

## **Προετοιμασία διατομών δειγμάτων πινάκων και εικόνων με τη μέθοδο της μικροτομίας και μικροσκοπίας**

**M. Brückner**

Material Sciences & Histology, Germany – Dr. C.J.Vamvacas Ltd, Greece

Εκτός από τις μη-καταστρεπτικές μεθόδους της εξέτασης έργων τέχνης, όπως η φασματομετρία φθορισμού ακτίνων X (XRF-X-ray Fluorescence Spectrometry), η φασματομετρία Raman ή η φασματομετρία κατάλυσης/ αποσύνθεσης με πρόκληση laser (LIBS – Laser-induced Breakdown Spectroscopy), είναι απαραίτητο σε ορισμένες περιπτώσεις να ληφθεί μια υψηλής ποιότητας διατομή από το έργο τέχνης για περαιτέρω μικροσκοπική ανάλυση. Αυτές οι διατομές μπορούν να ληφθούν με τη μέθοδο της διάσπασης σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, με τριβή και στίλβωση, με μηχανική κατεργασία σε τόρνο ή με μικροτομία. Στη συνέχεια παρουσιάζεται σύνοψη των αρχών λειτουργίας, των θεμάτων που σχετίζονται με τη δυνατότητα επίτευξης του στόχου και των περιορισμών της μεθόδου μικροτομίας.

Από μηχανική άποψη, η λειτουργία του μικροτόμου είναι η κοπή πολύ μικρών τεμαχίων. Είναι διαθέσιμη μια ευρεία ποικιλία μικροτόμων, όπως περιστροφικοί μικροτόμοι, μικροτόμοι κρούσης, κρυο-μικροτόμοι (κρυοστάτες) ή υπερμικροτόμοι. Η διαδικασία είναι, σχεδόν πάντοτε, η ίδια: το δείγμα σταθεροποιείται μηχανικά σε έναν ειδικό υποδοχέα ή ενσωματώνεται σε κάποιο υλικό, όπως είναι το μεθυλμεθακρυλικό υλικό ή η παραφίνη. Εναλλακτικά, τα δείγματα μπορούν να ενσωματωθούν με τη μέθοδο πήξης σε νερό ή σε κατάλληλα cryo-embedding διαλύματα. Στο τέλος, λαμβάνονται τομές από αυτά τα δείγματα, με τη χρήση ενός μαχαιριού μικροτόμου από χάλυβα, καρβίδιο βολφραμίου, γυαλί ή διαμάντι. Το πάχος των προϊόντων των τομών μπορεί να είναι από <math><100\text{ nm}</math> (υπερμικροτόμοι) έως >math>1\text{ mm}</math> (μικροτόμοι κρούσης). Οι τομές λαμβάνονται από το μαχαίρι με τη χρήση ενός πινέλου ή μιας λαβίδας. Τα προϊόντα αυτά μπορούν, στο τελικό στάδιο, να εξετασθούν με τη μέθοδο μικροσκοπίας διερχόμενου φωτός ή υπερύθρων. Η εμπρόσθια επιφάνεια του τεμαχισμένου δείγματος είναι κατάλληλη για μικροσκοπία προσπίπτοντος φωτισμού ή για ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM).

Λόγω της ύπαρξης στοιβάδων από τις οποίες δεν είναι δυνατή η λήψη τομών, όπως είναι οι στοιβάδες του μείγματος κόλλας και γύψου που υπάρχουν σε μια εικόνα, η παραγωγή λεπτών τομών είναι πολύ δύσκολη με τη χρήση ενός περιστροφικού μικροτόμου ή ενός μικροτόμου κρούσης. Μόνο οι υπερμικροτόμοι με

τροφοδοσία/ρύθμιση  $<100$  nm είναι σε θέση να παράγουν πραγματικά πολύ λεπτές τομές. Οι περιστροφικοί μικροτόμοι με τροφοδοσία/ρύθμιση  $>0,5$  nm μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προετοιμασία της επιφάνειας της εμπρόσθιας όψης του δείγματος. Η εν λόγω επιφάνεια είναι συχνά ιδιαίτερα καλή για μετρήσεις της στοιβάδας ή της μικροδομής.

Πολύ συχνά η προεργασία της μικροτομίας, όπως η επιλογή ενός κατάλληλου υλικού ενσωμάτωσης ή του υποδοχέα του δείγματος, είναι περισσότερο πολύπλοκη και χρονοβόρα από τη διαδικασία της λήψης τομών. Ειδικότερα στην περίπτωση της προετοιμασίας έργων τέχνης πρέπει να επιλύσουμε αρκετά προβλήματα: Έτσι, στην περίπτωση της χημικής ανάλυσης πρέπει να αποφύγουμε οποιαδήποτε επίδραση των υλικών μονιμοποίησης στο δείγμα. Για το λόγο αυτό, είναι ζωτικής σημασίας να είναι γνωστή η χημική σύσταση των διαλυμάτων ενσωμάτωσης και οι πιθανές τους αλληλεπιδράσεις με τις δομές του δείγματος. Η μηχανική στήριξη επιβαρύνει τα δείγματα, όταν αυτά είναι πολύ μικρών διαστάσεων. Για το λόγο αυτό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικοί υποδοχείς δειγμάτων από την ηλεκτρονική μικροσκοπία.

Αν προετοιμαστεί ένα πολύ μικρό θραύσμα από βερνίκι ή δείγμα βαφής, ο χειρισμός πρέπει να γίνει υπό στερεομικροσκοπικό έλεγχο. Η μεγάλη απόσταση εργασίας των φακών επιτρέπει στο χρήστη να διαχειριστεί επιδέξια και με μεγάλη ευκολία τα δείγματά του. Ειδικότερα για τις προετοιμασίες στόχων εντός του δείγματος είναι ορατός ο μακροσκοπικός έλεγχος κατά τη διάρκεια της διαδικασίας προετοιμασίας. Σε γενικές γραμμές, τα στερεομικροσκόπια προσαρμόζονται απευθείας στο μικροτόμο. Αυτό επιτρέπει την ακριβή λήψη τομών σε ένα μικρό σημείο που ενδιαφέρει. Μετρήσεις στοιβάδας και κάποιες αναλύσεις δομών σε λεπτές τομές ή στην εμπρόσθια όψη του δείγματος μπορούν να πραγματοποιηθούν με τη χρήση οπτικής μικροσκοπίας. Πολλές μέθοδοι παρατήρησης -σκοτεινού πεδίου, πόλωσης, φθορισμού, φάσης ή παρεμβολής- επιτρέπουν την ευδιάκριτη παρουσίαση όμοιων δομών στο εσωτερικό του δείγματος.

Ανακεφαλαιώνοντας, μπορούμε να πούμε ότι η λήψη διατομών επιτρέπει την παροχή μιας πραγματικής εικόνας των μικροδομών στο εσωτερικό ενός δείγματος. Οι κατάλληλες παράμετροι λήψης τομών εγγυώνται σε μεγάλο βαθμό προετοιμασία άνευ παρεμβολών.