

Влияние предварительной обработки поверхности металла на качество реставрации при сколах металлокерамических зубных протезов

Д. В. Проскурдин, Т. А. Хабас, С. И. Старосветский, О. А. Лауман

Качество реставрации металлокерамической композиции зубных протезов при сколах зависит от многих факторов, в том числе от характеристик ее переходных слоев, от природы покрываемой поверхности и её шероховатости. Исследовано влияние различных видов предварительной обработки поверхности на адгезионную прочность реставрированной области композиции. Установлено, что наибольшую глубину неровностей рельефа и лучшее сцепление металл-праймера и композита светового отверждения с поверхностью металла обеспечивает обработка лабораторным пескоструйным аппаратом. Оценена адгезионная прочность покрытий методом контролируемого нанесения царапины алмазным индентером при изменяющейся во времени нагрузке.

Введение

Металлокерамические конструкции несъемных зубных протезов, применяемые при лечении дефектов зубов и зубных рядов, составляют сегодня основу современной восстановительной стоматологии. Широкое клиническое внедрение металлокерамики обосновано с одной стороны положительными механическими свойствами металлических каркасов, с другой — биосовместимостью и высокими эстетическими свойствами керамического покрытия, что в целом характеризует конструкцию зубного протеза как наиболее полно отвечающую требованиям, предъявляемым к лечению стоматологических заболеваний, связанных с утратой зубов [1].

Металлокерамические коронки и протезы нельзя назвать совершенными конструкциями, так как при их применении одним из наиболее частых осложнений, вынуждающих пациента вновь обращаться к врачу, являются сколы керамического покрытия, которые требуют неоднозначного решения в методах их восстановления.

Множество причин, приводящих к сколам керамической поверхности зубных протезов, может быть обусловлено несовместимостью металла и керамической массы по коэффициенту линейного

термического расширения (ТКЛР), клиническими и лабораторными ошибками в процессе их изготовления, а также превышением допустимых механических нагрузок [2]. Ошибки, допущенные врачом на клинических этапах, легче выявляются и устраняются, чем ошибки, допущенные на лабораторных этапах. Последние труднее клинически выявить, так как разрушение керамического покрытия происходит в более поздние сроки после фиксации протеза в полости рта пациента. В клинической практике для реставрации сколов керамических слоев металлокерамических зубных протезов применяются различные методы [3], которые можно разделить на прямую реставрацию сколов керамики непосредственно в полости рта и непрямой метод реставрации в технической лаборатории.

Наряду с тем, что на сегодняшний день существуют разнообразные реставрационные технологии, вопросы обеспечения прочной адгезии между керамическими слоями, металлическими поверхностями и реставрационными материалами продолжают иметь место в повседневной клинической практике. Качество реставрации металлокерамической композиции зубных протезов при сколах зависит от многих факторов, в том числе и от характеристик ее переходных слоев. Закрепление

реставрационного грунтового слоя покрытия в свою очередь, зависит от природы покрываемой поверхности и её шероховатости.

Цель данного исследования — изучение влияния обработки поверхностей экспериментальных образцов на адгезионную прочность с реставрационными композиционными материалами.

Экспериментальная часть

Поверхность образцов в виде пластин из кобальтохромового сплава размером 10×15 мм обрабатывали тремя методами: обезжиривание спиртом, обработка карборундовым бором, обработка пескоструйным лабораторным аппаратом с последующим нанесением на них дисиланового металл-праймера “Сітага” для обеспечения лучшей адгезии с поверхностью металла. Металл-праймер, нанесенный на поверхность образцов, образует тонкую пленку, которая регистрируется электронной микроскопией при увеличении 3000 (рис. 1).

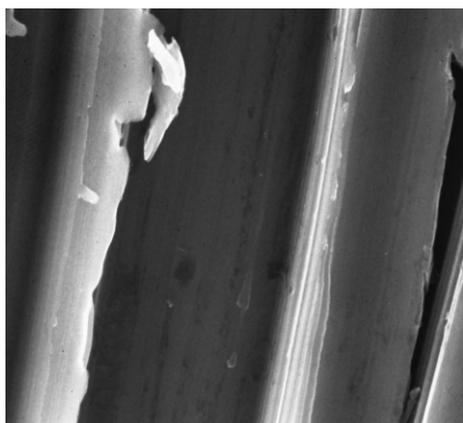


Рис. 1. Пленка праймера на поверхности металла для идентификации повреждена иглой индентора. Электронная сканирующая микроскопия $\times 3000$.

