

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διερεύνηση και εφαρμογές του προγράμματος EdgeCAM στην κατεργασία της ηλεκτροδιάβρωση σύρματος



Εκ του : Ιωάννη Ντζιαντζιά

Επιβλέποντες καθηγητές: Δρ. Μηχ. Κ. Καρατζόγλου
Δρ. Μηχ. Γ. Πετρόπουλος
Δρ. Μηχ. Ν. Χασιώτης

Βόλος, Σεπτέμβριος 2001



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 913/1
Ημερ. Εισ.:
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜΒ
2001
NTZ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000062965

Πρόλογος

Το αντικείμενο της διπλωματικής αφορά την διερεύνηση του προγράμματος EdgeCAM στην κατεργασία της ηλεκτροδιάβρωσης σύρματος και την εφαρμογή του σε παραδείγματα.

Το EdgeCAM της Pathtrace, αποτελεί ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing) για το σχεδιασμό των προϊόντων και τον έλεγχο των διεργασιών παραγωγής. Σκοπός του προγράμματος είναι η παραγωγή κώδικα CNC για τις Computer Numerically Controlled (CNC) εργαλειομηχανές.

Αρχικά, γίνεται γενική παρουσίαση της κατεργασίας της ηλεκτροδιάβρωσης σύρματος, που περιλαμβάνει την αρχή λειτουργίας της και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται εκτενώς το πρόγραμμα EdgeCAM τόσο για τις δυνατότητες σχεδίασης όσο και των επιλογών κατεργασίας τρισδιάστατων μοντέλων με την μέθοδο της ηλεκτροδιάβρωσης σύρματος.

Η εφαρμογή του προγράμματος γίνεται αρχικά σε πρισματικά κομμάτια όπου η κατεργασία τους είναι σχετικά απλή, για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας τόσο της ηλεκτροδιάβρωσης σύρματος όσο και του προγράμματος EdgeCAM, και στη συνέχεια σε μη πρισματικά κομμάτια (με ευθειογενείς επιφάνειες) όπου η κατεργασία τους χωρίς κάποιο πρόγραμμα CAM θα ήταν πολύ δύσκολη και χρονοβόρα ή ακόμα και αδύνατη. Σε κάθε περίπτωση, γίνεται προσομοίωση της κατεργασίας των κομματιών μέσω του EdgeCAM και παράγεται ο κώδικας CNC.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω προσωπικά τον κ. Γ. Πετρόπουλο για την φιλοξενία στο εργαστήριο μηχανουργικών κατεργασιών, την πολύτιμη συνεργασία του και την παροχή του κατάλληλου εξοπλισμού για την πραγματοποίηση της διπλωματικής.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα "παιδιά" του εργαστηρίου για την συνεργασία και την ευχάριστη συμβίωσή μας και γενικότερα όλους τους συμφοιτητές μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους μηχανολόγους που ανέχονται να γίνω συνάδελφός τους.

Στα παιδιά του εργαστηρίου

Περιεχόμενα

<i>Πρόλογος</i>		<i>1</i>
<i>Ευχαριστίες</i>		<i>2</i>
<i>Περιεχόμενα</i>		<i>4</i>
1	Εισαγωγή	8
1.1	<i>Εργαλειομηχανές και κατεργασίες</i>	<i>8</i>
1.2	<i>Μη συμβατικές κατεργασίες</i>	<i>8</i>
1.3	<i>Κατεργασία με ηλεκτροδιάβρωση</i>	<i>10</i>
1.3.1	<i>Εισαγωγή</i>	<i>10</i>
1.3.2	<i>Αρχή λειτουργίας</i>	<i>10</i>
1.3.3	<i>Παράμετροι κατεργασίας</i>	<i>12</i>
1.3.3.1	<i>Διάκενο</i>	<i>12</i>
1.3.3.2	<i>Χρονισμός παλμού τάσης</i>	<i>12</i>
1.3.3.3	<i>Τάση και ένταση ρεύματος της εκκένωσης</i>	<i>13</i>
1.3.3.4	<i>Έκπλυση διακένου</i>	<i>14</i>
1.3.4	<i>Προβλήματα της κατεργασίας</i>	<i>15</i>
1.3.5	<i>Παραλλαγές της κατεργασίας</i>	<i>19</i>
1.3.5.1	<i>Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση</i>	<i>19</i>
1.3.5.1.1	<i>Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση και οδήγηση τροχιάς</i>	<i>20</i>
1.3.5.1.2	<i>Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση και πλανητική κίνηση</i>	<i>20</i>
1.3.5.2	<i>Κοπή με σύρμα</i>	<i>21</i>
1.3.5.3	<i>Λείανση και πριόνισμα με ηλεκτροδιάβρωση</i>	<i>21</i>
1.3.6	<i>Γενικές τεχνολογικές κρίσεις</i>	<i>22</i>
1.3.6.1	<i>Πλεονεκτήματα</i>	<i>22</i>
1.3.6.2	<i>Μειονεκτήματα</i>	<i>22</i>
2	Ηλεκτροδιάβρωση σύρματος	23
2.1	<i>Περιγραφή</i>	<i>23</i>
2.2	<i>Παροχή ρεύματος</i>	<i>26</i>
2.3	<i>Επιφάνειες</i>	<i>27</i>
2.4	<i>Έκπλυση και διηλεκτρικά</i>	<i>27</i>
2.5	<i>Σύρμα</i>	<i>28</i>
2.6	<i>Ταχύτητα κοπής</i>	<i>28</i>
2.7	<i>Εφαρμογές</i>	<i>28</i>
2.8	<i>Γενικές παρατηρήσεις</i>	<i>29</i>
3	Γενική παρουσίαση του EdgeCAM	30
3.1	<i>Περιγραφή του EdgeCAM</i>	<i>30</i>
3.2	<i>Κύρια χαρακτηριστικά του EdgeCAM</i>	<i>31</i>
3.3	<i>EdgeCAM σχέδιο και διαμόρφωση</i>	<i>31</i>

3.4	<i>EdgeCAM</i> κατεργασίες	32
3.4.1	Τόρνευση 2 αξόνων	32
3.4.2	Τόρνευση 4 αξόνων (με δυο πυργίσκους)	32
3.4.3	Τόρνευση C & Y αξόνων (Κατεργασία φρέζας σε τόρνο)	33
3.4.4	Φρεζάρισμα	34
3.4.5	Κατεργασία σε πολλά επίπεδα και σχήματα εκ περιστροφής	34
3.4.6	Περίπλοκες επιφάνειες	35
3.4.7	Ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα	35
3.5	<i>Πρόσθετα προγράμματα στο πακέτο EdgeCAM</i>	36
3.5.1	Αποθήκη βάσης δεδομένων εργαλείων - ToolStore	36
3.5.2	Βοήθημα για την αποθήκη εργαλείων - ToolKit Assistant	37
3.5.3	Τεχνολογικά δεδομένα - Technology Assistant	37
3.5.4	Προσομοίωση - Verify	38
3.5.5	Μακροεντολές PCI και PDI	38
3.5.6	Συντάκτης κειμένου - Editor	38
3.5.7	Μετατροπείς κώδικα - Code Wisard	39
3.5.8	Επικοινωνία με άλλα προγράμματα-EdgeCAM Communications	39
4	Ηλεκτροδιάβρωση σύρματος του EdgeCAM	40
4.1	<i>Βασικά της Κατεργασίας ενός μοντελου</i>	41
4.1.1	Επίδειξη της γραμμής εργαλείων του σύρματος	43
4.1.2	Δημιουργία του σχεδίου	43
4.1.3	Λοξό προφίλ	44
4.1.3.1	Χαρακτηριστικά της εντολής λοξού προφίλ	44
4.1.3.2	Γενικές παράμετροι	44
4.1.3.2.1	Όψεις - Views	45
4.1.3.2.2	Πάχος πλέγματος - Thickness	45
4.1.3.2.3	Αρχική / Τελική γωνία κωνικότητας - Start / End Taper	45
4.1.3.2.4	Πλέγμα - Fence	47
4.1.3.3	Παράμετροι τόξου	48
4.1.3.3.1	Έλλειψη - Ellipse	48
4.1.3.3.2	Ακτίνα - Radius	48
4.1.3.3.3	Αρχική / Τελική κατάσταση - Start / End Condition	48
4.1.3.3.4	Τύπος γωνίας - Corner Type	48
4.1.3.3.4.1	Κυλινδρικός τύπος γωνίας	49
4.1.3.3.4.2	Κωνικός τύπος γωνίας	49
4.1.3.3.4.3	Ελλειπτικός τύπος γωνίας	51
4.1.3.3.5	Αρχική / Τελική κατάσταση - Start / End Condition	51
4.1.3.3.5.1	Βήμα - Step: Απότομη αλλαγή λοξότητας	52
4.1.3.3.5.2	Τομή - Intersect: Συνδυασμένη λοξότητα	52
4.1.4	Προφίλ από μετατροπή	53
4.1.4.1	Χαρακτηριστικά του προφίλ από μετατροπή	53
4.1.4.2	Παράμετροι του προφίλ από μετατροπή	53
4.1.4.2.1	X / Y Σχετικό - X / Y Increment	54
4.1.4.2.2	Περιστροφή - Rotation	55
4.1.4.2.3	Κλίμακα - Scale	55
4.1.5	Σύνδεση προφίλ	57
4.1.5.1	Χαρακτηριστικά σύνδεσης προφίλ	57
4.1.5.2	Παράμετροι σύνδεσης προφίλ	57

4.1.5.2.1	Αυτόματες συνδέσεις - Automatic Links	58
4.1.5.2.1.1	Πλησιέστεροι κόμβοι - Closest node	58
4.1.5.2.1.2	Πλησιέστερη θέση - Closest position	58
4.1.5.2.1.3	Αναλογικά - Proportional	59
4.1.5.2.1.4	Κόμβο με κόμβο - Node to node	59
4.1.5.2.1.5	Σύνδεση με το χέρι: Επιλογή << Τίποτα - None >>	60
4.1.6	Τομή πλέγματος - Wire Section	60
4.1.7	Μοντελοποίηση	62
4.2	Δημιουργία της διαδρομής του σύρματος	63
4.2.1	Χαρακτηριστικά της διαδρομής σύρματος	63
4.2.2	Είσοδος στο περιβάλλον κατεργασίας	63
4.2.3	Φασεολόγιο	64
4.2.4	Καθορισμός φασεολογίου	64
4.2.5	Λειτουργίες M- Function	65
4.2.5.1	Εισαγωγή αναμονής (Dwell) στο φασεολόγιο	65
4.2.5.2	Καθορισμός των παραμέτρων της μηχανής	65
4.2.6	Έλεγχος των λειτουργιών	67
4.2.7	Επιλογή του σύρματος	67
4.2.8	Κινήσεις του σύρματος	68
4.2.8.1	Κίνηση με τη μέγιστη ταχύτητα - Rapid	68
4.2.8.2	Κίνηση με ταχύτητα πρόωσης - Feed	68
4.2.8.3	Κίνηση στην αρχική θέση - Home	68
4.2.9	Σχεδιασμός κατεργασίας	68
4.2.9.1	Γενικοί παράμετροι του σχεδιασμού κατεργασίας	69
4.2.9.2	Βήματα κατεργασίας	70
4.2.9.3	Εφαρμογή διόρθωσης τροχιάς (Offset)	72
4.2.9.4	Εφαρμογή τμήματος στήριξης (Support Tag)	73
4.2.9.5	Εφαρμογή υπερκάλυψης (Overlap)	73
4.2.9.6	Εφαρμογή ακτίνας αναστροφής (Twizzle Radius)	74
4.2.9.7	Αντιστάθμιση ακτίνας - Radius Compensation	75
4.2.9.8	Παράμετροι οδήγησης του σχεδιασμού κατεργασίας	77
4.2.9.9	Παράδειγμα σχεδιασμού κατεργασίας	79
4.2.10	Κοπή του τμήματος στήριξης	82
4.2.11	Εφαρμογή των 2D κύκλων κατεργασιών	83
4.2.11.1	2D ολική αφαίρεση υλικού	83
4.2.11.2	Κοπή 2D προφίλ (Πρισματική κατεργασία)	87
4.2.11.3	Δημιουργία της αρχικής οπής	89
4.2.12	Έλεγχος του χρόνου κατεργασίας	90
4.2.12.1	Πειραματικός έλεγχος υπολογισμού χρόνου κατεργασίας σε τετράγωνο	91
4.2.12.2	Πειραματικός έλεγχος υπολογισμού χρόνου κατεργασίας σε κύκλο	91
4.2.12.3	Επαλήθευση χρόνου κατεργασίας σε πολύπλοκο προφίλ	92
4.2.13	Επαλήθευση της διαδρομής του σύρματος	93
4.2.14	Επαλήθευση των παραμέτρων κατεργασίας	94
4.2.15	Παραγωγή του κώδικα CNC	95
4.2.15.1	Παραγωγή του κώδικα CNC από το φασεολόγιο κατεργασίας	95
5	Εφαρμογές του EdgeCAM	98

5.1	Μήτρα προφίλ αλουμινίου	98
5.1.1	Περιγραφή του κομματιού	98
5.1.2	Κατασκευαστικό σχέδιο	100
5.1.3	Σχεδίαση στο AutoCAD	100
5.1.4	Εισαγωγή σχεδίου από AutoCAD	102
5.1.5	3D Σχεδιασμός και πρόσθεση επιφανειών	103
5.1.6	Δημιουργία συρμάτινου πλέγματος	104
5.1.6.1	Σχεδιασμός βοηθητικών γραμμών	104
5.1.6.2	Συρμάτινο πλέγμα κυρίας κοπής	105
5.1.6.3	Συρμάτινο πλέγμα τμήματος στήριξης	106
5.1.7	Μοντελοποίηση	108
5.1.8	Είσοδος στο περιβάλλον κατεργασίας	108
5.1.9	Επιλογή σύρματος	109
5.1.10	Φάσεις κατεργασίας	110
5.1.10.1	Κυρίως κοπή	110
5.1.10.2	Προεργασία του κομματιού πριν την κοπή του τμήματος στήριξης	114
5.1.10.3	Κοπή τμήματος στήριξης	115
5.1.11	Χρόνος κατεργασίας	116
5.1.12	Προσομοίωση της κατεργασίας	117
5.1.13	Παραγωγή του κώδικα CNC	118
5.2	Εργαλείο βύθισης με ηλεκτροδιάβρωση	120
5.2.1	Περιγραφή	120
5.2.2	Σχεδιασμός και διαστασιολόγηση	120
5.2.3	Είσοδος στο περιβάλλον κατεργασίας	122
5.2.4	Κατεργασία του εργαλείου	123
5.2.5	Χρόνος κατεργασίας	125
5.2.6	Προσομοίωση κατεργασίας	125
5.2.7	Παραγωγή του κώδικα CNC	125
6	Παράρτημα (Α) Τεχνικά χαρακτηριστικά	127
6.1	Σύρμα ηλεκτροδιάβρωσης από ορείχαλκο	127
6.2	Σύρμα ηλεκτροδιάβρωσης από μολυβδαίνιο	129
7	Παράρτημα (Β) Δενδριτική μορφή του "EdgeCAM Wire EDM manual"	130
8	Παράρτημα (Γ) Περιεχόμενα εικόνων	139
9	Παράρτημα (Δ) Λεξιλόγιο	144
10	Παράρτημα (Ε) Ευρετήριο	147
11	Παράρτημα (Ζ) Βιβλιογραφία	149

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ

Κάθε παραγωγή προϋποθέτει πρώτες ύλες, τεχνολογικό εξοπλισμό και τεχνογνωσία και βασίζεται σε αλλαγή ιδιοτήτων των υλικών ώστε να καταλήξει στο τελικό προϊόν. Όταν οι διαδικασίες που χρησιμοποιούνται, αναφέρονται σε αλλαγές γεωμετρικών και μηχανικών ιδιοτήτων, τότε ονομάζονται κατεργασίες και είναι το αντικείμενο της τεχνολογίας κατεργασιών, που είναι μέρος της μηχανολογίας. Στην περίπτωση που αναφέρονται σε αλλαγές φυσικών και χημικών ιδιοτήτων, τότε ονομάζονται διεργασίες και είναι αντικείμενο μελέτης της χημικής τεχνολογίας.

Η προσπάθεια να ικανοποιηθεί μεγάλο πλήθος αναγκών με την αξιοποίηση και εκμετάλλευση του μετάλλου, σε συνδυασμό με την αλματώδη εξέλιξη της τεχνολογίας είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη για τον σκοπό αυτό, πολύ μεγάλης ποικιλίας μηχανών. Εργαλειομηχανές ονομάζονται γενικότερα οι μηχανές που χρησιμεύουν σε ευρύτερη έννοια ως εργαλεία για την εφαρμογή των διαφόρων μεθόδων που έχουν επινοηθεί για την κατεργασία προϊόντων, με κατανάλωση ενέργειας προερχόμενης από κινητήριες μηχανές και όχι από ανθρώπινο δυναμικό.

Ιδιαίτερη θέση στις σύγχρονες εργαλειομηχανές έχουν οι εργαλειομηχανές με αριθμητικό έλεγχο (εργαλειομηχανές CNC). Η μεγάλη πρόοδος της ηλεκτρονικής, των ηλεκτρικών υπολογιστών, της ηλεκτροτεχνίας, των υδραυλικών, πνευματικών και μηχανικών συστημάτων καθώς και του αυτόματου ελέγχου σε κάθε δραστηριότητα του ανθρώπου είχε ως συνέπεια και την εφαρμογή της αντίστοιχης τεχνολογίας στις εργαλειομηχανές. Με κατάλληλες προσαρμογές και προσθήκες στη συγκρότησή τους και με τον εξοπλισμό τους με ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου, έγινε δυνατή η πλήρης αυτοματοποίηση των κινήσεων και της λειτουργίας τους. Δημιουργήθηκε έτσι, μια εντελώς νέα και με μεγάλες δυνατότητες και πλεονεκτήματα οικογένεια μηχανών, οι προγραμματιζόμενες εργαλειομηχανές (CNC). Ο χαρακτηρισμός προγραμματιζόμενες οφείλεται στο ότι η αυτόματη λειτουργία τους ακολουθεί πιστά και με ακρίβεια τις εντολές και οδηγίες που περιέχονται σε ένα κατάλληλα συντεταγμένο πρόγραμμα κατεργασίας.

Είναι τόσο μεγάλο το πλήθος και το είδος των μεθόδων κατεργασίας και αντίστοιχα, τα είδη και οι ποικιλίες των εργαλειομηχανών που υπάρχουν για το σκοπό αυτό, που μόνο γενικά μπορεί να γίνει μια κατάταξή τους.

Οι κατεργασίες διακρίνονται στην πρωτογενή διαμόρφωση (π.χ. χύτευση, κονιομεταλλουργία), στη διαμόρφωση (π.χ. έλαση, διέλαση, κάμψη, κοίλανση), στην αφαίρεση υλικού (π.χ. τόννος, πλάνη, φρέζα), στην σύνδεση (π.χ. ήλωση, συγκόλληση, κοχλίωση), στην επικάλυψη (π.χ. ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση) και στη βελτίωση ιδιοτήτων (π.χ. βαφή με φλόγα, εναζώτωση).

1.2 ΜΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ

Η μεγάλη εξέλιξη της τεχνολογίας στην εποχή μας είχε ως συνέπεια, μεταξύ των άλλων και την ανάπτυξη νέων μεθόδων κατεργασίας των μετάλλων που διαφέρουν βασικά ως προς τις αρχές και τους νόμους της φυσικής που χρησιμοποιούν, από τις γνωστές και καθιερωμένες μεθόδους μηχανικής αφαίρεσης υλικού. Οι νέες μέθοδοι που χαρακτηρίζονται ως μη συμβατικές μέθοδοι κατεργασίας, αναπτύχθηκαν για την αντιμετώπιση προβλημάτων κατεργασίας νέων πολύ σκληρών υλικών και σύνθετων κομματιών από ειδικά υλικά με μεγάλες

απαιτήσεις ακριβείας και ποιότητας, είτε συνδέονται με υψηλό κόστος ή μεγάλο χρόνο κατεργασίας ή και πλήρη αδυναμία εφαρμογής των γνωστών συμβατικών μεθόδων.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι σημαντικότερες μη συμβατικές κατεργασίες ενταγμένες σε πέντε κύριες κατηγορίες: θερμικές, χημικές, ηλεκτροχημικές, με υπερήχους και νερό υψηλής πίεσης.

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	
Ηλεκτροδιάβρωση	Electrical Discharge Machining (EDM)
Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση	Die-Sinking EDM
Κατεργασία κοπής με σύρμα	Wire EDM
Λείανση με ηλεκτροδιάβρωση	EDM Grinding
Δέσμη ηλεκτρονίων	Electron beam
Ακτίνα πλάσματος	Plasma beam
Ακτίνα λέιζερ	Laser beam
ΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	
Χημικό φρεζάρισμα	Chemical milling
Φωτοχημική κατεργασία	Photochemical machining
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	
Ηλεκτροχημική κατεργασία	Electrochemical machining
Ηλεκτροχημική λείανση	Electrochemical grinding
Ηλεκτροχημική λείανση με ηλεκτροδιάβρωση	Electrochemical discharge grinding
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ	
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕ ΝΕΡΟ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	
Κατεργασία με νερό υψηλής πίεσης	Waterjet cutting
Κατεργασία με νερό υψηλής πίεσης και λειαντικούς τροχούς	Abrasive waterjet machining

Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει μια εκτενέστερη προσέγγιση στην κατεργασία με ηλεκτροδιάβρωση, καθώς παρουσιάζει αξιοσημείωτη εξάπλωση και στον κόσμο αλλά και στην Ελληνική αγορά, τόσο σε πλήθος εφαρμογών, όσο και σε αριθμό εγκατεστημένων σχετικών εργαλειομηχανών.

1.3 ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ

1.3.1 Εισαγωγή

Ένα από τα πλέον γνωστά φαινόμενα του ηλεκτρισμού είναι ότι κάθε φορά που δύο αγωγοί υπό τάση απομακρύνονται δημιουργείται πάντα ηλεκτρικός σπινθήρας. Ο σπινθήρας αυτός είναι συνυφασμένος με υψηλές θερμοκρασίες ώστε να λιώνει και αποσπάται υλικό προκαλώντας φθορά στους δυο αγωγούς. Όταν η τάση είναι συνεχής δηλαδή έχει σταθερή πολικότητα, η φθορά του θετικού πόλου είναι μεγαλύτερη. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί ειδικά κράματα για ηλεκτρικές επαφές, που αντέχουν σε τέτοιου είδους καταπονήσεις.

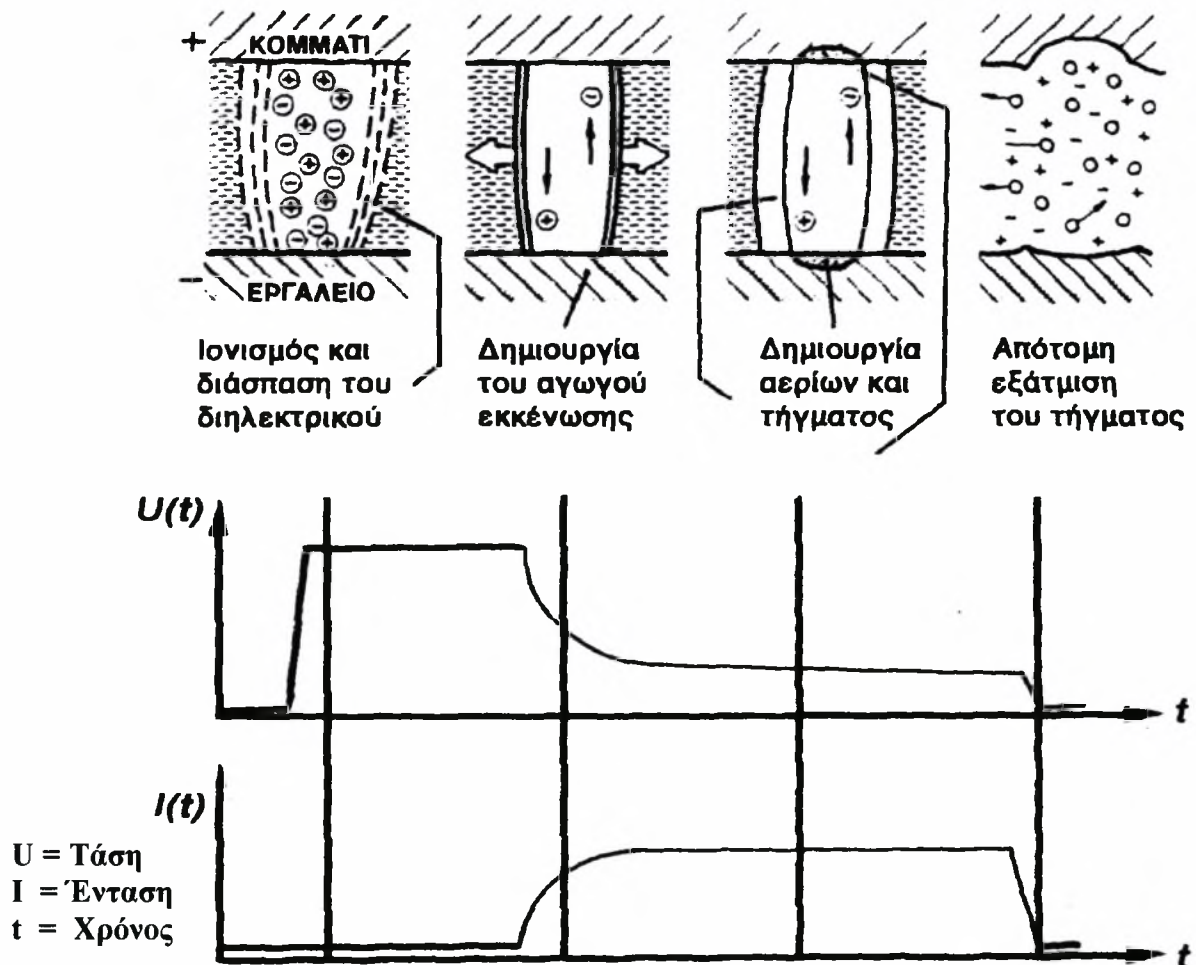
Στο φυσικό αυτό φαινόμενο στηρίχθηκε μια νέα μέθοδος κατεργασίας, η ηλεκτροδιάβρωση, στην οποία γίνεται ακριβώς αφαίρεση υλικού με τη βοήθεια ελεγχόμενων ηλεκτρικών εκκενώσεων. Η εφαρμογή του φαινομένου αυτού, έγινε στην προσπάθεια του ανθρώπου να κατεργαστεί υλικά τόσο σκληρά και πολύπλοκης μορφής, που είναι αδύνατον να υποστούν κατεργασία με συμβατικές μεθόδους. Η επιλογή, όμως, των ηλεκτροδίων και των άλλων συνθηκών της κατεργασίας γίνεται με τρόπο ώστε η φθορά του κατεργαζόμενου κομματιού να μεγιστοποιηθεί, η φθορά αντιθέτως του εργαλείου να είναι ελαχιστοποιημένη και η μεταφορά της μορφής του εργαλείου στο κομμάτι να είναι ακριβής.

1.3.2 Αρχή λειτουργίας

Αρχή λειτουργίας της ηλεκτροδιάβρωσης είναι η αφαίρεση υλικού με τη βοήθεια θερμικής ενέργειας, που παρέχεται από κατάλληλους σπινθήρες ανάμεσα στο εργαλείο και το κατεργαζόμενο κομμάτι, με αποτέλεσμα μικρά μέρη του να τήκονται και αποχωρίζονται από την υπόλοιπη μάζα του. Κομμάτι και εργαλείο συνδέονται αντίστοιχα σε ειδική ηλεκτρική τροφοδοτική μονάδα, γεννήτρια, που παρέχει την αναγκαία τάση και ένταση του ρεύματος καθώς και τη διάρκεια και τη συχνότητα των εκκενώσεων.

Οι ηλεκτρικές εκκενώσεις δημιουργούνται ανάμεσα στα δυο ηλεκτρόδια, εργαλείο και κατεργαζόμενο κομμάτι, που είναι βυθισμένα σε διηλεκτρικό υγρό ώστε στο διάκενο ανάμεσά τους να αναπτύσσεται ηλεκτροστατικό πεδίο. Όπου το διάκενο είναι ελάχιστο, η ένταση του ηλεκτροστατικού πεδίου είναι μέγιστη, με αποτέλεσμα το διηλεκτρικό να ιονίζεται και τελικά να διασπάται. Η τάση διάσπασης του διηλεκτρικού κυμαίνεται από 20 έως 150Volt και εξαρτάται τόσο από το σχήμα και την απόσταση των ηλεκτροδίων όσο και από τις μονωτικές ιδιότητες του χρησιμοποιούμενου διηλεκτρικού υγρού.

Έτσι, δημιουργείται αγωγός εκκένωσης από τον οποίο διέρχεται υψηλή ένταση ρεύματος από 10 έως και 1000A, και προκαλείται ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών 8000 με 12000 °C. Ο αγωγός αποτελείται εξωτερικά από μανδύα διαπύρων αερίων και στο κέντρο από πλάσμα που προκαλεί τήξη μερών των ηλεκτροδίων (Εικόνα 2.1). Τη στιγμή αυτή, η τάση τροφοδοσίας διακόπτεται με αποτέλεσμα το τήγμα να ψύχεται και στερεοποιείται ακαριαία συνήθως υπό μορφή σφαιριδίων. Με την κυκλοφορία του διηλεκτρικού τα απόβλητα απομακρύνονται αφήνοντας ελεύθερο το διάκενο.



Εικόνα Νο 2.1 : Φάσεις της ηλεκτρικής εκκένωσης

Οι ηλεκτρικές εκκενώσεις πραγματοποιούνται η μια μετά την άλλη, με συχνότητα 2000 έως 1000000 εκκενώσεις ανά δευτερόλεπτο και κάθε φορά στη θέση όπου το διάκενο είναι ελάχιστο. Έτσι, το διάκενο ανάμεσα στο εργαλείο και το κομμάτι διατηρείται σταθερό και εφόσον η φθορά του εργαλείου είναι πολύ μικρή, η μορφή του αποτυπώνεται πάνω στο κατεργαζόμενο κομμάτι. Η επιφάνεια του κομματιού που προκύπτει χαρακτηρίζεται από πολλούς μικρούς κρατήρες.

Σημαντικό είναι ότι αντίθετα με τις συμβατικές μεθόδους κοπής, στη συγκεκριμένη περίπτωση δε χρειάζεται καμιά απολύτως επιβολή δυνάμεως από την εργαλειομηχανή προς το κομμάτι για την αφαίρεση υλικού. Έτσι είναι δυνατό τα εργαλεία να κατασκευάζονται από σχετικά μαλακά και ευκολοκατέργαστα υλικά, όπως είναι ο χαλκός, ο ορείχαλκος, ο γραφίτης κ.α. Τόσο το κομμάτι, όμως, όσο και το εργαλείο πρέπει να είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού.

1.3.3 Παράμετροι κατεργασίας

1.3.3.1 Διάκενο

Μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους της ηλεκτροδιάβρωσης είναι το διάκενο ανάμεσα στα ηλεκτρόδια. Εάν το διάκενο είναι πολύ μεγάλο, η διάσπαση του διηλεκτρικού που βρίσκεται σ' αυτό δεν είναι δυνατή. Αντίθετα, αν το διάκενο είναι πολύ μικρό προκαλείται βραχυκύκλωμα, με συνέπεια την καταστροφή του κομματιού.

