + силиан + атхезив + композит). Површината е со надолжни (фибрилизирани) нерамнини и со присутни пори и шуплини ($d \sim 12\text{--}20\mu\text{m}$). Очигледно е дека зголеменото време на киселински третман во однос на примероците од гр. 7 (15 s.) и гр. 8 (30 s.), резултира во креирање на поголеми пори.



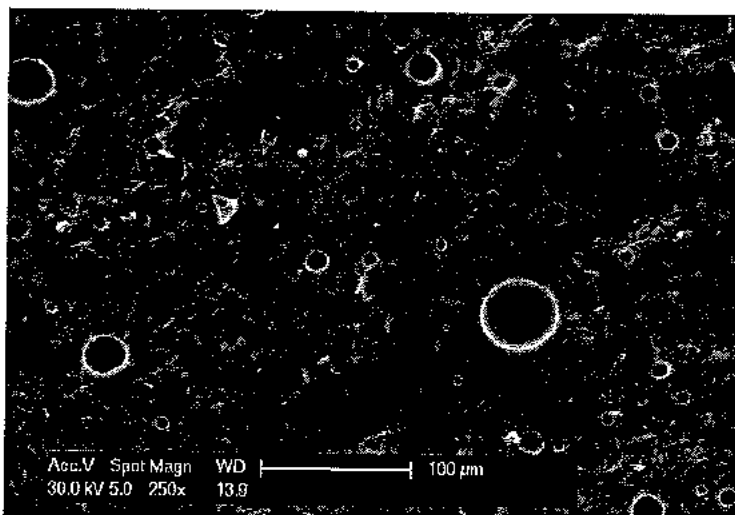
Слика 12а. (x250)



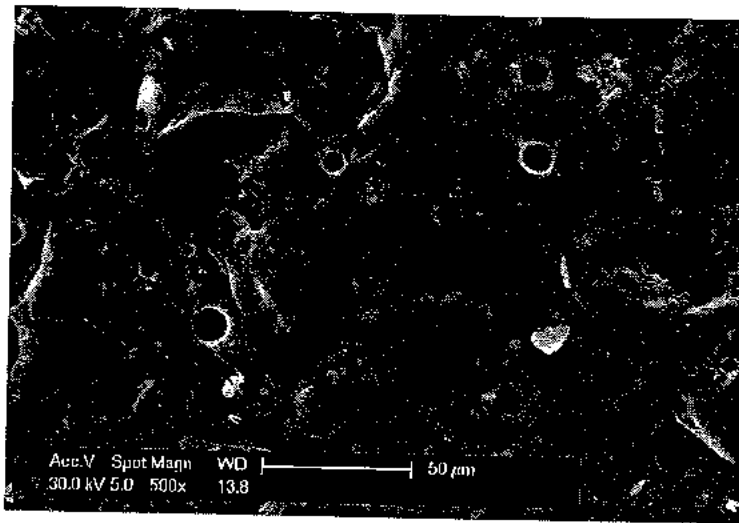
Слика 12б. (x500)

Сл. 12. SEM микрофотографији на површината на фрактура кај примерок од група 9 (киселина 60 s. + силан + атхезив + композит):
а) (x250) б) (x500)

На слика 13а и 13б се гледа морфологијата на површината на фрактура кај примерок од гр. 10 (борер + киселина 15 s. + силан + атхезив + композит). Површината е силно набраздена со присутни пори и шуплини, но и со присутни пластични ломови. Може да се заклучи дека и борерот и киселината придонесуваат за креирање на нерамна, набраздена и нагрязана површина на контакт, која придонесува за поголема јачина на врзување на композитот со порцеланот, при што, поизразен е механичкиот ефект на борерот.



Слика 13а. (x250)



Слика 13б. (x500)

Сл. 13. SEM микрофотографии на површината на фрактура кај примерок од група 10 (борер +киселина 15 s. + силан + атхезив + композит):
а) (x250) б) (x500)

Третманот на нагризувањето со киселина го намалува степенот на чисто атхезивни фрактури на меѓуграничната површина и го зголемува степенот на кохезивни дефекти. Анализата на типот на оштетувањата укажува на тоа дека, јачината на поврзување кај примероците со киселинско третирање е повисока од онаа кај примероци без киселински третман, бидејќи, порцеланот има кохезивни недостатоци пред да биде оштетена површината на сврзување.

Визуелната анализа на SEM микрофотографиите укажа и на соодветниот тип на фрактура кај испитаните системи. Како резултат на ефектите од борерот, киселинскиот третман и силанот, доаѓа до фрактура од пластичен тип која укажува на добрата атхезивност на испитаните системи.

SEM анализата на сите испитувани примероци покажа дека, кај ниеден од нив не е регистрирана појавата на деламинација и раслојување, со што квалитативно се потврдува фактот дека кај испитуваните системи постои добра атхезивност и добра меѓугранична површина (interface).

ДИСКУСИЈА

Поради природниот изглед и одличната биокompatибилност, керамичките реставрации (безметални или со метална субструктура) имаат широка примена во оралната, протетска рехабилитација. Иако денес генерално постои ориентација кон безметалната керамика, поради добрата механичка отпорност базирана на отпорноста на металот и естетиката на порцеланот, метал-керамичките реставрации сè уште се сметаат како добро решение за орална рехабилитација (33,54).

Како резултат на оклузалните/мастикаторните сили, траума и парафункционални движења, инкомпатибилноста помеѓу физичките карактеристики на металот и порцеланот, влијанието на оралната средина и замор на материјалот, понекогаш, кај метал-керамичките реставрации настанува фрактура на порцеланот (31,69,90). Појавата на оштетување на метал-керамичките реставрации во условите на оралната средина главно е резултат на природната кртост на керамичките реставративни материјали. Овие оштетувања (фрактура на порцеланот) во најголем дел се јавуваат во фронталната регија, најчесто на лабијалната површина, но се случуваат и во постериорната регија.

Фрактурите предизвикуваат естетски, фонетски и мастикаторен проблем, со можност за нарушување на оклузијата и артикулацијата. Воедно, може да бидат причина за оштетување на јазикот и оралната мукоза (3). Поради сето тоа, реставрацијата на фрактурираните порцелански протетски реставрации е императив. Поради тешкотиите со кои е проследено отстранувањето на протетската изработка од устата на пациентот со цел истата да се репарира екстраорално со порцелан во лабораторија, оваа постапка во секојдневната клиничка пракса се изведува интраорално со дентален композит.

Клиничкиот успех на репарацијата на порцеланот, скоро целосно зависи од интегритетот на врската меѓу керамиката и композитната смола. За да се обезбеди задоволувачка адхезија помеѓу материјалот за репарација и површината која треба да се репарира, потребно е да се спроведе специфичен третман на супстратот (109). Ова се постигнува преку остварување на механички и хемиски врски. Порано, главно се користеле техники базирани исклучиво на механичка ретенција, но со незадоволувачки резултати (естетски и механички ограничувања; 76). Денес, репаративните постапки вклучуваат и хемиски супстанции за создавање на појаки хемиски врски, кои придонесуваат за подобрување на вкупните механички својства на новодобиениот комплекс.

Ефикасноста на врската која се остварува помеѓу порцеланот и композитниот материјал како средство за репарација на фрактурните дефекти на порцеланските стоматолошки реставрации, е пресудна за времетраењето, односно за успешноста на ваквите репарации. Некои истражувачи на ова поле (49), сметаат дека силата на поврзување за

порцеланот, повеќе зависи од типот на агентот за кондиционирање, отколку од материјалот за репарација на дефектот. Други автори ја потенцираат потребата од физичка алтерација на порцеланската површина, како постапка со која може да се неутрализира или барем намали инсуфициентноста на поврзувачкиот ефект на хемиските средства. Оттаму, истражувањата во оваа сфера се различно фокусирани: на механичката ретенција, употребата на хемиски средства или комбинација на едните и другите.

