

LASER CLEANING ON STONE SURFACES AND ARCHITECTURAL ELEMENTS

SUMMARY

Lasers have by now found important and various applications in the preservation and restoration of artworks, as their use offers a number of distinct advantages over conventional methods. One of the most important aspects of the application of lasers in conservation lies in analysis. However, because of the particular emphasis on laser ablation, we focus here exclusively on the use of lasers for the cleaning of works of art, especially stone.

Mimari Taş Yüzeylerin ve Nesnelere Lazerle Temizlenmesi

ALESSANDRO ZANINI*
VITTORIO BRESCIANI**
N. MİNE YAR***

► Lazer ve Restorasyon

Kültürel mirasın korunması alanında, orijinal sanat eserlerine asgari düzeyde etki eden, itinalı ve daha hassas temizleme tekniklerine yönelik talep giderek artmaktadır.

Lazer sisteminin beraberinde getirdiği çözüm, bu ihtiyacı karşılayarak, restoratöre bugüne kadar kullanılmış olan diğer mekanik ve kimyasal yöntemlerin dışında daha güvenilir bir alet sağlar. Bu nedenle, lazerle temizleme sistemine geçilmesi sayesinde, modern restorasyon endüstrisinin yeni standartlarının gerektirdiği teknolojik yeniliklere yönelik artan talepler ve daha çok kültürel mirasın korunmasından sorumlu olan resmi makamların talepleri karşılanmaktadır. Devam eden araştırmalar sayesinde, farklı malzemeler üzerindeki uygulama alanı sürekli genişlemekte olup; lazer, artık anıtlar ile büyük tarihi ve sanatsal değere sahip binaların mimarisinde kullanılan taş yüzeylerin restorasyonunda da uygulanmaya başlamıştır.

Tarihçe

Lazer ile kültürel mirasın korunmasına ilişkin ilk denemeler, Amerikalı fizikçi J. Asmus tarafından 1970'lerin başında, Venedik'teki tarihi bi-



Resim 1. Fizikçi J. Asmus'un Venedik'te yapmış olduğu çalışmalar



Resim 2. Fiber optik denemeleri

naların mermer yüzeylerinde yapılmıştır (Ca' d'Oro ve S. Marco Kiliseleri; Resim 1).

Bu uygulamadaki çok önemli bir adım; 1990'ların başında Fransa'da, Paris'teki Notre Dame, Chartres gibi bazı ünlü katedrallerin dış cephelerinin temizlenmesinde lazerin kullanılmasıyla atılmış-

tır. 1995 yılında, Ravenna'da Toskana Bölgesi'nde bulunan "Mausoleo di Teodorico" da CNR-IFAC (Ulusal Araştırma Konseyi) ve El.En.S.p.A'nun (Resim 2) desteklediği bir proje esnasında, optik fiberle dağıtılan bir lazer ışını sahada ilk kez test edilmiştir.

Restorasyon alanında lazer kullanımındaki artıştan sonra, geçtiğimiz yıl yapılan araştırmalarda; sanat eserleri üzerindeki lazer-malzeme etkileşimi ile farklı malzeme ve uygulamalar için en iyi dalga boyu, darbe genişliği ve enerji yoğunluğunun yayılması konularına odaklanılmıştır.

Başta anıtlar olmak üzere, diğer restorasyon araçlarının yanı sıra lazerle temizleme; titiz bir şekilde yapılmalı, alt tabaka üzerinde hiçbir morfolojik ve kromatik değişikliğe sebep olmamalı ve iyi bir ablasyon verimine sahip olmalıdır. Ayrıca sistem, kolay kullanılabilir, ekonomik, zor koşullarda çalışabilir ve erişilmesi güç yerlere (açık havada veya metal iskeleler üzerinde, Resim 3,4) ışını yayabilir kapasitede olmalıdır. Değişik kaynaklar üzerindeki karşılaştırmalı denemeler, katı hal lazerlerinin seçicilik ve verim bakımından en ideal birleşimi sunduğunu göstermiştir.