Υπάρχει περιοχή μεγέθους του διακένου όπου η εκκένωση είναι εφικτή αλλά η ενδεδειγμένη τιμή του εξαρτάται από άλλους παράγοντες. Ανάλογα με την περίπτωση, κυμαίνεται από 5 έως 500μm.

1.3.3.2 Χρονισμός παλμού τάσης

Σημαντικός παράγοντας, επίσης, είναι η συχνότητα και οι διάφορες χρονικές φάσεις του παλμού τάσης (Εικόνα 2.2).

Η **διάρκεια εκκένωσης** t_e αντιστοιχεί στο χρόνο που ο αγωγός εκκένωσης διαρρέεται από το ρεύμα εκκένωσης. Ο χρόνος αυτός πρέπει να είναι περιορισμένος καθώς πάνω από κάποιο όριο οδηγεί σε πολύ μεγάλη τραχύτητα επιφανείας του κομματιού.

Ο **χρόνος καθυστέρησης** t_d είναι ο χρόνος μεταξύ της αρχής του παλμού τάσης και της έναρξης της εκκένωσης. Ο χρόνος αυτός απαιτείται για να ιονιστεί το διάκενο.

Η **διάρκεια του παλμού** t_i είναι η διάρκεια που τα ηλεκτρόδια είναι συνδεδεμένα με την τάση και ισχύει η σχέση:

$$t_i = t_e + t_d$$

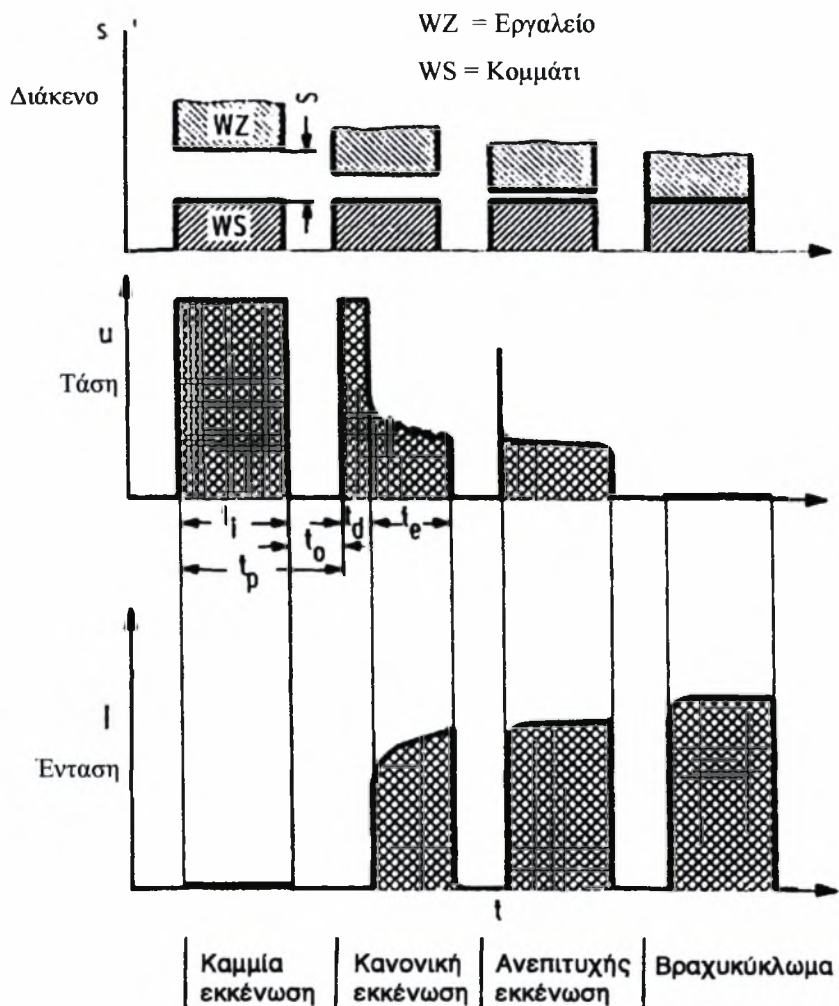
Ο **χρόνος διαλείμματος** t_o είναι η διάρκεια ανάμεσα στη διακοπή ενός παλμού και της έναρξης του επόμενου και είναι απαραίτητος για να επανέλθει το ιονισμένο υλικό στην αρχική του κατάσταση και να μη γίνει νέα εκκένωση στην ίδια θέση.

Η **περίοδος του παλμού τάσης** t_p είναι το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο συμπληρώνεται ένας πλήρης κύκλος εκκένωσης και ισχύει:

$$t_p = t_i + t_o$$

Η χρονική διάρκεια των φάσεων του παλμού τάσης είναι πολύ σημαντική για την επιτυχία της κατεργασίας. Έτσι, η διάρκεια του παλμού τάσης t_i δεν πρέπει να είναι πολύ μικρή ώστε να μη μειωθεί η απόδοση της κατεργασίας αλλά ούτε και πολύ μεγάλη για να αποφευχθεί ο υπερβολικός ιονισμός του υλικού που υπάρχει στο διάκενο με κίνδυνο τη δημιουργία βραχυκυκλώματος και καταστροφής του κομματιού.

Για τον ίδιο λόγο υπάρχουν σχετικά όρια και για το χρόνο διαλείμματος t_o . Δεν πρέπει να είναι πολύ μικρός, για να απιονιστεί το διηλεκτρικό στη θέση της εκκένωσης που προηγήθηκε ώστε η επόμενη εκκένωση να γίνει με ασφάλεια, αλλά ούτε και πολύ μεγάλος για αποφυγή καθυστέρησης.



Εικόνα Νο 2.2 : Επίδραση διακένου στη ποιότητα της εκκένωσης

1.3.3.3 Τάση και ένταση ρεύματος της εκκένωσης

Η ενέργεια της ηλεκτρικής εκκένωσης είναι:

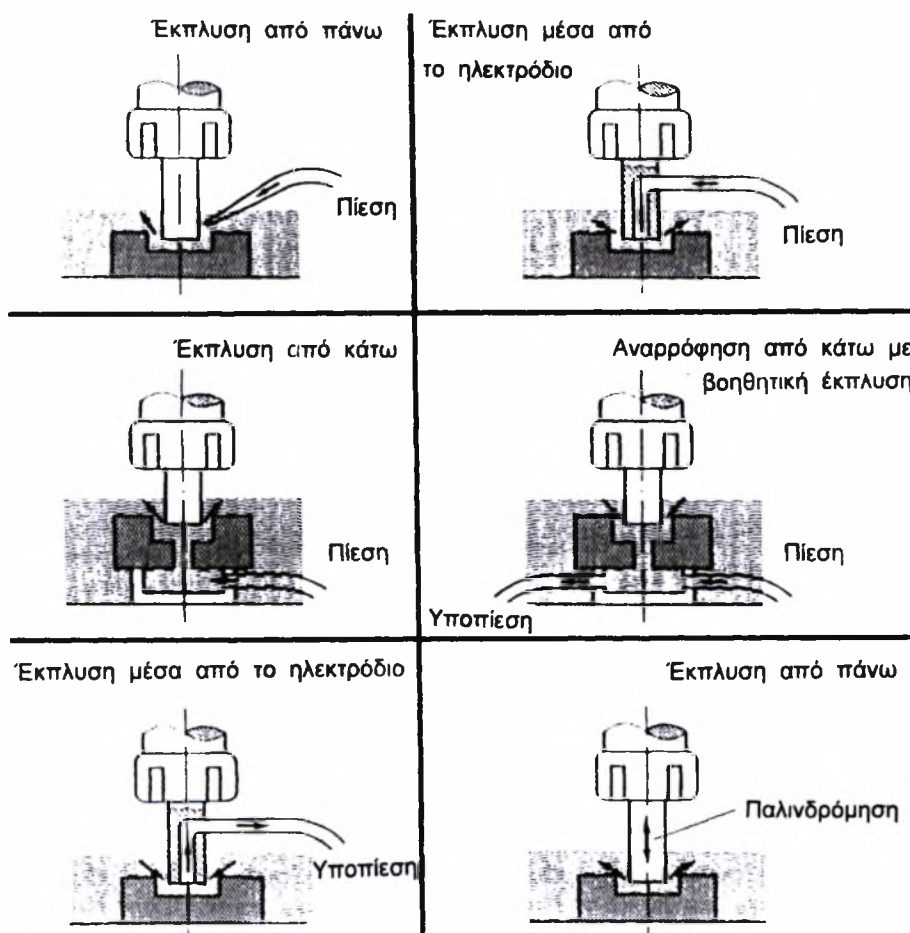
$$E = U_e * I_e * t_e$$

U_e είναι η **τάση διάσπασης**, που εξαρτάται από το διάκενο και το διηλεκτρικό υγρό,
 I_e είναι η **ένταση του ρεύματος εκκένωσης**, και
 t_e είναι η **διάρκεια εκκένωσης**, που θα πρέπει να βρίσκεται μέσα σε κάποια όρια.

Η ενέργεια της εκκένωσης επηρεάζει άμεσα τη διαδικασία αφαίρεσης υλικού, γι' αυτό και η ένταση ρεύματος της εκκένωσης είναι καθοριστικός παράγοντας για τα αποτελέσματα της κατεργασίας. Μεγαλύτερης έντασης εκκένωση έχει ως συνέπεια την αύξηση του ρυθμού αφαίρεσης υλικού, αλλά ταυτόχρονα και τη μείωση της ποιότητας του κομματιού, που σημαίνει μεγαλύτερες αποκλίσεις από την ιδανική μορφή και μεγαλύτερη τραχύτητα επιφάνειας.

1.3.3.4 Έκπλυση διακένου

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή εφαρμογή της ηλεκτροδιάβρωσης είναι η έκπλυση του διακένου από τα απόβλητα της αφαίρεσης υλικού, καθώς εάν κάποιο από τα σφαιρίδια μείνει στο διάκενο ανάμεσα στα ηλεκτρόδια, θα προκαλέσει επανάληψη εκκενώσεων στην ίδια θέση ή ακόμα και βραχυκύκλωμα. Το διάκενο είναι μικρό, επομένως είναι δύσκολη η κυκλοφορία του διηλεκτρικού υγρού. Γι’ αυτό είναι αναγκαία η εξαναγκασμένη κυκλοφορία του διηλεκτρικού μέσα από το διάκενο με τη βοήθεια αντλίας, αλλά και, ανάλογα με την περίπτωση, κατάλληλων διατάξεων διοχέτευσης του διηλεκτρικού μέσα από το διάκενο (είτε προσαγωγή με πίεση, είτε εξαγωγή με υποπίεση, από πάνω ή από κάτω, μέσα από τρύπες στο εργαλείο ή και στο κομμάτι). Η υποβοήθηση της κυκλοφορίας του διηλεκτρικού μπορεί να ενισχυθεί και με παλινδρομική κίνηση του εμβόλου που φέρει το εργαλείο, δηλ. με την αυξομείωση του διακένου (Εικόνα 2.3). Ως διηλεκτρικά χρησιμοποιούνται το παραφινέλαιο, έλαια μετασχηματιστών, ειδικά ορυκτέλαια, η κηροζίνη κ.α.

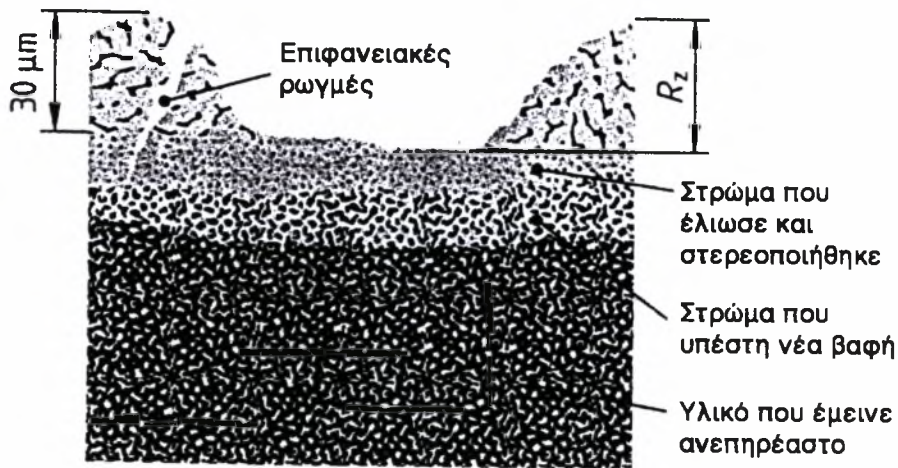


Εικόνα Νο 2.3 : Εναλλακτικές λύσεις για την κυκλοφορία του διηλεκτρικού

1.3.4 Προβλήματα της κατεργασίας

Η αύξηση της ενέργειας εκκένωσης έχει ως συνέπεια την αύξηση του ρυθμού αφαίρεσης υλικού, αλλά και την αύξηση της τραχύτητας επιφάνειας, καθώς και μεγαλύτερο κίνδυνο για θερμικό επηρεασμό.

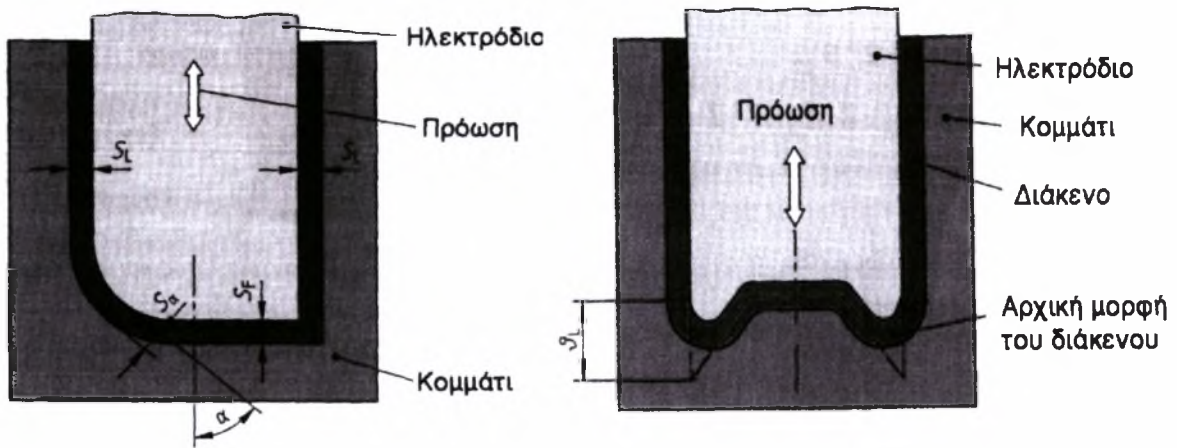
Για το λόγο αυτό και για την επίτευξη των ανοχών διαστάσεων και μορφής καθώς και της ποιότητας επιφάνειας του κομματιού, είναι συχνά απαραίτητο να πραγματοποιούνται δυο φάσεις κατεργασίας το ξεχόντρισμα και το φινίρισμα. Αρχικά, γίνεται η φάση του ξεχοντρίσματος, όπου το διάκενο είναι μεγάλο με αποτέλεσμα υψηλό ρυθμό αφαίρεσης υλικού V_w , αλλά μέτρια ποιότητα κομματιού R_z , και στη συνέχεια ακολουθεί η φάση του φινιρίσματος όπου το διάκενο είναι μικρό με συνέπεια χαμηλό ρυθμό αφαίρεσης υλικού, αλλά υψηλή ποιότητα κομματιού.



Εικόνα Νο 2.4 : Κρυσταλλική δομή στη θέση κατεργασίας

Αποφασιστικό κριτήριο για την επιτυχία της κατεργασίας είναι η επιλογή εκείνου του συνδυασμού παραγόντων (διάκενο, παλμός τάσης, υλικό ηλεκτροδίου κ.τ.λ.), ώστε ο λόγος του ρυθμού αφαίρεσης υλικού προς τη φθορά του εργαλείου, να είναι κατά το δυνατόν μεγάλος, (π.χ. 99,5 % / 0,5 % ≈ 200). Είναι προφανές πως κάθε φθορά του εργαλείου μεταφέρεται ως απόκλιση μορφής στο κομμάτι.

Ως διάκενο εννοούμε την απόσταση μεταξύ κομματιού και εργαλείου. Προκειμένου να έχουμε ένα ακριβές κομμάτι, πρέπει κατά το σχεδιασμό της μορφής του εργαλείου να ληφθεί υπόψη το διάκενο S . Θα πρέπει να ξεχωρίσουμε το μετωπικό S_F από το πλευρικό S_L διάκενο, αλλά και αυτό στις θέσεις μικρής ακτίνας θ_L δεδομένου ότι το διάκενο εξαρτάται, εκτός των άλλων, και από τη γωνία του σε σχέση με την κατεύθυνση της πρόωσης (Εικόνα 2.5).



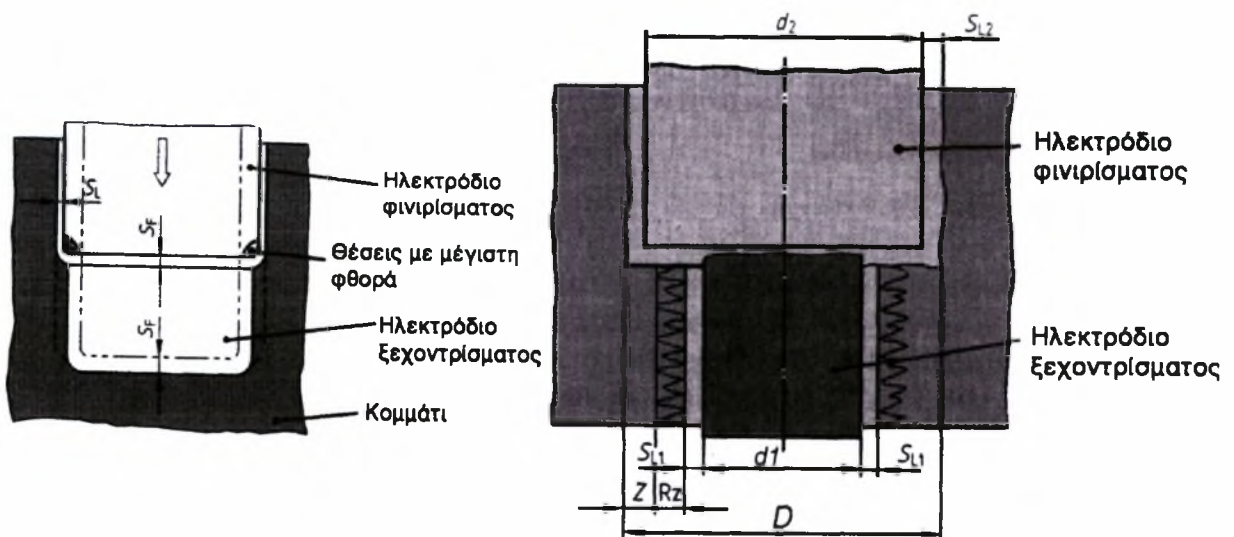
Εικόνα Νο 2.5 : Είδη διακένων

Προϋπόθεση για την επιτυχία της ηλεκτροδιάβρωσης είναι ακόμα η προσαρμογή του σχήματος του εργαλείου προς το σχήμα του κομματιού που θα προκύψει από την κατεργασία. Το ηλεκτρόδιο κινείται συνεχώς στη διεύθυνση της πρόωσης, σε τρόπο ώστε το μετωπικό διάκενο S_F να παραμένει σταθερό. Το ηλεκτρόδιο ξεχοντρίσματος και φινιρίσματος πρέπει να έχει διαστάσεις μικρότερες από το άνοιγμα που θέλουμε να δημιουργήσουμε, ανάλογα με το μετωπικό και πλευρικό διάκενο, που δημιουργείται σε κάθε φάση.

Σε περίπτωση κυλίνδρου π.χ. δεδομένου ότι μετά το ξεχόντρισμα έχει προκύψει η τραχύτητα επιφάνειας R_z και πάχος θερμικού επηρεασμού Z και εφόσον d_1 και d_2 είναι οι διάμετροι του εργαλείου ξεχοντρίσματος και φινιρίσματος αντίστοιχα, D η τελική διάμετρος και S_L το πλευρικό διάκενο και θέτοντας ότι το πάχος του θερμικού επηρεασμού και η τραχύτητα κατά το φινίρισμα είναι αμελητέα (Εικόνα 2.6), ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$d_2 = D - 2 * S_{L2}$$

$$d_1 = D - 2 * S_{L2} - 2 * R_z - 2 * Z$$



Εικόνα Νο 2.6 : Διαστασιολόγηση ηλεκτροδίων στην ηλεκτροδιάβρωση

Η τήρηση του σωστού διακένου αποτελεί προϋπόθεση για την αποφυγή μίας σειράς από προβλήματα κατά την εκτέλεση της κατεργασίας, γι' αυτό είναι απαραίτητος ο **αριθμητικός έλεγχος** της κατακόρυφης κίνησης του εργαλείου και ο εφοδιασμός της γεννήτριας παλμών με κυκλώματα προστασίας.

ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ		
Πρόβλημα	Συνέπειες	Μέτρα
Καμία εκκένωση	Απουσία ηλεκτρικής εκκένωσης	Ελάττωση διακένου Αλλαγή διηλεκτρικού
Ηλεκτρικό τόξο	Καταστροφή εργαλείου και κομματιού	Αύξηση διάρκειας παλμού t_i Αύξηση διακένου Βελτίωση κυκλοφορίας διηλεκτρικού
Ανεπιτυχής εκκένωση	Έλλειψη ομοιομορφίας στην ποιότητα επιφάνειας	Αύξηση διακένου Βελτίωση κυκλοφορίας διηλεκτρικού
Βραχυκύκλωμα	Πτώση πίεσης, αύξηση ρεύματος, βλάβες στην επιφάνεια, ελάττωση ρυθμού αφαίρεσης	Αύξηση διακένου Βελτίωση κυκλοφορίας διηλεκτρικού

Άλλη προϋπόθεση είναι η απαλλαγή του διηλεκτρικού από τα απόβλητα και τη θερμότητα, που συμπαρασύρει από τη θέση κατεργασίας. Αυτό επιτυγχάνεται με φίλτρο και συγκρότημα ψύξης.

Συνολικά, η επιτυχία της κατεργασίας εξαρτάται από τη σωστή επιλογή

- του συνδυασμού υλικών του εργαλείου και του κομματιού,
- του είδους του διηλεκτρικού, της παροχής και του τρόπου διοχέτευσής του μέσα από το διάκενο,
- του διακένου κατεργασίας,
- του παλμού τάσης (ύψος και πολικότητα της τάσης, διάρκεια παλμού, χρόνος διαλείμματος)
- τη μορφή του εργαλείου που πρέπει να προκύπτει από τη μορφή του κομματιού και του διακένου, που απαιτεί η κατεργασία της ηλεκτροδιάβρωσης.

Στους πίνακες που ακολουθούν δίδονται ενδεικτικά μερικές πληροφορίες γύρω από το πρόβλημα του σωστού συνδυασμού του υλικού του κομματιού με αυτό του εργαλείου (ηλεκτροδίου).

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ			
Υλικό ηλεκτροδίου	Υλικό κομματιού	Φάση κατεργασίας	Πολικότητα
Γραφίτης	Ανοξειδωτος χάλυβας	Ξεχόντρισμα Φινίρισμα	Θετική – Αρνητική
Γραφίτης	Χάλυβας	Ξεχόντρισμα Φινίρισμα	Θετική – Αρνητική
Χαλκός	Ανοξειδωτος χάλυβας	Ξεχόντρισμα Φινίρισμα	Θετική – Θετική
Χαλκός	Χάλυβας	Ξεχόντρισμα Φινίρισμα	Θετική – Θετική
Βολφράμιο - Χαλκός	Χάλυβας	Ξεχόντρισμα Φινίρισμα	Θετική – Θετική
Βολφράμιο - Χαλκός	Σκληρομέταλλο	Ξεχόντρισμα Φινίρισμα	Αρνητική – Αρνητική
Κράμα χαλκού - ψευδαργύρου	Χάλυβας	Ξεχόντρισμα Φινίρισμα	Θετική – Θετική
Κράμα χαλκού - ψευδαργύρου	Σκληρομέταλλο	Ξεχόντρισμα Φινίρισμα	Αρνητική – Αρνητική

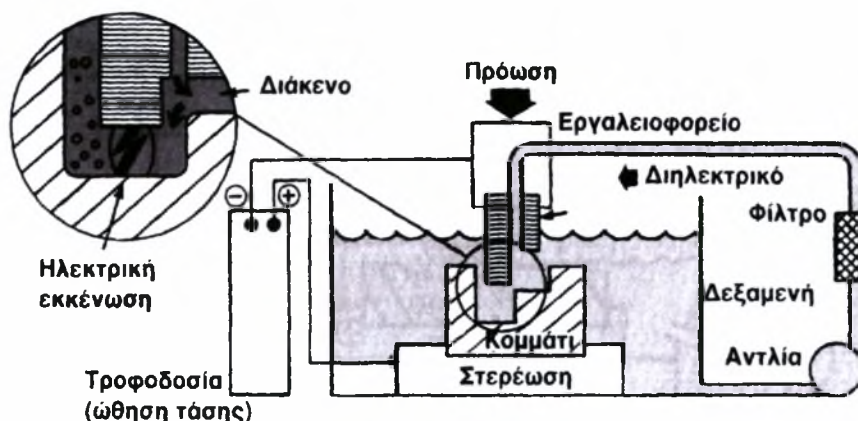
ΥΛΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ		
Υλικό	Ιδιότητες	Εφαρμογές
Γραφίτης	Εύκολος στην κατεργασία Μικρή φθορά Λεπτόκοκκος => Φινίρισμα Χοντρόκοκκος => Ξεχόντρισμα	Για καλούπια πρέσας, πλάκες αποκοπής και αποξέστες
Χαλκός	Εύκολος στην κατεργασία Μικρή φθορά Μεγάλος ρυθμός αφαίρεσης υλικού	Για μικρά εργαλεία Μέγεθος κόκκου 1 με 400μm
Βολφράμιο - Χαλκός	Ακριβό υλικό Καλή συμπεριφορά φθοράς	Για ηλεκτρόδια φινιρίσματος σκληρομετάλλων
Χαλκός - Ψευδάργυρος	Φθηνό υλικό για ηλεκτρόδια	Για ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα

Περισσότερα τεχνικά χαρακτηριστικά δίνονται στο παράρτημα (Α).

1.3.5 Παραλλαγές της κατεργασίας

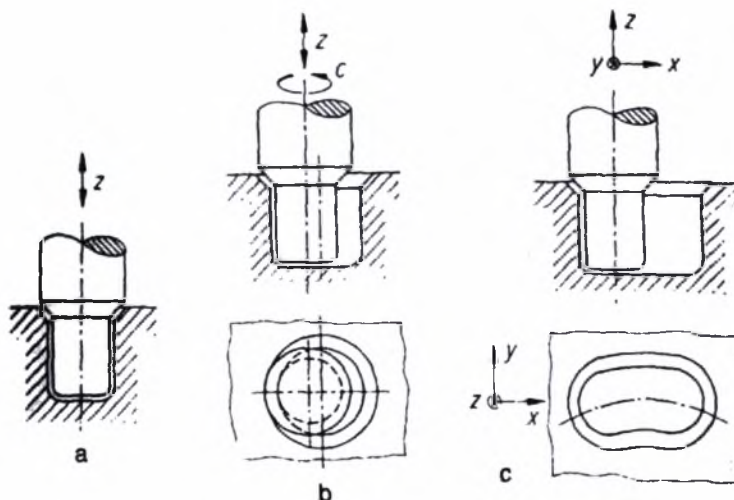
Κυριότερες παραλλαγές της κατεργασίας της ηλεκτροδιάβρωσης αποτελούν η βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση και η κοπή με σύρμα. Υπάρχουν ακόμα η λείανση και το πρίονισμα με ηλεκτροδιάβρωση.

1.3.5.1 Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση



Εικόνα Νο 2.7 : Σχηματική διάταξη βύθισης με ηλεκτροδιάβρωση

Η βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση με κίνηση μόνο στον Z άξονα (απλή βύθιση) προϋποθέτει για κάθε μορφή και αντίστοιχο εργαλείο. Ως διέξοδο από αυτό το πρόβλημα έχουν αναπτυχθεί δυο εναλλακτικές μορφές της κατεργασίας, όπου με ένα εργαλείο παράγονται περισσότερες μορφές. Αυτές είναι η βύθιση με πλανητική κίνηση και η βύθιση με οδήγηση τροχιάς (Εικόνα 2.8).



Εικόνα Νο 2.8 : Παραλλαγές της βύθισης με ηλεκτροδιάβρωση: α) Απλή, β) Με πλανητική κίνηση, γ) Με οδήγηση τροχιάς

1.3.5.1.1 Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση και οδήγηση τροχιάς

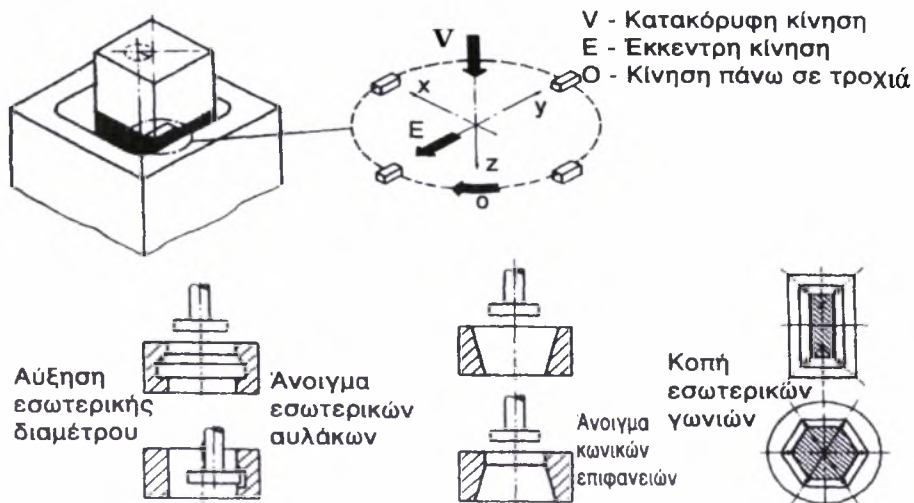
Στην παραλλαγή αυτή, υπάρχει αριθμητικά ελεγχόμενη κίνηση του εργαλείου (ηλεκτρόδιο) σε περισσότερους άξονες. Η δυνατότητα αυτή σε συνδυασμό με την ελευθερία διαμόρφωσης της μορφής του ηλεκτροδίου πραγματοποιεί την κατεργασία μεγάλης ποικιλίας κομματιών με περίπλοκες μορφές, που συχνά δεν είναι δυνατό να επιτευχθούν με άλλες κατεργασίες.



Εικόνα Νο 2.9 : Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση και οδήγηση τροχιάς

1.3.5.1.2 Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση και πλανητική κίνηση

Στην παραλλαγή αυτή, το εργαλείο (ηλεκτρόδιο) έχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης κίνησης στους άξονες X και Y κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, με τρόπο ώστε να βρίσκεται σε σταθερή απόσταση από το προϋπάρχον περίγραμμα. Έτσι, το περίγραμμα διευρύνεται συνεχώς μέχρι τις επιθυμητές διαστάσεις.



