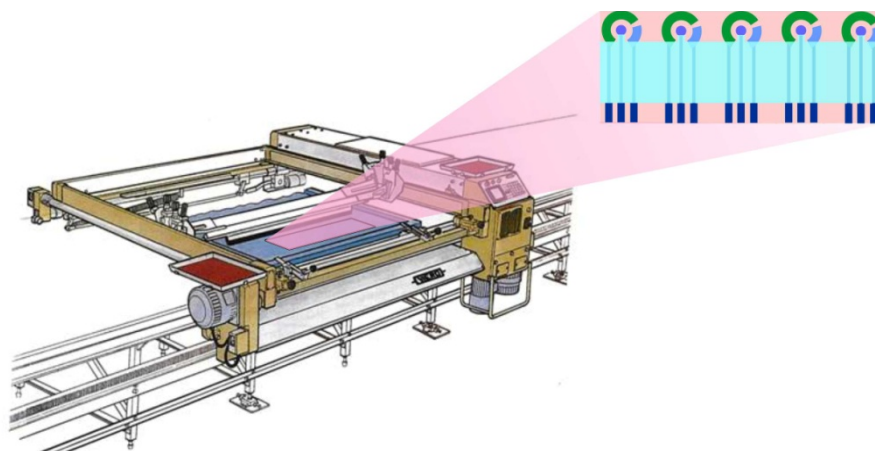


**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**ΜΑΜΑΝΤΟΣ ΠΡΟΔΡΟΜΙΔΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΛΩΡΟΥ
ΔΙΔΑΚΤΩΡ ΧΗΜΕΙΑΣ**



Ιωάννινα 2017

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕΣΩ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη των αμπερομετρικών αισθητήρων τα τελευταία χρόνια οδήγησε την έρευνα στη μαζική παραγωγή ηλεκτροδίων χαμηλού κόστους και μικρού σχετικά μεγέθους. Τα ηλεκτρόδια αυτού του τύπου ονομάζονται *ηλεκτρόδια επίστρωσης* και αποτελούνται από επιστρώσεις αγωγίων, ημιαγωγίων ή μονωτικών υλικών. Η κατασκευή τους στηρίζεται βασικά σε δύο τεχνολογίες: την *τεχνολογία λεπτής επίστρωσης* (thin film technology) και την *τεχνολογία παχειάς επίστρωσης* (thick film technology). Η τεχνολογία λεπτής επίστρωσης, βάσει της οποίας προκύπτουν ηλεκτρόδια με επιστρώσεις πάχους $< 5 \mu\text{m}$, εφαρμόζεται σε τεχνικές όπως η μικρολιθογραφία, η καθοδική ιοντοβολή (sputtering), η απόθεση μέσω ατμών κ.α. Για την τεχνολογία παχειάς επίστρωσης (πάχους $> 5 \mu\text{m}$) εφαρμόζεται κυρίως η τεχνική εκτύπωσης μέσω πλέγματος (screen printing), η αρχή λειτουργίας της οποίας αναφέρεται εκτενέστερα παρακάτω.

Στην αρχαία Κίνα έφτιαχναν υφάσματα, στα οποία αποτύπωναν σχέδια με τη χρήση πλεγμάτων από ανθρώπινες τρίχες. Οι λεπτομέρειες της τεχνικής αυτής δεν είναι γνωστές, θεωρείται όμως ο πρόδρομος της σύγχρονης τεχνικής εκτύπωσης μέσω πλέγματος, η οποία εμφανίστηκε ταυτόχρονα στην Αγγλία και τη Γαλλία το 1850 στην υφαντουργική βιομηχανία. Στις μέρες μας, η εκτύπωση μέσω πλέγματος χρησιμοποιείται ευρύτατα στις γραφικές τέχνες και στη μικροηλεκτρονική (εκτύπωση ηλεκτρικών κυκλωμάτων).

1.1 Αρχή της μεθόδου

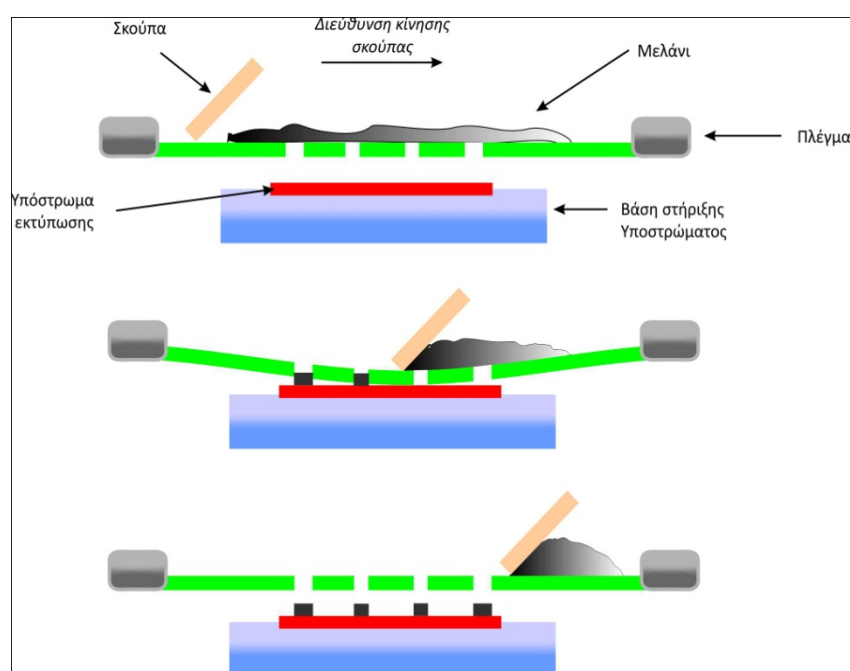
Η τεχνική εκτύπωσης μέσω πλέγματος στηρίζεται στην τεχνολογία “παχειάς” επίστρωσης και χρησιμοποιείται στη μαζική παραγωγή ηλεκτροδίων σε βιομηχανική κλίμακα αλλά και σε μεμονωμένα εργαστήρια. Το υλικό (μελάνι, ink) εκτύπωσης βρίσκεται σε μορφή παχύρρευστου γαλακτώματος κατάλληλου ιξώδους. Πρόκειται για ένα **θιξοτροπικό** υλικό, υλικό δηλαδή το οποίο υπό πίεση γίνεται ρευστό και

