レーザーホログラフィーによる各種補綴物

および歯科材料の非破壊検査

第1報 各種陶材焼付金属と陶材の窯着状態について

中沢 靖* 村岡 清孝* 高木 勝憲** 横山 建介**

Studies of Dental Materials and Prostheses by Holography

(I) Study on the Bond Properties between Porcelain and Various Gold Alloys

Yasushi Nakazawa, Kiyotaka Muraoka,
Masanori Takagi, Kensuke Yokoyama

I. 序

ホログラフィーの基本原理は、1947年 D. Gaborによって提唱された。その後レーザー光線が1960年 T. H. Maimanにより実現され、次いで、1962年 E. N. Leith, J. Upatnieksらがホログラフィーを完成し、三次元物体の再生を可能とした¹⁾。以後今日にいたるまで多方面に利用されている。顕微鏡法、各種計測、非破壊検査および物体の各種変形の計測等、今後応用範囲を広げていくと考えられる²⁾。

一方歯科界においては、レーザー光の技工分野³⁻⁵⁾や保存領域等の応用について報告が見られるが、ホログラフィーについての報告はきわめて少なく、他分野に比べ遅れていると言わざるをえない。

そこで著者らは、レーザーホログラフィーの歯科領域の応用として、今回特に焼付用金属と陶材の窯着状態について、熱変形による窯着ひずみについて実験を行い、検討を加えたので報告する。

II. 実験方法

a) 資料の作製

i) 材 料

* 日本大学歯学部補綴学教室 (主任: 中沢靖教授)

** 日本大学大学院歯学研究科補綴学専攻

Nihon University Graduate School of Dentistry (Major in Prosthodontics) (Chief: Prof. Yasushi Nakazawa)

金属試験片は、陶材焼付用金属として、臨床上使用頻度の高い、石福金属社製 K.I.K., 松風陶歯社製 Ceramic Gold, および外国製材料として Ney 社製 S.M.G.-I の3種を使用した。さらに、焼付陶材としては、Vita 社製 V.M.K. 68 1種を使用した (図1)。

ii) 焼付操作

各試験片は、縦 10 mm, 横 8 mm, 厚さ 0.5 mm の鋳造体を各々1個ずつ計3片を製作した。この時蠟型として G.C. 社製 # 24 のシートワックスを使用し、加工後、磷酸塩系埋没材として松風陶歯社製 Hi-Vest に埋没した。なお鋳造にあたり、諸操作はメーカーの指示に従い、Jelenko 社製 Thermotrol にて鋳造作製した。鋳造後、沸化水素酸で酸洗いし、Degassingを行つた。オペク陶材および、歯冠色陶材としてボデー色陶材を、それぞれ蒸留水と共に重量比 1 : 2 に混和した。これら

図1 A; Ney-SMG-I (Ney), B; Ceramic Gold (松風)
C; KIK (石福)

図 2 ホログラフィーカメラ、フジノン F-H 100

を H.B. 型シリコンのガイドワックを用い、オベーク陶材約 0.3 mm, ボデー色陶材約 0.7 mm の厚さに築盛、焼成を行った。築盛にあたって、各試験片は、ガイドワックにスティッキーワックスで固定し、これに陶材を盛り上げた後、G-C 社製パイプレーターに固定し、各々 15 秒間コンデンスを行った。この間 5 秒ごとに、吸い取り紙にて水分を吸収した。

以上試験片の作製は、鋳造および焼付諸操作をメーカーの指示に従い、可及的に各試験片が同一条件となるよう心がけた。各々の焼付操作は、室温 25°C にて行われた。

b) ホログラムの撮影

i) 実験器具

ホログラムの撮影は、富士写真光機社製フジノン ホログラフィーカメラ FH-100 を用いた。本装置は、He-Ne ガスレーザ 0.6328 μ を光源とした準フーリエ変換型光学系を有しており、実時間干渉法、時間平均干渉法、および時間経過干渉法等ホログラフィーテクニックの広範囲にわたって使用可能である(図 2)。

ii) 撮影方法

各資料は、ジェレンコ社製 Porcelain furnace Model H.T. を用い、150°C 均一に加熱されるよう 10 分間緊留後、ホログラフィーカメラ内に設置されたヒートロン(フジ写真光機社製、熱線膨張率 0.003%)上に放置した。30 秒後直ちに第 1 回目露光を行い、さらに 30 秒後第 2 回目露光を行った。今回は出力 15 mW の光源にて各々 5 秒間露光を行った。撮影に当たっての光学系は、図 3 に示す通りである。各々の資料は、時間経過干渉法を用い、金属面における変形前後のホログラムの撮影後、さらに通常光学写真にて撮影し、金属と陶材の熱膨張率の差による資料の変形の度合、すなわち温度勾配によ

図 3 ホログラフィー光学系

て現われる干渉縞について解析を行った。

III. 実験成績

3 種類、各々 1 個のホログラムを同一条件にて撮影後、通常光学写真を作製した。各々の資料についてみると、A, B, C は、いずれも 30 秒間大気中放冷によつて生じる温度勾配による変形像を呈している。各干渉縞は、円型干渉縞を示し、かつ各縞は整っており、変形むらを示す縞は、認められない。また、A では、変形の中心がほぼ中央に位置しているのが認められるが、B, C はいずれも試験片縁に位置している。今回の撮影面は、金属面側であり、また各々の縞間における変形量の差は約 0.3 μ である。