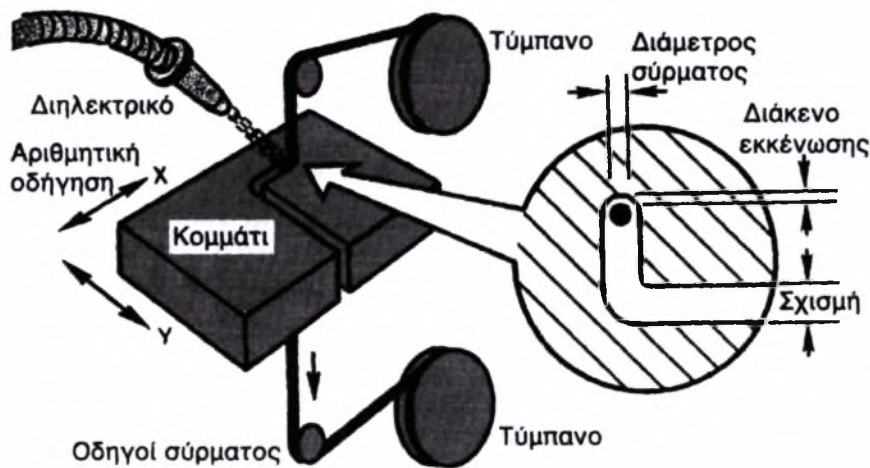
Εικόνα Νο 2.10 : Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση και πλανητική κίνηση



Εικόνα Νο 2.11 : Άνοιγματα που προκύπτουν από τη βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση και πλανητική κίνηση του εργαλείου

1.3.5.2 Κοπή με σύρμα

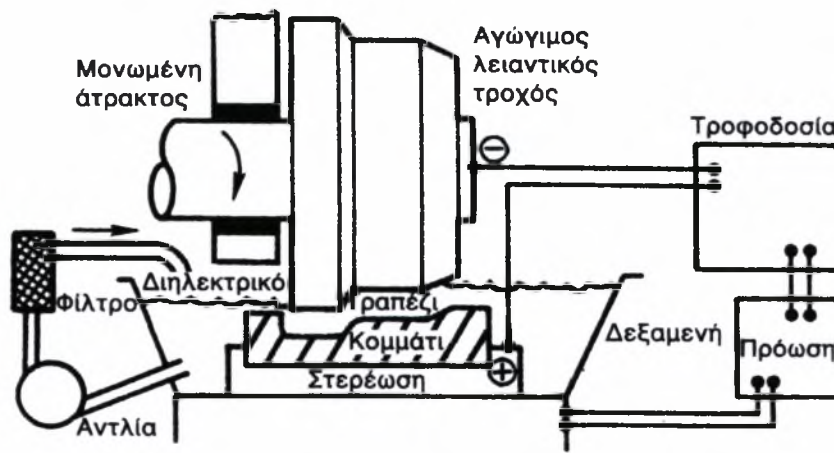
Στην παραλλαγή αυτή το εργαλείο (ηλεκτρόδιο) είναι σύρμα που δημιουργεί μια στενή σχισμή στο κομμάτι για την κοπή ενός μέρους του. Το κομμάτι κινείται σε σχέση με το σύρμα, ενώ το σύρμα έχει αξονική πρόωση ώστε να ανανεώνεται συνεχώς και να μη προκύπτουν μειονεκτήματα από τη φθορά του. Εκτενέστερα για τη συγκεκριμένη μέθοδο αναφέρονται στο επόμενο κεφάλαιο.



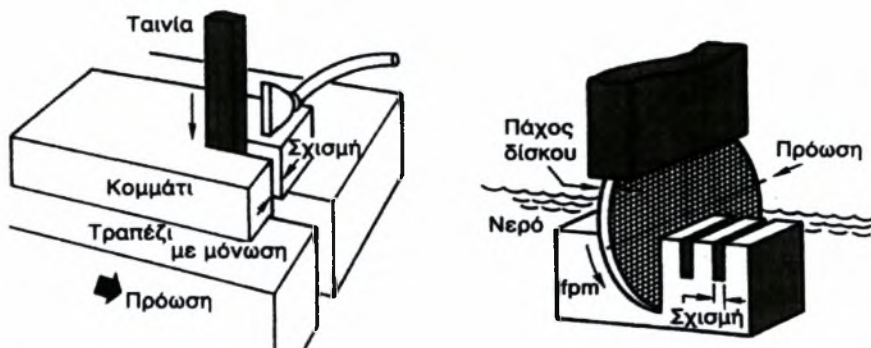
Εικόνα Νο 2.12 : Σχηματική διάταξη της κοπής με σύρμα

1.3.5.3 Λείανση και πριόνισμα με ηλεκτροδιάβρωση

Η μέθοδος αυτή είναι παρόμοια με την βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση αλλά το ηλεκτρόδιο είναι ένας περιστρεφόμενος τροχός (Εικόνα 2.13). Στο πριόνισμα με ηλεκτροδιάβρωση το ηλεκτρόδιο είναι είτε δίσκος είτε ταινία με κάθετη κίνηση συνήθως από γραφίτη (Εικόνα 2.14).



Εικόνα Νο 2.13 : Σχηματική διάταξη λείανσης με ηλεκτροδιάβρωση



Εικόνα Νο 2.14 : Σχηματική διάταξη πριονίσματος με ηλεκτροδιάβρωση

1.3.6 Γενικές τεχνολογικές κρίσεις

1.3.6.1 Πλεονεκτήματα

- Είναι δυνατή η κατεργασία κοιλοτήτων με λεπτά τοιχώματα και πολύπλοκα χαρακτηριστικά λόγω της μη επαφής του ηλεκτροδίου με το κομμάτι και της έλλειψης δυνάμεων κοπής.
- Γενικά πολύπλοκες γεωμετρίες είναι δυνατό να κατεργαστούν.
- Ο ρυθμός αφαιρέσεως υλικού είναι συνάρτηση του σημείου τήξεως του προς κατεργασία μετάλλου και επομένως δεν επηρεάζεται από την σκληρότητα του υλικού. Υλικά φτωχής κατεργασιμότητας όπως το βολφράμιο και τα σκληρομέταλλα, μπορούν να κατεργαστούν εύκολα με αυτή τη μέθοδο.
- Επιτυγχάνεται ακρίβεια στη μορφή και τις διαστάσεις σε δυο συναρμοζόμενα κομμάτια όπως π.χ. έμβολο με μήτρα αποτιμήσεως.
- Εξασφαλίζεται αρκετά καλή και ομοιόμορφη ποιότητα επιφανείας με καλή πρόσφυση στο λιπαντικό υλικό.

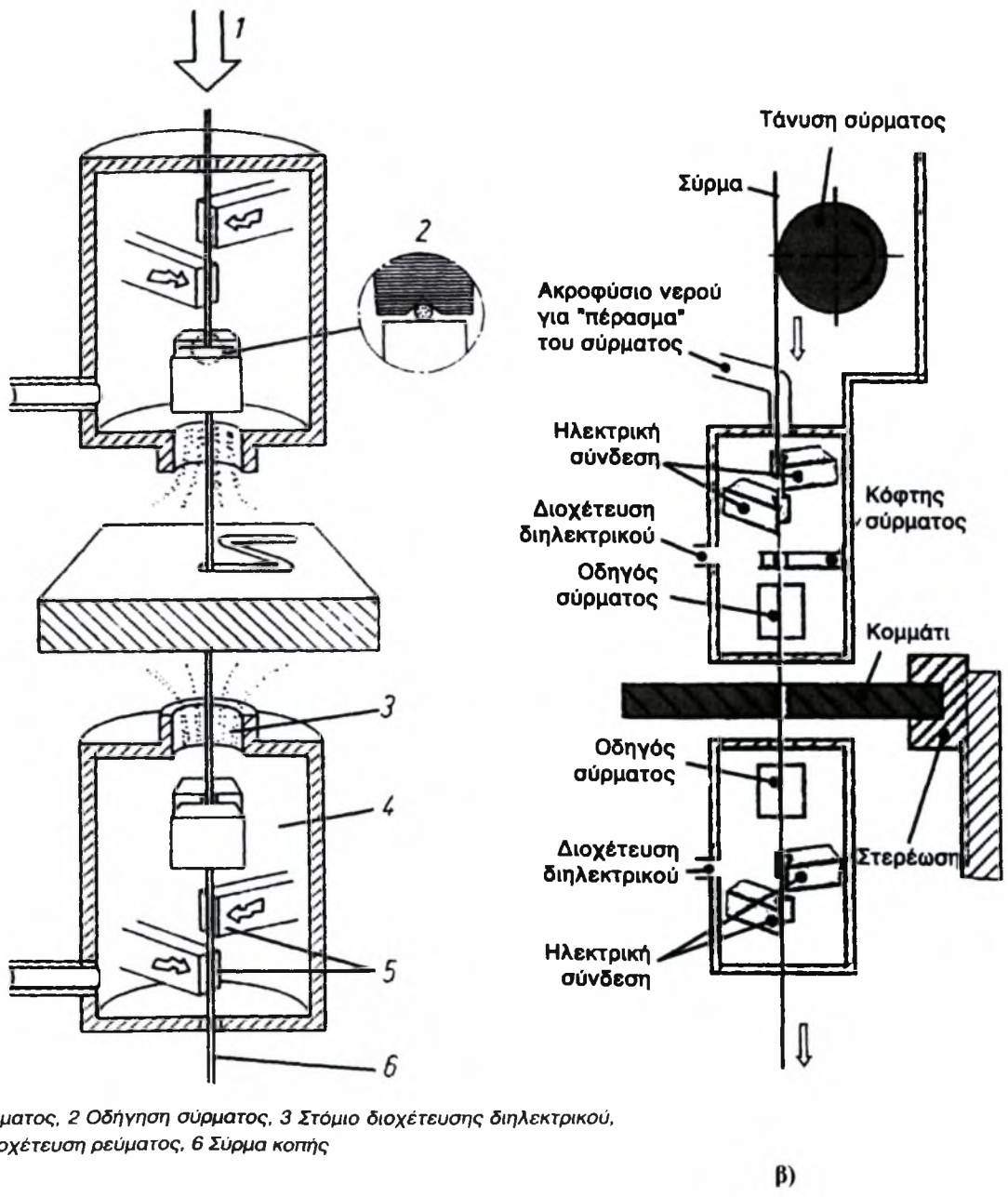
1.3.6.2 Μειονεκτήματα

- Είναι μικρός ο ρυθμός αφαιρέσεως υλικού ιδιαίτερα κατά την τελική κατεργασία.
- Χρειάζεται μεγάλη προσοχή στη φθορά των ηλεκτροδίων από τη χρήση ώστε να μην επέλθει μεταβολή των διαστάσεων και της μορφής που πρέπει να αποδοθούν από την κατεργασία.
- Υπάρχει κίνδυνος αλλαγής της κρυσταλλικής δομής του υλικού και δημιουργίας μικρορωγμών λόγω υψηλών θερμοκρασιών των εκκενώσεων.
- Το κόστος των εργαλειομηχανών είναι σχετικά υψηλό

2 ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ ΣΥΡΜΑΤΟΣ

2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

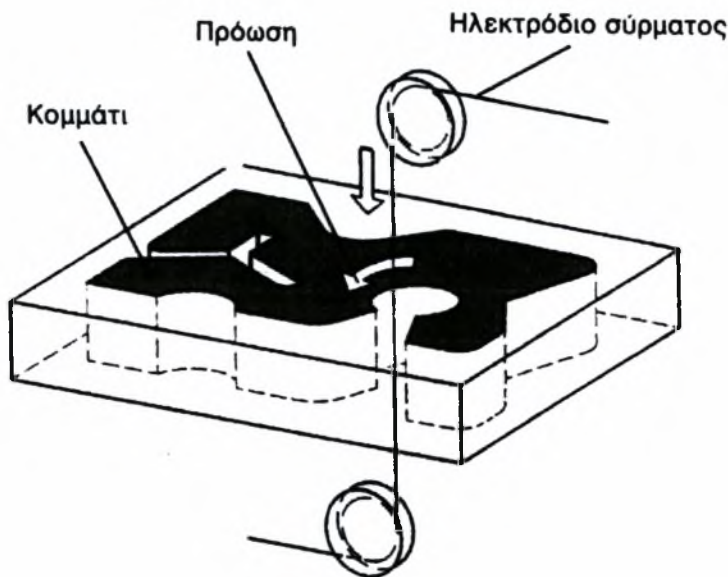
Η ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα αποτελεί μια ειδική περίπτωση της κατεργασίας της ηλεκτροδιάβρωσης. Το ηλεκτρόδιο στη συγκεκριμένη μέθοδο είναι ένα λεπτό αγώγιμο σύρμα που συνεχώς ανανεώνεται με κατάλληλη διάταξη. Το σύρμα, διαπερνάει κάθετα το κατεργαζόμενο μεταλλικό κομμάτι με σταθερή ταχύτητα και φορά δημιουργώντας το αναπόφευκτο διάκενο. Η ταχύτητα πρόωσης του σύρματος επιλέγεται με τρόπο ώστε να μη δημιουργείται διάκενο μεταβλητού πλάτους, αλλά και να μη κόβεται το σύρμα λόγω φθοράς του. Το σύρμα ξεκινάει και καταλήγει σε τύμπανο, αφού περάσει από οδηγούς, τη διάταξη σύνδεσής του με τη γεννήτρια παλμών και τη διάταξη τάνυσης (προένταση) ώστε να μη παραμορφώνεται.



1 Πρόωση σύρματος, 2 Οδήγηση σύρματος, 3 Στόμιο διοχέτευσης διηλεκτρικού, Θάλαμος, 5 Διοχέτευση ρεύματος, 6 Σύρμα κοπής

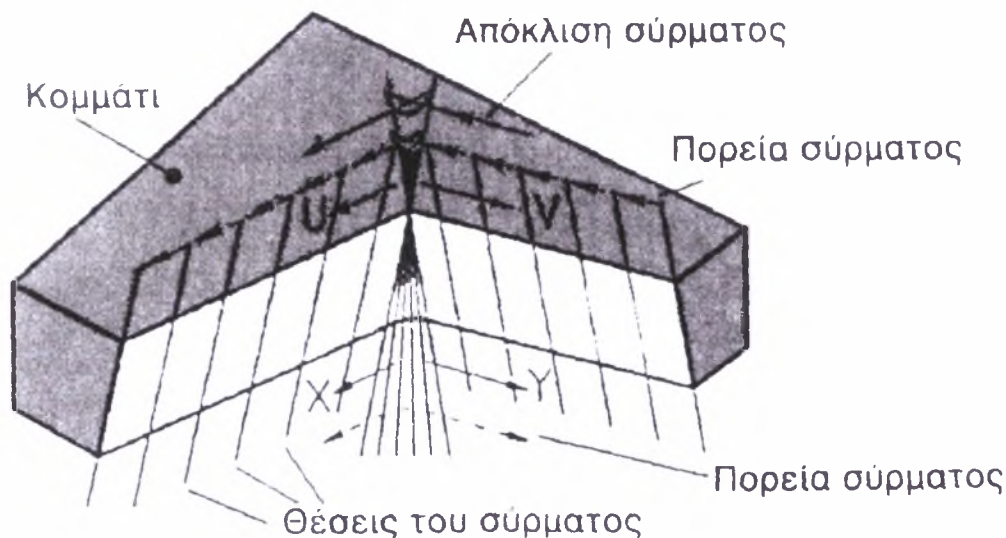
Εικόνα Νο 2.15 : α) Αρχή λειτουργίας, β) Πορεία του σύρματος κοπής

Το κομμάτι κινείται ταυτόχρονα κατά τους άξονες X και Y σε σχέση με το σύρμα προκαλώντας την κοπή ή αποκοπή του επιθυμητού τμήματος. Σε ορισμένους τύπους εργαλειομηχανών, η σχετική κίνηση πραγματοποιείται κρατώντας το κομμάτι σταθερό και κινώντας κατάλληλα το σύρμα, δηλαδή πάνω και κάτω οδηγοί κάνουν ταυτόσημες κινήσεις (Εικόνα 2.16).



Εικόνα Νο 2.16 : Πρισματική κοπή

Οι περισσότερες μηχανές, επίσης, έχουν τη δυνατότητα δημιουργίας κλίσης του σύρματος για την κατασκευή μη πρισματικών αλλά ευθειογενών επιφανειών. Αυτό προϋποθέτει τη σχετική κίνηση του άνω οδηγού του σύρματος σε σχέση με τον κάτω. Στην περίπτωση αυτή, η μηχανή χρησιμοποιεί δυο βοηθητικούς οριζόντιους άξονες που ονομάζονται U και V (Εικόνα 2.17).



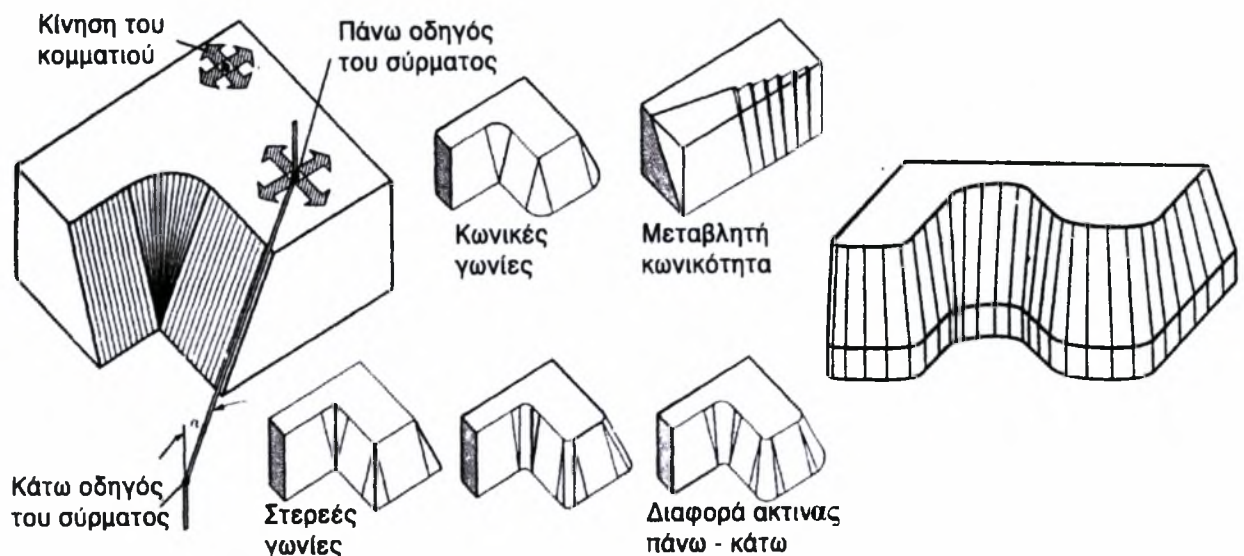
Εικόνα Νο 2.17 : Μη πρισματική κοπή

Σε μικρή απόσταση, πάνω και κάτω από το κομμάτι, υπάρχουν ανοίγματα διοχέτευσης διηλεκτρικού (π.χ. απιονισμένο νερό), ώστε να εξασφαλίζεται η απαλλαγή της θέσης κατεργασίας από τα απόβλητα. Η ροή του διηλεκτρικού γίνεται ομοαξονικά με το σύρμα, η συνεχής κίνηση του οποίου βοηθά στην μεταφορά νέου διηλεκτρικού στο διάκενο κατεργασίας και στη γρήγορη απομάκρυνση των προϊόντων των εκκενώσεων. Τα απόβλητα αποχωρίζονται από το διηλεκτρικό με φιλτράρισμα ή και κατακάθιση και το διηλεκτρικό ανακυκλοφορείται.

Ακόμα, από κατάλληλα διαμορφωμένα ακροφύσια διοχετεύεται διηλεκτρικό με υψηλή πίεση για το "πέρασμα" του σύρματος μέσα από τη διάταξη, είτε στην προετοιμασία της κατεργασίας, είτε αν το σύρμα κοπεί (Εικόνα 2.15 β).

Με τη μέθοδο της κοπής με σύρμα είναι δυνατή η κατασκευή εξωτερικών και εσωτερικών πρισματικών περιγραμμάτων. Η περίπτωση εσωτερικών περιγραμμάτων προϋποθέτει την ύπαρξη αρχικής οπής, στην οποία θα περαστεί το σύρμα για την έναρξη της κατεργασίας. Πολλές εργαλειομηχανές διαθέτουν ειδική διάταξη για τη διάνοιξη αυτής.

Ακόμα υπάρχει η δυνατότητα λοξής κοπής μη πρισματικών περιγραμμάτων. Η μη πρισματική κοπή δίνει τη δυνατότητα κατασκευής αντικειμένων με διάφορες ευθειογενείς επιφάνειες, που δεν μπορούν να κατασκευαστούν με άλλες μεθόδους κατεργασίας.

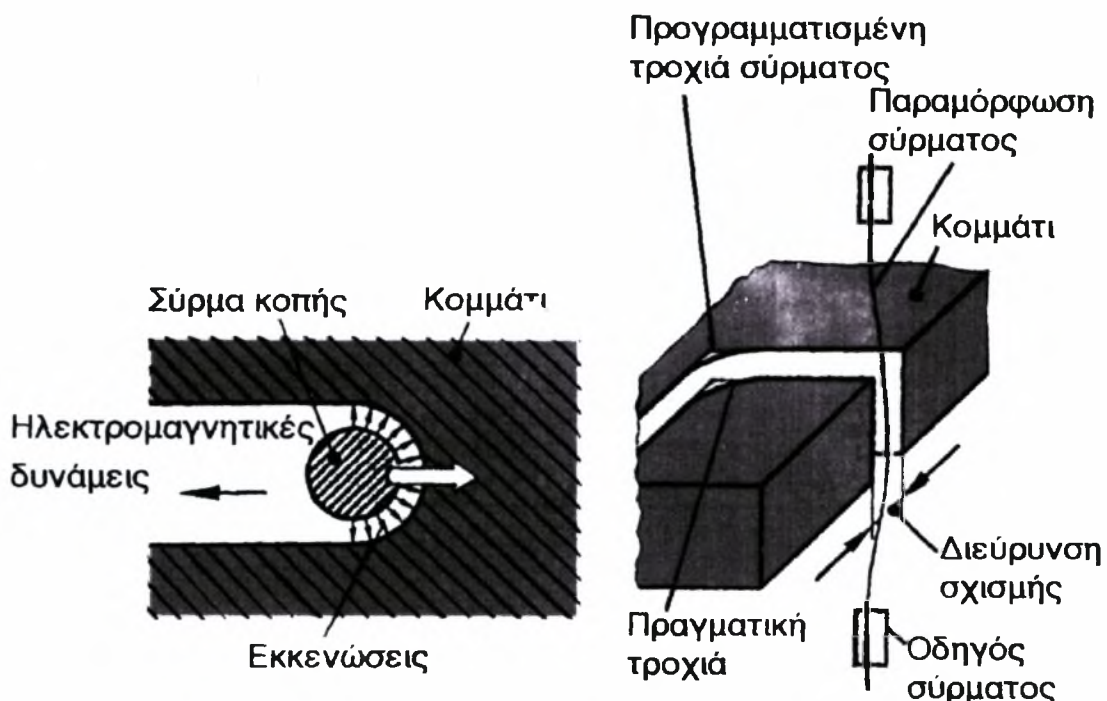


Εικόνα Νο 2.18 : Γεωμετρικές δυνατότητες της μη πρισματικής κοπής και παράδειγμα ευθειογενούς επιφάνειας

Η συνήθης ακρίβεια είναι περίπου της τάξης των $\pm 13\mu\text{m}$. Ειδικά κριτήρια όπως πολλά περάσματα και ακριβής έλεγχος της θερμοκρασίας, χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερη ακρίβεια της τάξης των $\pm 5\mu\text{m}$. Σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να επιτευχθεί ακρίβεια $\pm 2.5\text{mm}$. Με πολλαπλά περάσματα και με μειούμενη ένταση επιτυγχάνεται καλύτερη τελική επιφάνεια.

Η προένταση του σύρματος διατηρείται σταθερή και πρέπει να είναι αρκετά ισχυρή ώστε να διατηρεί το σύρμα ευθύ στη ζώνη κοπής αλλά ούτε να προκαλείται η θραύση του. Η σωστή προένταση εξαρτάται από το υλικό του σύρματος και τη διάμετρό του.

Οι οδηγοί του σύρματος είναι κατασκευασμένοι από σκληρό υλικό όπως ζαφείρι και διαμάντι, για την ελαχιστοποίηση της φθοράς τους. Απαιτείτε να διατηρούν το σύρμα κάθετο που είναι απαραίτητο για την επίτευξη ευθειογενών επιφανειών στο κομμάτι, αποφεύγοντας την παραμόρφωση του σύρματος από τις αναπτυσσόμενες ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτό κατά την διάρκεια της κοπής (Εικόνα 2.19).



Εικόνα Νο 2.19 : Δυνάμεις και αποκλίσεις κατά την κοπή με σύρμα

2.2 ΠΑΡΟΧΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Όπως και στην βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση, η ένταση του ρεύματος και η χρονική διάρκεια του παλμού τάσης, συγκαταλέγονται στις κύριες παραμέτρους ελέγχου της ενέργειας του σπινθήρα. Σε σύγχρονες ηλεκτρικές τροφοδοτικές μονάδες, οι παράμετροι αυτοί καθώς και ο χρόνος διαλείμματος, μπορούν να ρυθμιστούν ανεξάρτητα.

Το σύρμα έχει περιορισμένη αντοχή σε ηλεκτρικό φορτίο ώστε η παροχή σπάνια να υπερβαίνει τα 30Α. Η διαφορά τάσης ανάμεσα στο σύρμα και στο κατεργαζόμενο κομμάτι συνήθως βρίσκεται μεταξύ 55 και 60Volt. Επειδή η φθορά του ηλεκτροδίου είναι υψίστης σημασίας, χρησιμοποιείται πάντα αρνητική πολικότητα στο σύρμα, που συνεπάγεται και καλύτερη ταχύτητα κοπής. Μεγαλύτεροι διάμετροι σύρματος μπορούν να παραλάβουν υψηλότερη ενέργεια σπινθήρων και επομένως κόβουν ταχύτερα.

2.3 ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας που προκύπτει από την κοπή με σύρμα είναι παρόμοια με αυτά της βύθισης με ηλεκτροδιάβρωση. Η χαμηλή ενέργεια σπινθήρα επιφέρει καλύτερη ποιότητα επιφάνειας. Οι ποιότητα της επιφάνειας κυμαίνεται μεταξύ 1.25 και 0.2 $\mu\text{m R}_a$. Πολλαπλά περάσματα κοπής με σταδιακή μείωση της ενέργειας σπινθήρων χρησιμοποιούνται για την επίτευξη καλύτερης ποιότητας. Ακόμα, το υλικό και το πάχος του κατεργαζόμενου κομματιού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν καθορίζονται οι παράμετροι του σπινθήρα.

Μικρές ποσότητες υλικού από το σύρμα επικολλούνται στην επιφάνεια του κομματιού. Πειράματα έχουν δείξει ότι ακόμα και σύρμα από επικαλυμμένο με γραφίτη μολυβδαίνιο εναποθέτει άνθρακα και μολυβδαίνιο στην επιφάνεια του κατεργαζόμενου κομματιού. Επίσης, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος, που εναποθέτονται στην επιφάνεια από ηλεκτρόδιο ορείχαλκου, μπορεί να επιφέρουν καταστροφικά αποτελέσματα σε περιοχές όπου έχουν υποστεί συγκόλληση. Για το λόγο αυτό απομακρύνονται με νιτρικό οξύ.

Τέλος, οι εφαρμογές της κοπής με σύρμα σε βολφράμιο αντιμετωπίζουν προβλήματα από τις προσμίξεις του κοβαλτίου και τις μικρορωγμές. Διάφορα μέτρα έχουν αναπτυχθεί για την αντιμετώπιση τέτοιων προβλημάτων.

2.4 ΕΚΠΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΑ

Η καλή έκπλυση είναι εξ' ίσου σημαντική για την ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα όπως άλλωστε και στην βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση. Τα ακροφύσια πρέπει να βρίσκονται όσο πιο κοντά γίνεται στο κατεργαζόμενο κομμάτι και όταν το κομμάτι έχει πολλές διαβαθμίσεις του πάχους αυτό δημιουργεί προβλήματα.

Το σύνηθες αποτέλεσμα της φτωχής έκπλυσης είναι η θραύση του σύρματος και η επανάληψη σπινθήρα στην ίδια θέση. Για να αποφευχθεί αυτό, αυξάνεται ο χρόνος διαλείμματος t_0 με μειονέκτημα την καθυστέρηση της κατεργασίας, αλλά χωρίς μείωση της ποιότητας επιφάνειας του κομματιού, που εξαρτάται από την ένταση και το χρόνο εκκένωσης t_e . Με την αύξηση του χρόνου διαλείμματος η ένταση του σπινθήρα δεν επηρεάζεται, με αποτέλεσμα να διατηρείται το διάκενο της κοπής και η ποιότητα επιφάνειας του κομματιού. Όπως έχει αναφερθεί, το σταθερό διάκενο κοπής απαιτείται για την ακρίβεια της κοπής.

Το απιονισμένο νερό χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά ως διηλεκτρικό. Το χαμηλό ιξώδες είναι ιδανικό για τις δύσκολες συνθήκες έκπλυσης που συναντούνται, εφόσον η αγωγιμότητα διατηρείται μέσα σε ανεκτά όρια, διότι έτσι το υγρό φτάνει παντού (π.χ. σχισμές). Παρόλο που η χρήση πρόσθετων δε είναι απαραίτητη, μερικές φορές χρησιμοποιούνται ως αντιοξειδωτικά ή για να κάνουν το διηλεκτρικό λιγότερο δύσρευστο.

Σε πολλές εργαλειομηχανές του είδους, στις φάσεις εκχονδρίσεως χρησιμοποιείται καθαρό νερό ως διηλεκτρικό για την επίτευξη υψηλών ρυθμών αφαίρεσης υλικού. Ειδικά διηλεκτρικά χρησιμοποιούνται μόνο στις φάσεις αποπερατώσεως και γενικά όπου είναι επιθυμητή πολύ καλή ποιότητα της επιφάνειας κοπής. Ακόμα, ως διηλεκτρικά χρησιμοποιούνται ελαφρά λάδια.

Σημαντικό είναι επίσης το καλό φιλτράρισμα του διηλεκτρικού από τα απόβλητα της κατεργασίας καθώς επηρεάζει το διάκενο της κοπής και επομένως την ακρίβεια αυτής και αποφεύγεται το βραχυκύκλωμα.

Λόγω, τέλος, της σημαντικής θερμότητας που εκλύεται από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις κατά την κοπή με σύρμα, χρησιμοποιείται διάταξη ψύξεως του διηλεκτρικού και θερμικά ελεγχόμενο περιβάλλον.

2.5 ΣΥΡΜΑ

Το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο υλικό για την κατασκευή του σύρματος είναι ο ορείχαλκος. Έχει τις περισσότερες από τις ιδιότητες που απαιτούνται στην κοπή με σύρμα, δηλαδή, υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό, υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, και καλή απόδοση σε αυστηρές ανοχές.

Η έρευνα για υλικά σύρματος συνεχίζεται και προσανατολίζεται στην κατασκευή σύρματος με πολλαπλά επίπεδα υλικών για διαφορετικές λειτουργίες. Για παράδειγμα ένα σύρμα μπορεί να αποτελείται εσωτερικά από χάλυβα για υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό, ένα επίπεδο χαλκού για υψηλή αγωγιμότητα και εξωτερικά από γραφίτη για υψηλή ταχύτητα κοπής.

Άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του σύρματος είναι ο ορείχαλκος με επικάλυψη ψευδαργύρου και το μολυβδαίνιο. Σύρματα με υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό είναι απαραίτητα για την επίτευξη μικρής ακτίνας εσωτερικών γωνιών καθώς μπορούν να έχουν μικρή ακτίνα.