επανέρχεται στην αρχική του φυσική κατάσταση μετά την παύση της ασκούμενης πίεσης. Το μελάνι, κινούμενο υπό πίεση με τη βοήθεια ελαστικού σαρώθρου (squeegee) μέσω ενός πλέγματος – εκμαγείου (screen), εκτυπώνεται στο υλικό στήριξης (υπόστρωμα) και στη συνέχεια, το εκτυπωμένο υλικό, θερμαίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες της κατασκευάστριας εταιρίας προκειμένου να αποκτήσει τις επιθυμητές ιδιότητες.

Τα εκτυπωμένα ηλεκτρόδια είναι επίπεδα, διαφόρων σχημάτων και αποτελούνται από αγώγιμες και μονωτικές στρώσεις ελεγχόμενου πάχους πάνω στο επιθυμητό υπόστρωμα. Το πάχος των ηλεκτροδίων κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 80 και 120 μm .

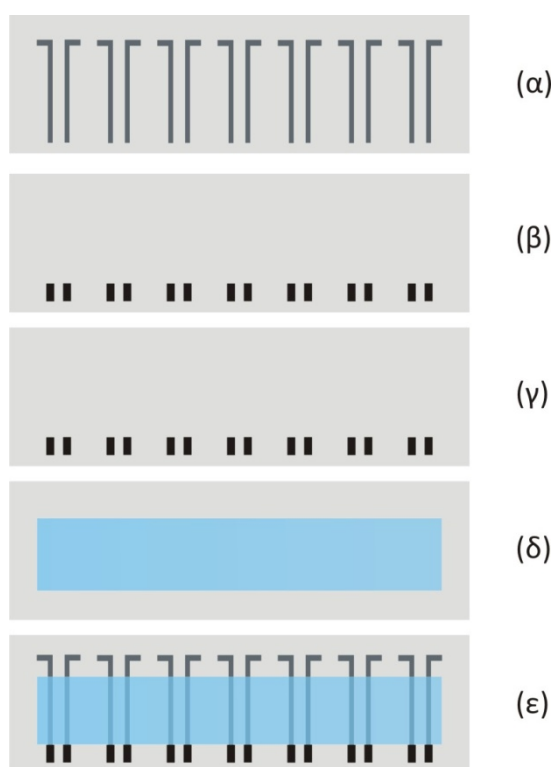
1.2 Η διαδικασία εκτύπωσης

Η διαδικασία εκτύπωσης ξεκινά με την τοποθέτηση του κατάλληλου πλέγματος επάνω από το υπόστρωμα στο οποίο θα γίνει η εκτύπωση. Το μέγεθος και το σχήμα της εκτύπωσης καθορίζεται από το πλέγμα. Η περιοχή του πλέγματος που λειτουργεί ως εκμαγείο είναι πορώδης, ενώ η υπόλοιπη επιφάνεια είναι συμπαγής (τυφλή). Το μελάνι τοποθετείται στην επιφάνεια του πλέγματος και με τη βοήθεια του ελαστικού σαρώθρου κινείται υπό πίεση πάνω στην επιφάνεια του πλέγματος και εκτυπώνεται στο υπόστρωμα.



Σχήμα 1. Διαδικασία εκτύπωσης

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, καθώς το σάρωθρο περνά επάνω από την επιφάνεια του πλέγματος, το πιέζει σταδιακά επάνω στο υπόστρωμα (το πλέγμα δεν έρχεται σε άμεση επαφή με το υπόστρωμα) και στη συνέχεια, το μελάνι περνά μέσα από τις οπές του πλέγματος, αφήνοντας έτσι το επιθυμητό αποτύπωμα επάνω στην επιφάνεια του υποστρώματος. Αμέσως μετά το πέρασμα του σαρώθρου το πλέγμα επανέρχεται σταδιακά στην αρχική του θέση αφήνοντας το αποτύπωμα του μελανιού άθικτο. Το υπόστρωμα συγκρατείται στην επιφάνεια της κινητής βάσης του εκτυπωτή με τη βοήθεια μεταλλικών υποδοχέων αλλά κυρίως με το κενό, το οποίο δημιουργείται στο κέντρο της βάσης.

