

Η τεχνολογία των υπερκρίσιμων ρευστών στην υπηρεσία της συντήρησης υφασμάτων

Δήμητρα Ασλανίδου¹, Κώστας Τσιόπτσιας¹, Ιωάννης Καραπαναγιώτης²,

Κωνσταντίνος Παναγιώτου¹

1 Εργαστήριο Φυσικής-Χημείας, Τμήματος Χημικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2 Ανωτάτη Εκκλησιαστική Ακαδημία Θεσσαλονίκης

Η επιστήμη της συντήρησης αφορά στη διεπιστημονική μελέτη και προστασία των έργων τέχνης και γενικότερα αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς. Η επιστήμη του χημικού μηχανικού μπορεί, εξ ορισμού, να συμβάλει τα μέγιστα στην εξέλιξη της επιστήμης της συντήρησης με στόχο την ανάπτυξη νέων υλικών συντήρησης των έργων τέχνης αλλά και συσκευών και μεθοδολογιών συντήρησης, καθότι, ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της είναι η επίλυση προβλημάτων με κριτήρια τόσο επιστημονικά όσο και περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά.

Στο εργαστήριο Φυσικής-Χημείας της Πολυτεχνικής Σχολής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία καθαρισμού υφασμάτων η οποία βασίζεται στην χρήση υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα και είναι ικανή να αφαιρέσει τόσο υδρόφιλους όσο και λιπόφιλους ρύπους. Το ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι ότι η εν λόγω μεθοδολογία, σε αντίθεση με τις σχετικές αναφορές της βιβλιογραφίας [1], δεν απαιτεί τη χρήση συνδιαλύτη. Πρόκειται για μια ήπια, προς το ύφασμα, τεχνική και συνάμα αποτελεσματική, σε απόλυτη συμφωνία με τις αρχές της συντήρησης, καθώς δε θέτει σε κίνδυνο το έργο τέχνης.

Το σύστημα καθαρισμού περιλαμβάνει υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα, νερό και σωματίδια ανθρακικού ασβεστίου [2]. Το CaCO_3 βοηθάει στον σχηματισμό γαλακτώματος Pickering μεταξύ του CO_2 , του νερού [3],[4],[5]. Μετά το πέρας του χρόνου καθαρισμού ακολουθεί η εκτόνωση του διοξειδίου του άνθρακα το οποίο παρασύρει και τις προς αφαίρεση ουσίες. Ακολουθεί ένα στάδιο πλύσης του καθαρισμένου, πλέον, υφάσματος με νερό και διοξείδιο του άνθρακα προκειμένου να αφαιρεθεί η όποια εναπομένουσα ποσότητα CaCO_3 έχει επικαθίσει πάνω στο ύφασμα.

Οι υδρόφοβοι ρύποι διαλύονται στο υδροξείδιο του άνθρακα ενώ οι υδρόφιλοι διαλύονται στο νερό. Παράλληλα με τον σχηματισμό του γαλακτώματος αυξάνεται η ποσότητα του CO_2 που έρχεται σε επαφή με το ύφασμα, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η επαφή του διοξειδίου του άνθρακα με τους ρύπους.