Η διάμετρος του σύρματος κυμαίνεται μεταξύ 0.05 έως 0.3 mm από χαλκό είτε κράμα χαλκού ψευδαργύρου και για λεπτές εργασίες λιγότερο από 0.01 mm από μολυβδαίνιο.

2.6 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ

Η ταχύτητα κοπής είναι η ταχύτητα παραγωγής επιφάνειας κοπής με διαστάσεις mm^2 / h επιφανειακής κοπής και για τις περισσότερες μηχανές είναι περίπου $1300 \text{ mm}^2 / \text{h}$.

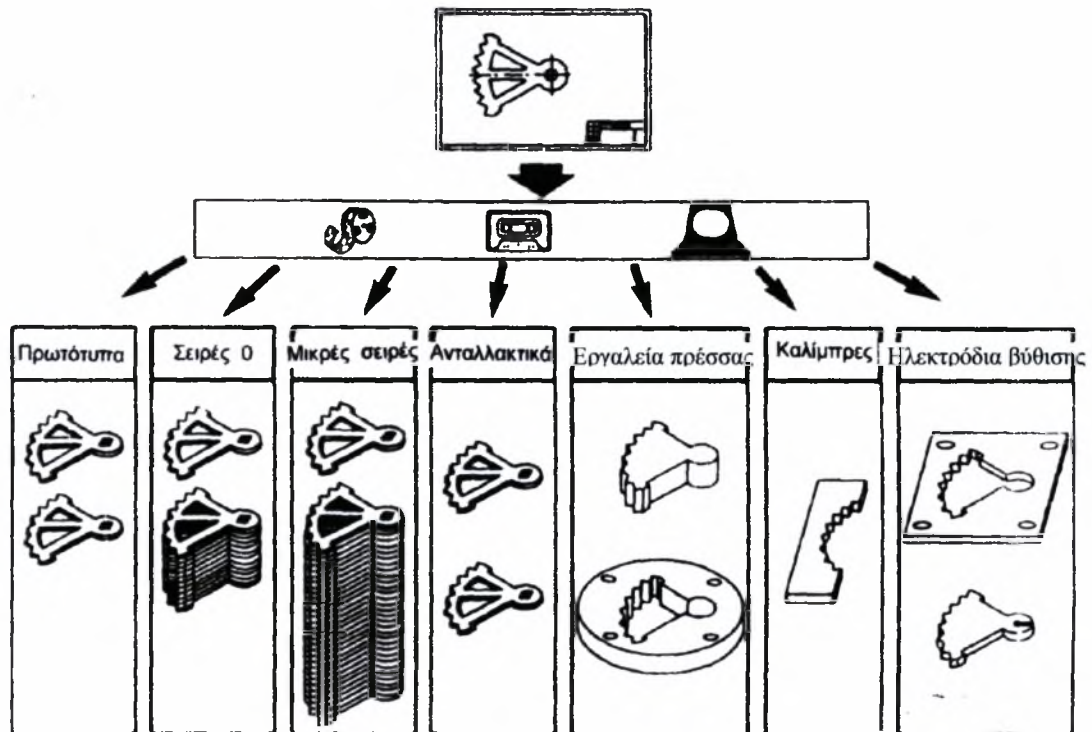
Η ταχύτητα αυτή αυξήθηκε κατά δέκα φορές ή και περισσότερο στις νέες μηχανές. Η πρόοδος οφείλεται κυρίως στην βελτίωση της παροχής ρεύματος (ένταση και χρονισμός). Ιδανικές συνθήκες έκπλυσης είναι, επίσης, αναγκαίες για την επίτευξη υψηλών ταχυτήτων.

2.7 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Η ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα χρησιμοποιείται για την κοπή εσωτερικών και εξωτερικών περιγραμμάτων, την κατασκευή κοπτικών εμβόλων και μητρών για πρέσες, εργαλείων για τόνρους, ηλεκτροδίων για βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση, εργαλείων αυλακώσεως κ.α.

Οι δυνατότητες τις κοπής με σύρμα εκτείνονται και πέρα από την κατασκευή εργαλείων. Για την κατασκευή εργαλείων κοπής σε πρέσσα (έμβολο και μήτρα με μικροδιάκενο ανάμεσά τους) όπως και ελεγκτήρων άξονα και τρίμματος, μπορούν να γίνουν από ένα κομμάτι υλικού και κοπή με σύρμα. Και στις τρεις περιπτώσεις έχουμε ζεύγη προφίλ με σταθερό διάκενο ανάμεσά τους που με κατάλληλη επιλογή συνθηκών κοπής, αντιστοιχεί στην διάμετρο του σύρματος και στο διάκενο λόγω εκκένωσης.

Η ακρίβεια της κοπής με σύρμα φτάνει ακόμα και τα 5μm. Με βάση το σχέδιο του κομματιού και με την εφαρμογή ψηφιακής καθοδήγησης, μπορεί να γίνει κατεργασία με τη μέθοδο της κοπής με σύρμα μεγάλου φάσματος προϊόντων που βασίζονται στο ίδιο περίγραμμα π.χ. πρωτότυπα δηλαδή μοναδικά κομμάτια, σειρές 0 δηλαδή μικρές σειρές για δοκιμές, μικρές σειρές, ανταλλακτικά, κοπτικά εργαλεία πρέσσας, καλίμπρες για έλεγχο μορφής και ηλεκτρόδια για βύθιση (Εικόνα 2.20).



Εικόνα Νο 2.20 : Φάσμα προϊόντων που βασίζονται στο ίδιο περίγραμμα

Η κοπή με σύρμα έχει εφαρμογές, επίσης, στη μεταλλουργία π.χ. στην απόκτηση δειγμάτων για έλεγχο υλικών και μεταλλουργικών μεταβολών (π.χ. πυρήνες από χυτά) και στη μεταλλογραφία π.χ. για έλεγχο σε συγκολλήσεις.

2.8 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Η ηλεκτροδιάβρωση είναι μια από της ασφαλέστερες μεθόδους κατεργασίας. Οι συνυφασμένοι με τις συμβατικές κατεργασίες κίνδυνοι των κτυπημάτων από περιστροφή με υψηλή ταχύτητα, κοπή με κοφτερά εργαλεία και φρεζάρισμα με μεγάλα κοπτικά εργαλεία δεν υφίστανται. Ακόμα, η χαμηλή τάση που χρησιμοποιείται δεν εγκυμονεί μεγάλους κινδύνους ηλεκτρικών ατυχημάτων.

Παρόλα αυτά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ορισμένοι παράγοντες ασφαλείας. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος για την κοπή με σύρμα είναι η πρόκληση φωτιάς, που ο πιο συνήθης λόγος εμφάνισης αυτής είναι όταν πέσει το επίπεδο του διηλεκτρικού, κάτω από το σημείο που πραγματοποιείται η κοπή. Αν συμβεί αυτό, το διηλεκτρικό θερμαίνεται πάνω από τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης και η ύπαρξη σπινθήρων αποτελεί το έναυσμα. Μεγάλα ηλεκτρόδια αυξάνουν αυτό το πρόβλημα. Ένα μέτρο αποφυγής αυτού, είναι να έχει τη δυνατότητα η μηχανή να σταματήσει αυτόματα την διαδικασία της κοπής όταν το διηλεκτρικό πέσει κάτω από προκαθορισμένο επίπεδο.

Παρενοχλήσεις στην επιδερμίδα και η ύπαρξη καπνού αποτελούν επίσης προβλήματα. Για την αντιμετώπιση αυτών υπάρχουν ειδικές κρέμες για του χειριστές των μηχανών και σύστημα εξαερισμού ειδικά όταν ο ρυθμός αφαίρεσης υλικού είναι μεγάλος.

3 ΓΕΝΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ EDGECAM

Η υπολογιστές χρησιμοποιούνται πλέον σε όλους τους τομείς της βιομηχανικής παραγωγής με αποτέλεσμα την αυτοματοποίησή της. Στην αυτοματοποίηση της σχεδίασης και της κατεργασίας των προϊόντων συντέλεσαν τα συστήματα CAD και CAM αντίστοιχα,.

Τα συστήματα CAD (Computer Aided Design) συμβάλλουν στο σχεδιασμό των κομματιών μέσω Η/Υ αντικαθιστώντας τις μέχρι πρότινος ανελαστικές μεθόδους σχεδίασης.

Τα συστήματα CAM (Computer Aided Manufacturing) συντελούν στην κατεργασία των κομματιών μέσω Η/Υ. Αναγνωρίζουν τα σχέδια που έχουν δημιουργηθεί σε συστήματα CAD και καθορίζουν τις κατάλληλες παραμέτρους κατεργασίας αυτών χρησιμοποιώντας βάση δεδομένων για υλικά κοπής, εργαλεία και τεχνολογικά στοιχεία. Τα περισσότερα συστήματα CAM, έχουν τη δυνατότητα προσομοίωσης της κατεργασίας συντελώντας στην καλύτερη εποπτικότητα αυτής για τον εντοπισμό πιθανών σφαλμάτων, που θα οδηγούσαν σε ζημίες των εργαλείων, των κομματιών ή και των εργαλειομηχανών. Πολλά από αυτά, επίσης, ενσωματώνουν τις λειτουργίες σχεδίασης των συστημάτων CAD και κατεργασίας των συστημάτων CAM.

Ένα ολοκληρωμένο CAD/CAM σύστημα είναι το EdgeCAM της Pathtrace Engineering System. Είναι σχεδιασμένο για τις πιο εμπορικές μηχανές του κόσμου, και εξασφαλίζει λύσεις για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Αποτελείται από διαφορετικά υποπρογράμματα (modules) τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη, σε συνδυασμό με τη πολιτική αναβάθμισης της εταιρείας, να "κτίσει" το σύστημα σύμφωνα με τις ανάγκες ή ιδιαιτερότητές του.

3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ EDGECAM

Το EdgeCAM αποτελεί ένα πλήρες πρόγραμμα προσομοίωσης κατεργασιών και ικανοποίησης όλων των αναγκών προγραμματισμού, συμπεριλαμβανομένου της επιφανειακής, περιστροφικής και πολλαπλών επιπέδων κατεργασίας, τη 2 και 4 αξόνων ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα (Wire EDM), και τις εργασίες φρέζας σε τόρνο με 4 άξονες.

Με την τυποποιημένη εφαρμογή των παραθύρων της Microsoft, το EdgeCAM εξουικιώνει τον χρήστη στη χρησιμοποίησή του και μεγιστοποιεί την αποδοτικότητα στην παραγωγή του CNC κώδικα.

Το σύστημα EdgeCAM παρέχει:

- Σχεδίαση δυο και τριών διαστάσεων και κατάρτιση μοντέλων (Κεφάλαιο 3.3)
- Κατεργασία 2½, 3 και 5 αξόνων φρέζας (Κεφάλαιο 3.4.4)
- Εργασίες φρέζας σε τόρνο με 4 άξονες (Κεφάλαιο 3.4.3)
- Ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα 2 και 4 αξόνων (Κεφάλαιο 3.4.7)
- Κατάλογο εργαλείων (Κεφάλαιο 3.5.1)
- Μακροεντολές PCI (Pathtrace Command Interface) και PDI (Pathtrace Digitise Interface) (Κεφάλαιο 3.5.5)
- Εργαλείο σύνταξης κειμένου (Κεφάλαιο 3.5.6)
- Γεννήτρια κώδικα CNC (Κεφάλαιο 3.5.7)
- Επιτρέπει την επικοινωνία του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή με εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης CNC (Κεφάλαιο 3.5.8)

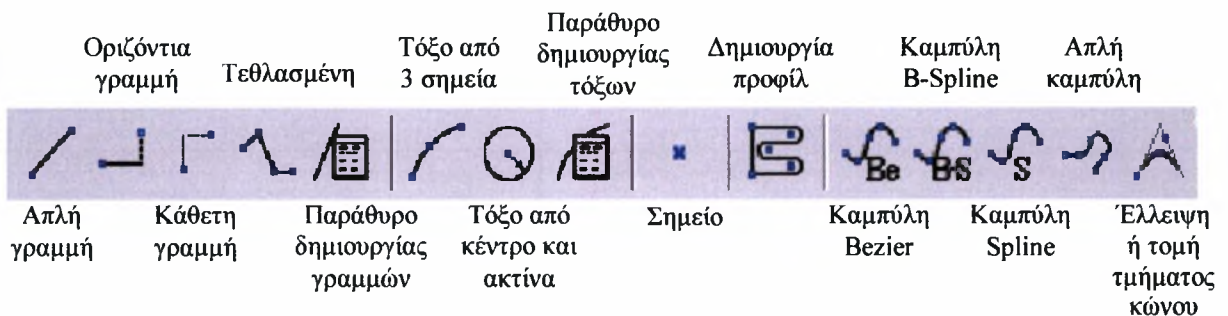
3.2 ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ EDGE CAM

- Δημιουργεί εύκολα τρισδιάστατο μοντέλο και γεωμετρία επιφάνειας (Κεφάλαιο 3.3).
- Υποστηρίζονται οι κατεργασίες της φρέζας, της ηλεκτροδιάβρωσης με σύρμα, του τόρνου και της κατεργασίας πολύπλοκων επιφανειών (Κεφάλαιο 3.4).
- Πραγματοποιεί προσομοίωση των κινήσεων των εργαλείων (Κεφάλαιο 3.5.4).
- Υποστηρίζει προηγμένες ικανότητες εργαλειομηχανών όπως η κατασκευή σπειρώματος, η περιστροφική και πολλαπλών επιπέδων κατεργασία, και εργασίες φρέζας σε τόρνο (Κεφάλαιο 3.4).
- Αναγνωρίζει γεωμετρικά δεδομένα από άλλα προγράμματα π.χ. αρχεία IGES, SAT, DWG, DXF και VDA.
- Δημιουργεί κατάλογο πληροφοριών εργαλείων και υλικών, με τη δυνατότητα άμεσης επεξεργασίας αυτών (Κεφάλαιο 3.5).
- Παρέχει την δημιουργία και άμεση εκτέλεση μακροεντολών του EdgeCAM (Κεφάλαιο 3.5).

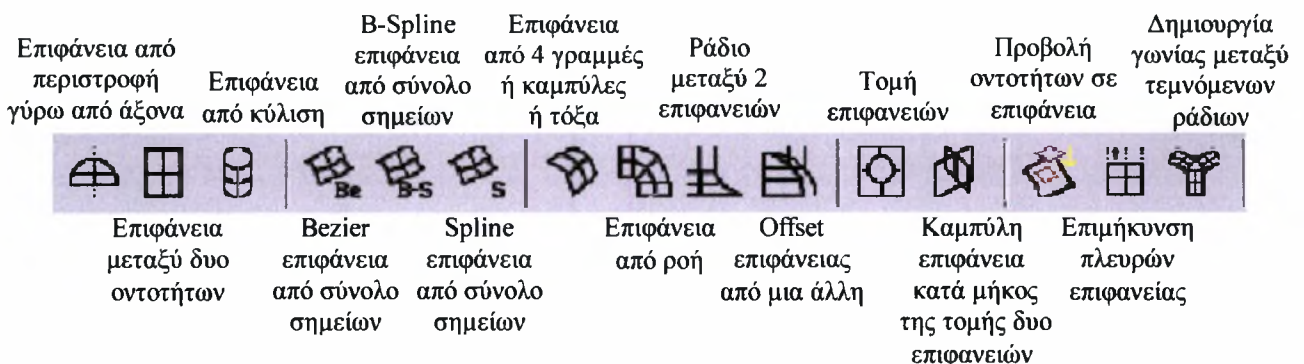
3.3 EDGE CAM ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Το EdgeCAM παρέχει ένα περιεκτικό σύνολο εντολών για την κατασκευή 2D ή 3D μοντέλων. Εναλλακτικά, μπορούν να εισαχθούν έτοιμα μοντέλα σχεδιασμένα από όλα τα γνωστά συστήματα CAD. Το EdgeCAM υποστηρίζει ακόμα, τους περισσότερους τύπους επιφανειών ως μαθηματικά μοντέλα.

Η γραμμές εργαλείων σχεδίασης είναι οι ακόλουθες:



Η γραμμές εργαλείων παραγωγής επιφανειών είναι οι ακόλουθες:

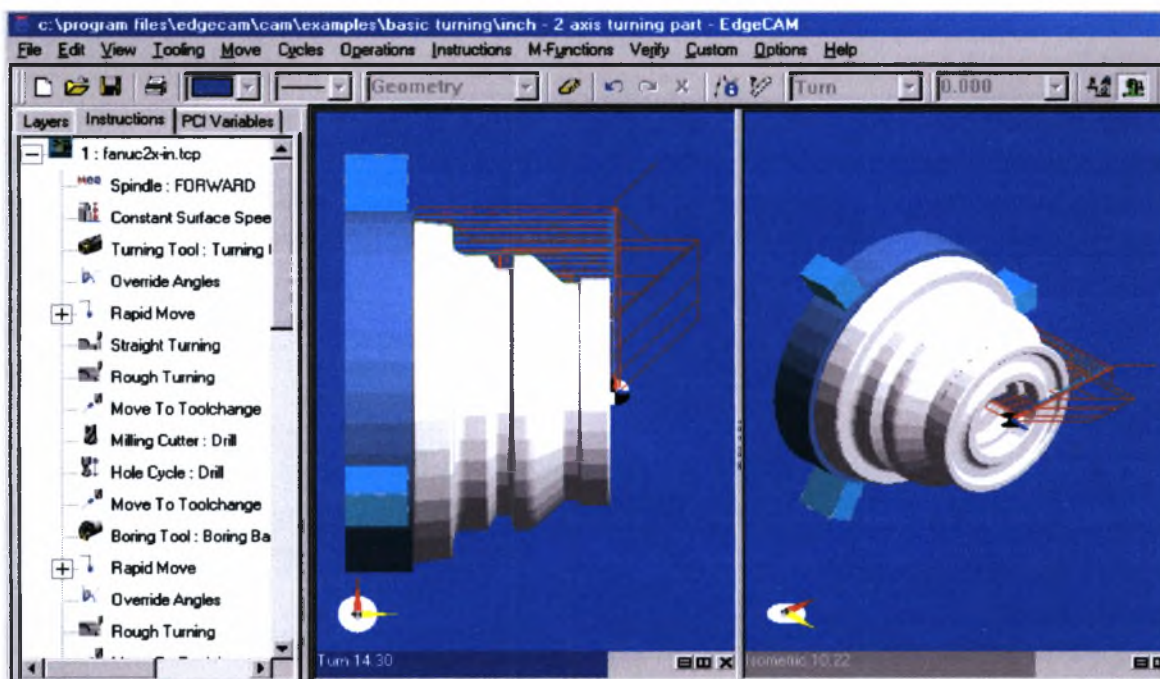


Η εμφάνιση ενός κομματιού μπορεί να μετατραπεί από πλέγμα γραφικών σε μοντέλο προβάλλοντας το αισθητικό περιεχόμενο του σχεδίου και δίνοντας έμφαση σε οποιεσδήποτε ατέλειες επιφάνειας.

3.4 EDGECAM ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ

3.4.1 Τόρνευση 2 αξόνων

Όλοι οι κύκλοι κατεργασιών τόρνου υποστηρίζονται και αξιοποιούνται πλήρως οι δυνατότητες του ψηφιακού ελέγχου. Κατά τον υπολογισμό της διαδρομής του εργαλείου, το πρόγραμμα λαμβάνει υπόψη την πλήρη γεωμετρία (κομματιού, τσοκ κ.τ.λ.), ώστε να αποφεύγεται η πιθανότητα καταστροφής του κομματιού.



Εικόνα Νο 3.1 : Κατεργασία τόρνου

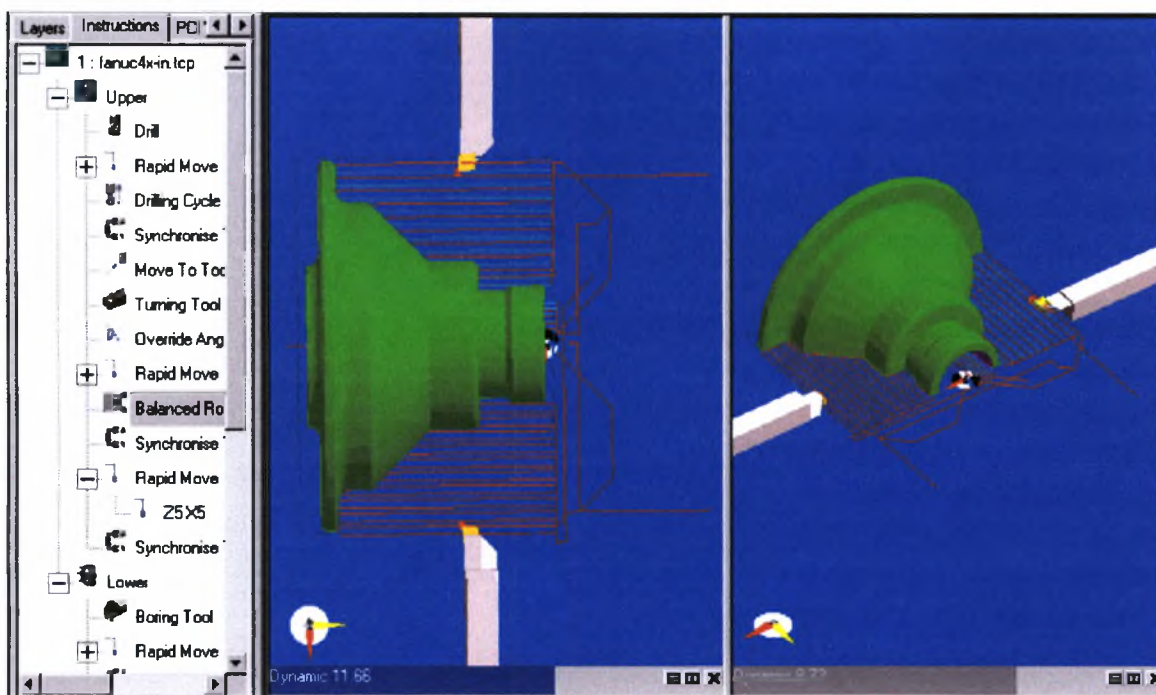
3.4.2 Τόρνευση 4 αξόνων (με δυο πυργίσκους)

Λαμβάνοντας υπόψη το αφαιρούμενο από τους προηγούμενους κύκλους κατεργασίας υλικό, γίνεται καλύτερη η εποπτικότητα του προγράμματος με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η αποδοτικότητα κάθε νέου κύκλου κατεργασίας (Εικόνα 3.2).

Η πλήρης προσομοίωση των κατεργασιών που παρέχεται, απεικονίζει τις κινήσεις και των δύο πυργίσκων, και έτσι μπορεί να ελεγχθεί και αποφευχθεί οποιαδήποτε σύγκρουση εργαλείων και μερών της μηχανής.

Άλλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα περιλαμβάνουν:

- Συγχρονισμός πυργίσκων (άρα καμία χειρωνακτική επέμβαση)
- Δύο πυργίσκοι σε μια γλίστρα (επιτρέπει τυποποιημένες ρυθμίσεις εργαλείων).

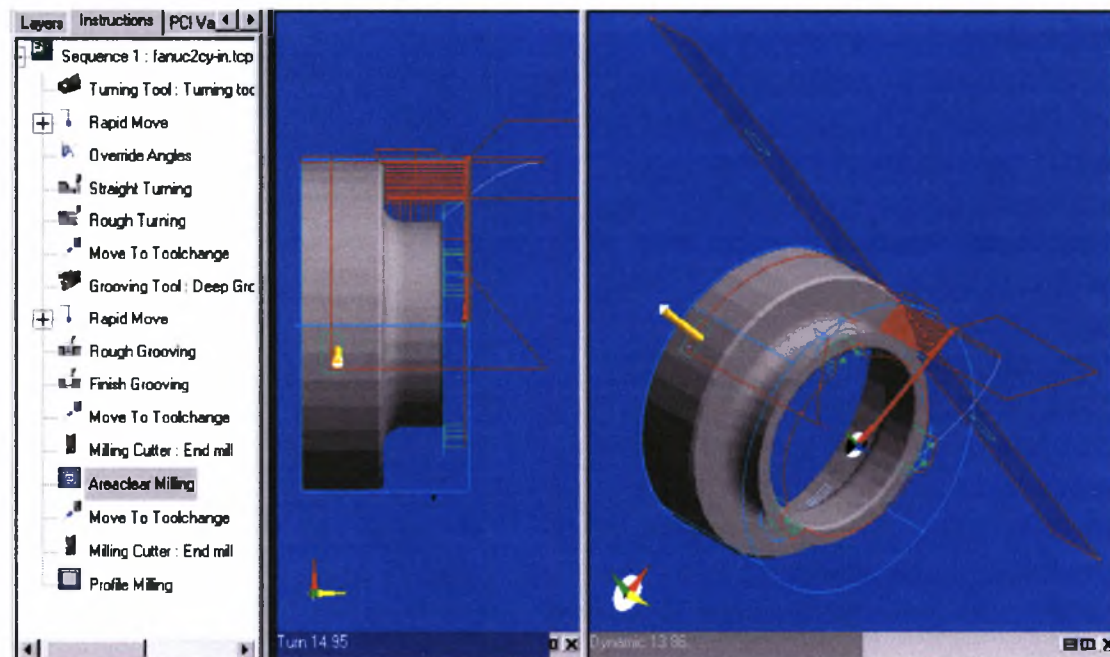


Εικόνα Νο 3.2 : Κατεργασία τόννου με δυο πυργίσκους

3.4.3 Τόρνευση C & Y αξόνων (Κατεργασία φρέζας σε τόννο)

Η τόρνευση C & Y αξόνων είναι εργασίες φρέζας σε τόννο. Το EdgeCAM απλοποιεί το αξονικό σχέδιο και την απεικόνιση του φρεζαρίσματος, με το τύλιγμα της 2D γεωμετρίας γύρω από έναν κύλινδρο, δημιουργώντας ακτινωτή γεωμετρία. Έτσι οι εργασίες της φρέζας μπορούν να πραγματοποιηθούν στην 2D όψη.

Οι μετακινήσεις στους C & Y άξονες μπορούν να προγραμματιστούν για αξονική και ακτινωτή κατεργασία, χρησιμοποιώντας την πλήρη σειρά των εντολών του φρεζαρίσματος και της δημιουργίας οπών που διαθέτει το EdgeCAM.

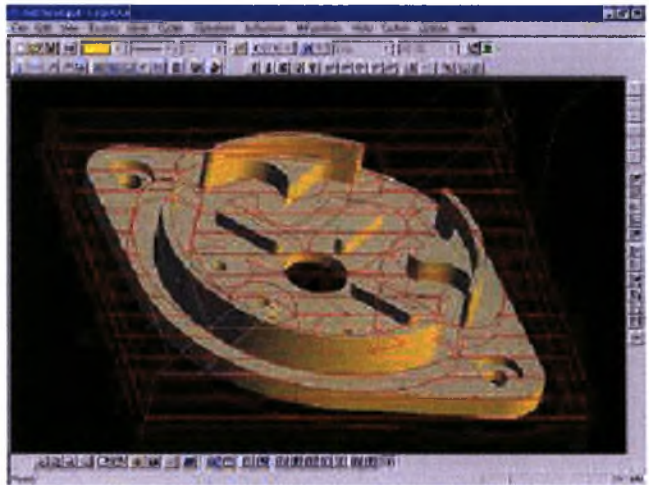


Εικόνα Νο 3.3 : Εργασίες φρέζας σε τόννο

3.4.4 Φρεζάρισμα

Το EdgeCAM επιτρέπει την κατεργασία φρεζαρίσματος 2,5 και 3 αξόνων. Κάθε βήμα κατεργασίας καταγράφεται χωριστά, και έτσι διευκολύνεται η αναπροσαρμογή και η επιδιόρθωση.

Οι διαδρομές του εργαλείου μπορούν να αντιγραφούν, να περιστραφούν και να αντικατοπτριστούν, επιταχύνοντας τον προγραμματισμό και καθιστώντας τον ασφαλέστερο. Οι σπειροειδείς κύκλοι κατεργασίας υποστηρίζουν πλήρως νησίδες, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι κινήσεις των εργαλείων.

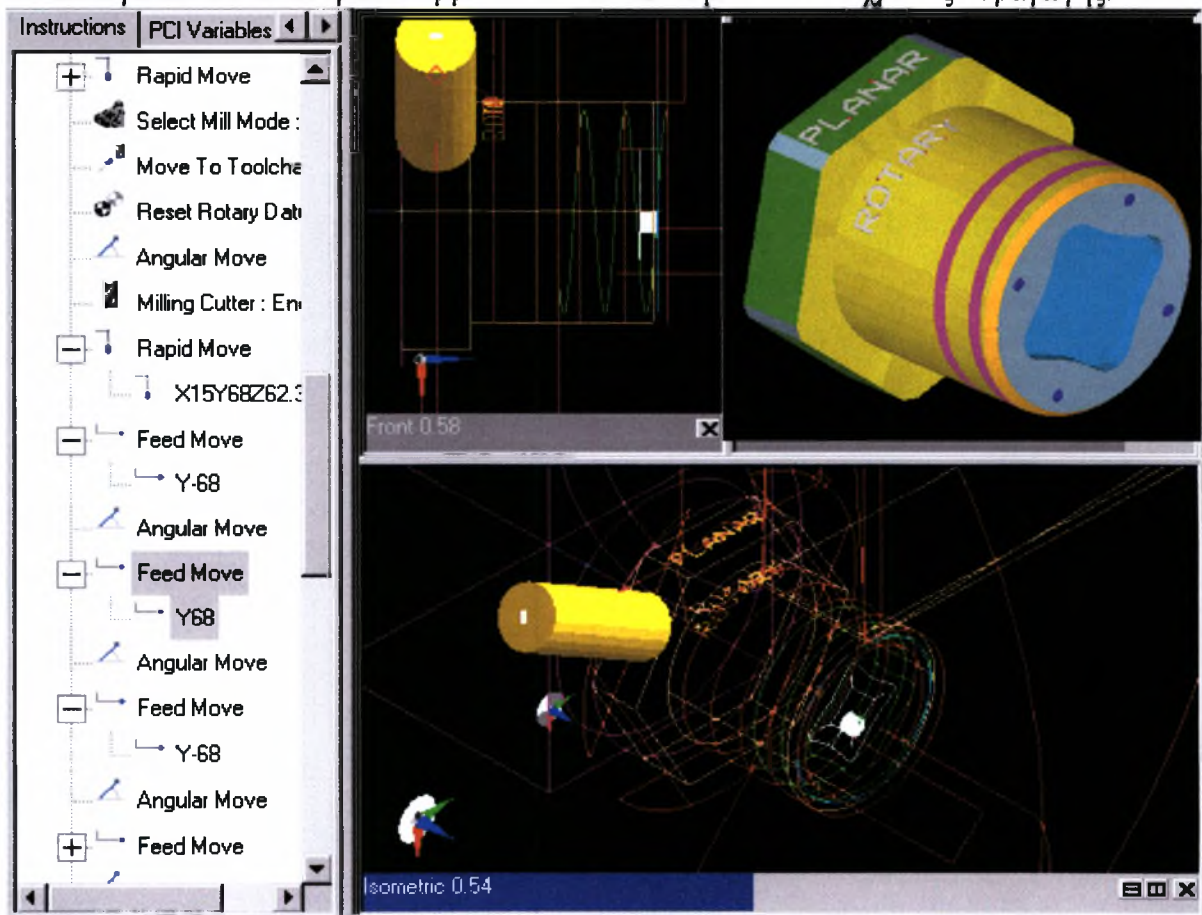


Εικόνα Νο 3.4 : Φρεζάρισμα

3.4.5 Κατεργασία σε πολλά επίπεδα και σχήματα εκ περιστροφής

Κατεργασία σε πολλά επίπεδα και σχήματα εκ περιστροφής, λέγεται η κατεργασία που πετυχαίνετε σε πολυμορφικά κομμάτια με ένα δέσιμο.

