

## **Изучение напряженно-деформационных состояний в мостовидных протезах, изготовленных с помощью лазерной сварки**

*Белорусский государственный медицинский университет*

В статье представлены данные о характере распределения напряжений в мостовидных протезах, изготовленных с помощью лазерной сварки.

Ключевые слова: лазерная сварка, напряжения, голография.

Лазерные технологии широко используются в ортопедической стоматологии, в том числе и при изготовлении мостовидных протезов [5, 7, 8, 9, 10].

По сравнению с такими методами неразборных соединений металлов и их сплавов, как контактная, микроплазменная, электронно-лучевая сварка и др., а также традиционная для зубных протезов пайка, лазерная сварка имеет ряд преимуществ:

- благодаря малой расходимости излучение лазера можно точно фокусировать на малых участках, получая высокие уровни плотности мощности, что позволяет проводить обработку тугоплавких трудносвариваемых материалов;
- бесконтактность воздействия и возможность передачи энергии излучения по световодам дает возможность проводить сварку в труднодоступных местах;
- сварные швы, получаемые с помощью лазера, имеют малую зону термического влияния в окружающем материале, что приводит к снижению термических деформаций;
- отсутствуют вредные припои и флюсы;
- локальность воздействия позволяет обрабатывать участки изделий в непосредственной близости от термочувствительных элементов;
- малая длительность лазерного сварочного импульса позволяет избавиться от нежелательных структурных изменений;
- возможность оперативно изменять длительность и энергию лазерного импульса позволяет гибко управлять технологическим процессом сварки.

При изготовлении мостовидных протезов важно знать распределение деформаций и напряжений в них при приложении нагрузки в процессе эксплуатации. Это позволяет избежать поломок, сэкономить металл, применяемый для изготовления, моделировать промежуточные части в форме ажурных конструкций.

Целью нашей работы явилось изучение характера распределения напряжений, возникающих в мостовидных протезах, изготовленных с помощью лазерной сварки.

**Материал и методы**

В ортопедической стоматологии для изучения напряжений в зубных протезах многие исследователи используют метод голографической интерферометрии [1, 2, 3, 4].

В основе метода голографической интерферометрии центральное место занимает явление интерференции. Частота света составляет примерно  $10^{15}$  Гц. Сетчатка глаза не в состоянии реагировать на столь быстрые волновые изменения. Она реагирует на освещенность, но свет имеет прежде всего волновой характер и одно из свойств света - это возможность интерферировать, т.е. при наложении одной когерентной волны на другую, проходя через интерференционную решетку давать

картину либо прямых, либо дуг, либо гиперболоидов сочетательные и световые полосы.

Образование голограммы - интерференционный процесс. Восстановление же голографически зарегистрированных оптических волн неразрывно связано с явлением дифракции. Дифракция - это отклонение волны от первоначального направления ее распространения, вызванное взаимодействием волны с препятствием. А любой достаточно тонкий пропускающий или отражающий объект можно представить как эквивалентный набор решеток, имеющих различную пространственную частоту, ориентацию, амплитудное пропускание и глубину модуляции. Важнейшее достоинство голографической интерферометрии - возможность изучения диффузных объектов.

Голография - метод записи и восстановления световых волн. Используя метод голографии можно получать трехмерные изображения диффузно отражающих объектов, которые выглядят покрытыми интерференционными полосами. Присутствие интерференционных полос на изображении объекта говорит о том, что объект испытал деформацию, смещение или вращение. Сначала на фотопластине записывается голограмма в его начальном ненарушенном состоянии, для чего пластину освещают двумя волнами (предметной и опорной). Затем объект нагружают, прикладывая усилие, и делают вторую экспозицию на той же самой пластине. При освещении проявленной фотопластинки восстанавливающей волной, идентичной опорной волне, использовавшейся на стадии регистрации, наблюдатель, смотрящий через голограмму, увидит трехмерное мнимое изображение объекта с нанесением на него картины интерференционных полос.