Sistemler

Katı hal lazerleri, genellikle iki farklı darbe uzunluğu rejiminde çalışırlar. Serbest devinimli tipte (FR);

* Dr. ALESSANDRO ZANINI Kültürel Mirasta Lazer kullanımı Ürün Müdürü/ El.En.Grup

** VITTORIO BRESCIANI Konservasyon ve Restorasyon Malzemeleri Uzmanı/ Bresciani srl.it

*** N. MİNE YAR Konservatör/Art Restorasyon

lazer çıkışı, pompalama ışığının geçici şeklini yaklaşık olarak takip eder. FR'de lazer darbесinin genel süresi: 200 mikro saniye(μ s)'den mili saniye(ms)'ye kadar değişir. Kısa darbeler, Q-anahtarlama modunda (QS); anahtarlama aygıtına ve lazer kazancına bağlı olarak, 1 ila 100 nano saniye(ns)'lik lazer darbeleri ile elde edilir.

Günümüzde, gerek QS gerekse FR teknolojileri kullanılmakta olup, bunlardan her biri birtakım avantaj ve dezavantajlar sergilemektedir. QS, daha yüksek bir ablyasyon oranı sergiler ve nokta büyüklüğü FR lazerden daha azdır. Öte yandan, QS lazer, daha kalın kabuk tabakalarının parçalanmasına yardımcı olabilen yoğun bir şok dalgası oluşturur. Ancak bu yoğun şok dalgası, taş yüzeylerde mikro çatlak oluşumuna ve yarılmalara da neden olabilir. Bu süreci izlemek oldukça zor olup, genellikle göz ardı edilebilir; ancak ısıl mekanik şok dalgası, kısa darbeli lazerle temizlemede karşılaşılan belki de en önemli yöntemdir. Bu nedenle, 30-60 μ s'lik SFR lazer, her iki teknolojinin de avantajlarını bir araya getirerek, ısıl ve fotomekanik etkilerini azaltmak amacıyla, işlenmiş taş yüzeylerde kullanım bakımından esasen en gelişmiş çözümü temsil eder.

Restorasyonda Niçin Lazer Kullanılmalıdır

Tarihi ve sanatsal değeri olan yüzeylerin temizlenmesinde lazer teknolojisini kullanmanın dört ana avantajı vardır:

Minimum yayılabilirlik: Lazer, cihaz ve işlenecek yüzey arasında fiziksel bir temas olmaksızın, son derece kırılğan veya ağır değişime uğramış yüzeylerde, konsolidasyon öncesinde dahi çalışmaya izin veren ilk ve en önde gelen yöntem olarak nitelendirilmektedir. Bunun yanı sıra, yüzeylere doğrudan etki etmesi sebebiyle lazer, aşındırıcı malzemelerin veya kimyasal maddelerin kullanılmasını gerektirmez. Lazer yalnızca, sanat eserinin koşulları izin verdiği ölçüde, işlenecek yüzeyin suyla hafifçe nemlendirilmesine ihtiyaç duyabilir.

Yüksek kontrol düzeyi: Bozulmuş tabakanın kaldırılması sırasında, tek bir darbe başına yalnızca birkaç mikron kalınlığındaki kısmı kaldıracak şekilde hesaplanarak, en üst düzey hassasiyette derinliğin belirlenmesine imkan vermektedir.

Seçicilik: Lazer, çeşitli malzemelerin renklerine bağlı olarak farklı ışık soğurma katsayılarından yararlanır. Temizlenecek yüzey, çoğu durumda çok koyu veya siyah renk bozulmasıyla çevrelenerek, ışığı tamamen emer ve lazer tarafından yapılan neredeyse ani bir kaldırma işlemine (ablyasyon) izin verir. Bunun tersine, malzemenin genellikle daha açık tonlardaki korunacak alt tabakası (patina), ışığı daha çok yansıtarak lazerin etkisini sınırlar veya geciktirir.