Για παράδειγμα δίνει τη δυνατότητα κατεργασίας οπών, αυλακιών και πολυγώνων σε κυλινδρικά κομμάτια έτσι ώστε να μειώνεται ο χρόνος παραγωγής.

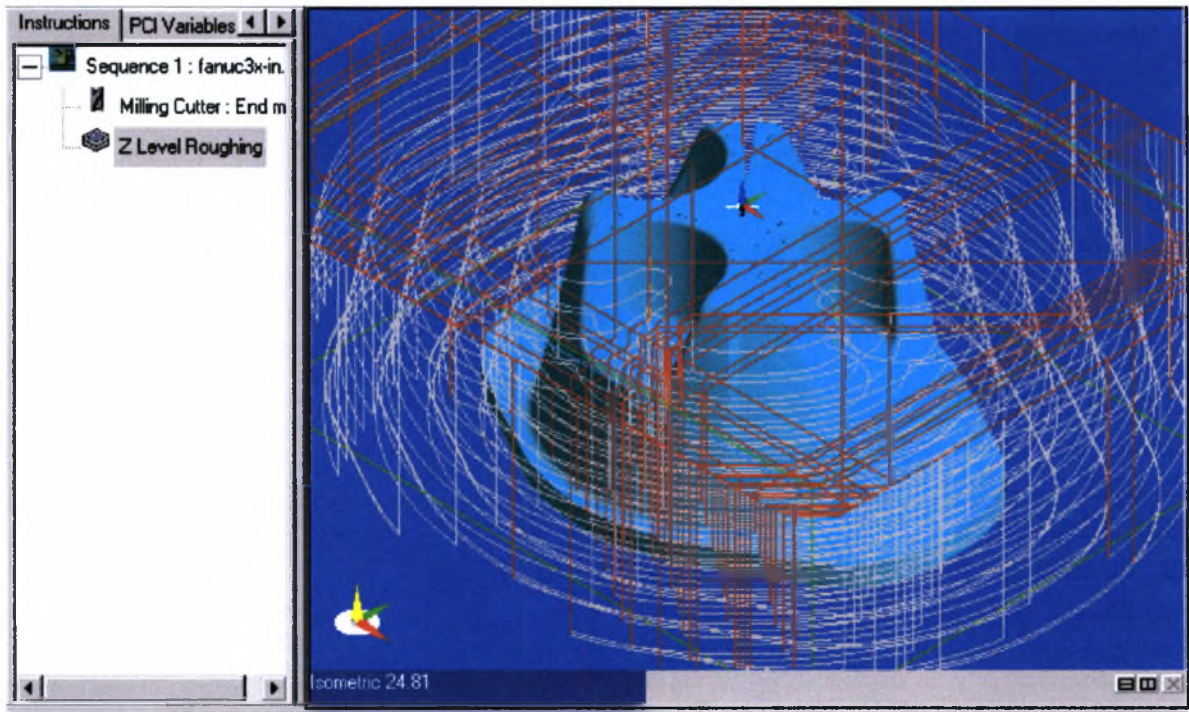


Εικόνα Νο 3.5 : Κατεργασία σε πολλά επίπεδα και σχήματα εκ περιστροφής

3.4.6 Περίπλοκες επιφάνειες

Το EdgeCAM παρέχει ένα πλήρες φάσμα για την επιλογή μεθόδων κατεργασίας περίπλοκων επιφανειών, δηλαδή φρεζάρισμα σε περισσότερους από τρεις άξονες. Η πλήρης προστασία από συγκρούσεις του κοπτικού αποτρέπει την καταστροφή του αντικειμένου. Υποστηρίζονται όλοι οι τύποι εργαλείων, παρέχοντας μεγάλη ευελιξία στην χρησιμοποίηση αυτών.

Η αυτόματη αναγνώριση των άκοπων περιοχών μειώνει τον χρόνο κατεργασίας και η κατεργασία ανά περιοχή ελαχιστοποιεί την άσκοπη κίνηση του κοπτικού στον αέρα.

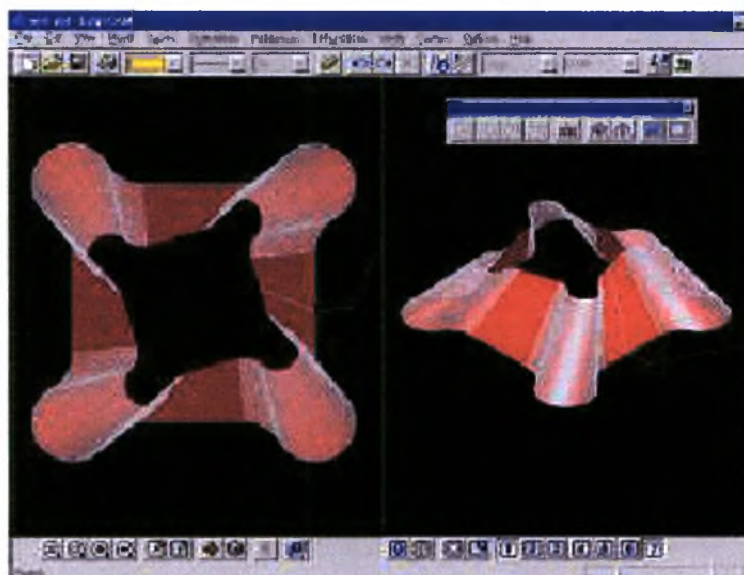


Εικόνα Νο 3.6 : Κατεργασία περίπλοκης επιφάνειας

3.4.7 Ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα

Η ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα είναι ιδανική για την κατασκευή καλουπιών, και εργαλείων πρέσσας, διευκολύνοντας την κατεργασία ακόμα και των πιο περίπλοκων επιφανειών (Εικόνα 3.7). Παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων από ευθείες, τόξα είτε επίπεδα σχήματα. Υποστηρίζονται προτυποποιήσεις ISO και εφαρμόζονται πλήρως τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της οδήγησης των μηχανών.

Παρέχονται τέλος, δυνατότητες όπως η τμηματοποίηση, η τομή του συρμάτινου πλέγματος (Κεφάλαιο 4.1.6), η δημιουργία τμήματος στήριξης (Κεφάλαιο 4.2.9.4) και η ολοκληρωτική αφαίρεση 2D "τσεπών" (Κεφάλαιο 4.2.11.1) που μειώνουν τον κίνδυνο ζημίας των μηχανών και κοπής του σύρματος.

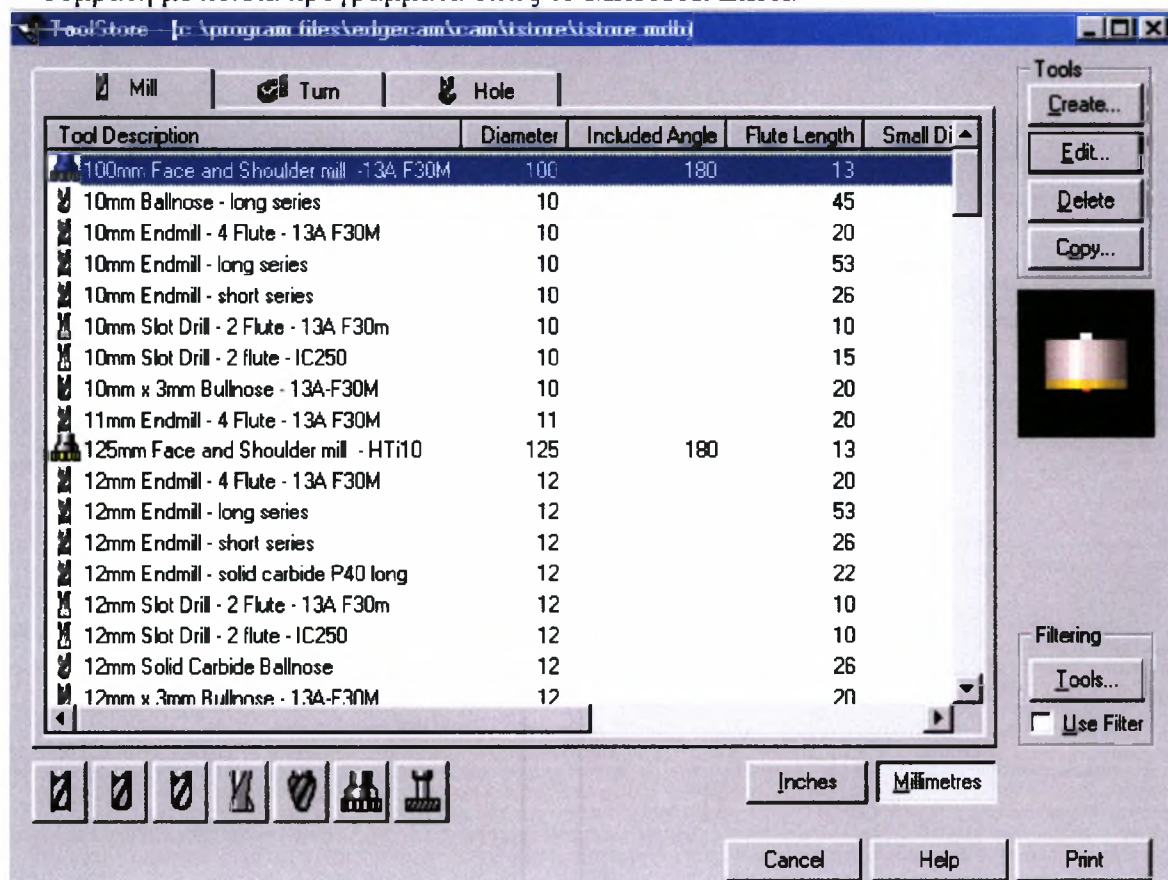


Εικόνα Νο 3.7 : Ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα

3.5 ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΤΟ ΠΑΚΕΤΟ EDGE CAM

3.5.1 Αποθήκη βάσης δεδομένων εργαλείων - ToolStore

Το EdgeCAM ToolStore παρέχει εκτεταμένες ικανότητες διαχείρισης των δεδομένων των εργαλείων. Η βάση δεδομένων της αποθήκης εργαλείων, είναι συμβατή με πολλά προγράμματα όπως το Microsoft Excel.



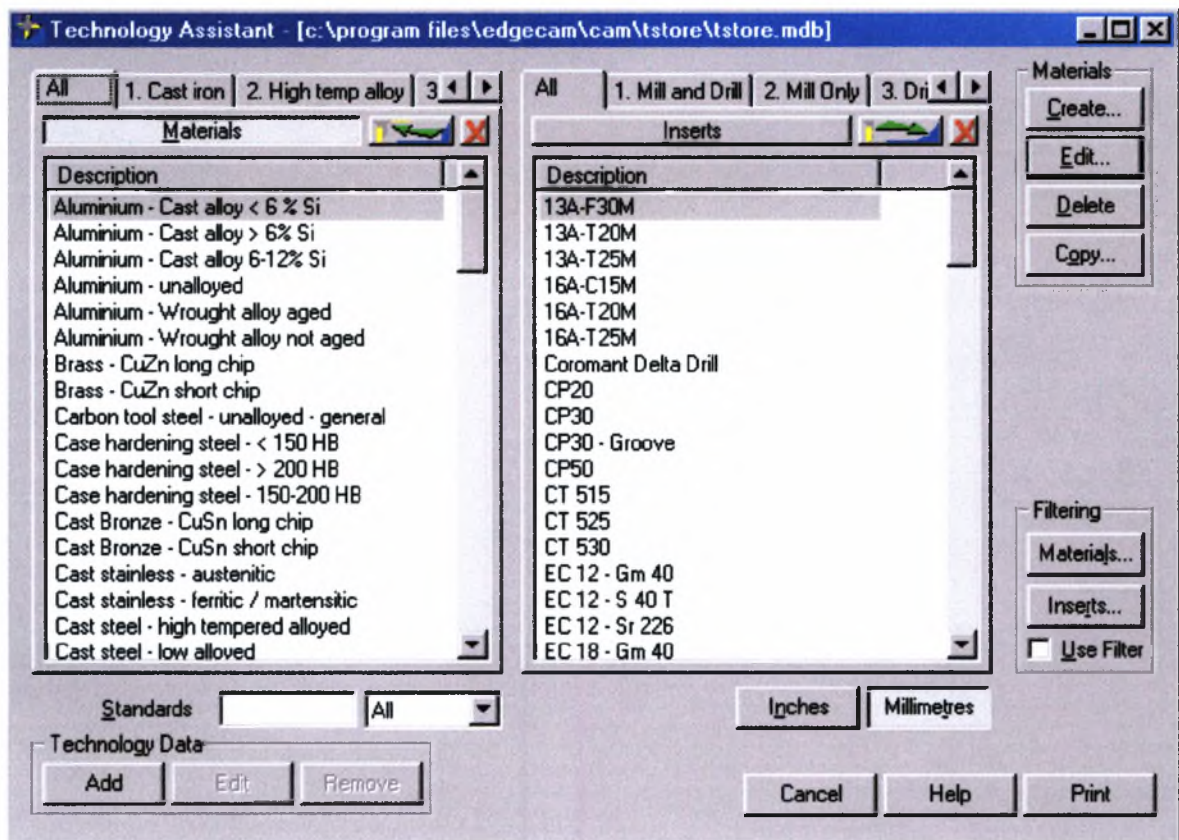
Εικόνα Νο 3.8 : Αποθήκη βάσης δεδομένων εργαλείων

3.5.2 Βοήθημα για την αποθήκη εργαλείων - ToolKit Assistant

Επιτρέπει την αποτελεσματικότερη διαχείριση της βάσης δεδομένων των εργαλείων, βελτιώνοντας τη διαδικασία παραγωγής του CNC αρχείου. Συντελεί στην καταγραφή διαφόρων πληροφοριών της κατεργασίας σε βάση δεδομένων, με σκοπό την δημιουργία καταλόγου εργαλείων γι' αυτήν. Τα δεδομένα που προσδιορίζονται μπορούν έπειτα να χρησιμοποιηθούν από το EdgeCAM για την καθοδήγηση της δημιουργίας του προγράμματος NC.

3.5.3 Τεχνολογικά δεδομένα - Technology Assistant

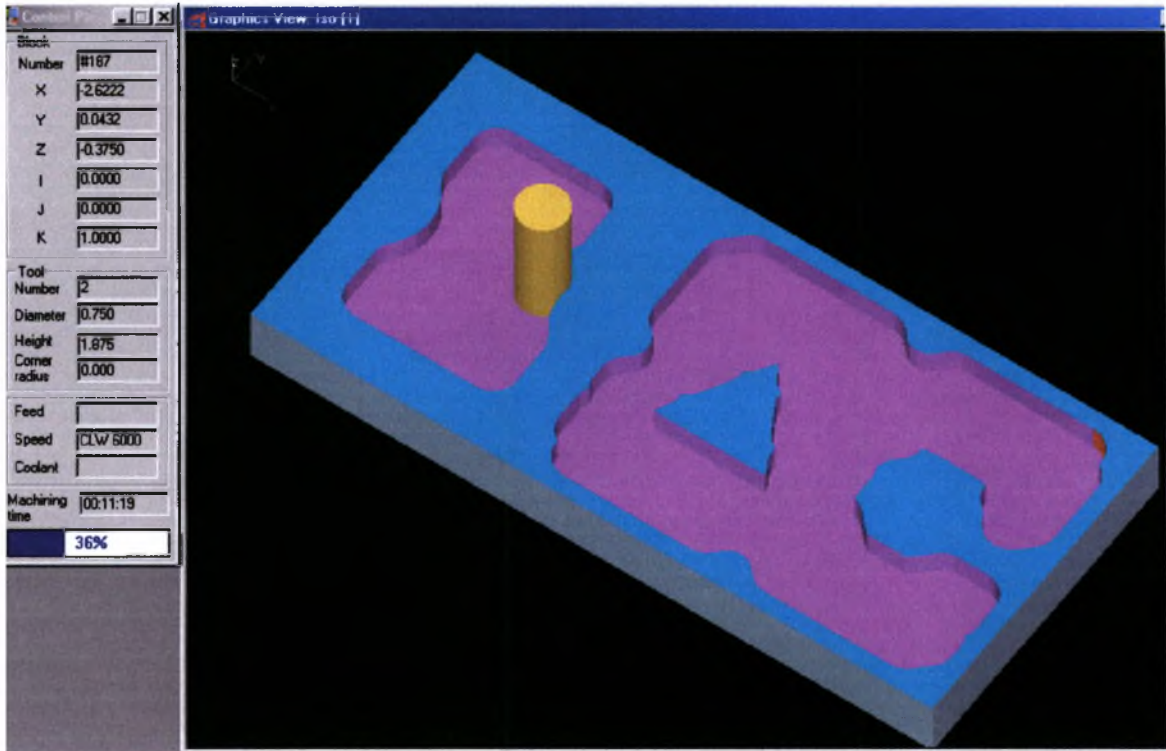
Συντελεί στην επιλογή εργαλείων και των σχετικών προώσεων και ταχυτήτων κοπής που θα χρησιμοποιηθούν από το EdgeCAM, λαμβάνοντας υπόψη το υπό κατεργασία υλικό και το υλικό των εργαλείων. Επιτρέπει την επιλογή των υλικών και την εισαγωγή πληροφοριών που θα συντελέσουν, μέσω της αποθήκης εργαλείων, στον καθορισμό των προώσεων και των ταχυτήτων για την κατεργασία.



Εικόνα Νο 3.9 : Τεχνολογικά δεδομένα

3.5.4 Προσομοίωση - Verify

Δίδεται η δυνατότητα γραφικής προσομοίωσης της κατεργασίας που έχει είδη προγραμματιστεί, γεγονός που μειώνει τον κίνδυνο ζημίας στο κομμάτι, στο εργαλείο είτε στην εργαλειομηχανή.



Εικόνα Νο 3.10 : Προσομοίωση κατεργασίας (φρέζας)

3.5.5 Μακροεντολές PCI και PDI

Η PCI (Pathtrace Command Interface) γλώσσα προγραμματισμού επιτρέπει την παραγωγή ρουτινών. Ο προγραμματιστής μπορεί να προκαθορίσει τις λειτουργίες των ρουτινών και να τις μεταβάλλει όποτε επιθυμεί. Η πρόσβαση στη γλώσσα PCI μπορεί να γίνει εύκολα με την χρησιμοποίηση των ανάλογων εικονιδίων.

Οι μακροεντολές PDI (Pathtrace Digitise Interface) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσαρμόσουν το EdgeCAM ανάλογα με τις απαιτήσεις, περιέχοντας εντολές κατασκευής γεωμετρίας ή διεξαγωγής κατεργασίας οι οποίες ενσωματώνονται στη δομή των επιλογών. Οι λειτουργίες που παρέχουν είναι προκαθορισμένες και δεν επιδέχονται μετατροπές.

3.5.6 Συντάκτης κειμένου - Editor

Πρόκειται για ένα εργαλείο σύνταξης κειμένων, ειδικά σχεδιασμένο για την σύνταξη αρχείων CNC.

3.5.7 Μετατροπές κώδικα - *Code Wizard*

Προσαρμόζει τον κώδικα γενικής ισχύος σε κώδικα συγκεκριμένης εργαλειομηχανής. Παρέχει εύχρηστο περιβάλλον στο οποίο δημιουργούνται οι γεννήτριες κώδικα, χρησιμοποιώντας βάση δεδομένων από τις πιο γνωστές εργαλειομηχανές.



3.5.8 Επικοινωνία με άλλα προγράμματα-*EdgeCAM Communications*

Χρησιμοποιώντας πρωτόκολλο επικοινωνιών, δημιουργεί συνδέσεις επικοινωνίας στο περιβάλλον των Windows. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα να διαβιβάζονται και να λαμβάνονται αρχεία μεταξύ του Η/Υ και της οδήγησης των εργαλειομηχανών, μέσω τοπικού δικτύου.



4 ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ ΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΟΥ EDGECAM

Η δυνατότητα προγραμματισμού της κοπής με ηλεκτροδιάβρωση σύρματος του EdgeCAM της Pathtrace αποτελεί ένα εργαλείο CAM, με σκοπό την παραγωγή κώδικα για αντίστοιχες εργαλειομηχανές.

Στην κατάσταση σχεδίασης του κομματιού (**Design Intent**), δίνεται η δυνατότητα σχεδιασμού και διαστασιολόγησης του προς κατεργασία κομματιού. Στην κατάσταση κατεργασίας (**Manufacture mode**), γίνεται εισαγωγή των τεχνολογικών δεδομένων, των απαραίτητων πληροφοριών για την επιλογή του εργαλείου (σύρματος), και καθορίζεται η διαδρομή του εργαλείου. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται έπειτα για τη δημιουργία του κώδικα CNC, επιλέγοντας την κατάλληλη μηχανή κοπής ηλεκτροδιάβρωσης σύρματος δύο ή τεσσάρων αξόνων.

Ένα σχέδιο για να μπορεί να αποτελέσει βάση για επεξεργασία δεδομένων κατεργασίας πρέπει να είναι τρισδιάστατο (Υπάρχει η δυνατότητα κατεργασίας 2D σχεδίων με τις κατεργασίες 2D profile και 2D Destruct όπως θα δούμε παρακάτω, (Κεφάλαιο 4.2.11).

Τρισδιάστατα κομμάτια μπορούν να παραχθούν δίνοντας στοιχεία τρίτης διάστασης (z-άξονα) σε σχήματα δυο διαστάσεων, χρησιμοποιώντας μια από τις ακόλουθες στρατηγικές:

Λοξό προφίλ (Tapered Profile - Geometry menu)

Εφαρμόζει μια λοξότητα σε ένα 2D σχέδιο που αποτελείται από ευθείες και τόξα, ορίζοντας τις συνθήκες με τις οποίες οι ανώτερες επιφάνειες θα προκύψουν από τις κατώτερες (Κεφάλαιο 4.1.3).

Προφίλ από Μετατροπή (Transformed Profile - Geometry menu)

Χρησιμοποιείται για την μετατροπή ενός 2D σχεδίου, που μπορεί να αποτελείται από ευθείες και τόξα, σε 3D (Κεφάλαιο 4.1.4) εφαρμόζοντας έναν από τους ακόλουθους συνδυασμούς μετασχηματισμών:

- Μεγέθυνση ή σμίκρυνση (Scaling) (Εικόνα 4.23, 4.24)
- Μετάθεση στους άξονες X και Y (X Increment, Y Increment) (Εικόνα 4.19-4.21)
- Περιστροφή (Rotation) (Εικόνα 4.22)

Σύνδεση προφίλ (Linked Profile - Geometry menu)

Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση (χειρωνακτικά ή αυτόματα) δύο διαφορετικών 2D σχημάτων τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικά παράλληλα επίπεδα και μπορούν να αποτελούνται από ευθείες και τόξα (Κεφάλαιο 4.1.5).

Κατά την αυτόματη σύνδεση εφαρμόζεται μια από τις ακόλουθες στρατηγικές:

- Πλησιέστεροι κόμβοι (Closest node) (Εικόνα 4.27)
- Πλησιέστερη θέση (Closest position) (Εικόνα 4.28)
- Αναλογικά (Proportional) (Εικόνα 4.29)
- Κόμβο με κόμβο (Node to node) (Εικόνα 4.30)

Οι τρεις αυτές στρατηγικές παράγουν ένα τρισδιάστατο μοντέλο δημιουργώντας ένα πλέγμα μεταξύ της ανώτερης και κατώτερης επιφάνειας, που χρησιμοποιείται μετέπειτα για τον καθορισμό της διαδρομής του σύρματος.

Όταν ένα πολύπλοκο 3D μοντέλο έχει παραχθεί με κάποιον από τους παραπάνω τρόπους δεν μπορεί να εξεταστεί η τομή του σε ορισμένο ύψος. Για τον λόγο αυτόν υπάρχει η εντολή:

Τομή πλέγματος (Wire Section - Geometry menu)

Με την εντολή αυτή δημιουργείται μια σχεδιαστική τομή του πλέγματος του μοντέλου σε κάποιο επιθυμητό ύψος (δηλαδή στον άξονα Z), με σκοπό την απεικόνιση της επιφάνειας αυτού στο συγκεκριμένο ύψος (Κεφάλαιο 4.1.6).

Τα επόμενα βήματα για την ολοκλήρωση της κατεργασίας είναι:

Επιλογή σύρματος (Select Wire - Cycles menu)

Γίνεται προσδιορισμός της διαμέτρου του σύρματος και της θέσης του άνω και κάτω οδηγού (Κεφάλαιο 4.2.7).

Εκλογή μεθόδου κατεργασίας:

Σχεδιασμός κατεργασίας (Machine Design - Cycles menu)

Στο βήμα αυτό επιλέγεται το υπάρχον πλέγμα ως διαδρομή του σύρματος και ορίζονται η στρατηγική κοπής, το μέγεθος του τμήματος στήριξης του κομματιού ή της επικάλυψης, και οι παράμετροι οδήγησης (Κεφάλαιο 4.2.9).

2D Ολική αφαίρεση υλικού (2D Destruct - Cycles menu)

Με τη συγκεκριμένη μέθοδο διαβρώνεται όλο το υλικό μέσα σε μια περιοχή που καθορίζεται από κλειστή 2D γεωμετρία, εξασφαλίζοντας ότι κανένα στερεό κομμάτι δεν θα ελευθερωθεί να πέσει από το κομμάτι προς κατεργασία (Κεφάλαιο 4.2.11.1).

2D Κατεργασία (Πρισματική κατεργασία) (2D Profile - Cycles menu)

Με τη μέθοδο αυτή κατασκευάζεται η διαδρομή του σύρματος γύρω από μια επιλεγμένη 2D γεωμετρία (Κεφάλαιο 4.2.11.2).

Κοπή τμήματος στήριξης (Cut Support Tag - Cycles menu)

Με την συγκεκριμένη κατεργασία κόβεται όποιο τμήμα στήριξης έχει πραγματοποιηθεί σε κάποια προηγούμενη κατεργασία με σύρμα (Κεφάλαιο 4.2.10).

Στο τελικό στάδιο της κατεργασίας παράγεται ο κώδικας CNC (Κεφάλαιο 4.2.15).

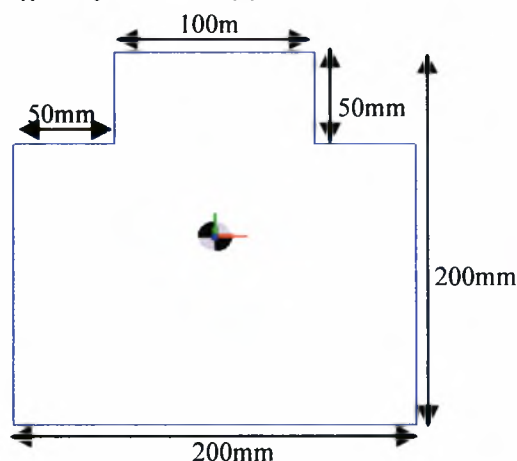
4.1 ΒΑΣΙΚΑ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΝΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Κατά την κατεργασία ενός μοντέλου με την ηλεκτροδιάβρωση σύρματος του EdgeCAM, ακολουθούνται τα εξής στάδια:

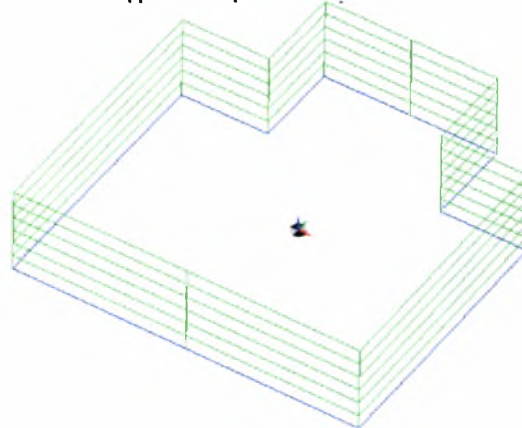
- Δημιουργία του σχεδίου σαν συρμάτινο πλέγμα
- Διόρθωση του σχεδίου ή του πλέγματος
- Είσοδος στο περιβάλλον κατεργασίας και επιλογή της γεννήτριας κώδικα
- Δοκιμαστική κοπή του κομματιού (προσομοίωση)
- Εξέταση και έλεγχος του κομματιού
- Διόρθωση του καταλόγου οδήγίας (εάν είναι απαραίτητο)
- Παραγωγή του κώδικα CNC

Π.χ. Για την κατεργασία ενός πρισματικού κομματιού ακολουθούνται τα βήματα:

i) Σχεδιάζεται το κομμάτι σε επίπεδο XY:

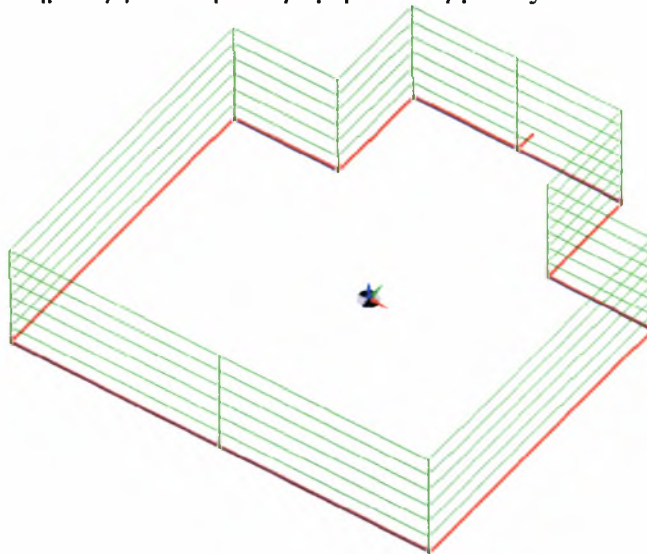


ii) Κατασκευάζεται το συρμάτινο πλέγμα και γίνεται τρισδιάστατο:



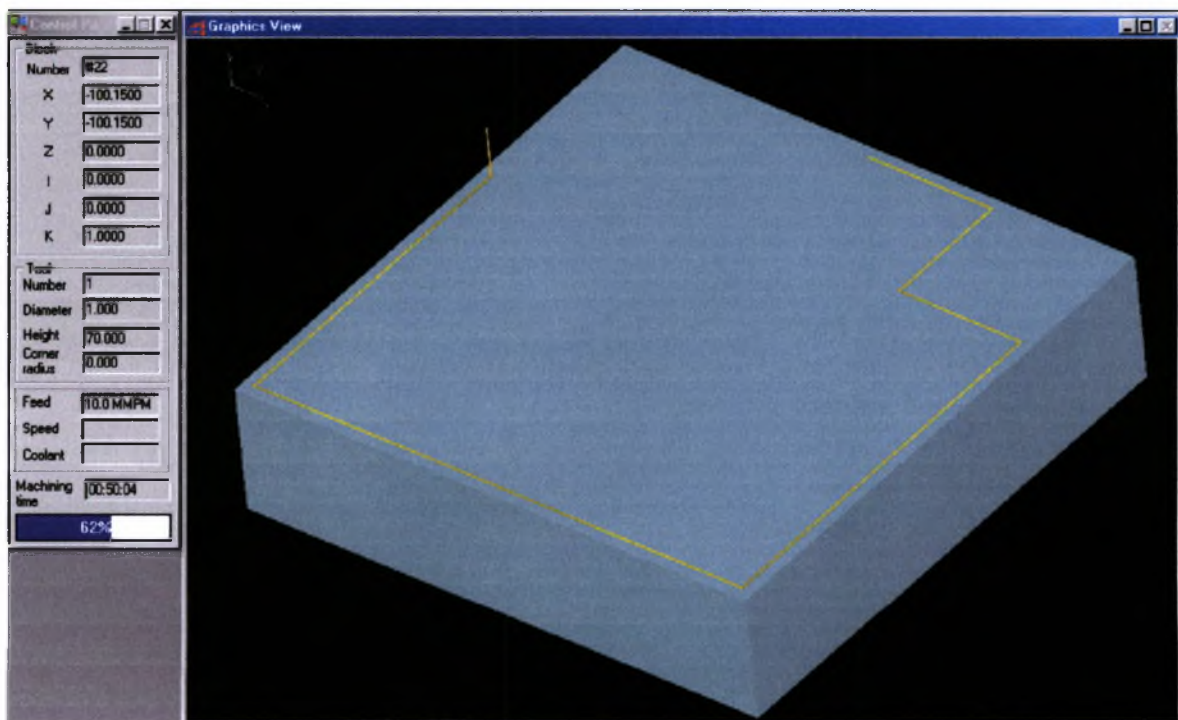
Εικόνα Νο 4.1 : Σχεδιασμός πρίσματος

iii) Καθορίζοντας τη διάμετρο του σύρματος, τους παραμέτρους κατεργασίας και την γεννήτρια κώδικα δημιουργείται η διαδρομή του σύρματος:



Εικόνα Νο 4.2 : Δημιουργία της διαδρομής του σύρματος

iv) Ορίζεται το ακατέργαστο κομμάτι και γίνεται προσομοίωση της κατεργασίας:



Εικόνα Νο 4.3 : Προσομοίωση κατεργασίας πρίσματος

v) Παράγεται ο κώδικας CNC

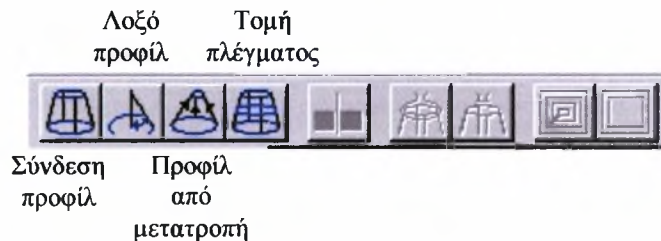
```

%
:1(Πρίσμα)
N10 G21 G90 G40
N20 M54 (THREAD WIRE)
N30 G01 G41 X0.0 Y100.15 T0.0
G52 D00 F10
N40 X50.15
N50 Y50.15
N60 X100.15
N70 Y-100.15
N80 X0.0
N90 X-100.15
N100 Y50.15
N110 X-50.15
N120 Y100.15
N130 X0.0
N140 M30
%
```

4.1.1 Επίδειξη της γραμμής εργαλείων του σύρματος

Προκειμένου να εμφανιστούν τα εικονίδια εντολών που είναι διαθέσιμα στην ενότητα του σύρματος, πρέπει να επιλεγεί από τις γραμμές των εργαλείων (**Toolbars - View menu**) η γραμμή εργαλείων του σύρματος (**Wire Toolbar**).