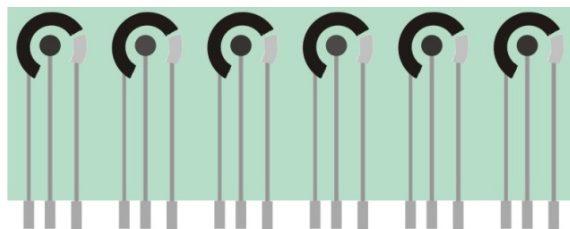


Σχήμα 2. Πλέγματα για την εκτύπωση συστοιχίας ηλεκτροδίων. (α) αγωγή στρώση αργύρου, (β) στρώση γραφίτη (overlay pad), (γ) στρώση ενεργής επιφάνειας ηλεκτροδίου εργασίας, (δ) μονωτική στρώση και (ε) τελική εμφάνιση.

Τα εκτυπωμένα ηλεκτρόδια αποτελούνται συνήθως από τέσσερις στρώσεις (Σχήμα 2). Πρώτα εκτυπώνεται μια αγωγή στρώση Ag ώστε τα ηλεκτρόνια να κυκλοφορούν ελεύθερα μεταξύ του μεταλλάκτη και του οργάνου μέτρησης. Η δεύτερη στρώση αποτελείται από γραφίτη (overlay pad) και καλύπτει την προηγούμενη στρώση αργύρου στο σημείο, που θα εκτυπωθεί η τρίτη στρώση του

ενεργού υλικού (working layer), αποτρέποντας την επαφή του Ag με το διάλυμα εργασίας. Στις δύο τελευταίες στρώσεις χρησιμοποιείται το ίδιο πλέγμα, αφού η γεωμετρία των στρώσεων (γραφίτη και ενεργής επιφάνειας του ηλεκτροδίου) είναι η ίδια. Τέλος εκτυπώνεται η τέταρτη στρώση με το μονωτικό υλικό (dielectric layer), το οποίο καλύπτει την υπόλοιπη επιφάνεια του Ag.

Είναι προφανές, ότι ανάλογα με το σχεδιασμό των πλεγμάτων είναι δυνατή η κατασκευή μεμονωμένων ηλεκτροδίων ή ακόμη και ολοκληρωμένων ηλεκτροχημικών στοιχείων (ηλεκτρόδια εργασίας, αναφοράς και βοηθητικού στο ίδιο υλικό στήριξης) όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Σχηματική αναπαράσταση συστοιχίας ηλεκτροχημικών στοιχείων τριών ηλεκτροδίων.

Στο εμπόριο διατίθεται μια μεγάλη ποικιλία μελανιών όπως Ag, Au, Pt, Pd, Ag/AgCl, γραφίτη κ.λπ., τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των ηλεκτροδίων εργασίας, αναφοράς και των βοηθητικών ηλεκτροδίων. Αντίθετα, για την εκτύπωση χημικά τροποποιημένων επιφανειών στο ηλεκτρόδιο εργασίας χρησιμοποιούνται ειδικά μελάνια, τα οποία παρασκευάζονται είτε με την προσθήκη ενός τροποποιητή στο μελάνι γραφίτη είτε με την εξ'αρχής παρασκευή εκτυπώσιμων υλικών.

Σε ερευνητικό επίπεδο, τέτοια μελάνια βασίζονται σε μίγματα 2–3% αιθυλικής κυτταρίνης σε 2–βουτοξυοξικό αιθυλεστέρα (w/v) με λεπτόκκοκο σκόνη γραφίτη, ο οποίος περιέχει σε αναλογία περίπου 5% w/w το χημικό τροποποιητή. Η αναλογία του πολυμερούς με τον τροποποιημένο γραφίτη είναι περίπου 2+1 (w/w). Στην περίπτωση βιομορίων (ένζυμα, αντισώματα κ.τ.λ.) ενδείκνυται η χρήση 2–3% υδροξυαιθυλικής κυτταρίνης σε ρυθμιστικό διάλυμα φωσφορικών ή σε απεσταγμένο νερό (w/v). Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, το διάλυμα του πολυμερούς αναμιγνύεται με το (τροποποιημένο με το βιομόριο) γραφίτη σε αναλογία περίπου 2+1 w/w.

1.3 Πλέγματα εκτύπωσης

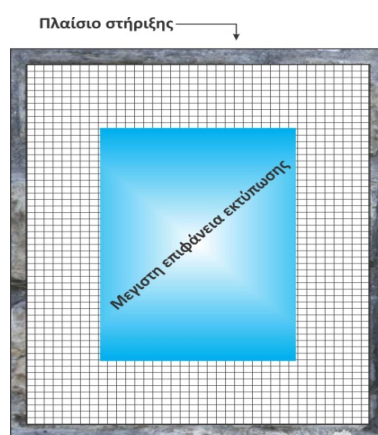
1.3.1 Υλικά κατασκευής πλαισίων

Συνήθως χρησιμοποιούνται μεταλλικά ή ξύλινα πλαίσια, λόγω όμως της μικρής διαφοράς στο κόστος των παραπάνω υλικών, τα μεταλλικά πλαίσια, τα οποία εμφανίζουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή (σκέβρωμα) χρησιμοποιούνται κατά κόρον.