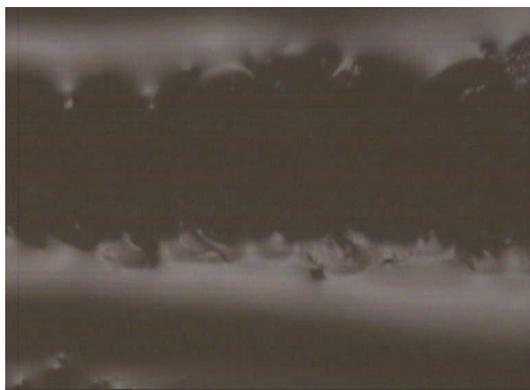


Рис. 2. Микроскопическое изображение поверхности образца после нанесения индентором черты. Увеличение 1:1000.

После высыхания металл-праймера на поверхность образцов наносили реставрационный опаковый (композит светового отверждения) слой “Сітага”. Морфологию поверхности исследуемых образцов последовательно, в соответствии с вышеуказанной проведенной обработкой, изучали с помощью прибора “Micro Measure 3D Non contact Profilometry”.

Результаты анализа фиксировали в виде трехмерного изображения сканированной поверхности и профиля поверхности (шероховатости) по длине трека сканирующего луча.

Адгезионная прочность покрытий оценивали на приборе “Micro Scratch Tester” методом контролируемого нанесения царапины алмазным индентором при изменяющейся во времени нагрузке в диапазоне от 0,01 до 30 Н.

При исследовании на покрытии индентором наносилась царапина длиной до 7 мм, диаметр вершины индентора до 40 мкм. Скорость движения индентора составляла 5,248 мм/мин. При испытании образцов во время движения индентора по поверхности оценивали нагрузку, при которой происходил отрыв покрытия от металлической основы, то есть индентором полностью снимался верхний опаковый слой, и вершина пирамидки касалась металлической подложки. В момент отрыва опак наблюдалось резкое изменение характера кривых сил трения, коэффициента трения и акустической эмиссии. После нанесения индентором черты по покрытию исследуемые образцы анализировали под микроскопом (рис. 2).

Результаты и их обсуждение

Зависимости степени шероховатости металлической поверхности образцов от метода обработки

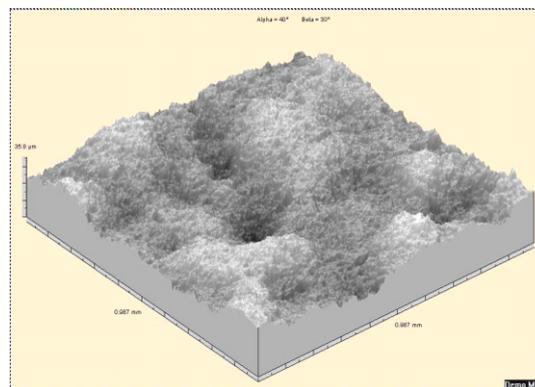


Рис. 3. Трехмерное изображение металлической поверхности, обработанной пескоструйным лабораторным аппаратом.

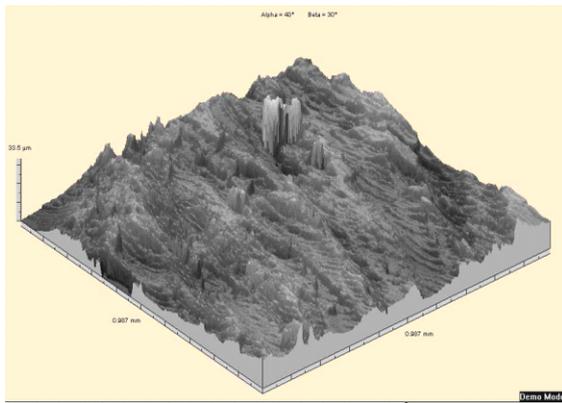


Рис. 4. Трехмерное изображение обезжиренной металлической поверхности.

представлены в табл. 1, где \bar{R}_a — средняя величина трех замеров неровностей рельефа поверхности.