Στο περιβάλλον σχεδίασης (**Design mode**), εμφανίζονται οι ακόλουθες εντολές:



Στο περιβάλλον κατεργασίας (**Manufacture mode**), εμφανίζονται οι ακόλουθες εντολές:



Στα επόμενα κεφάλαια θα δούμε αναλυτικά κάθε μια από αυτές.

4.1.2 Δημιουργία του σχεδίου

Το αρχικό 2D σχέδιο κατασκευάζεται στο περιβάλλον σχεδίασης (Design mode) στο επίπεδο XY και περιλαμβάνει ευθείες και τόξα.

Αφού ολοκληρωθεί η αρχική γεωμετρία του σχεδίου, ορίζεται ο τρόπος με τον οποίο θα κατασκευαστεί το συρμάτινο πλέγμα ώστε να γίνει τρισδιάστατο. Το EdgeCAM παρέχει τρεις στρατηγικές κατασκευής του πλέγματος:



Λοξό προφίλ (Tapered Profile - Geometry menu)



Προφίλ από μετατροπή (Transformed Profile - Geometry menu)



Σύνδεση προφίλ (Linked Profile - Geometry menu)

Σε κάθε περίπτωση, είναι δυνατή η δημιουργία τομής του πλέγματος κατά τον άξονα Z, με την εντολή:



Τομή πλέγματος (Wire Section - Geometry menu)

4.1.3 Λοξό προφίλ

4.1.3.1 Χαρακτηριστικά της εντολής λοξού προφίλ

Η απλούστερη μέθοδος κοπής ηλεκτροδιάβρωσης με σύρμα είναι να οδηγηθεί το σύρμα γύρω από ένα προφίλ. Το σύρμα μπορεί να διατηρηθεί κάθετα ή σε μια συγκεκριμένη γωνία. Αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας την εντολή **Λοξό προφίλ (Tapered Profile - Geometry menu)**.

Η εντολή λοξού προφίλ παράγει τη βάση δεδομένων ενός επιλεγμένου 2D σχεδίου και οι παράμετροι αυτής καθορίζουν τον προσανατολισμό του σύρματος. Το πλέγμα που δημιουργείται κατά τη λειτουργία αυτή (που αποτελείται από γραμμές και τα τόξα) επιδεικνύει την επίδραση των παραμέτρων σύνδεσης.

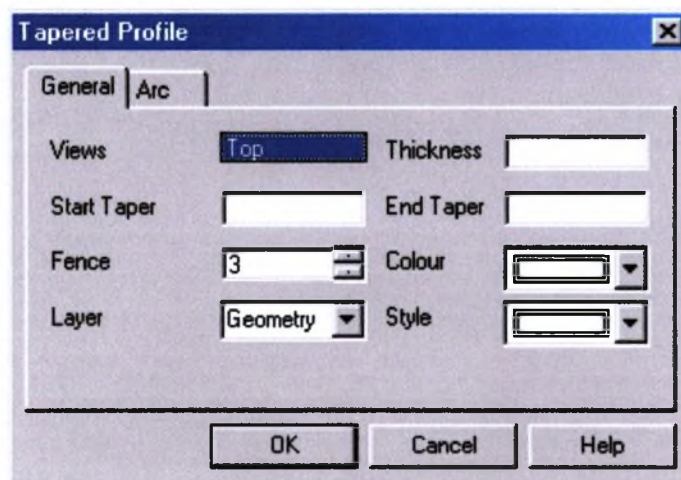
Για λόγους παραγωγής κώδικα μηχανών CNC, το EdgeCAM καθορίζει την επιλεγμένη επιφάνεια στις συντεταγμένες XY και την τελική παραγόμενη επιφάνεια στις συντεταγμένες UV.

Όταν η κατασκευή του σχεδίου ολοκληρωθεί, δημιουργείται η διαδρομή του σύρματος στο περιβάλλον "Κατεργασίας" (**Manufacture mode**).

Ο πίνακας επιλογής παραμέτρων της εντολής λοξού προφίλ περιλαμβάνει δυο παράθυρα που αφορούν τις γενικές παραμέτρους και τις παραμέτρους τόξου.

4.1.3.2 Γενικές παράμετροι

Για τις γενικές παραμέτρους έχουμε το εξής παράθυρο :



Εικόνα Νο 4.4 : Παράθυρο γενικών παραμέτρων λοξού προφίλ

Οι γενικοί παράμετροι της εντολής λοξού προφίλ περιλαμβάνουν τα ακόλουθα :

- Όψεις - Views
- Πάχος πλέγματος - Thickness
- Αρχική γωνία λοξότητας - Start Taper
- Τελική γωνία λοξότητας - End Taper
- Πλέγμα - Fence
- Χρώμα πλέγματος - Color
- Επίπεδο σχεδίασης πλέγματος - Layer
- Στυλ πλέγματος - Style

Οι επιλογές χρώματος (**Color**), επιπέδου σχεδίασης (**Layer**) και στυλ γραμμής (**Style**) αφορούν τα χαρακτηριστικά των γραμμών και τόξων του πλέγματος που δημιουργείται. Οι επιλογές αυτών γίνεται κατά προτίμηση όπως ακριβώς και στην σχεδίαση της αρχικής γεωμετρίας. Όπως θα δούμε στη συνέχεια, αυτές οι επιλογές περιλαμβάνονται και λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο σε κάθε εντολή, επομένως δε θα αναφέρονται πλέον.

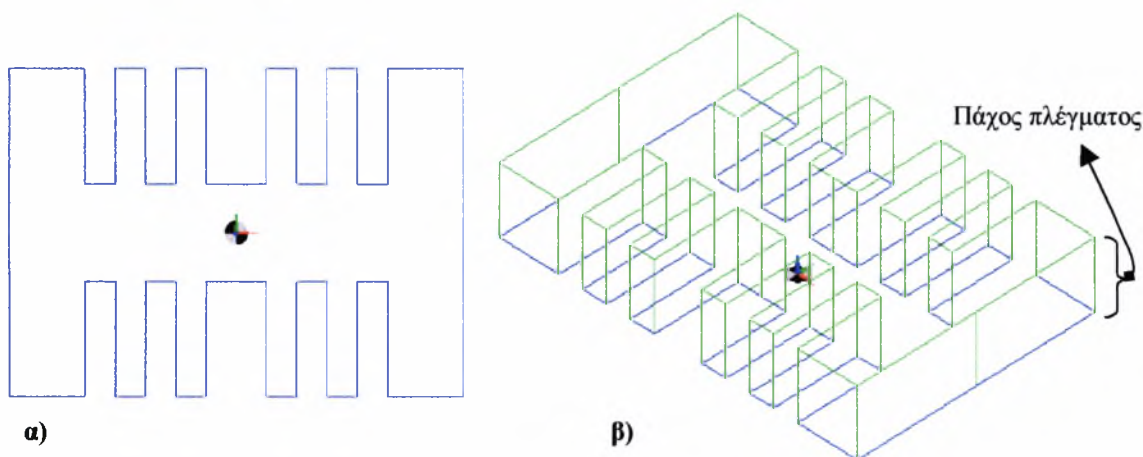
4.1.3.2.1 Όψεις - Views

Ενημερώνει για το ποια είναι η ενεργή όψη του σχήματος τη συγκεκριμένη στιγμή. Η λειτουργία αυτή υπάρχει σε κάθε στρατηγική και έτσι δε θα αναφερθεί εκ νέου.

4.1.3.2.2 Πάχος πλέγματος - Thickness

Με το πάχος πλέγματος προσδιορίζουμε στην ουσία την τρίτη διάσταση του σχεδίου μετατρέποντάς το σε πρίσμα. Οι τιμές του είναι σε mm ή inch.

Π.χ. Δίνοντας ένα συγκεκριμένο πάχος στην 2D παρακάτω γεωμετρία παίρνουμε το ανάλογο αποτέλεσμα :



Εικόνα Νο 4.5 : Πρίσμα - Πάχος πλέγματος, α) 2D γεωμετρία , β) Συγκεκριμένο πάχος πλέγματος

Σημείωση

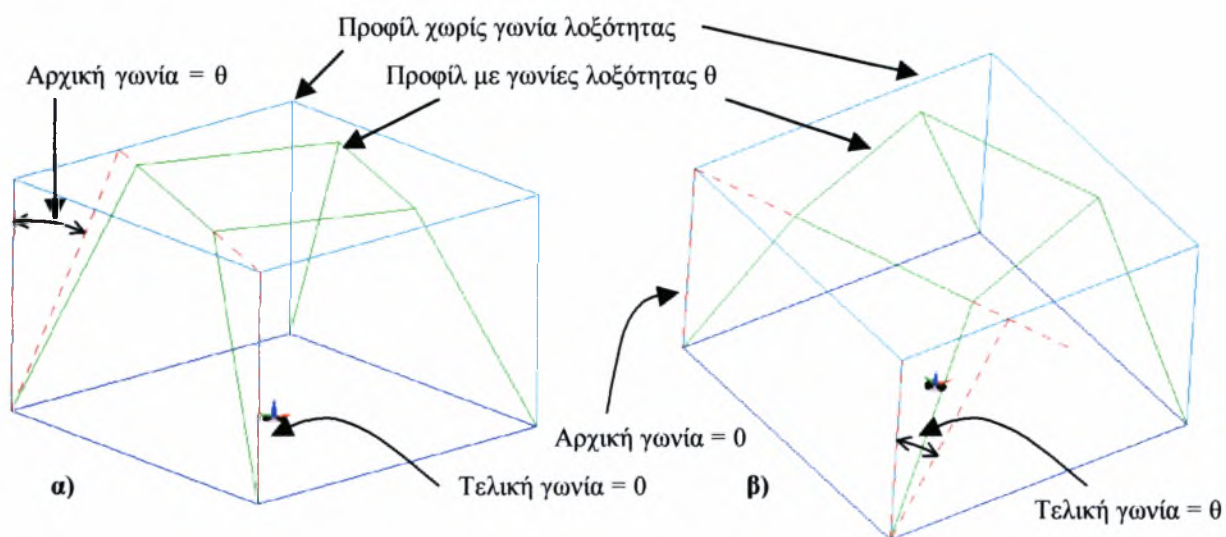
Το πάχος πλέγματος μπορεί να πάρει και αρνητικές τιμές. Στην περίπτωση αυτή η αρχική γεωμετρία εκτείνεται κατά τον ίδιο τρόπο προς τα κάτω, με πάχος (στην προκειμένη περίπτωση βάθος) ίσο με το απόλυτο της επιβαλλόμενης τιμής.

4.1.3.2.3 Αρχική / Τελική γωνία κωνικότητας - Start / End Taper

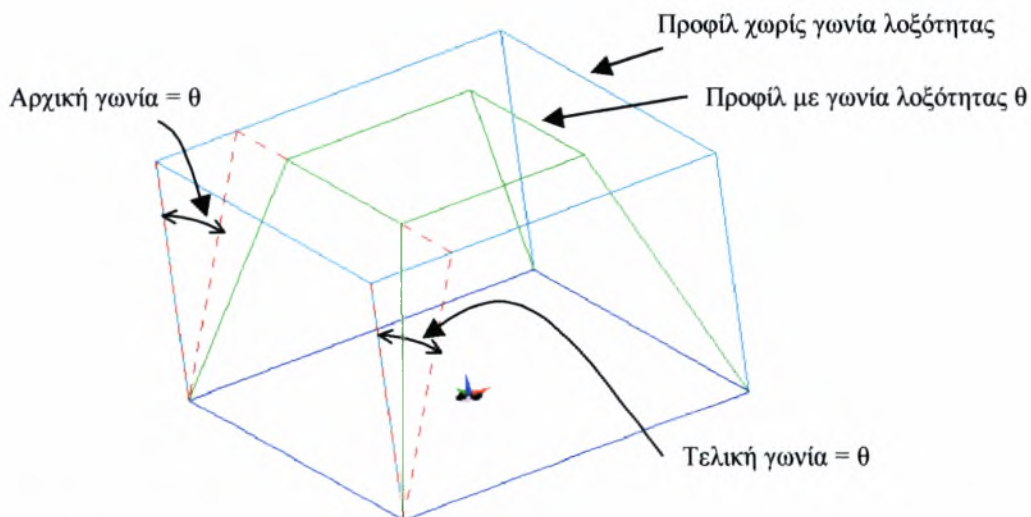
Είναι δυνατό το προφίλ που προκύπτει να έχει μια σχετική γωνία ως προς την αρχική 2D γεωμετρία. Αυτό γίνεται δίνοντας κάποια τιμή (σε μοίρες) στις παραμέτρους αυτές.

Δίνοντας κάποια αρχική γωνία, όλες οι οντότητες που αποτελούν την επιφάνεια (γραμμές και τόξα) θα υποστούν μια μετατόπιση στην αρχή τους ίση μ' αυτήν τη γωνία. Αντίστοιχα για δεδομένα τελικής γωνίας θα έχουμε μετατόπιση του τέλους αυτών ίση με τη συγκεκριμένη γωνία.

Για την κατανόηση της λειτουργίας αυτών δίνονται τα παρακάτω παραδείγματα:



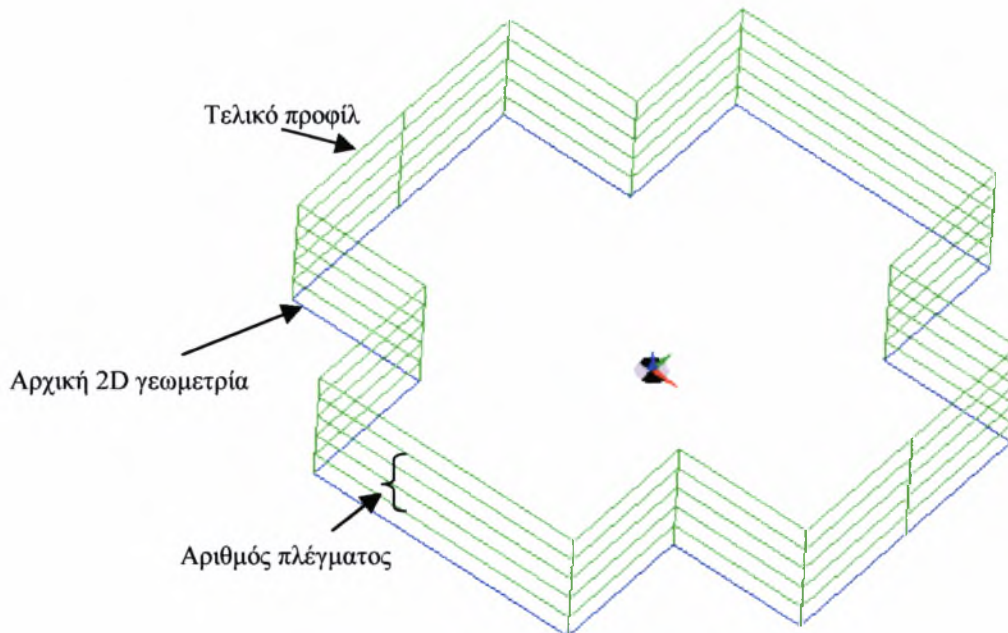
Εικόνα Νο 4.6 : Λοξό προφίλ – Γωνία λοξότητας: α) Αρχική γωνία = θ , Τελική γωνία = 0 β) Αρχική γωνία = 0, Τελική γωνία = θ



Εικόνα Νο 4.7 : Λοξό προφίλ – Γωνία λοξότητας: Αρχική γωνία = θ , Τελική γωνία = θ

4.1.3.2.4 Πλέγμα - Fence

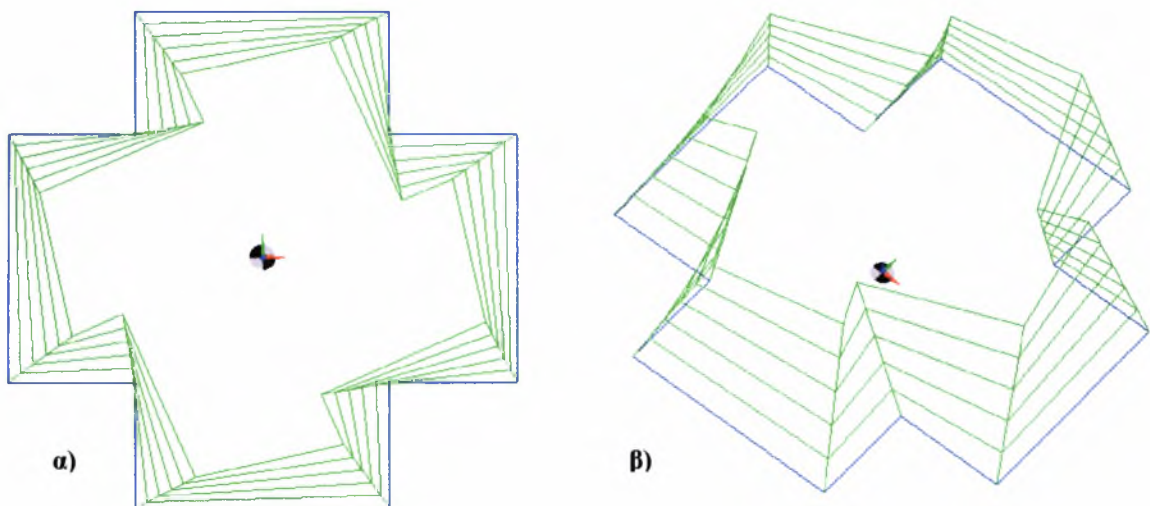
Ο αριθμός πλέγματος (μόνο θετικές τιμές μεταξύ 0 και 32767) καθορίζει πόσο πυκνά (με πόσα επίπεδα) θα αποδοθεί το πλέγμα γραφικά. Για παράδειγμα για αριθμό πλέγματος 4 είναι:



Εικόνα Νο 4.8 : Πρίσμα – Αριθμός πλέγματος

Με συνδυασμό όλων των γενικών παραμέτρων της εντολής λοξού προφίλ στο παραπάνω παράδειγμα έχουμε :

Παράμετρος	Τιμή
Πάχος πλέγματος	= 80mm
Αρχική γωνία λοξότητας	= 5°
Τελική γωνία λοξότητας	= 20°
Αριθμός πλέγματος	= 4

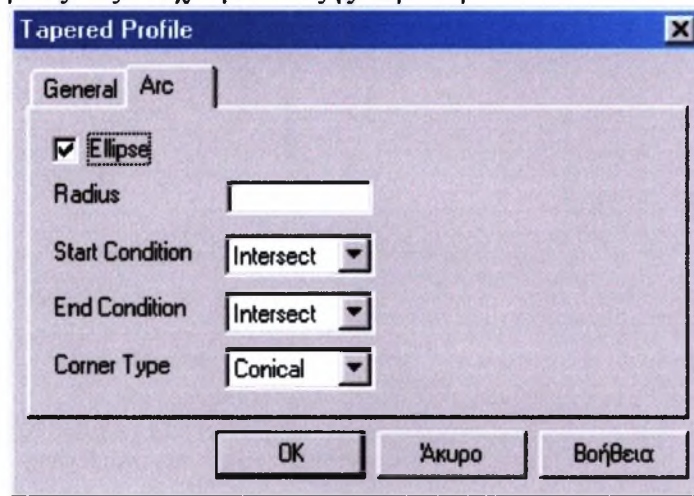


Εικόνα Νο 4.9 : Λοξό προφίλ – Συνδυασμός γενικών παραμέτρων, α) Κάτοψη, β) Προοπτικό

4.1.3.3 Παράμετροι τόξου

Όταν στο δισδιάστατο σχέδιο υπάρχουν τόξα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παράμετροι τόξου.

Για τις παραμέτρους τόξου έχουμε το εξής παράθυρο :



Εικόνα Νο 4.10 : Παράθυρο παραμέτρων τόξου λοξού προφίλ

Οι επιλογές αυτές καθορίζουν τον τρόπο σύνδεσης των τόξων της 2D γεωμετρίας με το τελικό προφίλ.

Αποτελείται από τους εξής παραμέτρους :

4.1.3.3.1 Έλλειψη - *Ellipse*

Επιλέγεται για την αντιμετώπιση μιας 90° γωνίας ως έλλειψη (ο τύπος γωνίας πρέπει επίσης να τεθεί ελλειπτικός). Διαφορετικά η γωνία μεταχειρίζεται ως σπείρα.

4.1.3.3.2 Ακτίνα - *Radius*

Καθορίζει την ακτίνα του τόξου στο τελικό προφίλ (σε mm ή inch).

4.1.3.3.3 Αρχική / Τελική κατάσταση - *Start / End Condition*

Καθορίζει τον τρόπο σύνδεσης του τόξου με το προηγούμενο (αρχή) ή το επόμενο (τέλος) τμήμα της γεωμετρίας. Δύο επιλογές υπάρχουν :

- Βήμα - Step: Αλλάζει την λοξότητα απότομα από το ένα τμήμα στο άλλο, με ένα βήμα.
- Τομή - Intersect: Συνδυάζει την λοξότητα από το ένα τμήμα στο άλλο.

4.1.3.3.4 Τύπος γωνίας - *Corner Type*

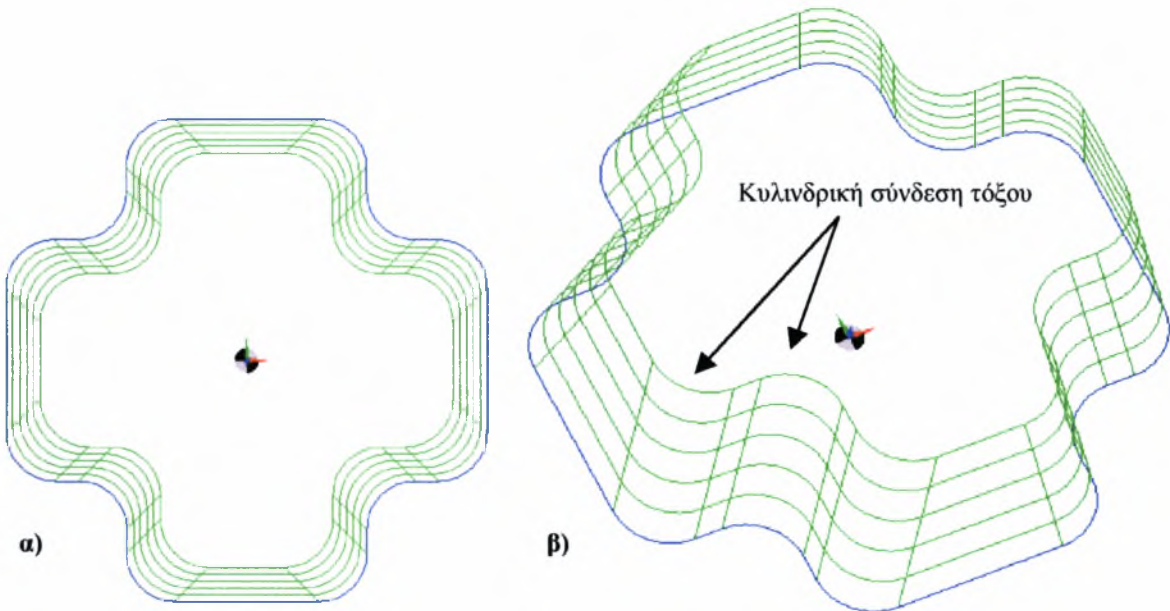
Ελέγχει τις συνθήκες λοξότητας του τόξου. Οι επιλογές είναι :

- Κυλινδρικός - Cylindrical
- Κωνικός - Conical
- Ελλειπτικός - Elliptical

Οι παράμετροι τόξου λειτουργούν σε συνδυασμό με τις γενικές παραμέτρους. Οι λοξότητες που μπορούν να επιτευχθούν φαίνονται στα ακόλουθα κεφάλαια.

4.1.3.3.4.1 Κυλινδρικός τύπος γωνίας

Γενικοί παράμετροι	Τιμή	Παράμετροι τόξου	Τιμή
Πάχος πλέγματος	= 80mm	Τύπος γωνιών	= Κυλινδρικός
Αρχική γωνία λοξότητας	= 10°		
Τελική γωνία λοξότητας	= 10°		
Αριθμός πλέγματος	= 4		



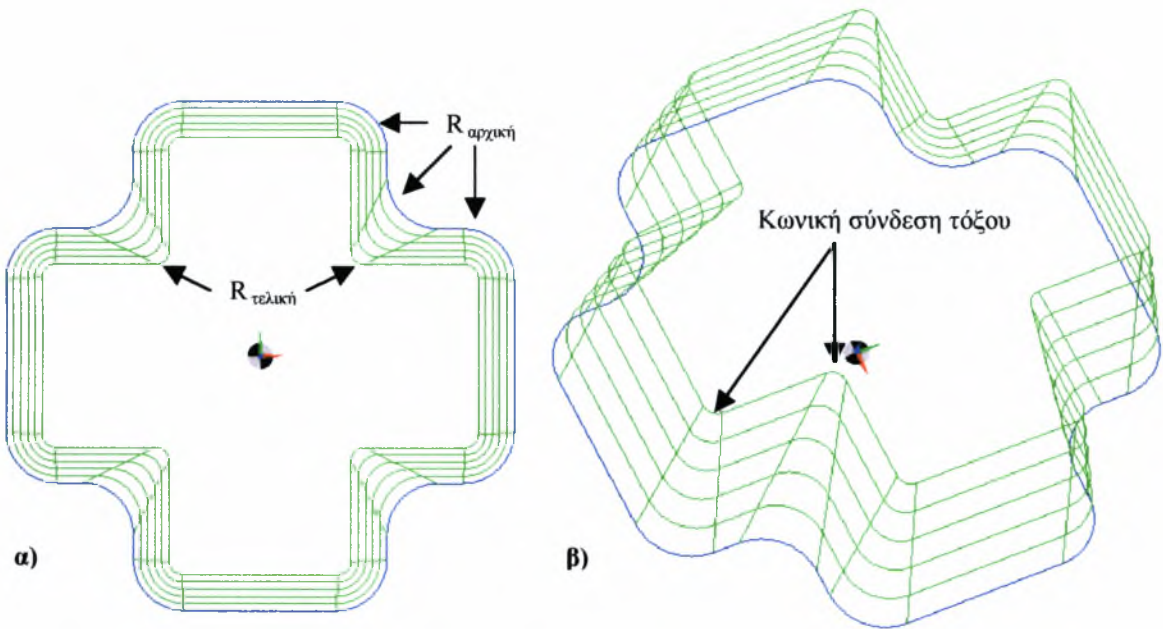
Εικόνα Νο 4.11 : Λοξό Προφίλ – Κυλινδρικός τύπος γωνίας, α) Κάτοψη, β) Προοπτικό

Η ακτίνα των τόξων του τελικού προφίλ παραμένουν ίσες με τις ακτίνα του αρχικού 2D προφίλ. Κατ' αυτόν τον τρόπο η σύνδεση του αρχικού και του τελικού τόξου έχει κυλινδρική μορφή.