Σχήμα 4. Τύποι πλαισίων.

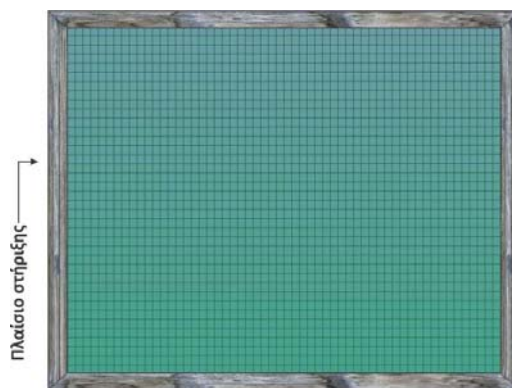
Η βέλτιστη σχέση μεταξύ της επιφάνειας της περιοχής εκτύπωσης (εκμαγείο) και της επιφάνειας του πλαισίου καθορίζεται με έναν απλό εμπειρικό κανόνα. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5, προκειμένου να επιτύχουμε εκτύπωση καλής ποιότητας και να διατηρήσουμε επί μακρόν το πλέγμα σε καλή κατάσταση, η επιφάνεια της περιοχής εκτύπωσης πρέπει να είναι μικρότερη από τα $\frac{2}{3}$ της επιφάνειας του πλαισίου.



Σχήμα 5. Καθορισμός μέγιστης επιφάνειας εκτύπωσης.

1.3.2 Ο σκοπός του πλέγματος

Το πλέγμα αποτελείται από διασταυρούμενες ίνες (χορδές) και λειτουργεί ως ένα είδος διχτύου, το οποίο καθορίζει το “σχέδιο” της εκτύπωσης και ρυθμίζει την ποσότητα του μελανιού που θα εκτυπωθεί στο υπόστρωμα (Σχήμα 6). Το πλέγμα θα πρέπει να είναι ελαστικό και να έχει εξαιρετική ικανότητα επαναφοράς ώστε, μετά το πέρασμα του σαρώθρου, να επανέρχεται στην αρχική του θέση και να επιτυγχάνεται ολική απομάκρυνση της περίσσειας του μελανιού από τις οπές χωρίς να αλλοιώνεται η υφή και το σχήμα του εκτυπωμένου σχεδίου. Εάν υπάρξει καθυστέρηση σε αυτή τη διαδικασία, η απομάκρυνση θα είναι ακανόνιστη και η ποιότητα μεταξύ εκτυπώσεων θα διαφέρει.



Σχήμα 6. Πλέγμα σε μεταλλικό πλαίσιο.

Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα υλικά για την κατασκευή πλεγμάτων είναι τα εξής:

- i) Νάυλον (Nylon)
- ii) Πολυεστέρας (polyester)
- iii) Ανοξείδωτο ατσάλι (stainless steel)

Τα πλέγματα είναι διαθέσιμα σε μεγάλη ποικιλία **mesh** (αριθμός οπών ανά τετραγωνική ίντσα) και ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκτύπωσης το κάθε υλικό παρουσιάζει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα. Τα πλέγματα από πολυμερικά υλικά είναι πιο οικονομικά και φθείρονται πιο εύκολα σε αντίθεση με τα πλέγματα από ανοξείδωτο ατσάλι, τα οποία έχουν αυξημένη μηχανική αντοχή και υψηλότερο κόστος. Ως προς διάφορα τεχνικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες, τα παραπάνω υλικά πλεγμάτων κατηγοριοποιούνται ως ακολούθως :

Πίνακας 1. Ιδιότητες πλέγματος ανάλογα με το υλικό κατασκευής.

Ιδιότητες	Νάυλον	Πολυεστέρας	Ανοξειδωτο Ατσάλι
Ελαστικότητα	3	2	1
Ικανότητα επαναφοράς	3	1	2
Σταθερότητα μεγέθους εκτύπωσης	2	2	3
Φθορά σαρώθρου	1	2	3
Τυχαία φθορά	1	2	3
Κόστος	3	3	1
Εύκολη αποκόλληση από μεγάλες επιφάνειες	3	2	1

1.3.3 Κανόνες επιλογής του κατάλληλου mesh

Οι κανόνες επιλογής είναι δύο. Σύμφωνα με τον πρώτο κανόνα, η **μέγιστη διακριτική ικανότητα εκτύπωσης είναι τρεις φορές μικρότερη της διαμέτρου της χορδής**. Λεπτές γραμμές δεν μπορούν να εκτυπωθούν από πλέγματα με χορδές μεγάλης διαμέτρου. Στον αντίποδα, θα ήταν πρακτικά δύσκολο να χρησιμοποιήσουμε ένα πλέγμα με διάμετρο χορδής μερικών μικρομέτρων διότι το πλέγμα αυτό θα ήταν ιδιαίτερα εύθραυστο και υπερβολικά ακριβό.