Ова истражување покажа дека, третманот на површината е одлучувачки фактор за капацитетот на издржливост на композитот поврзан за порцеланот.

Влијание на набраздувањето на порцеланската површина со дијамантски борер врз силата на поврзување

Употребата на дијамантски борер со фина гранулација, која се препорачува во сите системи за репарација, лесно се спроведува и е евтина метода за абразивно кондиционирање на порцеланската површина.

Набраздувањето (создавање на рапавост) на порцеланската површина со дијамантски борер, генерално ја зголемува силата на поврзување помеѓу порцеланот и композитот употребен за репарација. Авторите немаат единствен став за ефектот од примената на дијамантскиот борер врз јачината на порцеланско-композитното поврзување. Според Wood и sor. (117), употребата на дијамантски борер како единствен метод за обезбедување на механичка ретенција, ја зголемува можноста за создавање на пукнатини и нивно пропагирање низ порцеланот. Да се минимизира оваа појава која негативно се одразува врз интегритетот на порцеланот, процесот на репарација треба да се изведува што е можно повнимателно (20).

Wolf и sor. (118) сметаат дека, рапавоста на порцеланската површина постигната со употреба на дијамантски борер, може да обезбеди задоволувачка сила на поврзување кај повеќето случаи. Резултатите од испитувањата направени во рамките на овој магистерски труд се во согласност со заклучокот на овој автор, со напомена дека, термичкиот третман (симулира орални услови) неповолно влијае врз порцеланско-композитните врски, намалувајќи ја силата на поврзување за 31,30%. Иако статистички незначајно, термичкото третирање ја намалува силата на поврзување обезбедена со примената на дијамантски борер, веројатно поради негативното влијание на оваа процедура врз остварените механички врски.

Резултатите на Kussano и sor. (54) покажале дека механичката ретенција на порцеланската површина постигната со употребата на дијамантски борер, многу малку влијае врз зголемувањето на силата на поврзување, споредено со групата каде бил аплициран само атхезив. За разлика од споменатиот автор, наодите во овој магистерски труд зборуваат за значајно зголемување на силата на поврзување при употребата на дијамантски борер (98,80%), кога не е спроведено термичко третирање; термичкото третирање негативно влијае врз силата на поврзување, така што овој процент се намалува за 36,15%.

Според Ласу и сор. (55), силата на поврзување меѓу композитната смола и порцеланот која се постигнува само со нагризување со киселина (без силанизирање), не е појака од онаа која се постигнува со механичка обработка на површината со дијамантски борер. Резултатите од овој труд покажуваат значително поголеми вредности на силата на поврзување обезбедена со употреба на дијамантски борер, отколку онаа постигната исклучиво со употреба на киселина (без силанизирање).

Со SEM микрофотографиите (сл. 7 и сл. 9) визуелно и квалитативно е потврден механичкиот ефект на борерот во однос на системите кај кои при третирањето на порцеланската површина истиот не е применет (сл. 6 и сл. 8).

Употребата само на борер во подготовката на порцеланската површина дава поголеми вредности на силата на поврзување, отколку при употребата на борер проследена со нагризување со киселина; тоа би можело да се објасни со растворачкото дејство на киселината врз нерамнините создадени со борерот и нивното делумно губење како ретентивни елементи.

Набраздувањето на порцеланската површина со борер ја зголемува силата на поврзување кога третманот вклучува нагризување со киселина, силанизирање и апликација на атхезив. Меѓутоа, статистички значајно зголемување на силата на поврзување се добива единствено кога нагризувањето на порцеланот трае 15 секунди, независно од термичкото третирање (131,84%-без ТТ и 109,15% - со ТТ). Силата на поврзување (со и без ТТ) се зголемува и кога третманот со киселина е подолготраен (30 или 60 секунди), но без статистичка значајност.

Влијание на нагризувањето на порцеланската површина со киселина врз силата на поврзување

Киселините за нагризување на порцеланската површина формираат микро-механички ретенции важни за подобра атхезија на композитите, со минимално губење на супстанцијата. И резултатите од ова истражување, покажаа дека нагризувањето со киселина има влијание врз силата на поврзување.

Кога се спроведува термичко третирање на примероците кај кои нагризувањето со киселина е единствен третман на порцеланската површина, силата на поврзување се намалува за 48,80%. Тоа покажува дека, иако статистички незначајно, термичкото третирање ја намалува силата на поврзување обезбедена со нагризување со киселина, веројатно поради негативното влијание врз механичките врски воспоставени меѓу порцеланот и композитот.

Кога порцеланската површина се набраздува со дијамантски борер и нагризува со киселина пред нанесувањето на атхезив и композит, времетраењето на дејствувањето на киселината (15, 30 или 60 сек.) нема значајно влијание врз силата на поврзување, независно од термичкото третирање. Сепак, силата на поврзување (иако статистички незначајно) е најголема кога нагризувањето трае подолго време (60 сек.), со термичко третирање; нешто послаба е силата на поврзување кога не е спроведен

термички третман, а најниски вредности се регистрирани кога порцеланот е третиран со киселина најкучо време (15 сек.) и подложен на термичко третирање. Според напред изнесеното, времетраењето на дејствувањето на киселината нема значајно влијание врз зголемувањето на силата на поврзување, кога третманот на порцеланската површина вклучува употреба на борер и нагризување со киселина, без апликација на силан.

Кога третманот на примероците покрај нагризување со киселина вклучува и апликација на силан, силата на поврзување е најголема кога времето на дејствување на киселината е 30 секунди, независно од примената на термички третман. Најниски вредности на силата на поврзување (без и со ТТ) се добиени кога нагризувањето со киселина трае 15 секунди. Различното време на дејствување на киселината, кај оваа комбинација од спроведени постапки (без употреба на борер), статистички значајно влијае врз вредностите на јачината на силата на поврзување. Така, значајна разлика на силата на поврзување се јавува меѓу примероците со времетраење на нагризувањето од 30 и 15 секунди и 30 и 60 секунди, без термичко третирање, како и меѓу примероците нагризувани во времетраење од 30 и 15 секунди, подложени на термичко третирање. Може да се заклучи дека, кога третманот на порцеланската површина се состои од нагризување со киселина и апликација на силан без употреба на борер, времето на дејствување на киселината значајно влијае врз постигнатата сила на поврзување.

Комбинацијата на методите за обезбедување на механичка и хемиска ретенција применети во овој труд (набраздување со борер, нагризување со киселина и апликација на силан) е најефикасна за интегритетот на порцеланско-комполитната врска, со одредено влијание на времето на нагризување на порцеланската површина (статистички незначајно).

Најголема сила на поврзување помеѓу порцеланот и комполитот обезбедува третманот кој вклучува набраздување на порцеланската површина со дијамантски борер, нагризување со фосфорна киселина во времетраење од 15 секунди и аплицирање на силан*.

*Овој наод, оди во прилог на протоколот (препорачан од производителот) за употреба на системот за репарација на фрактурирани порцелански површини, користен во ова истражување.

Кога времето на нагризување со киселина е 30 секунди, силата на поврзување повеќе се намалува кога не е спроведено термичко третирање (17,20%), отколку кога истото е спроведено (8,63%). Зголемувањето на времето на нагризување (од 30 на 60 секунди) ја намалува силата на поврзување помеѓу порцеланот и комполитот скоро двојно, кога не е спроведен термички третман (22,34% без ТТ и 11,88% со ТТ). Најголемо намалување на силата на поврзување изразено во проценти има меѓу примероците нагризувани 15 и 60 секунди; кога нагризувањето изнесува 60 секунди, силата е помала за 35,69% - кога не е спроведен термички третман, и за 19,49% - кога е спроведен ваков третман. Овие резултати водат кон заклучокот дека, зголемувањето на времето на нагризување со киселина (кога се применети сите методи за алтерација на порцеланската површина),

негативно влијае врз силата на поврзување со композитот, меѓутоа, термичкиот третман го намалува ваквото влијание. Ова последново оди во прилог на констатацијата дека оралните услови позитивно влијаат врз ефикасноста на порцеланско-композитната врска кај репарациите на фрактурираните порцелански реставрации, и е уште една потврда за тоа дека, во устата на пациентот доаѓа до калење на материјалот.