Наибольшую глубину неровностей рельефа создает обработка пескоструйным лабораторным аппаратом (рис.3). Следует заметить также, что именно эта обработка создает наиболее регулярный рельеф поверхности, о чем свидетельствует наименьший диапазон отклонений значений R_a (табл.1, образец 2).

На поверхности первого образца, обезжиренного спиртом, имеются впадины приблизительно такой же

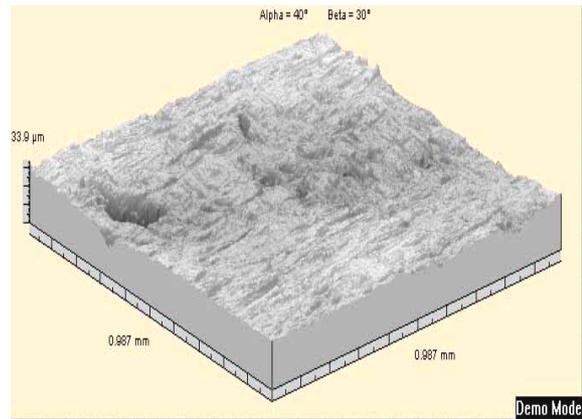


Рис. 5. Трехмерное изображение металлической поверхности, обработанной карборундовым бором.

глубины, однако в этом случае поверхность не отличается регулярностью рельефа. Различие замеренных величин максимальной и минимальной глубины впадин рельефа составляет около 30%, то есть исходная поверхность металла имеет довольно грубый рельеф (рис.4).

Обработка карборундовым бором скорее полирует поверхность, чем создает шероховатость (уменьшение средней величины \bar{R}_a до 1,15 мкм), при этом относительная неоднородность рельефа

Таблица 1

Характеристика шероховатости подготовленных металлических поверхностей образцов

Номер образца	Вид обработки поверхности металла	Параметр шероховатости поверхности, R_a , мкм	Среднее значение, \bar{R}_a , мкм	Диапазон отклонения данных $\frac{R_{a_{max}} - R_{a_{min}}}{R_{a_{min}}}$, %
1	Обезжиривание спиртом	1,92	2,14	30,73
		2,51		
2	Обработка пескоструйным аппаратом	1,99	2,64	1,92
		2,61		
		2,66		
3	Обработка карборундовым бором	0,86	1,15	72,09
		1,48		
		1,10		

Таблица 2

Характеристика микрорельефа металлических образцов после нанесения металл-праймера

Номер образца	Вид образца	Параметр шероховатости поверхности, R_a , мкм	Среднее значение, \bar{R}_a , мкм	Диапазон отклонения данных $\frac{R_{a_{max}} - R_{a_{min}}}{R_{a_{min}}}$, %
1	Металл, обезжиренный, с нанесением металл-праймера	2,28	2,01	31,03
		2,00		
		1,74		
2	Металл, обработанный пескоструйным аппаратом, с нанесением металл-праймера	3,03	2,59	27,84
		2,37		
		2,37		
3	Металл, обработанный карборундовым бором, с нанесением металл-праймера	1,22	1,21	44,90
		0,98		
		1,42		

Прочностные триботехнические характеристики композиций металл – металл-праймер – опак

Метод обработки металла	Показатели во время отрыва покрытия							
	Усилие при отрыве, N_f , Н	Длина царапины в момент отрыва, мм	Сила трения, F_f , Н	Коэффициент трения, F_c , Н	Акустическая эмиссия, %	Глубина внедрения индентора, P_d , мкм	ΔP_d , мкм	$\overline{\Delta P_d}$, мкм
1. Обезжиривание – праймер-опак	29,0	6,80	27,00	0,90	37,39	123 – 240	116	117
	18,56	4,33	17,02	0,94	35,81	164 – 274	109	
	20,85	4,86	20,15	0,98	22,05	335 – 461	125	
2. Пескоструйный аппарат - праймер - опак	29,6	6,91	25,60	0,90	28	45 – 45	0	21
	29,7	7,00	26,50	0,92	40	224 – 224	0	
	29,0	6,83	29,00	0,98	48	268 – 332	64	
3. Карборундовый бор – праймер - опак	26,14	6,00	23,00	0,90	55,80	326 – 367	40	64
	25,14	5,77	22,60	0,91	38,10	174 – 244	70	
	25,75	6,00	22,50	0,90	44,80	177 – 260	83	

увеличивается (диапазон отклонения средних значений глубины впадин рельефа \bar{R}_a увеличивается до 70%) (рис.5).