Σύμφωνα με το δεύτερο κανόνα, **το άνοιγμα των οπών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον τριπλάσιο του μεγέθους των σωματιδίων που χρησιμοποιούνται στο μελάνι εκτύπωσης**. Στα περισσότερα μελάνια, το μέγεθος των σωματιδίων κυμαίνεται μεταξύ 1 – 10 μm . Το άνοιγμα των οπών καθορίζει και την ευκολία διέλευσης του μελανιού μέσω του πλέγματος. Ως εκ τούτου, το mesh του πλέγματος επιλέγεται σύμφωνα με την κοκκομετρική διάσταση των σωματιδίων του μελανιού. Ανάλογα με τον όγκο και την ευκρίνεια της εκτύπωσης, οι απαιτούμενες (τυπικές) τιμές mesh διαμορφώνονται ως εξής :

Πίνακας 2. Τυπικές τιμές mesh για διάφορα είδη εκτύπωσης.

Κατηγοριοποίηση	Τυπικό mesh	Υλικό κατασκευής πλέγματος	
		Νάυλον ή Πολυεστέρας	Ανοξείδωτο ατσάλι
Ογκώδης εναπόθεση με χαμηλή ευκρίνεια εκτύπωσης	< 100	54	80
Ογκώδης εναπόθεση, καλή ευκρίνεια	100 – 200	186	200
Γραμματοσειρές και εικόνες	200 – 325	305	325
Λεπτή εναπόθεση, με υψηλή ευκρίνεια εκτύπωσης	320 – 380	330	325

1.4 Το σάρωθρο

Οι λειτουργίες του σαρώθρου είναι οι εξής:

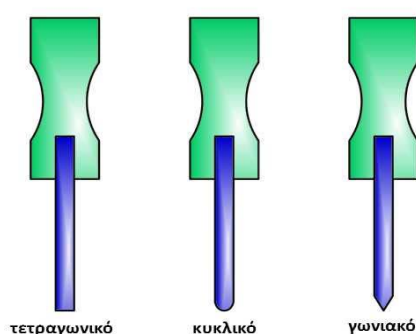
1. Να φέρει σε στενή επαφή το πλέγμα με το υπόστρωμα.
2. Να πιέζει το μελάνι ώστε να περάσει μέσα από τις οπές του πλέγματος.
3. Να ελέγχει το ρυθμό παροχής του μελανιού μέσω του πλέγματος.

Το σάρωθρο κατασκευάζεται από υλικά με κατάλληλη ελαστικότητα ώστε μετά από κάθε χρήση να επανέρχεται πλήρως στην αρχική του κατάσταση διατηρώντας την κόψη του αναλλοίωτη. Παρόλα αυτά μετά από αρκετές χρήσεις, η κόψη του σαρώθρου αμβλύνεται και η απομάκρυνση του μελανιού από την επιφάνεια εκτύπωσης σταδιακά μεταβάλλεται με αποτέλεσμα τη μη επαναλήψιμη ποιότητα εκτύπωσης. Επίσης, το υλικό του σαρώθρου θα πρέπει να παραμένει αναλλοίωτο όταν έρχεται σε επαφή με τους διαλύτες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των μελανιών και τον καθαρισμό των πλεγμάτων. Το πιο διαδεδομένο υλικό για σάρωθρα είναι η πολυουρεθάνη και διατίθεται σε διάφορους βαθμούς σκληρότητας (55 – 100 durometer) ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής.

Η πίεση που ασκεί το σάρωθρο στο πλέγμα ρυθμίζεται με κατάλληλα ελατήρια και κυμαίνεται μεταξύ 0,2 – 0,5 Kg/cm του μήκους του σαρώθρου, ενώ η ταχύτητα μετακίνησης του μεταξύ 25 – 300 mm/s. Ο σωστός συνδυασμός των παραπάνω παραμέτρων οδηγεί σε εκτυπώσεις με υψηλή ευκρίνεια. Αντίθετα, για ακραίες τιμές των παραπάνω παραμέτρων η ποιότητα εκτύπωσης είναι χαμηλή. Παραδείγματος χάριν με την εφαρμογή υψηλής πίεσης και πολύ χαμηλής ταχύτητας σάρωσης η

εκτυπωμένη επιφάνεια “απλώνεται” εκτός των ορίων της (η επιφάνεια εκτύπωσης είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια των οπών).

Το μήκος του σαρώθρου θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να πιέζει την επιφάνεια εκτύπωσης ομοιόμορφα. Δεδομένου ότι στα άκρα του σαρώθρου η πίεση είναι μικρότερη, το βέλτιστο μήκος του καθορίζεται από το mesh, την πίεση, το κενό εκτύπωσης, τη σκληρότητα του και την απόσταση της επιφάνειας εκτύπωσης από τις εσωτερικές πτυχές του πλαισίου του πλέγματος. Εκτός από ειδικές περιπτώσεις, σε γενικές γραμμές το σάρωθρο θα πρέπει να εκτείνεται τουλάχιστον 1 cm, σε κάθε πλευρά, από την επιφάνεια εκτύπωσης.