Σε ένα πρώτο σχεδιασμό, μελετήθηκαν οι συνθήκες υπό τις οποίες μπορεί να γίνει ο καθαρισμός σε βαμβακερό και μεταξωτό ύφασμα και οι συνθήκες αυτές εφαρμόστηκαν σε υφάσματα τα οποία έχουν βαφεί με φυσικές χρωστικές. Πάνω στα υφάσματα εφαρμόστηκαν τρεις ρύποι (ελαιόλαδο, κουνελόκολλα, και πάστα παντζαριού). Τα ποσοστά αφαίρεσης των λεκέδων για πίεση ίση με 200 bar και θερμοκρασία ίση με 40° C, ήταν της τάξης του 70-85%, 90-95% και 80-95% αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα του καθαρισμού αξιολογήθηκαν και χρωματομετρικά. Στα περισσότερα δείγματα οι χρωματικές συντεταγμένες προσεγγίζουν τις τιμές του υφάσματος πριν τον καθαρισμό, ή είναι πολύ κοντά στο όριο της χρωματικής διαφοράς που το ανθρώπινο μάτι είναι σε θέση να προσδιορίζει ($\Delta E=2,3$). Επίσης, μελετήθηκαν οι μηχανικές και οι θερμικές ιδιότητες των υφασμάτων πριν και μετά τον καθαρισμό, ενώ με τη λήψη φασμάτων x-RF αποκλείστηκε το ενδεχόμενο να υπάρχουν επικαθήσεις ασβεστίου πάνω στην επιφάνεια των υφασμάτων μετά τη δεύτερη πλύση.

Στη συνέχεια συγκρίθηκαν τα παραπάνω αποτελέσματα με άλλα συστήματα καθαρισμού, όπως για παράδειγμα με καθαρό νερό, με υγρό διοξείδιο του άνθρακα, ενώ εξετάστηκε και η δυνατότητα αφαίρεσης και κηρού μέλισσας πρόσθετα στους τρεις προαναφερθέντες ρύπους. Επιπλέον, μελετήθηκε η πιθανότητα μετακίνησης χρώματος από μια περιοχή σε άλλη κατά τη διάρκεια του καθαρισμού. Σε συνέχεια των παραπάνω αποτελεσμάτων έγινε μια προσέγγιση βελτιστοποίησης των συνθηκών του καθαρισμού με σκοπό εξεύρεση ενός συνδυασμού (T-P-% CaCO_3) ο οποίος θα ήταν ηπιότερος για το ύφασμα και θα διασφάλιζε την καλή του κατάσταση μετά τον καθαρισμό.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία δίνει ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα για τον καθαρισμό των υφασμάτων. Εφόσον όμως η πρώτη πρόταση χρήσης αυτής αφορά στην εφαρμογή σε αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη και ο παράγοντας της γήρανσης. Για το λόγο αυτό έγινε μια προσπάθεια προσομοίωσης της φυσικής γήρανση των υφασμάτων τα οποία φέρουν τους τρεις προαναφερθέντες ρύπους. Τα δείγματα υποβλήθηκαν σε θερμική γήρανση προσεγγιστικά κατά 500χρόνια [6]. Ακολούθως έγιναν αναλύσεις SEM, FTIR, μετρήσεις βάρους και χρώματος, προκειμένου να καταγραφεί η κατάσταση των δειγμάτων μετά τη γήρανση.

Από το σύνολο των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι το σύστημα υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα- νερού-σωματιδίων CaCO_3 είναι αποτελεσματικό στην αφαίρεση διαφορετικών, μεταξύ τους, ρύπων. Πρόκειται για μια αποτελεσματική λύση του καθαρισμού των υφασμάτων πολιτιστικής κληρονομιάς, δεν απαιτεί τη χρήση διαλυτών πάνω στο ύφασμα, ενώ με μια μόνο εφαρμογή, η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί να αφαιρέσει πλήθος ρύπων τόσο λιπόφιλων όσο και υδρόφιλων.

Βιβλιογραφία

1. M.J.E. Van Roosmalen, G.F. Woerlee and G.J. Witkamp, J. Supercrit. Fluid, 2003, 27, 337.
2. D. Aslanidou, C. Tsiptsias, C. Panayiotou, J. Supercrit. Fluid, 2013, 76, 83.
3. B.P. Binks and S.O. Lumsdon, Langmuir, 2000,16, 8622.
4. D. Golomb, E. Barry, D. Ryan, P. Swett and H. Duan, Ind. Eng. Chem. Res.,2006, 45, 2728
5. Sh. Wang, Y. He, Y. Zou, Particuology, 2010, 8, 390
6. R.L., Feller, The J. Paul Getty Trust, 1994, US.