В таблице 2 представлены данные шероховатости подготовленных металлических образцов с нанесением на них металл-праймера.

После нанесения на поверхность обработанных металлических пластинок раствора металл-праймера диапазон отклонения данных составил 28 – 45%, что свидетельствует о том, что пленка металл-праймера сглаживает рельеф. При этом сравнение данных разных методов обработки показывает, что относительный характер величин микрорельефа не изменяется.

Характер рельефа на поверхности металла не может не сказаться на адгезионной прочности сцепления композиционного опака с металлом. Приведенные данные в табл.3 прямым и косвенным образом характеризуют адгезионную прочность металл-полимерных композиций, то есть образцов, состоящих из металла, металл-праймера и композиционного опака.

Установлено [4, 5], что снижение акустической эмиссии (уменьшение уровня шума) соответствует проникновению индентора в металл, то есть продвижению индентора по более пластичной составляющей композиции. Уровень шума отражает как прочность сцепления покрытия с металлом, так и

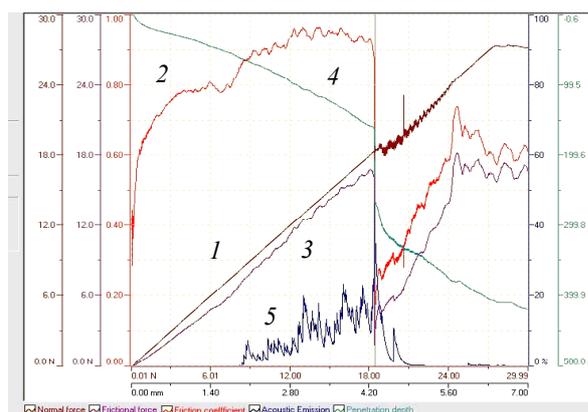


Рис. 6. Изменение характеристик покрытия обезжиренного металла металл-праймером и опаком при деформации алмазным индентором: 1 – нагрузка на индентор, 2 – коэффициент трения, 3 – сила трения, 4 – глубина проникновения индентора в образец, 5 – акустическая эмиссия.

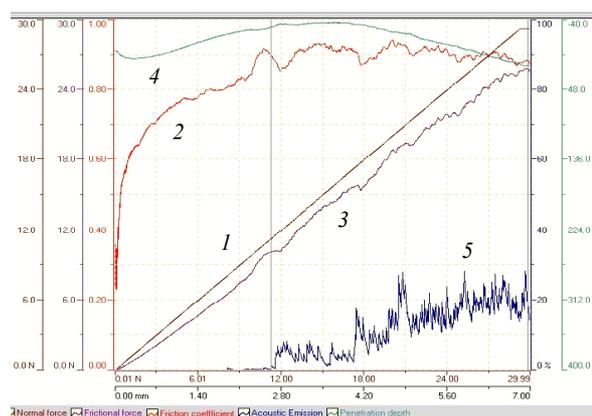


Рис. 7. Изменение характеристик покрытия металла, обработанного пескоструйным лабораторным аппаратом, с последующим нанесением металл-праймера и опака при деформации алмазным индентором: 1 – нагрузка на индентор, 2 – коэффициент трения, 3 – сила трения, 4 – глубина проникновения индентора в образец, 5 – акустическая эмиссия.

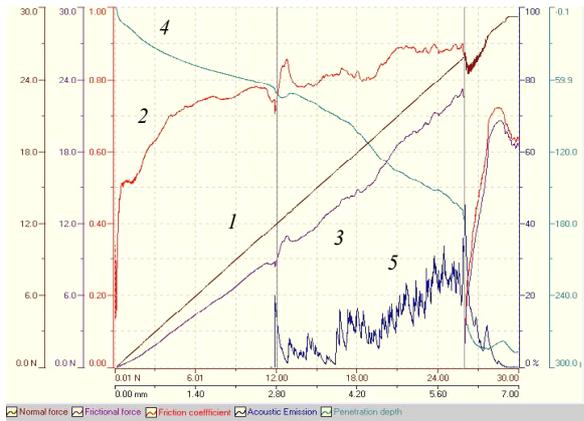


Рис. 8. Изменение характеристик покрытия металла, обработанного карборундовым бором, с нанесением металл-праймера и опака при деформации алмазным индентором: 1 — нагрузка на индентор, 2 — коэффициент трения, 3 — сила трения, 4 — глубина проникновения индентора в образец, 5 — акустическая эмиссия.