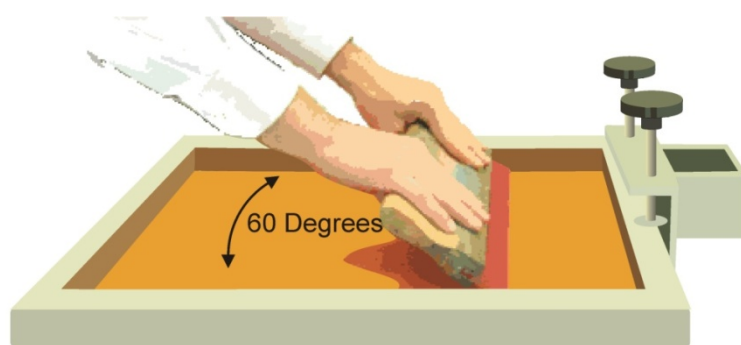
Σχήμα 7. Γεωμετρία σαρώθρου.

Το σάρωθρο αποτελείται συνήθως από ένα παραλληλόγραμμο κομμάτι πολυουρεθάνης πάχους 10 mm (ιδανικό πάχος για την υποστήριξη της κόψης του σαρώθρου), ενώ η γεωμετρία της κόψης του (Σχήμα 7) και ο τύπος του σαρώθρου (Σχήμα 8) (απλό, διπλό υπό γωνία) μπορεί να ποικίλουν ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής.



Σχήμα 8. Διάφοροι τύποι σαρώθρων.

Η γωνία κλίσης του σαρώθρου ως προς το επίπεδο του πλέγματος, σε συνδυασμό με την ταχύτητα μετακίνησής του, καθορίζουν το χρόνο που απαιτείται για το γέμισμα των οπών του πλέγματος με το μελάνι. Μειώνοντας τη γωνία χρήσης μειώνεται και η δύναμη που εφαρμόζεται στο μελάνι, με αποτέλεσμα το τελευταίο να μην απλώνεται σωστά. Αντίθετα, αύξηση της γωνίας χρήσης επηρεάζει σημαντικά την ελαστικότητα του σαρώθρου και ως εκ τούτου την ποιότητα εκτύπωσης. Η σωστή γωνία χρήσης προκύπτει από το συνδυασμό των παραπάνω παραμέτρων.



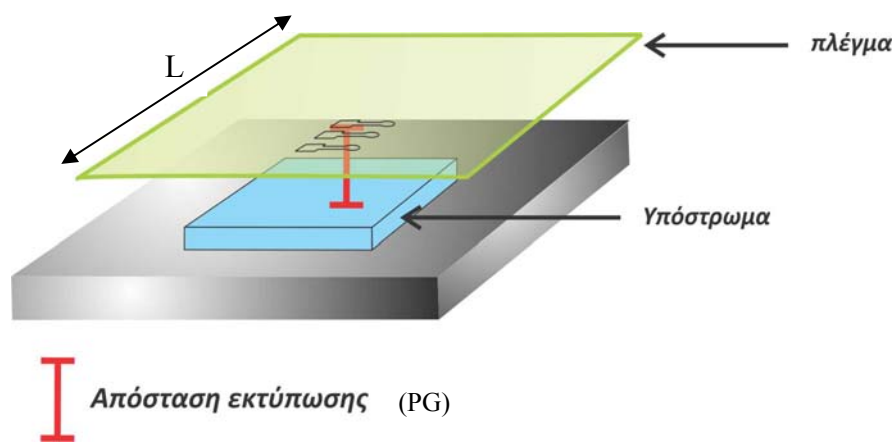
Σχήμα 9. Γωνία κλίσης σαρώθρου.

Πρακτικά, μια γωνία 60° (Σχήμα 9) μοιρών, που μετά την εφαρμογή πίεσης μειώνεται περίπου τις 45° , δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην πλειοψηφία των εφαρμογών. Για να αυξήσουμε το χρόνο καλής λειτουργίας του σαρώθρου θα πρέπει να αποφεύγεται η απομάκρυνση του μελανιού με αιχμηρά εργαλεία, τα οποία φθείρουν την επιφάνειά του, η διατήρησή του επί ώρες μέσα σε διαλύτη και η παραμονή του στο μηχάνημα μετά τη χρήση. Το υλικό είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό αλλά οι φθορές που δε διακρίνονται με γυμνό μάτι είναι ικανές να αλλοιώσουν το αποτέλεσμα της εκτύπωσης.

1.5 Απόσταση εκτύπωσης

Η απόσταση εκτύπωσης ορίζεται από την απόσταση (Print Gap, PG) μεταξύ της κάτω όψης του πλέγματος και της επιφάνειας εκτύπωσης (Σχήμα 10). Η βέλτιστη απόσταση εκτύπωσης διαφέρει ανάλογα με την πίεση που εφαρμόζεται στο πλέγμα,

την επιφάνεια εκτύπωσης, την πυκνότητα του μελανιού, την ταχύτητα κίνησης του σαρώθρου και υπολογίζεται από το γινόμενο του πλάτους του πλέγματος (L) με το συντελεστή που αντιστοιχεί ανάλογα με το υλικό, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3. Για δεδομένες τιμές πίεσης και ταχύτητας μετακίνησης του σαρώθρου, η μείωση της απόστασης εκτύπωσης οδηγεί σε μείωση του πάχους της εκτύπωσης και το αντίστροφο. Επίσης η απόσταση εκτύπωσης καθορίζει και την πίεση που απαιτείται για την ώθηση του πλέγματος προς επαφή με το υπόστρωμα.