Според сознанијата стекнати од овој труд, третманот со фосфорна киселина резултира со формирање на вдлабнатини - кратери (SEM микрофотографии сл. 8) на површината на порцеланот, кои може да послужат како ретентивни места; ваквата морфологија на третираната површина е во склад со резултатите добиени за силата на поврзување на композитот со порцеланот. Овие сознанија главно се совпаѓаат со оние на Leibrock (59), кој смета дека нагризувањето со 32-35% фосфорна киселина обезбедува микро-ретентивна, богата со фисури порцеланската површина. Наспроти ова, Kato и сор. (48), сметаат дека примената на фосфорна киселина предизвикува незначајна промена на морфологијата на површината на порцеланот, што укажува на недоволна ретентивност. Поради тоа, овој автор предлага, употребата на фосфорната киселина да се ограничи главно на чистење на порцеланската површина, пред нејзината активација со силан.

Влијание на силанизирањето на порцеланската површина врз силата на поврзување

Силанот, употребен во репаративната постапка на фрактурираните порцелански реставрации, е ефикасно средство за подобрување на врската (хемиска) меѓу керамиката и композитната смола. Резултатите добиени во рамките на овој магистерски труд јасно укажуваат на улогата на силанизирањето во наведената смисла.

Кога третманот на примероците покрај набраздување со дијамантски борер и нагризување со киселина вклучува и апликација на силан, силата на поврзување значајно се зголемува. Кога времето на дејствување на киселината е 15 секунди, силата на поврзување по апликацијата на силан, се зголемува за 255,03% без ТТ и за 410,76% со ТТ. Силата на поврзување по апликацијата на силан, значајно се зголемува и кога времето на дејствување на киселината е 30 секунди (245,47% без ТТ и 180,60% со ТТ). Кога времетраењето на дејствување на киселината изнесува 60 секунди, аплицирањето на силанот значајно ја подобрува врската меѓу порцеланот и композитниот материјал само кај примероците кои не се подложени на термичко третирање (113,97%). До зголемување на вредноста на силата на поврзување по апликацијата на силанот доаѓа и кај примероците подложени на термичко третирање, но без статистичка значајност (90,42%).

Од изложеното произлегува дека при спроведувањето на постапката за репарација на фрактурираната порцеланска фасета, покрај физичката алтерација на порцеланската површина со дијамантски борер и киселина, апликацијата на средството за силанизирање (агенс за постигнување на

хемиска врска меѓу двата разнородни материјала - органски и неоргански), треба да биде неодминлив чекор. Овие наоди се во согласност со наодите на Курјес (53), според кој, силанизирањето на порцеланот има пресудно значење за обезбедување на соодветна сила на поврзување меѓу композитот и порцеланот.

Shahverdi (89) укажува дека средствата за силанизирање се способни да формираат врски и со неоргански и со органски материи, меѓутоа, тие сами по себе не помагаат во поврзувањето. Според овој автор, без механичка ретенција, силанизирањето не овозможува голема сила на поврзување.

Sorensen (96) утврдил дека силанот нема значајно влијание врз силата на поврзување на композитниот материјал за фелдспатниот порцелан кој претходно бил третиран со киселина. Резултатите од овој магистерски труд ја потврдуваат оваа констатација. Кога третманот се состои само од нагризување на порцеланската површина со киселина (15 секунди), апликацијата на силан незначајно ја зголемува силата на поврзување кај примероците кои не се подложени на термичко третирање (61,34%). Вредностите на силата на поврзување значајно се зголемуваат по апликацијата на силан, кога примероците се подложени и на термичко третирање (256,21%). Овој наод ја потврдува хемиската и термичката стабилност на средството за силанизирање кое е користено при изработка на овој магистерски труд, како и издржливоста и стабилноста на вака остварените хемиски врски меѓу композитниот материјал и порцеланот.

Вредностите на силата на поврзување се разликуваат според методите применети за подготовка на порцеланската површина. Кога третманот на порцеланската површина вклучува комбинација на различни методи, постои значајна разлика ($p < 0,001$) во силата на поврзување меѓу порцеланот и композитот, независно од термичкиот третман. Значајна е разликата на силата на поврзување кај примероците со различни третмани, без термичко третирање (меѓу групите 10 и 3, 10 и 1, и 10 и 6) и со термичко третирање (меѓу групите 10 и 3, 8 и 3, 10 и 1, 8 и 1, 10 и 2, 10 и 6, 8 и 2, 8 и 6 група). Кога не е спроведено термичко третирање на примероците, значајна разлика се јавува само меѓу групата каде се спроведени сите методи за подготовка на порцеланската површина и групите каде е употребен само атхезив, само киселина и комбинација на борер и киселина. Овој наод е во согласност со наодите на Güler (43). Според овој автор, различните методи за подготовка на порцеланот применети одделно, не обезбедуваат солидна врска меѓу порцеланот и композитот.

Силанизирањето употребено во сите можни комбинации на подготовка на порцеланската површина ја засилува врска меѓу порцеланот и композитот. Тоа посебно е потенцирано кај примероците кои се подложени на термичко третирање. Овие резултати се во согласност со Stokes и Hood (100), според кои силанизирањето ја минимизира пропустливоста на меѓуграничната површина порцелан/композит по спроведеното термичко третирање. Статистички значајна е разликата помеѓу примероците каде е употребен силанот и примероците од сите останати групи, чии третман на

порцеланската површина не вклучува силанизирање. Овој став се совпаѓа и со ставот на Lacy и сор. (55): кога постапката за репарација не вклучува силанизација, без оглед на тоа кој тип на третман на порцеланската површина е спроведен, силата на поврзување меѓу композитот и порцеланот е релативно слаба.

Според Kern и Thompson (50), времето на чување на примероците во вода има влијание врз силата на поврзување помеѓу порцеланот и композитните смоли, укажувајќи на стабилноста на врската што силанизирањето ја обезбедува во текот на чувањето во вода.

Влијание на термичкото третирање врз силата на поврзување

Термичкото третирање има различно влијание врз јачината на порцеланско-композитната* сила на поврзување; тоа пред сè зависи од методите применети при репаративната постапка на фрактурираниот порцелан.

*Менувањето на температурата предизвикува стрес на граничната површина помеѓу двата материјала, поради различниот коефициент на термичка експанзија на исгите.

Sorensen (97) смета дека, третманот на порцеланската површина значајно ја зголемува отпорноста на примероците кон влијанието на пролонгираното чување во вода и термичкото третирање. Резултатите од овој труд, кореспондираат со тврдењето на овој автор и се однесува на случаите кога подготовката на порцеланската површина вклучува комбинација од различни методи. Ако подготовката на порцеланската површина се состои само во обезбедување на механички ретенции, термичкото третирање главно ја намалува јачината на силата на поврзување. Ова веројатно се должи на негативното влијание на термичкото третирање врз механичката врска меѓу порцеланот и композитот.