4.1.3.3.4.2 Κωνικός τύπος γωνίας

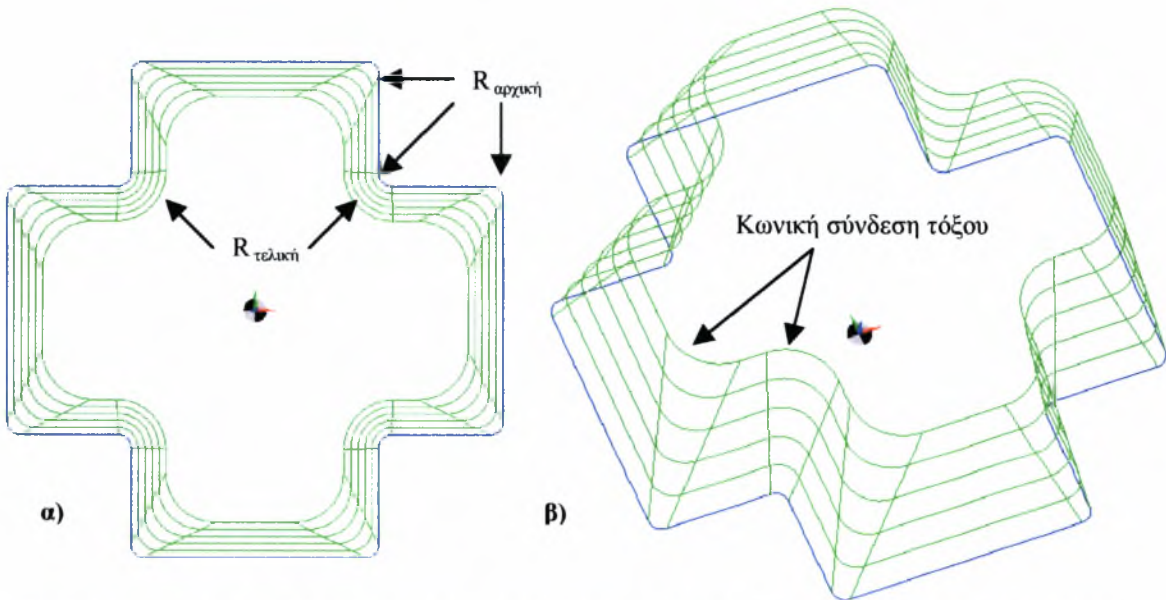
Επιλέγοντας ακτίνα τόξου τελικού προφίλ (παράμετροι τόξου) μικρότερη από την ακτίνα τόξου του αρχικού προφίλ κατασκευάζουμε το εξής μοντέλο:

Γενικοί παράμετροι	Τιμή	Παράμετροι τόξου	Τιμή
Πάχος πλέγματος	= 80mm	Ακτίνα	= $R_{\text{τελική}} < R_{\text{αρχική}}$
Αρχική γωνία λοξότητας	= 10°	Τύπος γωνιών	= Κυλινδρικός
Τελική γωνία λοξότητας	= 10°		
Αριθμός πλέγματος	= 4		



Εικόνα Νο 4.12 : Λοξό Προφίλ – Κωνικός τύπος γωνίας, $R_{\text{τελική}} < R_{\text{αρχική}}$, α) Κάτοψη , β) Προοπτικό

Στην περίπτωση που η αρχική ακτίνα τόξου είναι μικρότερη από την τελική παίρνουμε το εξής μοντέλο :

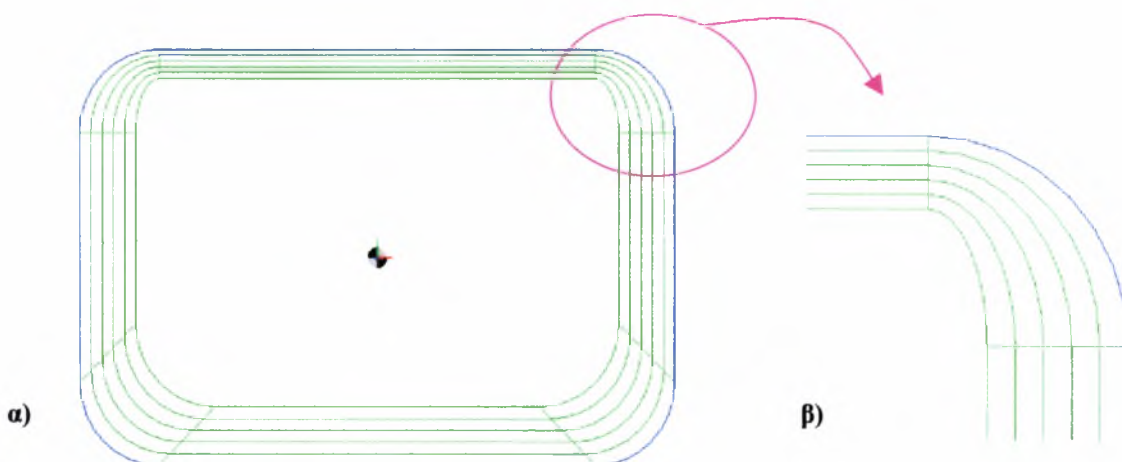


Εικόνα Νο 4.13 : Λοξό Προφίλ – Κωνικός τύπος γωνίας, $R_{\text{τελική}} > R_{\text{αρχική}}$, α) Κάτοψη , β) Προοπτικό

Σε κάθε περίπτωση η σύνδεση του αρχικού και του τελικού τόξου έχει κωνική μορφή.

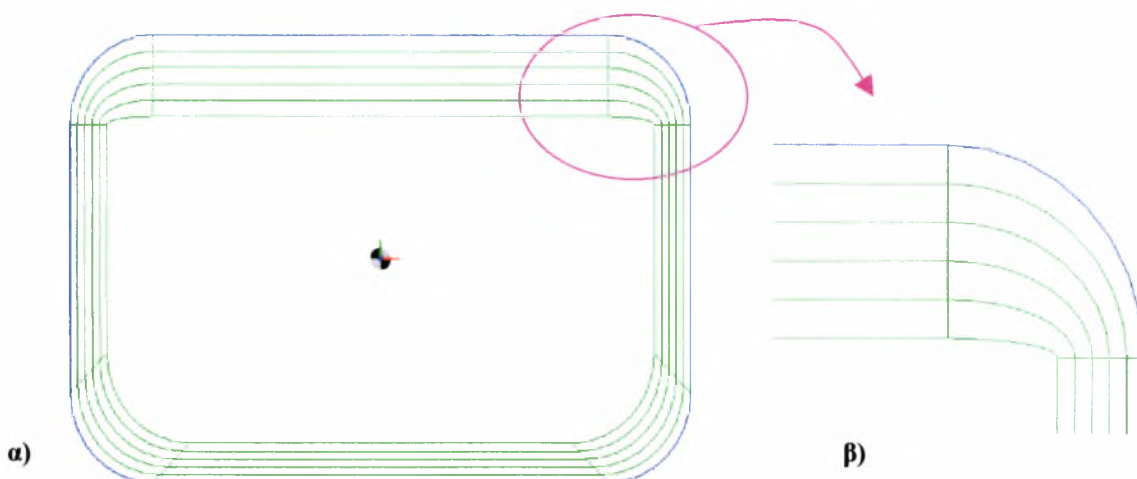
4.1.3.3.4.3 Ελλειπτικός τύπος γωνίας

Για μικρότερη γωνία λοξότητας έχουμε:



Εικόνα Νο 4.14 : Λοξό Προφίλ – Ελλειπτικός τύπος γωνίας: Μικρότερη γωνία λοξότητας, α) Κάτοψη, β) Λεπτομέρεια

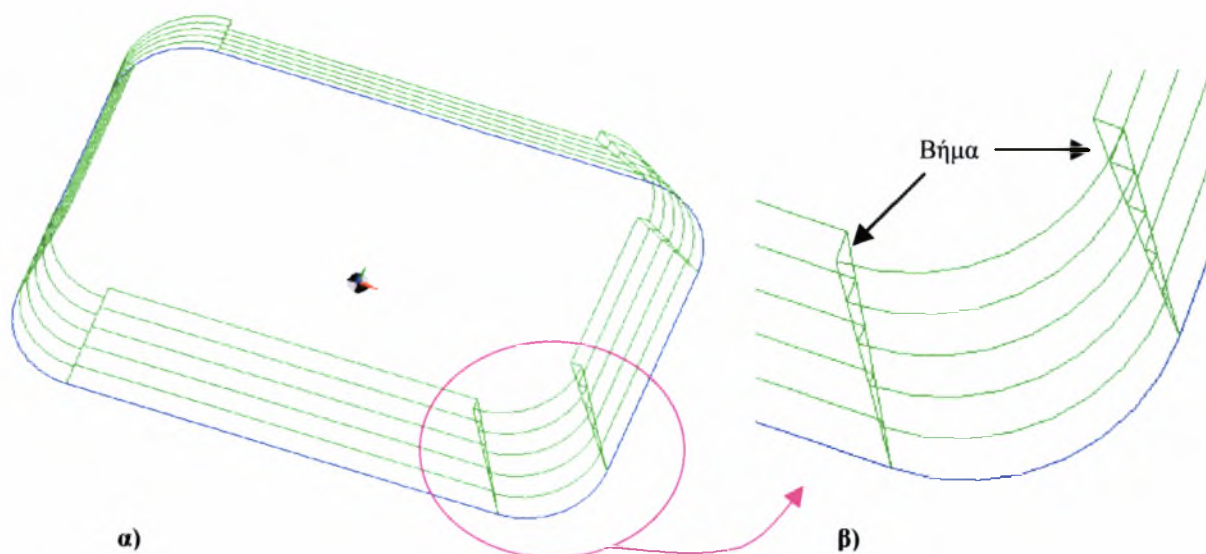
Αντίθετα, για μεγαλύτερη γωνία λοξότητας έχουμε :



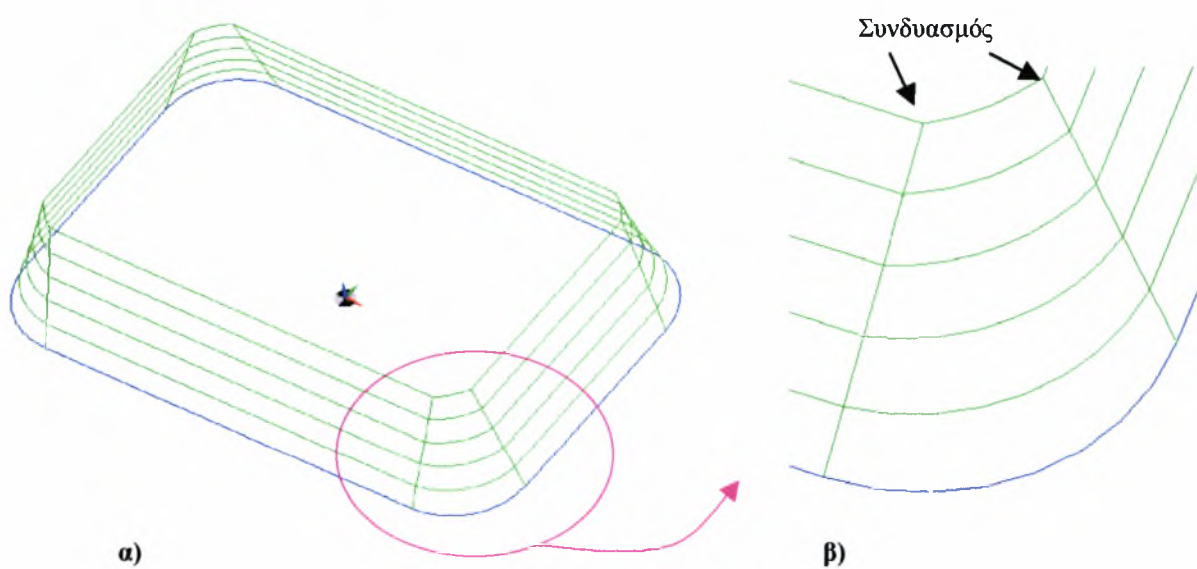
Εικόνα Νο 4.15 : Λοξό Προφίλ- Ελλειπτικός τύπος γωνίας: Μεγαλύτερη γωνία λοξότητας, α) Κάτοψη, β) Λεπτομέρεια

4.1.3.3.5 *Αρχική / Τελική κατάσταση - Start / End Condition*

Κατά την κατασκευή 3D μοντέλου με την μέθοδο του "Λοξού προφίλ" κάθε τμήμα της αρχικής 2D γεωμετρίας υποβάλλεται, όπως είδαμε, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες σε μια γωνία λοξότητας (Αρχική / Τελική γωνία λοξότητας – Γενικές παράμετροι). Οι γωνίες λοξότητας του κάθε τμήματος όμως δεν είναι απαραίτητως ίσες. Στην περίπτωση αυτή, η σύνδεση ενός τόξου διαφορετικής γωνίας λοξότητας με τα προσκείμενα σε αυτό τμήματα μπορεί να γίνει με δύο τρόπους που θα δειχθούν παρακάτω.

4.1.3.3.5.1 Βήμα - Step: Απότομη αλλαγή λοξότητας

Εικόνα Νο 4.16 : Λοξό Προφίλ – Ελλειπτικός τύπος γωνίας : Αρχική / Τελική κατάσταση, α) Βήμα, β) Βήμα λεπτομέρεια

4.1.3.3.5.2 Τομή - Intersect: Συνδυασμένη λοξότητα

Εικόνα Νο 4.17 : Λοξό Προφίλ – Ελλειπτικός τύπος γωνίας : Αρχική / Τελική κατάσταση, α) Τομή, β) Τομή λεπτομέρεια

4.1.4 Προφίλ από μετατροπή

4.1.4.1 Χαρακτηριστικά του προφίλ από μετατροπή

Η μορφή του τελικού προφίλ μπορεί να καθοριστεί από μία ενιαία 2D γεωμετρία, ένα συγκεκριμένο πάχος και ορισμένες παραμέτρους μετασχηματισμού που καθορίζουν με ποιο τρόπο θα προκύψει το τελικό προφίλ από το αρχικό. Οι συνδέσεις των δυο προφίλ (πλέγμα), παράγονται αυτόματα μεταξύ των παρόμοιων τμημάτων τους.

Αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας την εντολή **Προφίλ από μετατροπή (Transformed Profile - Geometry menu)**.

Η εντολή "Προφίλ από μετατροπή" παράγει τη βάση δεδομένων ενός επιλεγμένου 2D σχεδίου με προσαρτημένα στοιχεία μετασχηματισμού που οριοθετούν στη συνέχεια τον προσανατολισμό του σύρματος.

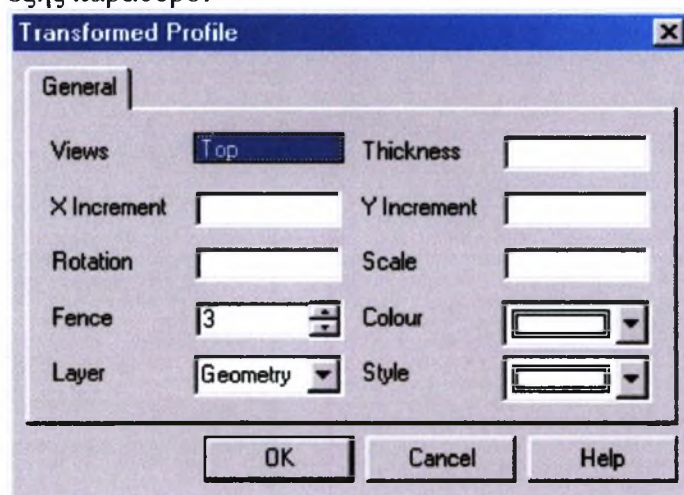
Οι παράμετροι μετασχηματισμού επιβάλλονται σε κάθε τμήμα της 2D γεωμετρίας. Έτσι προκύπτει ένα παρόμοιο μετατοπισμένο, περιστρεφόμενο και υπό κλίμακα νέο προφίλ.

Για λόγους παραγωγής κώδικα μηχανών CNC, το EdgeCAM καθορίζει την επιλεγμένη επιφάνεια στις συντεταγμένες XY και την τελική παραγόμενη επιφάνεια στις συντεταγμένες UV.

Όταν η κατασκευή του σχεδίου ολοκληρωθεί, δημιουργείται η διαδρομή του σύρματος στο περιβάλλον "Κατεργασίας" (**Manufacture mode**).

4.1.4.2 Παράμετροι του προφίλ από μετατροπή

Ο πίνακας επιλογής παραμέτρων της εντολής "Προφίλ από μετατροπή" περιλαμβάνει το εξής παράθυρο:



Εικόνα Νο 4.18 : Παράθυρο παραμέτρων της εντολής "Προφίλ από μετατροπή"

Οι παράμετροι της εντολής "Προφίλ από μετατροπή" περιλαμβάνουν τα ακόλουθα :

- Πάχος πλέγματος - **Thickness**
- X Σχετικό - **X Increment**
- Y Σχετικό - **Y Increment**
- Περιστροφή - **Rotation**
- Κλίμακα - **Scale**

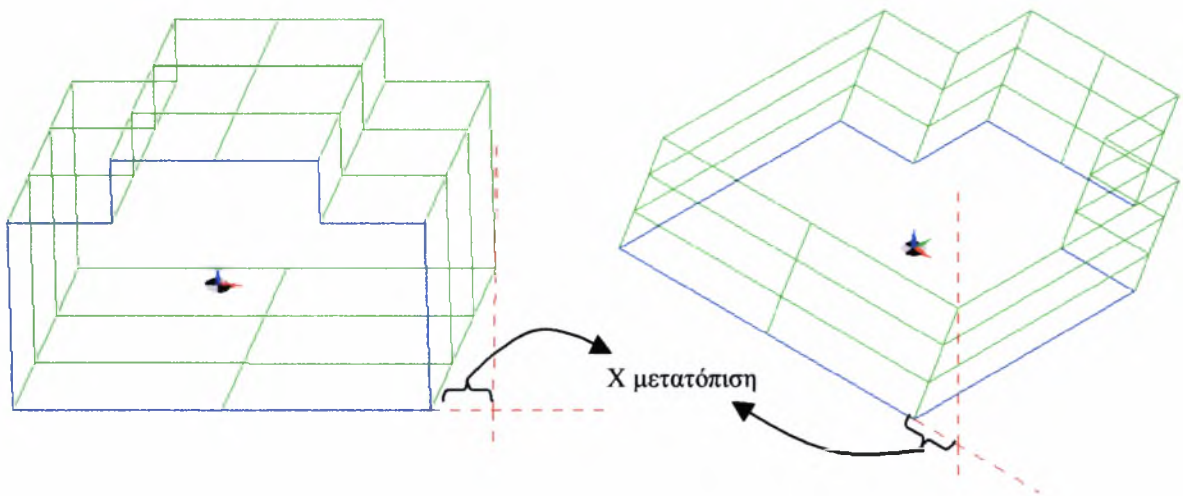
- Πλέγμα - Fence

Οι επιλογές "Πάχος πλέγματος" και "Πλέγμα" λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο όπως στην εντολή λοξού προφίλ.

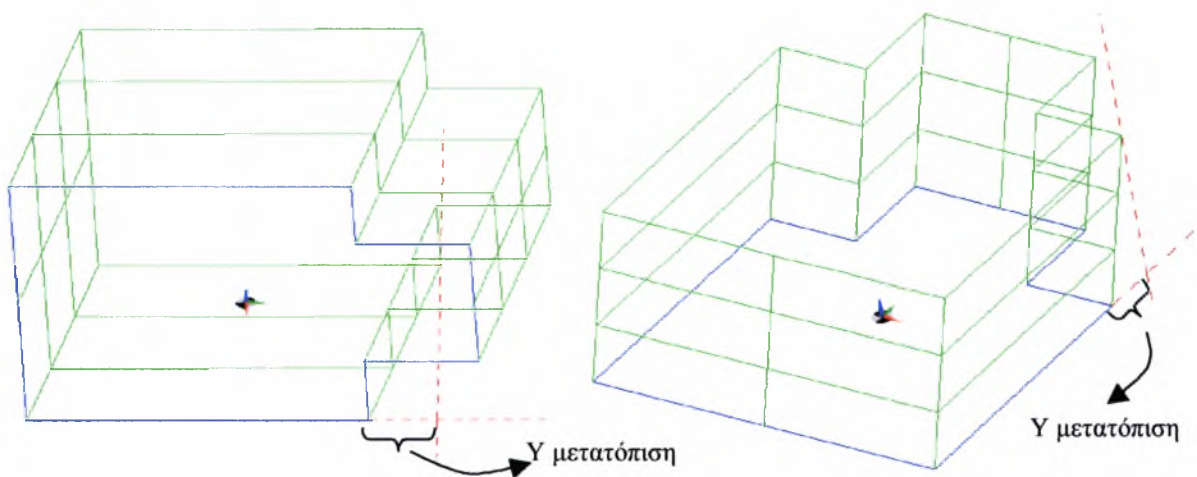
4.1.4.2.1 X/Y Σχετικό - X/Y Increment

Καθορίζει τη μετατόπιση (σε mm ή inch) κατά τον X ή Y άξονα του τελικού προφίλ, σε σχέση με την αρχική 2D γεωμετρία.

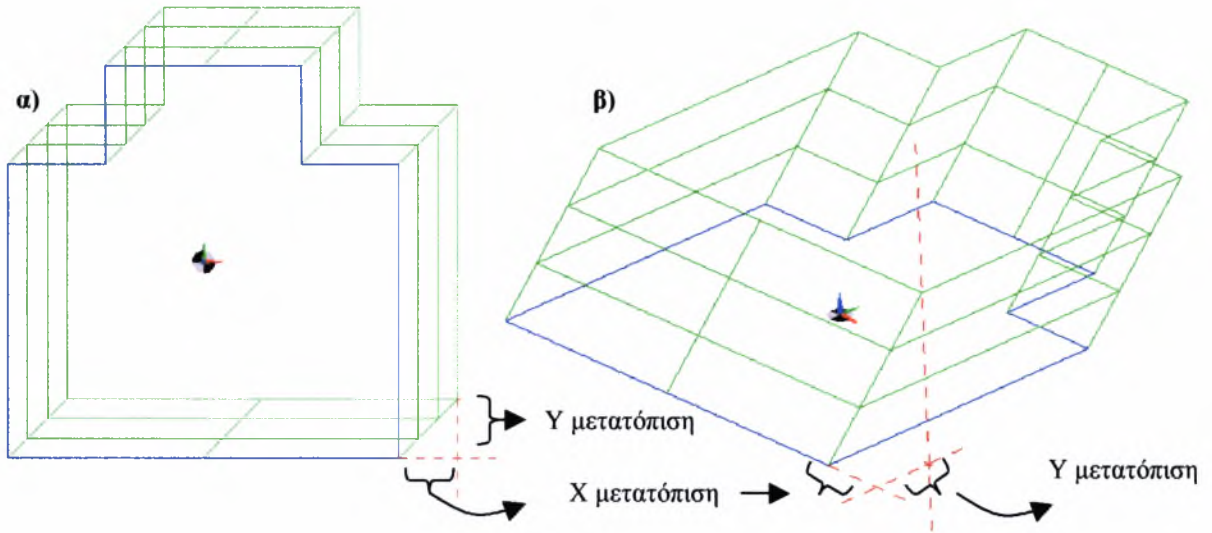
Διάφοροι συνδυασμοί αυτών φαίνονται στα επόμενα παραδείγματα:



Εικόνα Νο 4.19 : Προφίλ από μετατόπιση – Παράδειγμα X μετατόπισης



Εικόνα Νο 4.20 : Προφίλ από μετατόπιση – Παράδειγμα Y μετατόπισης

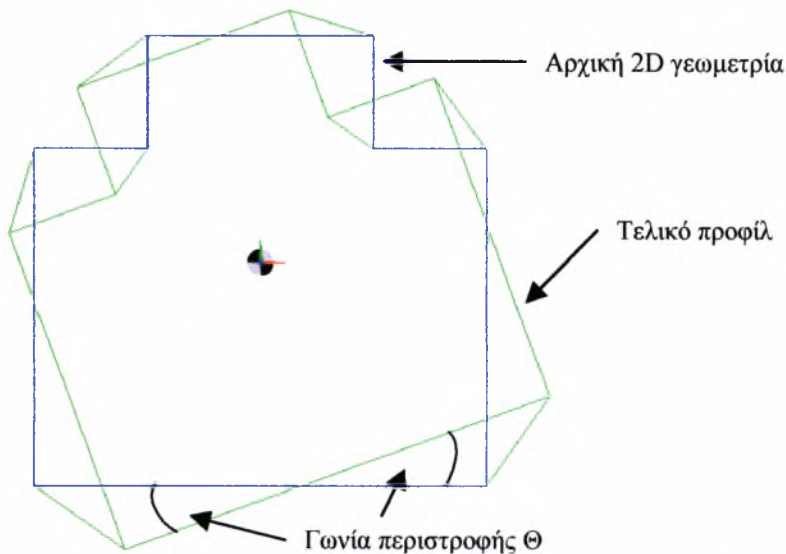


Εικόνα Νο 4.21 : Προφίλ από μετατόπιση-Παράδειγμα συνδυασμού X και Y μετατόπισης α)Κάτοψη , β) Προοπτικό

4.1.4.2.2 Περιστροφή - Rotation

Διευκρινίζει την περιστροφή του τελικού προφίλ (σε μοίρες) σε σχέση με την αρχική 2D γεωμετρία.

Για συγκεκριμένη γωνία περιστροφής Θ το τελικό προφίλ έχει την παρακάτω μορφή:



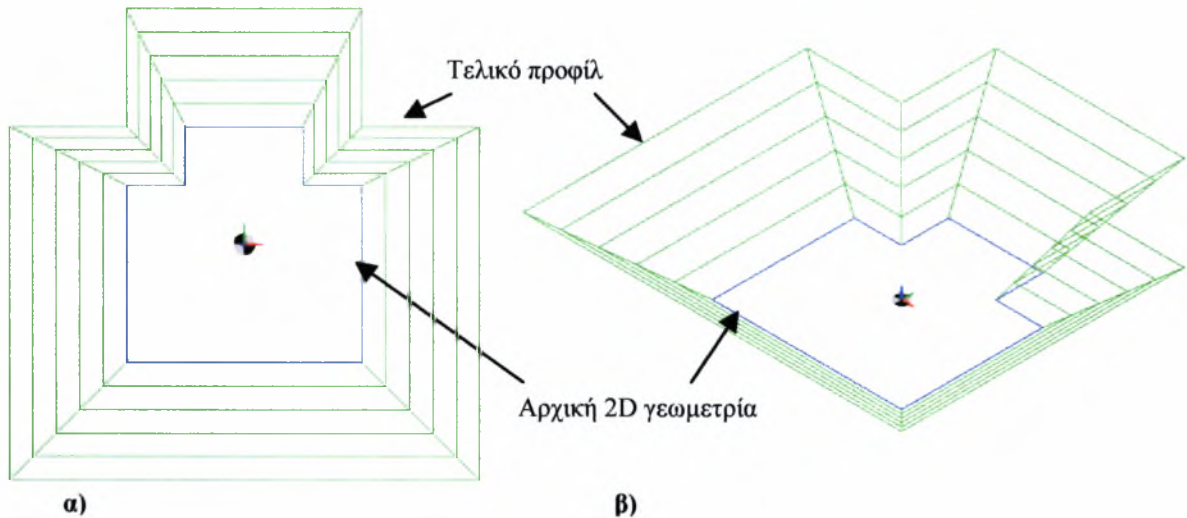
Εικόνα Νο 4.22 : Προφίλ από μετατόπιση – Παράδειγμα περιστροφής υπό γωνία Θ

4.1.4.2.3 Κλίμακα - Scale

Διευκρινίζει το ποσοστό αύξησης ή μείωσης του μεγέθους του τελικού προφίλ σε σχέση με την αρχική 2D γεωμετρία.

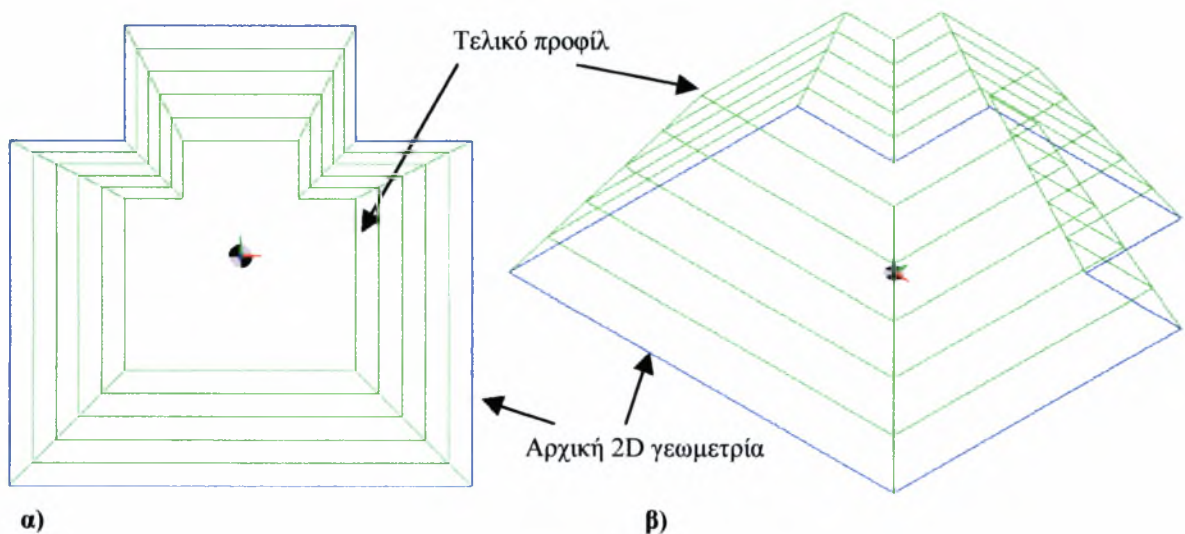
Για αύξηση οι τιμές πρέπει να είναι μεγαλύτερες του 1 και για μείωση μεταξύ 0 και 1. Το μέγεθος κάθε τμήματος του τελικού προφίλ προκύπτει από το μέγεθος του αντίστοιχου τμήματος της αρχικής γεωμετρίας, πολλαπλασιαζόμενο με την τιμή της κλίμακας.

Π.χ. Για τιμή της κλίμακας ίση με 2 κάθε τμήμα που προκύπτει θα είναι διπλάσιο από το αντίστοιχο αρχικό :



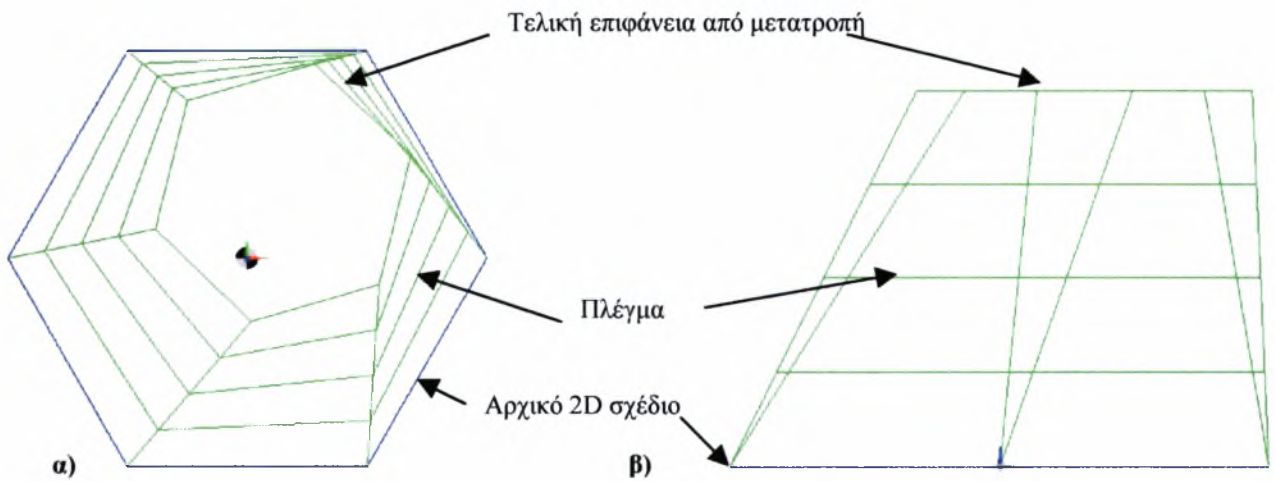
Εικόνα Νο 4.23 : Προφίλ από μετατόπιση – Παράδειγμα κλίμακας = 2 , α) Κάτοψη , β) Προοπτικό

Π.χ. Για τιμή της κλίμακας ίση με 0.5 κάθε τμήμα που προκύπτει θα είναι υποδιπλάσιο από το αντίστοιχο αρχικό :



Εικόνα Νο 4.24 : Προφίλ από μετατόπιση – Παράδειγμα κλίμακας = 0.5 , α) Κάτοψη, β) Προοπτικό

Ένα παράδειγμα που περιέχει ταυτόχρονα και τους τρεις μετασχηματισμούς είναι το επόμενο:



Εικόνα Νο 4.25 : Προφίλ από μετατόπιση - Συνδυασμός μετασχηματισμών α) Κάτοψη, β) Πλάγια όψη

4.1.5 Σύνδεση προφίλ

4.1.5.1 Χαρακτηριστικά σύνδεσης προφίλ

Με την εντολή "Σύνδεση προφίλ" ένα συρμάτινο μοντέλο μπορεί να κατασκευαστεί από δύο διαφορετικά 2D σχέδια που βρίσκονται σε διαφορετικά παράλληλα επίπεδα. Το σύρμα προσανατολίζεται στις συνδέσεις μεταξύ των τμημάτων στο άνω προφίλ με τα αντίστοιχα τμήματα στο κάτω προφίλ.