IV. 考 察

a) 実験方法について

i) 資料について

今回は、解析を容易にするため同一陶材を国内製 2 種、外国製 1 種の各金属に窯着させた板状資料を用いた。ホログラムは、その特性から三次元的観察が可能であり、焼付陶材冠自体における各種変形についての観察も可能であるため、今後臨床上用いられている補綴物等も資料として使用していくつもりである。

ii) ホログラムについて

本実験において、陶材と金属との窯着状態の非破壊検査を行うため、各資料に熱変形を加え、その変形むらより、窯着状態を推察したが、これはホログラムの撮影に当り、時間経過干渉法を容易に利用できるためである。

図 4

一定条件での加熱後の大気中放冷による温度勾配によって生じる変形のずれを干渉縞として検出した。放冷時間は、いずれも十分な解析縞が得られるものをもって決定した。今回は、窯着状態の判定に加熱変形を用いたが、引張、圧縮等の外力による変形についても検討を加えていくつもりである。

iii) 装置について

本装置は、コヒーレントなレーザー光を光源として、一方の光が被写体に照射し、その反射光が写真乾板に入射し、もう一方は、それと異つた光路より写真乾板に入射するように設定されている。その結果、両光線によって写真乾板上には、干渉波面が記録されるようになっていく。この記録は、被写体によるすべての反射光による三次元的なものである。したがってホログラムは撮影後も、被写体の各点において焦点をあわせることが可能である。今回特に資料が小さいため、写真乾板前方に光学レンズを設置し、2倍拡大し、像の再生において、さらに写真乾板と被写体が垂直であるため平面鏡を介し、反射光を得た。ホログラムは、二次元平面に三次元像が記録されたものであるため、1枚のホログラムより、通常光学写真を撮影する場合、各種異なつた視点の観察が可能であるが、今回は特に、板状資料であるため一方よりの観察像を得た。

今後三次元的考察も行っていくつもりである。

b) 実験成績について

従来陶材と金属の窯着について、X線マイクロアナライザー、引張、曲げおよび圧縮⁶⁻¹⁰⁾等の報告が見られるが、今回著者らは、非破壊検査法として熱変形歪をホ

ログラフィーにて観察した。今回得られた成績は、同一陶材を3種の金属に窯着させたものである。図4で示すよう各資料上に出現した干渉縞は、円型干渉縞を示し、各々の縞は滑らかな円型曲線を呈している。これは、変形が滑らかに生じているためと考えられる。今回は特に、金属面についての変形を観察したが、これらの変形は、陶材と金属の熱膨張率の差と、金属自体の熱膨張によって生じたものと考えられる。いずれの資料においても明らかな変形むらは認められないため、本資料においての窯着は、良好と推察される。各々の縞の間隔における変形の差は、約 0.3μ であるが、各資料における変形中心が異なっているのは、加熱、放冷が均一でなかつたため、また、各金属材料の物性により差異を生じたものと考えられる。

今後、以上の点および変形様式等についても十分考慮していくつもりである。

V. ま と め

今回著者らは、ホログラフィーの歯科研究への応用の試みとして、陶材と金属の窯着状態について非破壊検査を行い、検討を加えた。

同一陶材に、国内製2種、外国製1種、計3種の資料を作製し、それぞれに温度勾配による変形を時間経過干渉法ホログラムにて記録し、検討を加えた。

全資料、滑らかな変形を示し、変形むらは認められず、窯着良好と推察された。本装置はきわめて応用範囲も広く、窯着不良等の破壊要因について、また、各種補綴物

歯科材料の変形，さらに各種歯科用切削器具の振動変形，支台歯の力学的研究等にも応用し，検討を加えているので，逐次報告するつもりである。

稿の終りに臨み，協力いただいた富士写真光機 K.K. 研究所 諸氏にお礼申し上げます。本研究は，文部省助成による研究の一環として行われた。

文 献

- 1) 藤岡知夫：レーザーⅠ，レーザーの原理と性質，東京，昭和 48. 共立出版，2 頁。
- 2) 柏木 寛：レーザーⅡ，レーザー光の性質と応用，東京，昭和 48. 共立出版，133～172 頁。
- 3) 南里嶺仁：加工用レーザーの歯科補綴への応用，第 1 報 レーザー溶接の基礎的研究，補綴誌，17；527～529，1974。
- 4) Gordon, E.T. and Smith, L.D.：Laser welding of

prostheses-an initial report, J. Pros. Dent., 24：472～476, 1970.

- 5) Smith, L.D., Burnett, P.A. and Gordon, E.T.：Laser welding of gold alloys, J. Dent. Res., 51：161～167, 1972.
- 6) 平安亮造，他：金属焼付ポーセレンの金属ポーセレン接着面組織の走査電顕および X 線 マイクロアナライザーによる観察，補綴誌，13；184～188，1969。
- 7) 渡辺嘉一：貴金属焼付け陶材の溶着に関する研究，歯学，58：1～32，1970。
- 8) John, S.S. and John, P.N.：Study of the bond between gold alloys and porcelain, J. Dent. Res., 41：1424～1437, 1962.
- 9) Florian, J.K. and Gunnar, R.：Study of bond strength of dental porcelain fused to metal, J. Dent. Res., 45：1047～1051, 1966.
- 10) 西山嘉重：金属焼付ポーセレンの焼付強度に及ぼす因子について，歯科学報，70：759～777，1970。