Σχήμα 10 Απόσταση εκτύπωσης (PG).

Πίνακας 3. Υπολογισμός απόστασης εκτύπωσης

	Ανοξείδωτος χάλυβας	Πολυεστέρας	Νάυλον
PG	$L \times 0,004$	$L \times 0,006$	$L \times 0,010$

1.6 Υλικά εκτύπωσης

Ένα από τα πλεονεκτήματα της τεχνικής εκτύπωσης μέσω πλέγματος είναι η ποικιλία των υλικών εκτύπωσης. Προφανώς για μια καλή εκτύπωση θα πρέπει το υλικό εκτύπωσης να παρουσιάζει υψηλή σύμφυση με το υπόστρωμα. Μερικά από τα πιο συνηθισμένα υλικά που χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα για την κατασκευή

ηλεκτροδίων είναι τα εξής: PVC, πολυεστέρας, πολυουρεθάνη, πολυπροπυλένιο, κεραμικά (SiO_2) κ.α.

Τα υλικά εκτύπωσης αναφέρονται με διάφορους όρους όπως μελάνι, πάστα, βαφή, κ.α. ανάλογα πάντα με το τι περιέχουν και το σκοπό χρήσης τους. Παρόλα αυτά, συνήθως χρησιμοποιούνται οι όροι μελάνι και πάστα. Αν και οι δύο όροι χρησιμοποιούνται εναλλακτικά, το μελάνι αναφέρεται σε ένα υλικό εκτύπωσης με μικρή πυκνότητα, ενώ αντίθετα η πάστα σε ένα υλικό με υψηλή πυκνότητα. Η παρασκευή μελανιών είναι ένα εξειδικευμένο πεδίο έρευνας και η σύστασή τους αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της εταιρίας που τα παρασκευάζει. Για το χρήστη συνήθως αρκεί μια γενική περιγραφή όσον αφορά στη σύσταση του.

Όλα τα μελάνια αποτελούνται από δύο βασικά συστατικά: αυτό που δίνει το χρώμα ή κάποιο άλλο ενεργό συστατικό (μέταλλο, άνθρακας, διηλεκτρικό υλικό) και αυτό, μέσω του οποίου θα γίνει η διασπορά του πρώτου και η εναπόθεσή του στο υπόστρωμα. Επιπρόσθετα, τα μελάνια περιέχουν και συστατικά που βελτιώνουν τις ρεολογικές ιδιότητες αυτών ή βοηθούν στη ξήρανσή τους μετά τη θερμική κατεργασία, που ακολουθεί το στάδιο της εκτύπωσης. Το συστατικό (vehicle) στο οποίο γίνεται η διασπορά των ενεργών σωματιδίων πρέπει να είναι κολλοειδούς, ελαστικής φύσης έτσι ώστε το μελάνι να μπορεί να πιέζεται, να αλλάζει σχήμα και παρόλα αυτά να παραμένει συνεκτικό.

Στη βιομηχανία εκτύπωσης το μελάνι περιγράφεται σύμφωνα με το “μήκος” του. Οι ακραίες τιμές αυτής της κλίμακας αναφέρονται στα μελάνια μεγάλου “μήκους” (σιρόπι) και τα μικρού “μήκους” (βούτυρο). Τα μελάνια διατίθενται έτοιμα προς χρήση και συνήθως συνοδεύονται από ένα διαλύτη για να μπορεί ο χρήστης να ρυθμίζει την πυκνότητα και το ιξώδες τους.



Ένα μελάνι για να είναι κατάλληλο για εκτύπωση μέσω πλέγματος θα πρέπει

- 1) Να έχει λεπτή, ρευστή (σιροποειδή) υφή
- 2) Να διέρχεται εύκολα μέσω των οπών του πλέγματος
- 3) Να απομακρύνεται εύκολα από το πλέγμα καθώς το τελευταίο αποκολλάται από το υλικό εκτύπωσης
- 4) Να ρέει εύκολα όταν απλώνεται από το σάρωθρο πάνω στο πλέγμα και
- 5) Να μη στεγνώνει μέσα στις οπές κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης.