Gregory и сор. (41) сметаат дека, пролонгираното чување во вода и термичкото третирање резултираат со значајно намалување на силата на поврзување. Според нив, тоа може да се должи на термичкиот стрес на порцеланот, кој води до прогресија на веќе постоечка пукнатина. Доколку резидуалниот порцелан има голем број на пукнатини што може да се претпостави од иницијалното фрактурирање, поврзувањето на композитниот материјал за преостанатиот порцелан со средство за бондирање, најверојатно нема да биде успешно поради големата можност за повторување на фрактурата - резултат на внатрешната слабост на околниот порцелан. Од ова произлегува *сознание значајно за клиничката пракса: за обезбедување на долготрајност на репарираниот дел, од голема важност е, пред започнувањето на процесот на репарација да се отстрани несигурниот порцелански супстрат.*

Влијанието на времето на полимеризација врз степенот на вмреженост на композитот употребен за репарација

Карактеристичните DSC термограми за вмреженоста на испитаните композитни примероци, покажуваат комплетна (100%) вмреженост на композитот без разлика на времето на полимеризација (20, 40 или 60 s). Ова оди во прилог на квалитетот, односно јачината на врската меѓу порцеланот и композитот.

Доколку во испитуваните системи би имало присуство на недовмрежени делови, тоа би резултирало во значително пониски вредности на јачината на поврзување. Комплетно завршениот процес на вмрежување (степен на вмреженост $X_{\text{вмр.}}=100\%$) и при пократките времиња на полимеризација (20 s. и 40 s.), претставува уште една позитивна карактеристика на испитуваните системи во однос на нивното успешно применување и изведување во клиничката пракса.

Корелации помеѓу моделните и макросистемите

Од извршените испитувања на моделните системи во овој магистерски труд изведени се следните корелации:

- а) дијамантски борер - како средство за подготовка (набраздување) на порцеланската површина, овозможува остварување на механички интерлокинг на смолата во порцеланот, и остварува позитивен ефект врз јачината на врската помеѓу порцеланот и композитот.
- б) киселина - киселината преку нагривачкиот ефект влијае врз текстурата на површината на порцеланот; овозможува остварување на механички интерлокинг на смолата во порцеланот и на тој начин влијае на јачината на поврзување меѓу порцеланот и композитот. Овој третман се покажа како успешен во креирањето подобра атхезија со композитот.
- в) силан - како хемиски агенс ја активира порцеланската површина и позитивно влијае на јачината на врската помеѓу порцеланот и композитот, преку остварување на хемиско поврзување. Овој третман исто така придонесува за повисока атхезија и подобра меѓугранична површина (interface).

Со мерењето на јачината на силата на смолкнување, квантитативно беше потврдено влијанието на сите испитувани фактори врз квалитетот на меѓуграничната површина (interface) во моделните системи порцелан-композит.

Сите овие третмани применети во клиничката пракса кај пациенти (реални реставрации - макросистеми) според вообичаениот протокол, резултираат со ефикасни репарации. За период од 2 години не е регистрирана ниту една повторна фрактура.

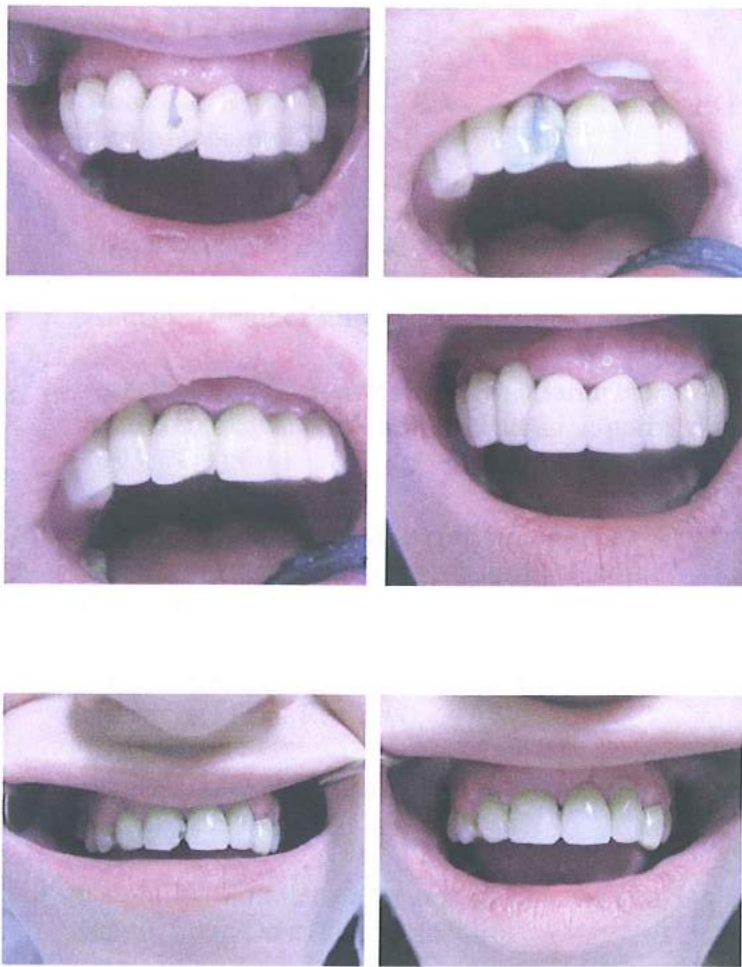
ЗАКЛУЧОЦИ

Најпогодна техника за репарација на скршената метал-керамичка реставрација во секојдневната стоматолошка пракса, е методот каде, фрактурираниот дел од порцеланот се надоместува со композитен материјал; нарушената функција и естетика се воспоставуваат на едноставен начин.

Третманот на порцеланската површина е одлучувачки фактор за издржливоста на композитот поврзан за порцеланот; клиничкиот успех на репаративната постапка, скоро целосно зависи од интегритетот на врската меѓу керамиката и композитната смола, што се постигнува преку остварување на механичка и хемиска врска.

1. Набраздувањето со дијамантски борер генерално ја зголемува силата на поврзување; ефектот е двоен: отстранување на површинскиот порцелан кој содржи микропукнатини и остварување на механички ретенции.
 - употребата на дијамантски борер обезбедува значително поголема сила на поврзување, отколку исклучивата употреба на киселина;
 - подготовката на порцеланската површина само со борер, обезбедува поголема сила на поврзување отколку кога употребата на борер е комбинирана со нагризување со киселина; киселината има растварачко дејство врз нерамнините создадени со борерот и предизвикува нивно делумно губење како ретентивни елементи;
 - употребата на дијамантски борер значајно влијае на зголемувањето на силата на порцеланско-композитното поврзување, кога третманот е изведен со нагризување со киселина во времетраење од 15 секунди и употреба на силан, независно од термичкото третирање; со зголемување на времето на нагризување со киселина, при истата комбинација на третмани, силата на поврзување (незначајно) се намалува.
2. Киселината употребена за нагризување на порцеланската површина, формира микро-механички ретенции важни за подобра адхезија на композитот. Ефектот од времетраењето на нагризувањето зависи од комбинацијата на методите применети за подготовка на порцеланската површина:
 - кога третманот се изведува со употреба на борер и нагризување со киселина (без апликација на силан), времето на нагризување со киселина (15, 30 или 60 сек.) нема значајно влијание врз силата на поврзување, независно од термичкото третирање;

- времето на нагризување со киселина значајно влијае врз силата на поврзување (независно од термичкото третирање), кога третманот вклучува и апликација на силан (без употреба на борер);
 - кога третманот ги вклучува сите методи на подготовка на порцеланската површина (борер, киселина и силан), времето на нагризување со киселината нема значајно влијание врз силата на поврзување, независно од термичкото третирање.
3. Силанот како хемиски агенс ефикасно ја подобрува силата на поврзување на композитот за порцеланот; за стабилноста и долготрајноста на оваа врска, после механичката алтерација, неопходно е површината да се третира и со средство за силанизирање.
- кога подготовката на порцеланската површина покрај набраздување со дијамантски борер и нагризување со киселина вклучува и апликација на силан, силата на поврзување значајно се зголемува; тоа е најизразено кога времето на нагризување е 15 секунди (за 255,03% без ТТ и за 410,76% со ТТ).
4. Термичкиот третман има различно влијание врз силата на поврзување меѓу порцеланот и композитот; тоа зависи пред сè од методите применети за подготовка на порцеланската површина:
- кога подготовката на порцеланската површина вклучува *само методи за обезбедување на механичка ретенција*, термичкиот третман главно ја намалува силата на поврзување;
 - мал пораст на јачината на поврзување се забележува кога *покрај механичката е обезбедена и хемиска врска* (силанизирање).
5. Вмреженоста на композитот (показател на полимеризацијата) е комплетна без разлика на времето на полимеризација (20, 40, 60 s.); тоа сугерира дека, испитуваното време на полимеризација нема значење врз силата на поврзување меѓу порцеланот и композитот.
6. Комбинацијата на методите со кои се обезбедува механичка и хемиска ретенција е најефикасна за интегритетот на порцеланско-композитната врска:
- најголема сила на поврзување помеѓу порцеланот и композитот обезбедува третманот кој вклучува набраздување на порцеланската површина со дијамантски борер, нагризување со фосфорна киселина во времетраење од 15 секунди и аплицирање на силан.



