

Abstract

Innovative Conservation Techniques for Bio-deteriorated and Soiled Ornamental Stone in Urban Areas: Laser versus Plasma Vapour Cleaning

This project aims to investigate the application of two innovative technologies - laser cleaning and plasma treatment for the conservation of limestone materials in urban environment, the Batalha Monastery, one of the most iconic monuments in Portugal was used as a case study. The thesis is divided into two parts. The first part (chapters 1-3) describes the stone, the degradation processes and their causes. The second (chapters 4-6) investigates the effectiveness of stone cleaning with plasma and laser technologies, proposing a method of preserving limestone by deposition of SiO_x films. In particular, chapter 1 focuses on the mineralogical-petrographic characterization of the limestones used in the construction and restoration of the monastery, identifying the quarries. Chapter 2 characterizes the orange surface patinas present on the facades and on architectural reliefs of the monastery, identifying the mechanisms of formation. Chapter 3 investigates the nature of the microbial colonization of the monastery's limestones, revealing the process of formation, and the synergistic contribution of urban pollution in the biodegradation processes of stone monuments. Chapter 4 reports the results of plasma treatments on limestone tablets subjected to accelerated microbial colonization, evaluating their ability to inhibit bio-deterioration. Chapter 5 reports the results of treatments with four types of lasers with different irradiation modes used for ablating the lichen crust present on the limestone of the monastery, as well as for the cleaning of stone tablets exposed on the roof of the monument, comparing their efficacy and safety. Chapter 6 evaluates the effectiveness in terms of stone protection from environmental attack by pollutants and biological agents of the surface deposition by plasma of a thin-film of SiO_x on limestone samples. Preliminary results show how the SiO_x film helps protect it from acid rain and slows down bio-colonization processes, by forming a resistant coating on the stone surface.

Riassunto

Tecniche innovative di conservazione per pietre ornamentali biodeteriorate e sporche nelle aree urbane: pulizia laser contro vapore plasmatico

Questo progetto mira a indagare la applicazione di due tecnologie innovative – pulizia laser e trattamento al plasma, per la conservazione di materiali lapidei calcarei in ambiente urbano utilizzando come caso studio il Monastero di Batalha, uno dei monumenti più iconici del Portogallo. La tesi è divisa in due parti. La prima parte (capitoli 1-3) descrive i materiali lapidei, i processi di degrado e le loro cause. La seconda parte (capitoli 4-6) indaga l'efficacia di tecniche di pulizia della pietra con tecnologie al plasma e al laser proponendo un metodo di conservazione della pietra calcarea tramite deposizione di film protettivi di SiO_x . In particolare, il capitolo 1 si concentra sulla caratterizzazione mineralogica-petrografica dei calcari utilizzati nella costruzione e nel restauro del monastero, individuandone le cave di provenienza originali. Il capitolo 2 caratterizza le caratteristiche patine superficiali di colore arancione presenti sulle facciate e su rilievi architettonici monastero, individuandone i meccanismi di formazione. Il capitolo 3 indaga la natura della colonizzazione microbica dei calcari del monastero, svelandone il processo di formazione, e rivelando il contributo sinergico dell'inquinamento urbano nei processi di biodegrado dei monumenti in pietra. Il capitolo 4 riporta i risultati di trattamenti al plasma su tavolette calcaree sottoposte a colonizzazione microbica accelerata, valutandone la capacità di inibire il bio-deterioramento. Il capitolo 5 riporta i risultati di trattamenti con quattro tipologie di laser con diverse modalità di irradiazione utilizzati per l'ablazione della crosta lichenica superficiale presente sulla pietra calcarea del monastero, nonché per la pulizia di tavolette di pietra esposte sul tetto del monumento, comparandone l'efficacia e sicurezza. Il capitolo 6 valuta l'efficacia in termini di protezione della pietra dall'attacco ambientale da parte di agenti inquinanti e biologici della deposizione superficiale tramite plasma di un film sottile di SiO_x su campioni di pietra calcarea. I risultati preliminari mostrano come il film di SiO_x , formando un rivestimento resistente sulla superficie della pietra, contribuisca a proteggerla dalle piogge acide e ne rallenti i processi di bio-colonizzazione.