Resim 3. Dış cephede lazer ile yapılan bir uygulama (John Asmus, "Duomo di Cremona")



Resim 4. Sivas Gök Medrese, Portal'in temizliği sırasında lazerin iskelede kullanımı

Yüksek hassasiyet: Temizleme süreci, çevreleyen alanlara mekanik veya ısıl olarak hiçbir şekilde etki etmeden, yalnızca lazer ışını ile aydınlatılan bölgeyi içerir. Ayrıca, fiber optik kullanan lazerler, daha girift yüzeylerin temizlenmesine olanak verirler. Değişken odaklı el parçasının kullanımı ilave bir esneklik sağlarken, aynı zamanda geniş yüzey alanlarının işlenmesine veya son derece ince detaylar üzerinde hassasiyet gerektiren çalışmalara izin verir (Resim 5).

Lazerle Taş Temizleme

Lazer, oldukça tatminkar sonuçların alındığı stucco dekorasyonları da dâhil olmak üzere, metotlar arasında artık en kullanışlı olanıdır. Atmosfer etkileriyle oluşan kirlenme nedeniyle hasar gören mimari elemanların lazer uygulaması ile temizlenmesi sırasında, özellikle anıtın tarihine saygılı olarak minimum düzeyde zarar veren etkili tekniktir.

Lazer kullanımı, patina ile bozulma tabakası arasında oluşan oksalat filmlerini korumakla birlikte; genellikle sülfatlaşma şeklinde bozulmaya uğramış katmanların kaldırılmasının mümkün olduğunu da göstermiştir. Bu, istenmeyen herhangi bir yan etkiye sebep olmaması ve sadece anıtın korunmasına değil, aynı zamanda periyodik bakımına da doğrudan doğruya katkıda bulunması nedeniyle, tekrarlanabilir bir yöntemdir.

Ayrıca, yakın zamanda yapılan araştırma sonuçlarına göre, lazer ışınlarının optik kablolar yardımıyla iletimi ve optimize edilmiş darbe hızları; taş yüzeylerdeki olası sararma gibi yan etkileri tamamen ortadan kaldırarak, daha esnek ve kullanışlı lazer sistemlerinin restorasyon sahalarında kullanımına izin vermektedir.

Lazer, graffiti ile boyanmış yüzeylerin temizliği için de kullanılabilir. Çıkartılacak boya tamamen içeri nüfuz etmiş olduğunda, geleneksel kimyasal temizleme sistemlerini de kullanmak gerekebilir; ancak lazer kullanımı, işlemi etrafa daha az yayar. Aslında sonraki kimyasal işlem, sadece boyanın son derece sınırlı bir kısmının temizlenmesidir; dolayısıyla renk pigmentlerinin yayılma ve nüfuz etme riskini ortadan kaldırır. Lazerler diğer birçok uygulamada başarıyla kullanılmıştır.



Resim 5. Fiber optik sayesinde girift yüzeylerde bile temizlik yapılabilir.

Diğer Uygulamalar

Metaller

Lazerin sanatsal veya arkeolojik değeri olan metal parçaların koruma süreçlerinde kullanımı, taş sektöründen daha kısıtlıdır; bu sebepten ötürü hala deneysel bir işlem türü olarak kalmaktadır. Bununla beraber, lazerin olası kullanımı durgun olarak değerlendirilmeli ve bir ön teşhis aşaması yapılmalıdır. Lazer kullanımı, en başarılı etkinliğini, altın yaldızlı bronz yüzeylerin üzerinden pasın ve korozyon tabakasının kaldırılmasında göstermiştir.

Bu durumda, özel olarak tasarlanmış lazer sistemlerini kullanarak, daha emniyetli ve etkin şekilde müdahale etmek mümkündür. Ayrıca, özellikle antika gümüş veya gümüş kaplı bozuk paralar gibi hassas yüzeyler söz konusu olduğunda; gümüşün, orijinal yüzeye hasar verebilen kısmi ısı birikmesini önleyen yüksek

yansıtıcılık özelliği kullanılarak çok iyi temizleme sonuçları elde edilmiştir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar, hem orijinal parlaklığı hem de ustalığın detaylarını korumak için, doğrudan bronz veya bakır yüzeylere müdahale etmenin nasıl mümkün olduğunu da göstermiştir (Resim 6).