Слика 14. Репарација на фрактура на порцеланот на метал-керамички реставрации - клинички случаи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abbasi J, Bertolotti RL, Lacy AM, Watanabe LG. Bond strengths of porcelain repair monomers. *J Dent Res* 1988; 67:223.
2. Aida M, Hayakawa T, Mizukawa K. Adhesion of composite porcelain with various surface conditions. *J Prosthet Dent* 1995; 73:464-470.
3. Ahmad I. Point of Care. *J Canad Dent Assoc* 2004; 70(11):786-7.
4. Appeldoorn RE, Wilwerding TM, Barkmeier WW. Bond strength of composite resin to porcelain with newer generation porcelain repair system. *J Prosthet Dent* 1993; 70(1):6-11.
5. Бајевска Ј. Клинички и лабораториски испитувања на деформација на тела на мостови (дисертација) Скопје, Македонија: Стоматолошки факултет, 1992:114.
6. Ban S, Anusavice KJ. Influence of test method on failure stress of brittle dental materials. *J Dent Res* 1990; 69:1791.
7. Bakland LK. Replacing porcelain veneers in the mouth. *Quintessence Int* 3 (1972), pp.45-49.
8. Barghi N. To silanate or not to silanate: making a clinical decision. *Compend Contin Educ Dent* 200; 21:659-64.
9. Barreto MT, Bottaro BF. A practical approach to porcelain repair. *J Prosthet Dent* 1982; 48:349-51.
10. Barreto MT. Failures in ceramometal fixed restorations. *J Prosthet Dent* 1984; 51:186-9.
11. Berksun S, Saglam S. Shear strength of a composite bonded porcelain-to-porcelain in a new repair system. *J Prosthet Dent* 1994; 71(4):423-8.
12. Berry T, Barghi N, Chung K. Effect of water storage on the silanisation in porcelain repair strength. *J Oral Rehabil* 1999; 26(6): 459-63.
13. Bertolotti RL, Lacy AM, Watanabe LG. Adhesive monomers for porcelain repair. *Int J Prosthodont* 1989; 2:483-489.
14. Boyer D, Armstrong S, Reinhardt J, Aunan D. Effect of surface treatment on porcelain repair with composite. IADR Meeting, Orlando, 1997.

15. Burke EJT, Grey NJA. Repair of fractured porcelain units: alternative approaches. *Brit Dent J* 1994; 176:251.
16. Burke FJT. Fracture resistance of teeth restored with dentin-bonded crowns: The effect of increased tooth preparation. *Quintessence Int* 1996; 27:115.
17. Calamia JR, Simonsen RJ. Effect of coupling agents on bond strength of etched ceramics. *J Dent Res* 1984; 63.
18. Capa N, Unal A, Kazazoglu E, Calykkocaoglu S. Bond strength of flowable composite resins to porcelain repair materials. 81st General Session of the International Association for dental Research June 25-28, 2003.
19. Cardoso AC, Spinelli Filho P. Clinical and laboratory techniques for repair of fractured porcelain in fixed prostheses: a case report. *Quintessence Int* 1994; 25:835-8.
20. Chadwick RG, Mason AG, Sharp W. Attempted evaluation of three porcelain repair systems - what are we really testing? *J Oral Rehabil* 1998; 25:610-615.
21. Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect of etchant, etching period, and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. *Oper Dent* 1998; 23(5):250-7.
22. Chung KH, Hwang YC. Bonding strength of porcelain repair systems with various surface treatments. *J Prosthet Dent* 1997; 78:267-274.
23. Cochran M, Carlson T, Moore B, Richmond N, Brackett W. Tensile bond strengths of five porcelain repair systems. *Oper Dent* 1988; 13:112-117.
24. Coornaert J, Adrians P, de Boever J. Long-term clinical study of porcelain-fused-to-gold restorations. *J Prosthet Dent* 1984; 51:338.
25. Creugers NHJ, Kayser AF, vant Hof MA. A meta-analysis of durability data on conventional fixed bridges. *J Prosthet Dent* 1994; 22:448.
26. Culler SR, Krueger DD, Joos RW. Investigations of silane priming solutions to repair fractured porcelain crown. *J Dent Res* 1986; 65:191.
27. Dauskardt RH, Marshall DB, Ritchie RO. Cyclic fatigue-crack propagation in magnesia-partially-stabilized zirconia ceramics. *J Americ Ceramic Soc* 1990; 73:893.
28. Della Bona A, Anusavice KJ. Microstructure, composition, and etching topography of dental ceramics. *Int J Prosthodont* 2002; 15(2):159-67.

29. Della Bona A, Anusavice KJ, Mecholsky JJJr. Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. *Dent Mater* 2003; 19(8):693-99.
30. Denry IL, Hollowey JA, Rosentiel SF. Effect of ion exchange on the microstructure, strength and thermal expansion behavior of a leucite-reinforced porcelain. *J Dent Res* 1998; 77:583.
31. Diaz-Arnold AM, Schneider RL, Aquilino SA. Bond strengths of intraoral porcelain repair materials. *J Prosthet Dent* 1989; 61(3):305-9.
32. Diaz-Arnold AM, Wistron DW, Aquilino SA, Swift EJ. Bond strengths of porcelain repair adhesive systems. *Am J Dent* 1993; 6(6):291-4.
33. dos Santos JG, Fonseca RG, GLadabo, dos Santos CA Cruz. Shear bond strength of metal-ceramic repair systems. *J Prosthet Dent* 2006; 96:165-73.
34. Edelhoff D, Marx R. Adhasion zwischen Vollkeramik und Befestigungskomposit nach unterschiedlicher Oberflachenvorbehandlung. *Deutsche Zahnarztliche Zeitschrift* 1995; 50:112
35. Evans D, Barghi N, Malloy C, Windeler S. The influence of condensation method on porosity and shade of body porcelain. *J Prosthet Dent* 1990; 63:380.
36. Farah JW, Craig RG. Distribution of stresses in porcelain fused to metal and porcelain jacket crowns. *J Dent Res* 1975; 54:255.
37. Foster LV. The relationship between failure and design in conventional bridgework from general dental practice. *J Oral Rehabil* 1991; 18:491.
38. Freedman GA, McLaughlin GL. *Color atlas of Porcelain laminate veneers*. 1st ed. USA: Ishiyaku Euroamerica Inc; 1990.
39. Galiatsatos AA. An indirect repair technique for fractured metal-ceramic restorations: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2005; 93(4):321-3.
40. Goyal S. Silanes: Chemistry and applications. *J Indian Prosthodont Soc* 2006; 6:14-18.
41. Gregory WA, Hagen CA, Powers JM. Composite resin repair of porcelain using different bonding materials. *Oper Dent* 1988; 13(3):114-8.
42. Gregory WA, Moss SM. Effects of heterogeneous layers of composite and time on composite repair of porcelain. *Oper Dent* 1990; 15(1):18-22.