Когда наблюдатель рассматривает в лазерном свете диффузно отражающий объект, изображение кажется зернистым. Это спеклы. Физическая природа спеклов достаточно проста. Каждая точка объекта рассеивает некоторое количество света в направлении наблюдателя. Вследствие высокой когерентности, лазерный свет, рассеянный одной из точек объекта, интерферирует со светом, рассеянным любой другой точкой объекта. Хаотичность картины это и есть спеклы. В обычной классической интерферометрии получают и изучают интерференционные картины, образованные световыми волнами, которые каким-либо образом взаимодействовали с исследуемым объектом (путем отражения, преломления, рассеяния и т.д.). Голографическая интерферометрия позволяет исследовать объекты неправильной формы и даже объекты с шероховатой поверхностью. Существенно (по сравнению с классической интерферометрией) снижаются требования к качеству оптики и т.д.

Для проведения исследований использовалось разработанное нами в соавторстве устройство для моделирования функциональных мышечных нагрузок лицевого отдела черепа, защищенное патентом Республики Беларусь № 3336 [6].

Объектом исследования служили 10 цельнолитых мостовидных протезов и 11 протезов, при изготовлении которых использовалась лазерная сварка. Протезы помещали на предметный столик голографической установки. На этой установке была собрана оптическая схема для регистрации голограммы с протезом. Нагрузка подавалась равномерно по середине протеза по жевательной поверхности искусственных зубов и варьировала в интервалах 20 - 40 Н. Об уровне напряжений позволяют судить полосы, которые концентрируются на протезе и меняются от

приложенной нагрузки. В зависимости от силы приложенной нагрузки происходит концентрация интерференционных полос, чем ближе полосы расположены между собой, тем сильнее напряжение испытывает протез в данном месте.

#### Результаты и обсуждение

При испытаниях 10 цельнолитых мостовидных протезов наблюдались широкие интерференционные полосы, расположенные параллельными линиями по всей длине протеза.

Анализ распределения интерференционных полос при исследовании 11 мостовидных протезов, изготовленных с помощью лазерной сварки, показал такую же картину распределения интерференционных линий в месте соединения коронок с промежуточной частью.

На основании проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что мостовидные протезы, при изготовлении которых используется лазерная сварка, обладают достаточной жесткостью соединения. Это позволяет рекомендовать данную методику для изготовления несъемных конструкций зубных протезов.

#### Литература

1. Азизов, К. А., Бахтин, В. Г., Полухина, С. П. О некоторых закономерностях деформаций мостовидных протезов из металла // *Стоматология*. 1985. № 6. С. 66-68.
2. Исследование напряженно-деформированного состояния мостовидных протезов / М.Ф. Сухарев, А.Т. Зелинский, А.Ю. Медведев [и др.] // *Стоматология*. 1991. № 3. С. 48-49.
3. Исследование напряженно-деформированного состояния мостовидных протезов/М.Ф. Сухарев, А.Т. Зелинский, А.Ю. Медведев [и др.] // *Стоматология*. 1991. № 3. С. 48-49.
4. Наумович, С. А., Головки, А. И., Дмитроиченко, А. П. Исследование напряжений в металлокерамических мостовидных протезах // *Достижения медицинской науки Беларуси*. Минск: БелЦНМИ, 2000. Вып. 5. С. 142-143.
5. Применение лазеров в стоматологии / Наумович С. А., Доста А. Н., Головки А. А. [и др.] // *Современная стоматология*. Минск, 2006. № 1. С. 4-14.
6. Пат. 1С1 ВУ, МПК С 09В 23/28- 970639. Устройство для моделирования функциональных мышечных нагрузок лицевого отдела черепа / С. А. Наумович, Л. В. Танин, И. Л. Дробот, А. С. Артюшкевич, А. И. Головки, А. П. Дмитроиченко. № 3336; Заявл. 25.11.1997; Оpubл. 30.06.2000// *Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь*. 2000. № 2(25). С. 143.
7. Dobberstein, H., Orlick, H., Zuhrt, R. The welding of cobalt-chromium, nickel-chromium and silver-palladium alloys using a solid-state laser // *Zahn.Mund. Kieferheilk.* 1990. Bd. 78. № 3. S. 345.
8. Frentzen, M., Koort, H.J. Laser technology in dentistry // *Dutch. Zahnarzt*. 1991. Bd. 46. № 7. S. 165-169.
9. Hofmann, J. Dental laser welding technique. Procedural report. Quality, expense and risks of innovative bonding technique // *Dent. Labor*. 1992. Bd. 40. № 7. S. 431-437.
10. Roggensack, M, Walter, M.H., Boning, K.W. Studies on laser- and plasma-welded titanium // *Akad. Dental. Materials*. 1993. Vol. 9. № 2. P. 85-91.