Demirden imal edilmiş özel çalışmalar söz konusu olduğunda, yerel ısı işlem, hidratlı oksitlerin anhidratlı oksitlere dönüşümünü artırmıştır; sonuç olarak bu işlem, yüzeyleri daha dirençli hale getirmiş ve sonradan gelen bozulmayı yavaşlatmıştır.

Çok renkli yüzeyler

Bu alanda yapılacak müdahale, lazer kullanımının hala bilimsel araştırma sonuçlarıyla yakından ilgili ve onlara bağlı olduğu, en hassas kısmıdır.

Temizlik sürecinde, koyu renk veya açık renk karbonizasyonu il-

gili olup olmadığına bakılmaksızın bozulmuş katmanların kaldırılmasına izin veren en olumlu sonuçlar, iyi etki ve kontrol derecesiyle, freskli yüzeylerden elde edilmiştir. Pigmentin yapısı, desteğe yapışması ve korozyon tabakasının doğası ile sağlamlığı; restoratör tarafından duruma göre değerlendirilmesi gereken parametrelerdir (Resim 7,8).

Kaynak

Lazer teknolojisinin koruma dünyasındaki yeni ve son derece ilginç bir uygulama alanı da, mücevherat ve kıymetli metal buluntularının restorasyonunda kullanılmasıdır. Lazer teknolojisi; aslında iki kenarın birbirine, doğrudan veya aynı adlı metallerin alaşımı kullanılarak, kaynak yapılmasında kullanılır. Son derece indirgenmiş ısı yayılımı sebebiyle lazer, diğer malzemelerin ve bileşen-

Resim 6. "Porta della Paradiso", Floransa, tombaklı kapıdaki bakır korozyonunun temizlenmesi



Resim 7. Fresklerde yapılan temizlik çalışması, "Siena, Sagra Vecchia"

lerin (*mine, yuva tırnak, menteşe, vb.*) varlığında dahi, operatörlerin kaynatılacak nesneyi doğrudan elleriyle tutmalarına izin vererek, kaynak yapılabilmesine olanak verir. Bu durum, kaynak işlemini, özellikle nispeten daha karmaşık yapı ve bileşimde olan antik sikkelerin restorasyonuna uygun hale getirmektedir. Bu yeni lazer uygulamasına yönelik temel bir çalışma: 1640 civarında Palermo'da imal edilen St. Ignatius'un görünümünün, O.P.D. (Opificio delle Pietre Dure) Floransa'da yapılan restorasyonudur.

Bu sanat eseri, olağanüstü değerli bir yapıttır; altın, gümüş, elmas ve boyanmış mine gibi son derece kıymetli malzemelerden üretilmiştir. 19.yüzyılda yaklaşık 400 parçaya bölünerek kırılan (*görünen uzuvlarından pek çoğu ciddi anlamda ezilmiş, hasar görmüş, uzamış ve kırılmıştı.*) eserde; parçaların sayılarının fazlalığı ile küçük boyutları ve kalınlıkları sebebiyle, geleneksel restorasyon teknikleri uygulanamazdı.



Resim 8. Pertevniyal Camii duvar süslemelerinin temizlik denemesi

Aslında, bu kadar küçük parçaları etkin bir şekilde birleştirmek ve yeniden birleştirilmiş yapıyı desteklemek için hiçbir yapıştırıcı kullanılmazdı. Geleneksel lehimleme tekniğinin kullanımı da mineler, mücevherat ve yıldızların varlığı nede-

niyle engellenmekteydi.

Lazerle kaynak yönteminin uygulanması, bir çözüm şansı olarak kabul edildi, kullanıldı ve böylece bir Nd:YAG lazer cihazı, görünümünün ve güzelliğinin mükemmel bir şekilde yeniden ortaya çıkmasına izin verdi.