характер самого покрытия. Сила трения индентора о поверхность опака в момент отрыва в целом соответствует усилию, затраченному на отрыв. Чем больше было усилие, тем выше сила трения в момент отрыва и, соответственно, выше адгезия опака к металлу. При оценке акустической эмиссии можно также предположить, что уровень шума, производимого индентором, связан с микроструктурой поверхности образца.

Большой разброс показателя усилия при отрыве N_f является следствием неоднородности поверхности образцов первой группы (обезжиренная поверхность металла), а большая глубина проникновения алмазного индентора ΔP_d — свидетельствовало о слабой защищенности поверхности металла в этой композиции. Покрытие, нанесенное на поверхность образцов третьей группы, обработанной карборундовым бором, отличалось большей однородностью и прочностью по сравнению с образцами первой группы, о чем свидетельствовали все показатели отрыва. Лучшее сцепление опака с поверхностью металла имели образцы второй группы, полученные при обработке металла пескоструйным лабораторным аппаратом с последующим нанесением металл-праймера и опака. Примеры параметров отрыва покрытия приведены на рис. 6–8.

Заключение

На основании проведенного анализа последовательного изменения рельефа поверхности образцов и исследования прочности сцепления покрытий с поверхностью металла показано, что нанесение металл-праймера практически не изменяет рельеф поверхности металла, так как образуется очень тонкая пленка. Адгезионная прочность однотипных покрытий зависит от подготовки металлической поверхности, в частности от степени шероховатости, что подтверждалось увеличением показателя R_a — средней величины неровностей рельефа. Наибольшую глубину неровностей рельефа, наряду с высоким показателем их средней величины, создает обработка пескоструйным лабораторным аппаратом. Наилучшим сцеплением металл-праймера и композита светового отверждения с поверхностью металла характеризуются образцы, которые были обработаны пескоструйным лабораторным аппаратом.

Литература

1. Старосветский С.И., Кулинич Е.А., Хабас Т.А. Изготовление металлокерамической конструкции зубного протеза на примере сплава титана и разработанного для него керамического покрытия. Материалы международной научной конференции “Химия, химическая технология и биотехнология на рубеже тысячелетий”, Томск, 2006, т. 1, с. 82–84.
2. Полянская О.Г., Данилина Т.Ф., Крохалев А.В. Особенности разрушения и реставрация металло-керамических конструкций в полости рта композиционными материалами. Новое в стоматологии, 1999, №8, с. 49–57.
3. Мусин М.Н., Киселев А.Г., Семиколенов В.П. Керамика и ее реставрация в стоматологии. СПб., 1999, 60 с.
4. Кулинич Е.А., Хабас Т.А., Верещагин В.И. Прочность сцепления грунтового покрытия с различными добавками и никельхромового сплава при изготовлении металлокерамической зубной коронки. Стекло и керамика, 2006, № 6, с. 23–25.
5. Кулинич Е.А., Хабас Т.А., Верещагин В.И. Влияние нуклеаторов на качество поверхности стеклокристаллических покрытий зубных протезов. Стекло и керамика, 2005, № 10, с. 29–31.

Проскурдин Денис Владимирович — Научный стоматологический центр (г. Красноярск), врач – стоматолог, ведущий специалист. Специалист в области реставрации металлокерамических стоматологических протезов.

Хабас Тамара Андреевна — Томский политехнический университет (г. Томск), доктор технических наук, профессор. Специалист в области керамических и композиционных материалов.

Старосветский Сергей Иванович — Научный стоматологический центр (г. Красноярск), доктор медицинских наук, директор центра. Специалист в области ортопедической стоматологии.

Лауман Ольга Александровна — Научный стоматологический центр (г. Красноярск), научный сотрудник, аспирант ТПУ. Занимается разработкой металлокерамических композиционных материалов для стоматологии.