43. Güler AU, Yilmaz F, Ural C, Güler E. Evaluation of 24-hour shear bond strength of resin composite to porcelain according to surface treatment. *Int J Prosthodont* 2005; 18(2):156-60.
44. Güler AU, Yilmaz F, Yenisey M, Güler E, Ural C. Effect of acid etching time and self-etching adhesive on the shear bond strength of composite resin to porcelain. *J Adhes Dent* 2006; 8(1):21-5.
45. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dunne JT. Shear bond strength of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *J Prosthet Dent* 2001; 86:526-31.
46. Hayakawa T, Horie K, Aida M, Kanaya H, Kobayashi T, Murata Y. The influence of surface conditions and silane agents on the bond of resin to dental porcelain. *Dent Mater* 1992; 8(4):238-40.
47. Karlsson S. Failures and length of service in fixed prosthodontics after long-term function. *Swedish Dent J* 1989; 13:185.
48. Kato H, Matsumura H, Atsuta M. Effect of etching and sandblasting on bond strength to sintered porcelain of unfilled resin. *J Oral Rehabil* 2000; 27:103-10.
49. Kato H, Matsumura H, Ide T, Atsuta M. Improved bonding of adhesive resin to sintered porcelain with the combination of acid etching and a two liquid silane conditioner. *J Oral Rehabil* 2001; 28:102-108.
50. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent* 1994; 71:453.
51. Knight JS, Holmes JR, Bradford H, Lawson C. Shear bond strengths of composite bonded to porcelain using porcelain repair systems. *Am J Dent* 2003; 16(4):252-4.
52. Kumbuloglu O, User A, Toksavu S, Vallittu PK. Intraoral adhesive systems for ceramic repairs: a comparison. *Acta Odontol Scand* 2003; 61(5):268-72.
53. Kupiec KA, Wuertz KM, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. *J Prosthet Dent* 1996; 76(2):119-24.
54. Kussano CM, Bonfante G, Batista JG, Pinto JHN. Evaluation of shear bond strength of composite to porcelain according to surface treatment. *Braz Dent J* 2003; 14(2):132-135.
55. Lacy AM, Laluz J, Watanabe LG, Dellinges M. Effects of porcelain treatments on the bond strength of composite. *J Prosthet Dent* 1988; 60:288-291.

56. Lamon J, Evans AG. Statistical analysis of bending strength for brittle solids: a multiaxial fracture problem. *J Americ Ceramic Soc* 1983; 66:177.
57. Latta MA, Barkmeier WW. Approaches for intra-oral repair of ceramic restorations. *Compend Contin Educ Dent* 2000; 21:635-44.
58. Leempoel PJB, Kayser AF, Van Rossum GMJM, De Haan AFJ. The survival rate of bridges. A study of 1274 bridges in 40 Dutch general practices. *J Oral Rehabil* 1995; 22:327.
59. Leibrock A, Degenhart M, Behr M, Rosentritt M, Handel G. In vitro study of the effect of thermo and load cycling on the bond strength of porcelain repair systems. *J Oral Rehabil* 1999; 26(2):130-7.
60. Libby G, Arcuri MR, Lavelle WE, Hebl L. Longevity of fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1997; 78:127-31.
61. Llobell A, Nicholls JI, Kois JC, Daly CH. Fatigue life of porcelain repair systems. *Int J Prosthodont*. 1992; 5:205- 213.
62. Lu R, Harcourt JK, Tyas MJ, Alexander B. An investigation of the composite resin/porcelain interface. *Aust Dent J* 1992; 37(1):12-9.
63. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent* 1983; 50:480.
64. Matsumara H, Kawahara M, Tanaka T, Atsuta M. A new porcelain repair system with silane coupler, ferric chloride, and adhesive opaque resin. *J Dent Res* 1989; 68:813-18
65. Michalske TA, Freiman SW. A molecular interpretation of stress corrosion in silica. *Nature* 1982; 295:511.
66. Miller TH, Thayer KE. Intraoral repair of fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1971; 25:382-8.
67. Näpänkangas R, Salonen-Kemppi MAM, Raustia AM. Longevity of fixed metal ceramic bridge prostheses: a clinical follow-up study. *J Oral Rehabil* 2002; 29:140-5.
68. Newburg R, Pameijer CH. Composite resin bonded to porcelain with silane solution. *J Am Dent Assoc* 1978; 96:288-293.

69. Niedermeier W, Proano FP, Özcan M, Mayer B, Nergiz I, Pfeiffer P. Enorale Reparaturen mit tribochemischem Verbund. Zahnärztliche Mitteilungen. 1998; 16:54.
70. Oh WS, Shen C. Effect of surface topography on the bond strength of a composite to three different types of ceramic. J Prosthet Dent 2003; 90(3):241-6.
71. Oh WS, Shen C. Effect of flame cleaning of ceramic surface on the bond strength of composite to ceramic. J Oral Rehabil 2005; 32:141-44.
72. Oram DA, Cruickshank-Boyd EH. Fracture of ceramic and metaloceramic cylinders. J Prosthet Dent 1984; 52:221.
73. Özcan M, Pfeiffer P, Nergiz I. A brief history and current status of metal/ceramic surface conditioning concepts for resin bonding in dentistry. Quintessence Int 1998; 29:713-724.
74. Özcan M, Schulz A, Niedermeier, W. Clinical outcomes on fractured ceramic-fused-to-metal restorations repaired with an intraoral silicoating method. J Dent Res 1999; 78:302.
75. Özcan M, Niedermeier W. Clinical study on the reasons for and location of failures of metal-ceramic restorations and survival of repairs. Int J Prosth 2002; 15:299-302.
76. Özcan M. Fracture reasons in ceramic-fused-to-metal restorations. J Oral Rehabil 2003; 30:265-9.
77. Pameijer CH, Louw NR, Fisscher D. Repairing fractured porcelain: how surface preparation affects shear force resistance. J Am Dent Assoc 1996; 127:203-209.
78. Петкова Е. Влијанието на местоположбата на гингивалниот раб на вештачката забна коронка врз здравјето на пародонциумот (дисертација) Скопје, Македонија: Стоматолошки факултет, 1989:135.
79. Peutzfeldt A, Asmussen E. Silicoating. Evaluation of a new method of bonding composite resin to metal. Scand J Dent Res 1988; 96:171-177.
80. Plueddemann EP. Adhesion through silane coupling agents. J Adhes 1970; 2:184-201.
81. Prado RA, Panzeri H, Fernandes Neto AJ, Neves FD, Silva MR, Mendonca G. Shear bond strength of dental porcelains to nickel-chromium alloys. Braz Dent J 2005; 16:202-6.