REFERANSLAR

- 1- AA.VV. 2001, *LACONA IV: Les lasers dans la conservation des oeuvres d'art/ Lasers in the conservation of artworks*, ICOMOS France, Paris.
- 2- Asmus, J.F., 1976, "The development of a Laser Cleaner", *Proceedings of the 2nd International Symposium on the Deterioration of Building Stones*, Athens, pp.137-141.
- 3- Asmus, J.F., Seracini, M., Zetler, M.J., 1976, "Surface morphology of laser cleaned stone", *Lithoclastia 1*, pp.23-46.
- 4- Asmus, J.F., Lazzarini, L., Martini, A., Fassina, V., 1977, "Performance of the Venice Staute Cleaner", *Boston Proceedings of the 5th Annual Meeting of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works*, pp.5-11.



- 5- Binscontin, G., Zendri, E., Bakolas, A., Polloni, R., Cavelli, P., Moropoulou, A., 1995, "Valutazione degli effetti della pulitura mediante laser su alcuni supporti lapidei carbonatici", *Bressanone Scienza e Beni Culturali XI Atti del Convegno di Studi 3-6 luglio*, Libreria Progetto Editore, Padova, pp.547-561.
- 6- Cooper, M., Emmony, D.C., Larson, J.H., 1992, "A comparative study of the laser cleaning of limestone", *Lisbon 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone- Proceedings (Lisbon, Portugal, 15-18 June)*, Delgado Rodrigues, F. Henriques, F. Telmo Jeremias, pp.1307-1311.
- 7- D'urbano, M.S., Giovannone, C., Governale, P., Pandolfi, A., Santamaria, U., 1994, "La pulitura laser di superfici lapidee: messa a punto di una metodologia standardizzata per il controllo degli effetti", *Venezia III International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin (Venezia 22-24 June)*, Venezia, pp.955-962.
- 8- Lazzarini, L., Asmus, J.F., Marchesini, L., 1972, "Lasers for the cleaning of stautary: Initial results and potentialities", *La Rochelle I Colloque International sur las Détérioration des Pierres en Eouvre*, pp.89-94.
- 9- Maravelaki, P., Binscontin, G., Polloni, R., Cecchetti, W., Zendri, E., 1992, "Investigation on surface alteration of limestone related to cleaning processes", *Lisbon 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone- Proceedings (Lisbon, Portugal, 15-18 June)*, Delgado Rodrigues, F. Henriques, F. Telmo Jeremias, pp.1093-1101.
- 10- Maravelaki, P., Binscontin, G., Zendri, E., Polloni, R., Cecchetti, W., 1992, "Cleaning with laser radiation on Istria stone", *Material Issues in Art and Archaeology III Mat. Res. Soc. Symposium*, Vol.267, pp.961-995.
- 11- Martini, A., 1978, "Utilità del Laser per il restauro della pietra e del marmo", *Quaderni della Soprintendenza ia BB.AA.SS. Di Venezia*, pp.151-154.
- 12- Salimbeni, R., Siano, F., Pini, R., Calcagno, G., 1997, "Assessment of the State of Conservation of Stone Artworks after Laser Cleaning: Comparison with Conventional Cleaning Results on a Two-Decade Follow Up", *Ostuni Abstracts of the 1st International Workshop on Electric, Magnetic and Electromagnetic Methods Applied to Cultural Heritage*, Ostuni, Italy.
- 13- Siano, F., Margheri, F., Mazzinghi, P., Pini, R., Salimbeni, R., 1997, "Cleaning Process of Encrusted Marbles by Nd:YAG Lasers operating in Free Running and Q-Switching Regimes", *Applied Optics*, Vol. 36, pp.7073-7079.
- 14- Siano, F., Margheri, F., Mazzinghi, P., Pini, R., Salimbeni, R., Vannini, M., 1995, "Laser Ablation in Artworks Restoration: Benefits and Problems", *Charleston Proceedings of the International Conference LASER '95*, pp.441-444.
- 15- Teppo, E., Calcagno, G., 1995, "Restoration with lasers heals decay of ancient artifacts", *Laser Focus World -June*, pp.55-59.