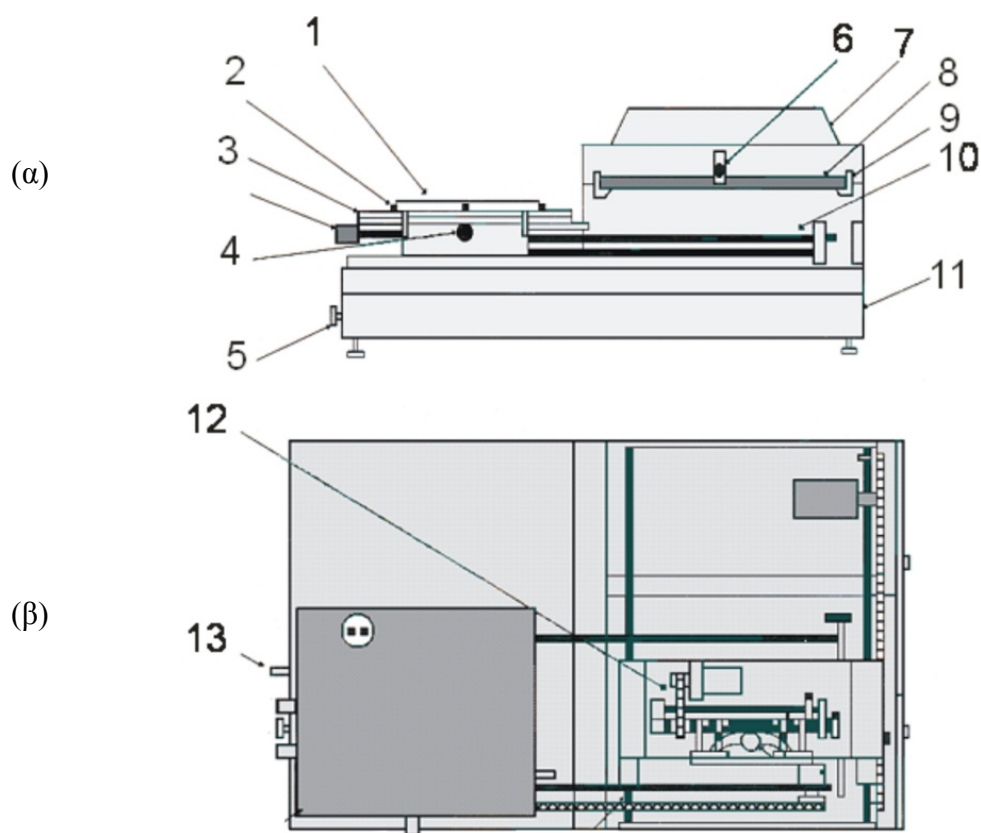
Τα μεγαλύτερα προβλήματα εμφανίζονται όταν το μελάνι είναι πυκνότερο από ότι χρειάζεται ή “στεγνώνει” πολύ γρήγορα μέσα στις οπές του πλέγματος. Συνήθως, τα μελάνια διατίθενται σε μεγαλύτερη πυκνότητα από αυτή που απαιτείται για την εκτύπωση και σε αυτή την περίπτωση συνίσταται η ανάμειξή τους με διαλύτες (thinners) ή/και ουσίες (retarders), που επιβραδύνουν το “στέγνωμα” αυτών. Ο διαλύτης προστίθεται σε μικρές ποσότητες έως ότου επιτευχθεί η επιθυμητή ρευστότητα. Η βέλτιστη ποσότητα του διαλύτη κυμαίνεται μεταξύ 4 – 5%.

Μια εμπειρική δοκιμή για το αν η ρευστότητα του μελανιού είναι κατάλληλη προς εκτύπωση είναι η εξής. Το μελάνι πρέπει να ρέει με ευκολία ως μια ομοιόμορφη, συνεχής μάζα (χωρίς να δημιουργεί σβόλους) και καθώς έρχεται σε επαφή με το κυρίως σώμα του μελανιού να δημιουργεί μια μικρή κορυφή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 11.



Σχήμα 11. (α) Σωστή και (β), (γ) λάθος ροή μελανιού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. Σχηματική αναπαράσταση του αυτόματου εκτυπωτή DEK 247.



Απεικόνιση της πρόσοψης (α) και της κάτοψης (β) του εκτυπωτή DEK 247 που χρησιμοποιήθηκε για την εκτύπωση ηλεκτροδίων στην παρούσα εργασία. **1:** υλικό στήριξης, **2:** υποδοχείς υλικού στήριξης, **3:** κινητή βάση, **4:** κοχλίες διεύθυνσης X και περιστροφής, **5:** κοχλίας διεύθυνσης Y, **6:** ασφάλεια συγκράτησης πλέγματος, **7:** προστατευτικό κάλυμμα, **8:** πλέγμα εκτύπωσης, **9:** οδηγοί πλέγματος, **10:** οδηγοί βάσης, **11:** σημείο εισαγωγής συστήματος κενού, **12:** ελαστικό σάρωτρο (σκούπα), **13:** μοχλός ακινητοποίησης βάσης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2. Διάφορα μοντέλα εμπορικών αυτόματων εκτυπωτών



SFB – C
(KINA)



MPM – AP25S
(Η.Π.Α.)



DEK 260
(ΑΓΓΛΙΑ)



DEK 248

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3. Κατάλογος εταιρειών σχετικές με την εκτύπωση μέσω πλέγματος

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΕΣ ΕΚΤΥΠΙΩΤΩΝ

DEK	www.dek.com
Adamtech	www.adamtech.co.uk
MPM	www.mpm.co.jp

ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΜΕΛΑΝΙΩΝ

Acheson	www.achesonindustries.com
Dupont	www.dupontteijinfilms.com
Coates	www.coats.de
Agment – ESL	www.electroscience.com
Sericol	www.sericol.co.uk
Gwent Electronic Materials	www.gwent.org

ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Mac Dermid	www.macdermid.com
Dupont	www.dupontteijinfilms.com
Goodfellow	www.goodfellow.com
Cadillac Plastic	www.cadillac-plastic.de
Mylar	www.k-mac-plastics.net