82. Pratt RC, Burgess JO, Schwartz RS, Smith JH. Evaluation of bond strength of six porcelain repair systems. *J Prosthet Dent* 1989; 62:11-13.
83. Quarnstrom FC, Aw TC. Repairing fractured porcelain-fused-to-metal bridge pontics, *Clinical Directions. J Am Dent Assoc* 2003; 134(8):1097-100.
84. Reuter JE, Brose MO. Failures in full crown retained dental bridges. *Br Dent J* 1984; 157:61.
85. Richter-Snapp K, Aquilino SA, Svare CW, Turner KA. Change in marginal fit as related to margin design, alloy type and porcelain proximity in porcelain-fused-to-metal restorations. *J Prosthet Dent* 1988; 60:435.
86. Ronald EA, Terry MW, Wayne WB. Bond strength of composite to porcelain with newer generation porcelain repair systems. *J Prosthet Dent* 1993; 70:6.
87. Saygili G, Sahmali S, Demirel F. Colour stability of porcelain repair materials with accelerated ageing. *J Oral Rehabil* 2006; 33:387-92.
88. Sced IR, McLean JW. The strength of metal/ceramic bonds with base metals containing chromium. A preliminary report. *Br Dent J* 1972; 132:232-4.
89. Shahverdi S, Canay S, Şahin E, Bilge A. Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. *J Oral Rehabil* 1998; 25:699-705.
90. Sherill CA, O'Brein WJ. Transverse strength of aluminous and feldspathic porcelain. *J Dent Res* 1974; 53:683.
91. Scurria MS, Bader JD, Shugars DA. Meta-analysis of fixed partial denture survival: prostheses and abutments. *J Prosthet Dent* 1998; 79:459.
92. Shen C, Oh WS, Williams JR. Effect of post-silanization drying on the bond strength of composite to ceramic. *J Prosthet Dent* 2004; 91(5):453-8.
93. Sheth J, Jensen M, Tolliver D. Effect of surface treatment on etched porcelain bond. *Dent Mater* 1988; 4:328-337.
94. Simonsen RJ, Calamia JR. Tensile bond strength of etched porcelain. *J Dent Res* 1983; 62:297.
95. Sindel J, Gehrlicher S, Petschelt A. Studies of the bond strength of composite to PFM restorations. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 1996; 51:712.
96. Sorensen JA, Engelman MJ, Torres TJ, Avera SP. Shear bond strength of composite resin to porcelain. *Int J Prosthodont* 1991; 4(1):17-23.

97. Sorensen JA, Kang SK, Avera SP. Porcelain-composite interface microleakage with various porcelain surface treatments. *Dent Mater* 1991; 7(2):118-23.
98. Sorensen JA, Kang SK, Torres TJ, Knode H. In-Ceram fixed partial dentures: three-year clinical trial results. *J Calif Dent Assoc* 1998; 26:207-214.
99. Stangel I, Nathanson D, Hsu CS. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. *J Dent Res* 1987; 66:1460-1465.
100. Stokes AN, Hood JAA. Thermocycling, silane priming, and resin/porcelain interface – an electrical leakage study. *Dent Mater* 1989; 5(6):369-70.
101. Strub JR, Stiffler S., Scharer P. Causes of failure following oral rehabilitation: biological versus technical factors. *Quintessence Int* 1988; 19:215-22.
102. Suliman AH, Swift EJ Jr, Perdigao J. Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. *J Prosthet Dent* 1993; 70(2):118-20).
103. Sundh B, Odman P. A study of fixed prosthodontics performed at a University clinic 18 years after insertion. *Int J Prosthodont* 1997; 10:513.
104. Swift E, Perdigao J. Effects of surface treatments and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. *J Prosthet Dent* 1993; 70:118-120.
105. Swift B, Walls AW, McCabe JF. Porcelain veneers: the effects of contaminants and cleaning regimens on the bond strength of porcelain to composite. *Br Dent J* 1995; 179:203.
106. Thurmond JW, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Effect of porcelain surface treatments on bond strengths of composite resin bonded to porcelain. *J Prosthet Dent* 1994; 72(4):355-359.
107. Tiller H-J, Garschke A, Bimberg R. Probleme und Erfahrung zum Keramik-Kunststoff-Verbund – Das Keramik-Reparatursystem Silistor. *Zahnärztliche Welt* 1989; 98:776.
108. Tsai YL, Petsche PE, Anusavice KJ, Yang MC. Influence of glass-ceramic thickness on hertzian and bulk mechanisms. *Int J Prosth* 1998; 18:27.
109. Tulunoglu IF, Beydemir B. Resin shear strength to porcelain and a base metal alloy using two polymerization schemes. *J Prosthet Dent* 2000; 83(2):181-6.
110. Tylka DF, Stewart GP. Comparison of an APF and HF for porcelain-composite repair. *J Prosthet Dent* 1994; 72(2):121-7.

111. Van Der Vyver PJ, de Wet FA, Botha SJ. Shear bond strength of five porcelain repair systems on cerec porcelain. *SADJ*, 2005 Jun; 60(5): 196-8
112. Van Rensburg F, Strating H. Evaluation of the marginal integrity of ceramometal restorations: Part II. *J Prosthet Dent* 1984; 52:210.
113. Walton JN, Gardner FM, Agar JR. A survey of fixed partial denture failures: length of service and reasons for replacement. *J Prosthet Dent* 1986; 56:416.
114. White SN, Li ZC, Yu Z, Kipnis V. Relationship between static, chemical and cyclic mechanical fatigue in a feldspathic porcelain. *Dent Mater* 1997; 13:103.
115. Widerhorn SM. Subcritical crack growth in ceramics. In: *Fracture Mechanics of Ceramics*, 1974, Vol.2 (Ed. By Bradt DC, Hasselman DPH, Lange FF.) p.613 Plenum Press, New York, USA.
116. Wirz J, Schmidli F, Mignaval A. Neue Kunststoff-Metall-Verbundsysteme und ihre legierungsabhängige Haftqualität. *Quintessence Int* 1996; 47:1231.
117. Wood M, Litkowski LJ, Thompson VP, Church T. Repair of porcelain/metal restoration with resin bonded over-casting. *J Esthet Dent* 1992; 4:110.
118. Wolf DM, Powers JM, O'Keefe KL. Bond strength of composite to porcelain treated with new porcelain repair agent. *Dent Mater* 1992; 8(3):158-61.
119. Wolf DM, Powers JM, O'Keefe KL. Bond strength of composite to etched and sandblasted porcelain. *Am J Dent* 1993; 6:155-158.
120. Yamamoto M. In: *Metal Ceramics, Principles and Methods of Makoto Yamamoto*, 1989 pp.447. Quintessence Publishing Co., Chicago, IL, USA.
121. Yassini E, Tabari K. Comparison of shear bond strength between composite resin and porcelain using different bonding systems. *J Dent. Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran* 2005; 2(1):1-6.
122. Zhukovsky I, Godder B, Settembrini L, Scherer W. Repairing porcelain restorations intraorally: techniques and materials. *Comp Cont Educ Dent* 1996; 17:18-28.
123. Шабанов Е. Промени во пародонциумот по експериментално предизвикана трауматска оклузија: стереолошка и хистолошка студија кај стаорци (дисертација) Скопје, Македонија: Стоматолошки факултет, 1983:102.

АНЕКС

Табела 34а. Вредности на силата на смолкнување помеѓу порцеланот и композитот кај примероците кои не се подложени на термички третман (изразено во МПа)

Групи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1,96	6,59	1,02	2,24	2,24	2,24	4,08	6,43	5,29	12,24	7,84	4,90
	2,43	5,57	1,18	1,26	2,51	1,88	3,10	7,92	3,65	3,45	6,59	5,73
	2,28	2,20	2,43	2,12	2,16	2,27	3,92	5,49	3,29	8,47	4,55	6,28
	4,86	7,77	3,33	2,75	2,00	3,37	3,61	7,10	5,49	4,86	7,14	4,31
	1,02	2,82	3,37	3,57	1,25	2,98	3,57	3,88	3,22	13,37	8,98	6,04
\bar{X} МПа	2,51	4,99	2,27	2,39	2,03	2,55	3,66	6,16	4,19	8,48	7,02	5,45

Табела 35а. Вредности на силата на смолкнување помеѓу порцеланот и композитот кај примероците кои се подложени на термички третман (изразено во МПа)

Групи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1,10	1,84	1,33	1,33	2,20	4,16	5,10	11,14	4,94	12,39	4,86	6,59
	4,12	4,51	0,94	1,92	3,76	2,90	3,84	7,61	9,49	7,45	7,84	5,73
	2,82	3,73	0,86	1,57	2,47	3,37	3,33	10,27	4,86	9,33	7,76	11,65
	0,55	2,67	1,10	1,88	2,82	1,41	5,49	7,45	6,94	9,80	7,18	5,41
	1,92	4,39	1,57	1,76	2,82	6,43	2,90	3,33	5,73	4,24	11,84	5,41
\bar{X} МПа	2,10	3,43	1,16	1,69	2,81	3,65	4,13	7,96	6,39	8,64	7,90	6,96

Табела 34б. Вредности на силата на смолкнување помеѓу порцеланот и композитот кај примероците кои не се подложени на термички третман (изразено во N)

Групи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	50	268	26	57	56	56	104	164	135	312	200	125
	62	242	30	32	64	48	79	202	93	88	168	146
	58	56	62	54	55	58	100	140	84	216	116	160
	124	198	85	70	51	86	92	181	140	124	182	110
	26	72	86	91	32	76	91	99	82	341	229	154
\bar{X} (N)	64	167,2	57,8	60,8	51,6	64,8	93,2	157,2	106,8	216,2	179	139

Табела 35б. Вредности на силата на смолкнување помеѓу порцеланот и композитот кај примероците кои се подложени на термички третман (изразено во N)

Групи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	28	47	34	34	56	106	130	284	126	316	124	168
	105	115	24	49	96	74	98	194	242	190	200	146
	72	95	22	40	63	86	85	262	124	238	198	297
	14	68	28	48	72	36	140	190	177	250	183	138
	49	112	40	45	72	164	74	85	146	108	302	138
\bar{X} (N)	53,6	87,4	29,6	43,2	71,8	93,2	105,4	203	163	220,4	201,4	177,4

\bar{X} - Средна вредност

Материјали користени при истражувањата реализирани во рамките на овој магистерски труд:

Ceramic Repair System

Ceramic Repair System е професионален сет за интраорална естетска репарација на фрактури на коронки и мостови фасетирани со керамички или композитни маси. Овој систем во својот состав ги содржи неопходните материјали за бондирање и фасетирање. Сетот содржи светлосно-полимеризирачки едно-компонентни материјали. Целиот сет е ергономски аранжиран овозможувајќи работа од лево кон десно.

Total Etch:

киселина за нагризување

H₃PO₄ - фосфорна киселина (37 wt. %)

Monobond S:

еднокомпонентно средство за силанизирање

Состав: мешавина од етанол, вода и силан (не содржи ацетон!)

- 50-52% Ethanol
- 1% 3-Methacryloyloxypropyl-trimethoxysilane

Heliobond:

светлосно-полимеризирачко, едно-компонентно средство за поврзување

Состав:

- Bis-GMA <60%
- Triethylene glycol dimethacrylate (99 wt. %) <40%
- иницијатори
- стабилизатори (<1%)

Tetric Ceram:

хибриден композит за светлосно-полимеризирачки реставрации со средна големина на партиклите од 0.7 μm и максимална големина на партиклите од 3.0 μm

Мономерен матрикс:

- Bis-GMA (<9%) = Bis-phenol-A-glycidylmethacrylate
- UEDMA (<8%) = Urethane dimethacrylate
- TEGDMA (<5%) = Triethyleneglycol dimethacrylate

Полнител:

Силанизирано Ва-стакло, итербиум трифлуорид, силанизиран непознат метален оксид, силанирано бариум-алуминиум-флуоро-силикатно стакло, силанирано силика стакло (79 wt.%)

Останати материјали и апаратура кои се користеа за изработка на овој магистерски труд:

Восок за моделирање:
EUK Modellig Wax,
Auro Dent, Slovenija

Восочни профили за штифтување:
Interdent, Celje, Slovenija

Течност за обезмастување:
IzivaXol, Interdent, Celje, Slovenija

Маса за вложување:

Прашок:

Castorit Super C, Dentaurnum

прецизен материјал за вложување на коронки и мостови изработени од Co/Cr и Cr/Ni легури; без графит.

Течност за замешување:

Castorit Super C, mixing fluid, Dentaurnum.

Азбестна трака:

S·U·Denta vlies

Schuler Dental Ulm, Germany,

Метал:

Remanium CS, Dentaurnum

Биокомпатибилна, отпорна на корозија легура која не содржи берилиум

Состав: Ni 61%, Cr 26%, Mo 11%, Si 1.5%

Останати елементи помалку од 1%: Fe, Co, Ce

CTE (25-500°C) $14 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Ethyl Acetate 99.0% min.

Вода 0.1 % max.

Опакер:

IPS Classic Opaquer C4 (E58019), Ivoclar Vivadent

Пастата содржи: порцелански материјал и 25-40% гликоли

Порцелан:

IPS Classic Dentin Body A4 (810878), Ivoclar Vivadent

Состав: SiO₂: 40-65 wt. %

Дополнителен состав: Al₂O₃, B₂O₃, BaO, CaO, CeO₂, K₂O, MgO, Na₂O, P₂O₅, SnO₂, TiO₂, ZrO₂ и пигменти

Течност за моделирање:
IPS Classic Build-up liquid, Ivoclar Vivadent
Содржи: вода, бутандиол и хлориди

Печки за печење на порцеланот:
Programat P80 Ivoclar, Vivadent
Programat P95 Ivoclar, Vivadent

Параметри за печење на првиот слој на IPS Classic Opaquer:

T	B	S	t↑	H	V ₁	V ₂
980°C	403°C	6 min.	80°C	1 min.	550°C	979°C

Параметри за печење на вториот слој на IPS Classic Opaquer:

T	B	S	t↑	H	V ₁	V ₂
970°C	403°C	6 min.	80°C	1 min.	550°C	969°C

Параметри за печење на првиот слој на IPS Classic Dentin:

T	B	S	t↑	H	V ₁	V ₂
920°C	403°C	4 min.	60°C	1 min.	580°C	919°C

Параметри за печење на вториот слој на IPS Classic Dentin:

T	B	S	t↑	H	V ₁	V ₂
910°C	403°C	4 min.	60°C	1 min.	580°C	909°C

Коефициент на термална експанзија на легурите кои се користат со IPS Classic: $13.7-15.5 \times 10^{-6} \times K^{-1}$ на 25-500°C

Пескари:

за отстранување на масата за вложување:

BEGO Protomat SL, Germany (пескирање со 250 μm зрна на Al₂O₃)

за подготовка на металот:

BEGO Duostar Z2, Germany (пескирање со 100 μm Al₂O₃, 1.5-2.0 бара)

Песок за пескирање:

99.6% Al₂O₃ (големина на зрна 250 и 100 μm) Interlox

Interdent, Celje, Slovenija

Печка за жарење:

ЕМКО, (1000°C)

Печка за леење:

Fornax 35EM, BEGO, Germany

За сечење на штифтовите и обработка на металните примероци:
Армирани дискови за сепарирање, fibre glass, extra-strong
NTI-Kahla GmbH Rotary Dental Instruments, Germany
ISO No. 613 900 371 534 400

За обработка на порцеланот:
Дијамантско-синтерувани фрези за обработка:
NTI-Kahla-GmbH Rotary Dental Instruments Germany
Black ring: 807 104 143 543 050
Standard: 807 104 274 523 050
Red ring: 807 104 250 513 037

Дискови за полирање:
3M Espe, Dental Products Finishing and Polishing Discs
Extra thin:
Coarse (8692C), dark orange (50-90 μm), 10000 вртежи/мин.
Medium (8692M), med. orange (10-40 μm), 10000 вртежи/мин.
Fine (8692F), light orange (3-9 μm), 30000 вртежи/мин.

Дијамантски борер за постигнување на рапавост на порцеланската
површина:
Red ring: 859 LF 806.314.167.514

Целулоидни траки: Interdent, Celje, Slovenija

Лампа за светлосна полимеризација:
Poly Lux II, Kavo, Germany

Термо-бања:
GEMINI Twin Shaking Water Bath
Robbins Scientific Corporation, USA
230 V, 50Hz, 30A