Η εντολή "Σύνδεση προφίλ" παράγει τη βάση δεδομένων των δυο επιλεγμένων 2D σχεδίων και ελέγχει τη θέση και τον προσανατολισμό σύρματος. Οι συνδέσεις που δημιουργούνται καθορίζουν τις θέσεις όπου το σύρμα περνά μέσω των δύο σχεδίων. Κάθε κόμβος ή τμήμα της πρώτης γεωμετρίας συνδέεται με έναν κόμβο ή τμήμα της δεύτερης γεωμετρίας, είτε αυτόματα είτε με το χέρι.

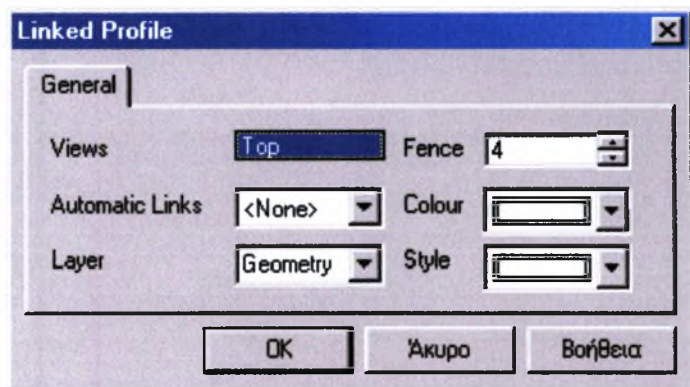
Η σύνδεση αντιπροσωπεύεται από μια γραμμή που ξεκινάει από την πρώτη και καταλήγει στη δεύτερη γεωμετρία. Η γραμμή είναι συνδεδεμένη και με τα δυο προφίλ.

Για λόγους παραγωγής κώδικα μηχανών CNC, το EdgeCAM καθορίζει την επιλεγμένη επιφάνεια στις συντεταγμένες XY και την τελική παραγόμενη επιφάνεια στις συντεταγμένες UV.

Όταν η κατασκευή του σχεδίου ολοκληρωθεί, δημιουργείται η διαδρομή του σύρματος στο περιβάλλον "Κατεργασίας" (Manufacture mode).

4.1.5.2 Παράμετροι σύνδεσης προφίλ

Ο πίνακας επιλογής παραμέτρων της εντολής "Σύνδεσης προφίλ" περιλαμβάνει το εξής παράθυρο:



Εικόνα Νο 4.26 : Παράθυρο παραμέτρων της εντολής "Σύνδεση προφίλ"

Οι παράμετροι της εντολής "Σύνδεση προφίλ" περιλαμβάνουν τα ακόλουθα :

Αυτόματες συνδέσεις - Automatic Links

Γίνεται η επιλογή με ποιο τρόπο θα κατασκευαστούν οι συνδέσεις. Οι επιλογές είναι:

- Τίποτα - None
- Πλησιέστεροι κόμβοι - Closest node
- Πλησιέστερη θέση - Closest position
- Αναλογικά - Proportional
- Κόμβο με κόμβο - Node to node

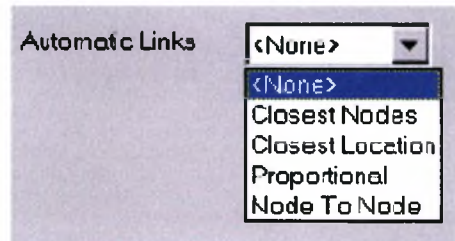
Πλέγμα - Fence

Ομοίως με τις εντολές "Λοξό προφίλ" και "Προφίλ από μετατόπιση"

4.1.5.2.1 Αυτόματες συνδέσεις - Automatic Links

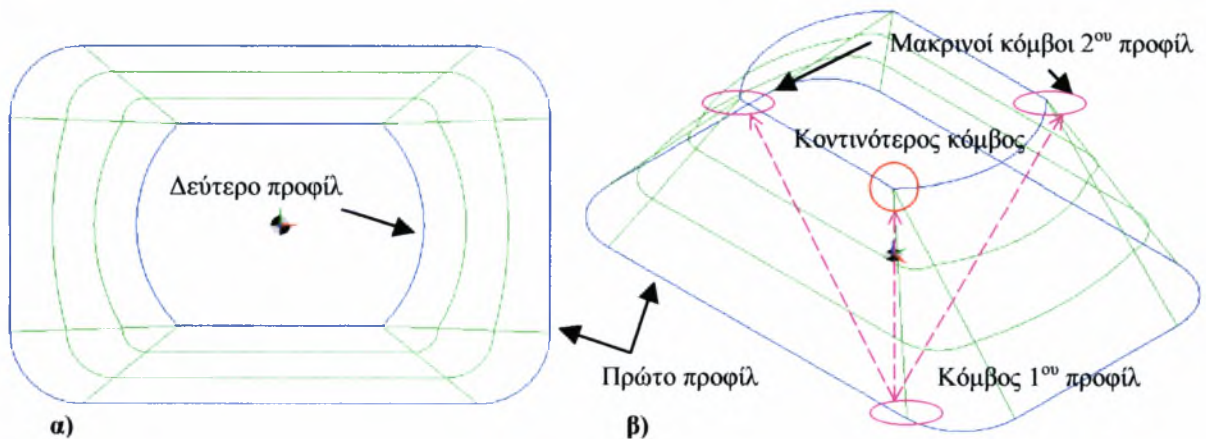
Οι συνδέσεις των δύο 2D σχεδίων μπορούν να κατασκευαστούν, όπως αναφέρθηκε, αυτόματα ή με το χέρι.

Για την δημιουργία συνδέσεων με το χέρι επιλέγουμε στον πίνακα επιλογών << Τίποτα - None >>. Κάθε άλλη επιλογή παραπέμπει σε αυτόματη σύνδεση.



4.1.5.2.1.1 Πλησιέστεροι κόμβοι - Closest node

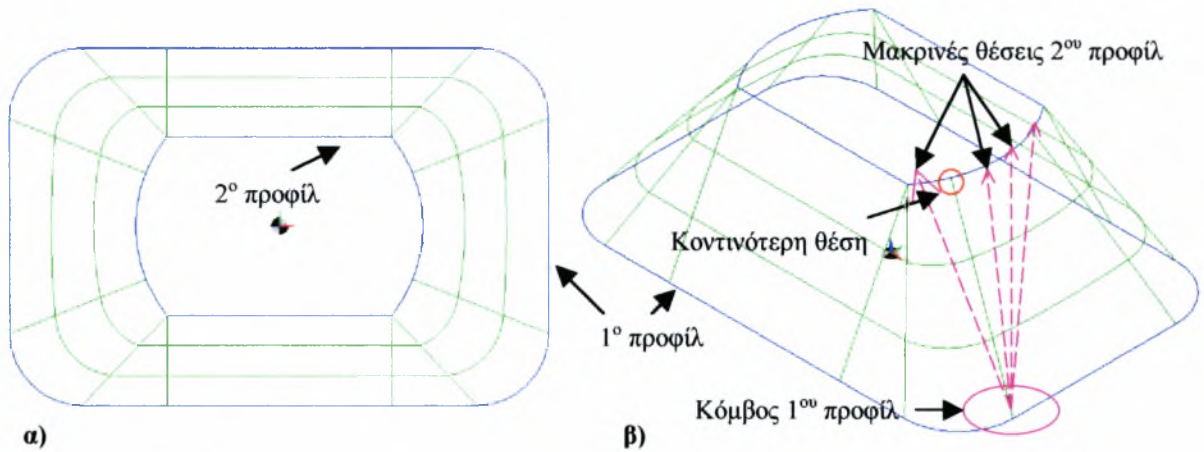
Όλοι οι κόμβοι του πρώτου προφίλ συνδέονται με τον πιο κοντινό κόμβο στις διαστάσεις X και Y του δεύτερου προφίλ:



Εικόνα Νο 4.27 : Σύνδεση προφίλ – Πλησιέστεροι κόμβοι, α) Κάτοψη, β) Προοπτικό

4.1.5.2.1.2 Πλησιέστερη θέση - Closest position

Όλοι οι κόμβοι της πρώτης γεωμετρίας συνδέονται με την πιο κοντινή θέση στις διαστάσεις X και Y της δεύτερης γεωμετρίας:

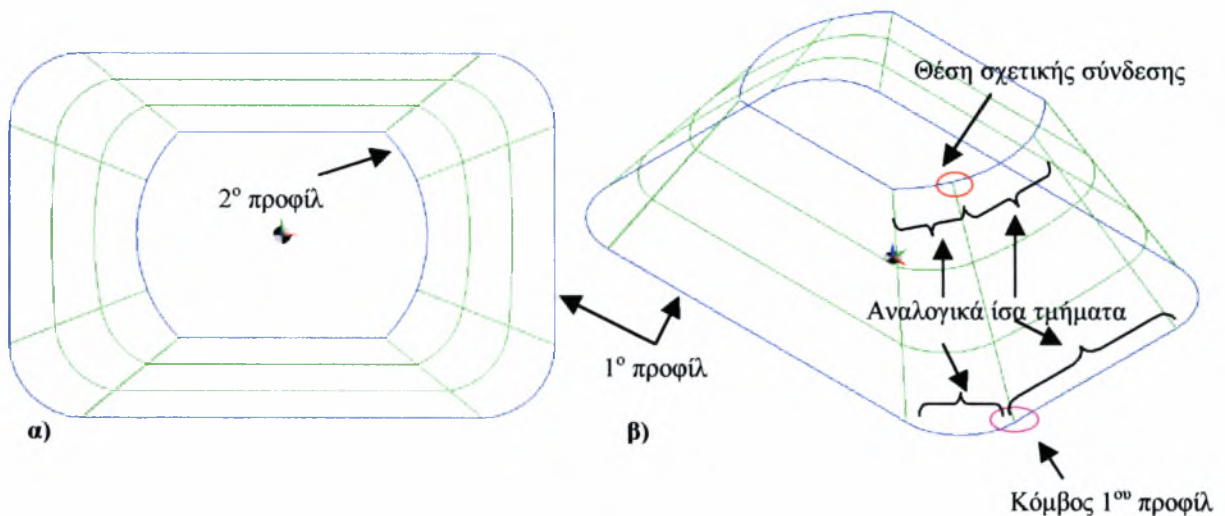


Εικόνα Νο 4.28 : Σύνδεση προφίλ – Πλησιέστερη θέση, α) Κάτοψη, β) Προοπτικό

4.1.5.2.1.3 Αναλογικά - Proportional

Κάθε κόμβος του πρώτου προφίλ συνδέεται με μια θέση του δεύτερου προφίλ, τις οποίας τα παρακείμενα τμήματα είναι αναλογικά ίσα (υπό κάποια κλίμακα) με τα αντίστοιχα τμήματα των κόμβων.

Στο παρακάτω παράδειγμα, τα τμήματα γύρω από τη θέση σχετικής σύνδεσης, προκύπτουν από τα αντίστοιχα τμήματα γύρω από τον κόμβο του πρώτου προφίλ πολλαπλασιαζόμενα με μια συγκεκριμένη κλίμακα:

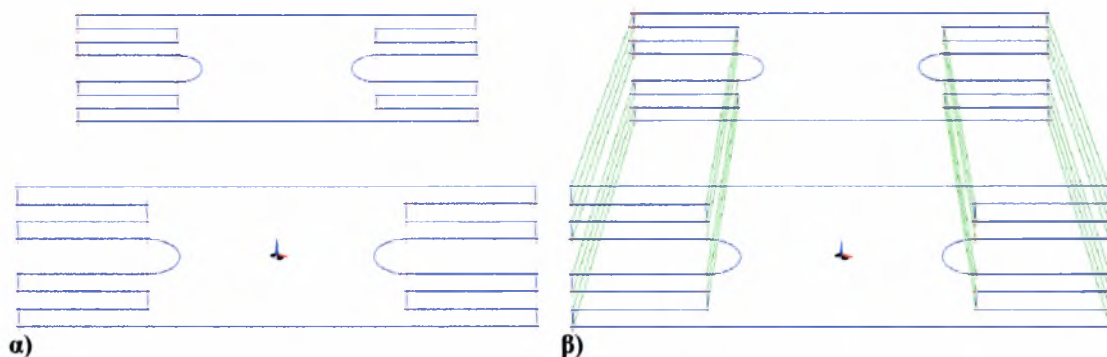


Εικόνα Νο 4.29 : Σύνδεση προφίλ – Αναλογική σύνδεση α) Κάτοψη, β) Προοπτικό

4.1.5.2.1.4 Κόμβο με κόμβο - Node to node

Στην ιδανική περίπτωση που τα δυο προφίλ έχουν ακριβώς τον ίδιο αριθμό κόμβων, χρησιμοποιείται η επιλογή αυτή για την ακριβή σύνδεση των κόμβων του ενός προφίλ με τα αντίστοιχα του δεύτερου.

Συνήθως τέτοια περίπτωση έχουμε όταν το ένα προφίλ έχει προκύψει από το άλλο με κάποιες μετατροπές, π.χ. κλίμακα, όπως το επόμενο παράδειγμα:



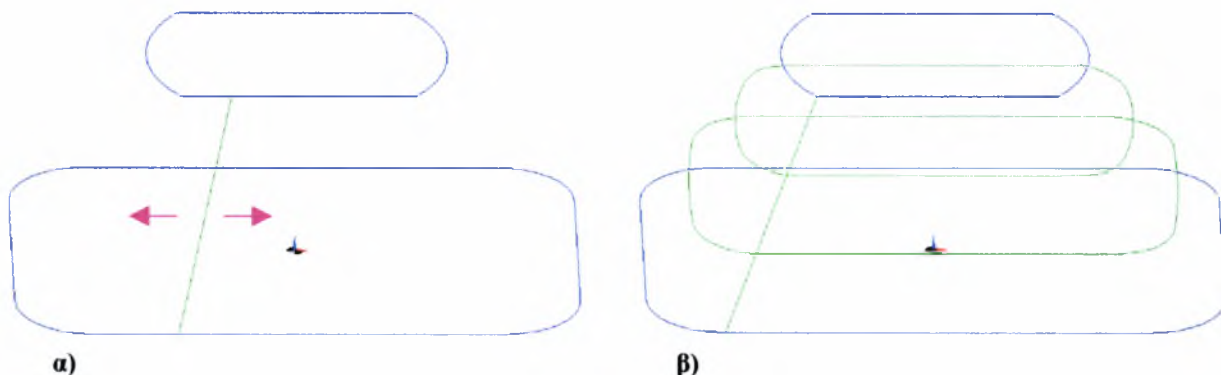
Εικόνα Νο 4.30 : Σύνδεση προφίλ – Σύνδεση Κόμβο με Κόμβο: α) Ίσος αριθμός κόμβων σε κάθε προφίλ, β) Σύνδεση των δυο προφίλ

4.1.5.2.1.5 Σύνδεση με το χέρι: Επιλογή << Τίποτα - None >>

Αν και δύο ξεχωριστά προφίλ μπορούν να συνδεθούν αυτόματα χρησιμοποιώντας την αυτόματη παράμετρο συνδέσεων, είναι δυνατό να ελεγχθεί άμεσα η τοποθέτηση των συνδέσεων μεταξύ τους επιλέγοντας αυτές να γίνουν με το χέρι.

Οι συνδέσεις γίνονται μία μία και μετά το τέλος κατασκευής της κάθε μιας, υπάρχει επιλογή κατασκευής της επόμενης εάν αυτό είναι επιθυμητό.

Η σύνδεση είναι δυνατό να μετακινηθεί στο επιθυμητό σημείο του κάθε προφίλ κατά τη διάρκεια της κατασκευής της.



Εικόνα Νο 4.31 : Σύνδεση προφίλ-Σύνδεση με το χέρι:α)Μετακίνηση της σύνδεσης,β)Τελική σύνδεση

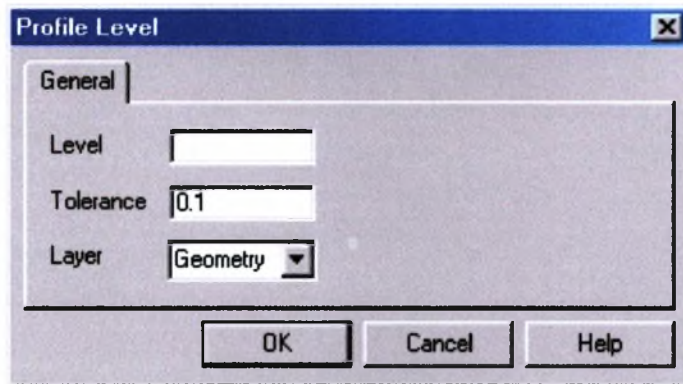
4.1.6 Τομή πλέγματος - Wire Section

Το πλέγμα που δημιουργείται κατά τις προηγούμενες στρατηγικές, όπως αναφέρθηκε, κατασκευάζει ουσιαστικά ένα 3D μοντέλο.

Εκτός όμως από το αρχικό και τελικό προφίλ, δεν υπάρχουν πληροφορίες για τη μορφή του 3D μοντέλου σε ενδιάμεσα επίπεδα (κατά τον άξονα Z). Εξάλλου, οι γραμμές και τα τόξα από τα οποία αποτελείται το πλέγμα, δεν αποτελούν κανονικές οντότητες του EdgeCAM, όπως είναι οι σχεδιαστικές γραμμές και τα αντίστοιχα τόξα.

Δυνατότητα εξέτασης του μοντέλου παρέχεται με την εντολή "Τομή πλέγματος". Ένα επίπεδο προφίλ δημιουργείται σε προεπιλεγμένο ύψος του πλέγματος (σε παράλληλο επίπεδο κατά τον άξονα Z) και αποτελείται από κανονικές οντότητες του EdgeCAM (γραμμές, τόξα) τα οποία εύκολα μπορούν να εξεταστούν (Επαλήθευση - Verify menu) δίνοντας πληροφορίες μήκους, γωνίας κ.α.

Ο πίνακας παραμέτρων της συγκεκριμένης εντολής είναι ο ακόλουθος:



Εικόνα Νο 4.32 : Παράθυρο παραμέτρων της εντολής "Τομή πλέγματος"

Οι παράμετροι της εντολής είναι:

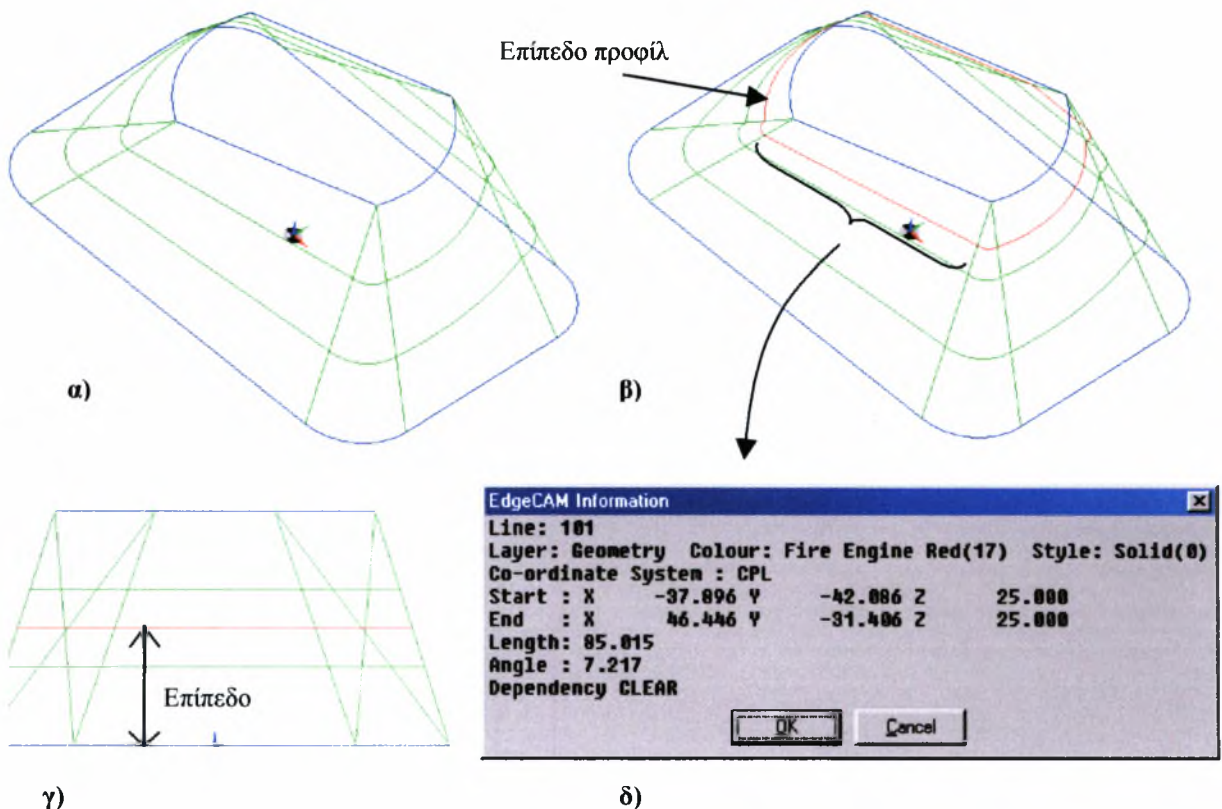
- **Επίπεδο - Level**

Διευκρινίζεται το ύψος (σε mm ή inch) στο οποίο το EdgeCAM πρόκειται να δημιουργήσει το επίπεδο προφίλ.

- **Ακρίβεια - Tolerance**

Καθορίζει την ακρίβεια κατά την οποία το EdgeCAM δημιουργεί το επίπεδο προφίλ.

Για τη δημιουργία του επίπεδου προφίλ επιλέγεται ένα προϋπάρχον πλέγμα σύνδεσης:



Εικόνα Νο 4.33 : Τομή πλέγματος: α) Συνδεδεμένα 2D προφίλ, β) Επίπεδο προφίλ, γ) Επίπεδο (Πλάγια όψη), δ) Πληροφορίες της γραμμής του επίπεδου προφίλ - Entity (Verify menu)

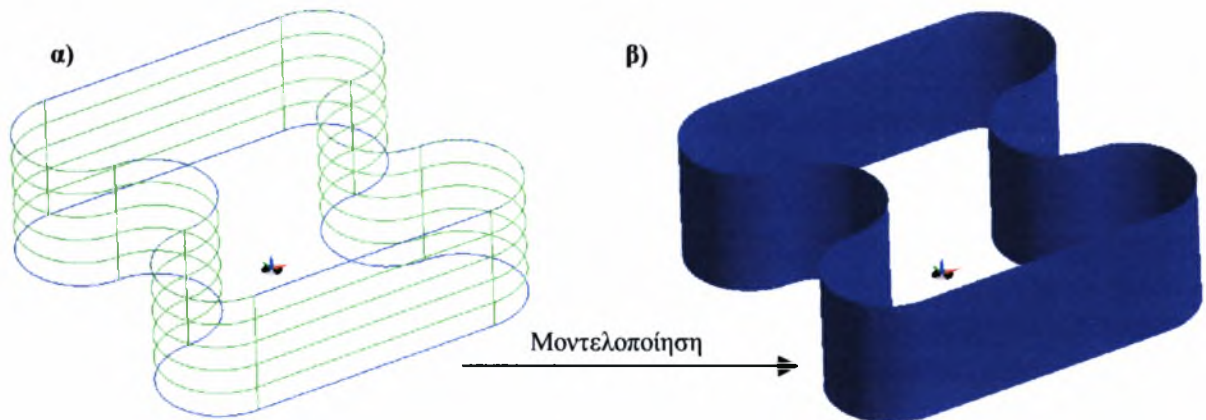
4.1.7 Μοντελοποίηση



Toggle Wireframe

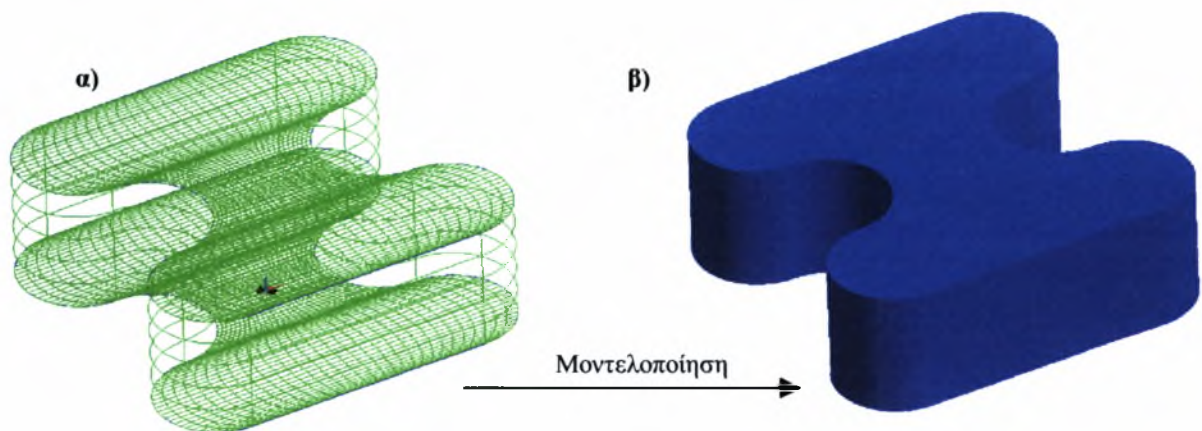
Για την καλύτερη γραφική απεικόνιση των παραγόμενων με τους παραπάνω τρόπους 3D σχεδίων, υπάρχει η δυνατότητα μοντελοποίησης αυτών. Με την εντολή **Μοντελοποίηση - Toggle Wireframe** (Γραμμή εργαλείων **Display**) το πλέγμα γραφικών μοντελοποιείται.

Π.χ. Σύνδεση προφίλ κόμβο με κόμβο (ίσος αριθμός κόμβων):



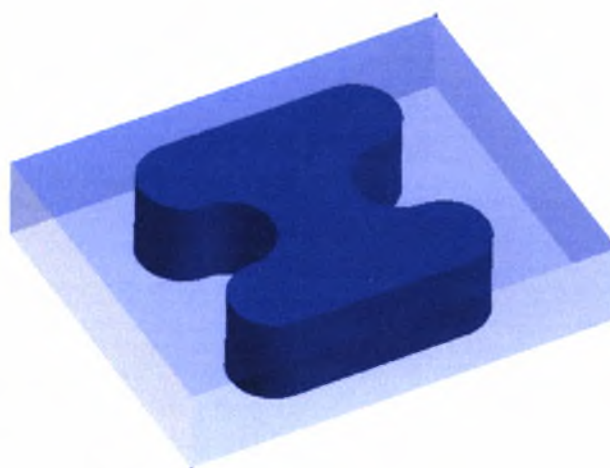
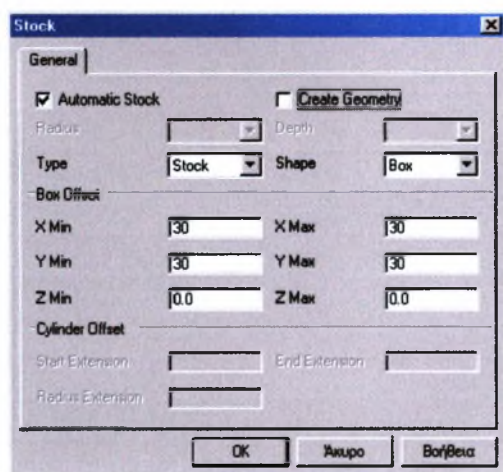
Εικόνα Νο 4.34 : Μοντελοποίηση: α) Συνδεδεμένα 2D προφίλ, β) Μοντελοποίηση

Προσθέτοντας επιφάνειες στα δυο προφίλ, το 3D μοντέλο μετατρέπεται σε στερεό:



Εικόνα Νο 4.35 : Μοντελοποίηση: α) Συνδεδεμένα 2D προφίλ και επιφάνειες, β) Στερεό

Δίνοντας, τέλος, στοιχεία για το ακατέργαστο κομμάτι, **Stock/Fixture** (**Geometry menu**), το μοντέλο παρουσιάζεται περιεχόμενο σ' αυτό:



α)

β)

Εικόνα Νο 4.36 : Μοντελοποίηση: α) Πίνακας επιλογής ακατέργαστου κομματιού , β) Τελικό μοντέλο και ακατέργαστο κομμάτι

4.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΤΟΥ ΣΥΡΜΑΤΟΣ

4.2.1 Χαρακτηριστικά της διαδρομής σύρματος

Προτού να γίνει αυτή η διαδικασία, θα πρέπει ήδη να έχει δημιουργηθεί ένα συρμάτινο πλέγμα, με κάποια από τις τρεις στρατηγικές που αναλύθηκαν παραπάνω. Στη συνέχεια, επιλέγεται η μέθοδος κατεργασίας **Σχεδιασμός κατεργασίας (Machine Design - Cycles menu)** στο περιβάλλον "Κατεργασίας" (**Manufacture mode**). Η εντολή αυτή χρησιμοποιεί οποιεσδήποτε πληροφορίες αποθηκεύονται στο συρμάτινο πλέγμα (π.χ. δημιουργία πρίσματος ή ευθειογενών επιφανειών), για να παραγάγει την κατάλληλη διαδρομή του σύρματος (**Toolpath**). Όταν κριθεί και μετά την προσομοίωση ότι η παραγόμενη διαδρομή είναι η ορθή, επιλέγεται η εντολή **Δημιουργία Κώδικα – (Generate Code - File menu)** για την κατασκευή του κώδικα CNC, μέσω του υπάρχοντος κατάλληλου καταλόγου και τις πληροφορίες της διαδρομής (Κεφάλαιο 4.2.15).

4.2.2 Είσοδος στο περιβάλλον κατεργασίας

Το EdgeCAM ξεκινά στο περιβάλλον σχεδίασης (**Design mode**), δεδομένου ότι προηγείται η κατασκευή του μοντέλου. Στη συνέχεια και εάν η κατασκευή του μοντέλου ολοκληρωθεί, αρχίζει η διαδικασία της κατεργασίας. Για να υπάρχει πρόσβαση στις εντολές κατεργασίας ενός μοντέλου, πρέπει να γίνει είσοδος στο περιβάλλον κατεργασίας (**Manufacture mode – Options menu**).

Εάν η είσοδος στο περιβάλλον κατεργασίας γίνεται για πρώτη φορά από την έναρξη του EdgeCAM, απαιτείται να δοθούν οι λεπτομέρειες του τύπου κατεργασίας που θα χρησιμοποιηθεί. Αυτές οι πληροφορίες καθορίζουν το **Φασεολόγιο (Machining sequence)** (Κεφάλαια 4.2.3 και 4.2.4).

Σημείωση:

Εάν η είσοδος στο περιβάλλον κατεργασίας γίνει με ένα νέο αρχείο γεννήτριας κώδικα (Machine tool), το EdgeCAM προτρέπει την εισαγωγή συγκεκριμένων εντολών που εμφανίζονται στις επιλογές **M-κωδικοί - M-Function** (Κεφάλαιο 4.2.5).

4.2.3 Φασεολόγιο

Το φασεολόγιο αποτελεί ένα σύνολο πληροφοριών για την κατεργασία ενός μοντέλου του EdgeCAM.

Καθορίζονται τα ακόλουθα:

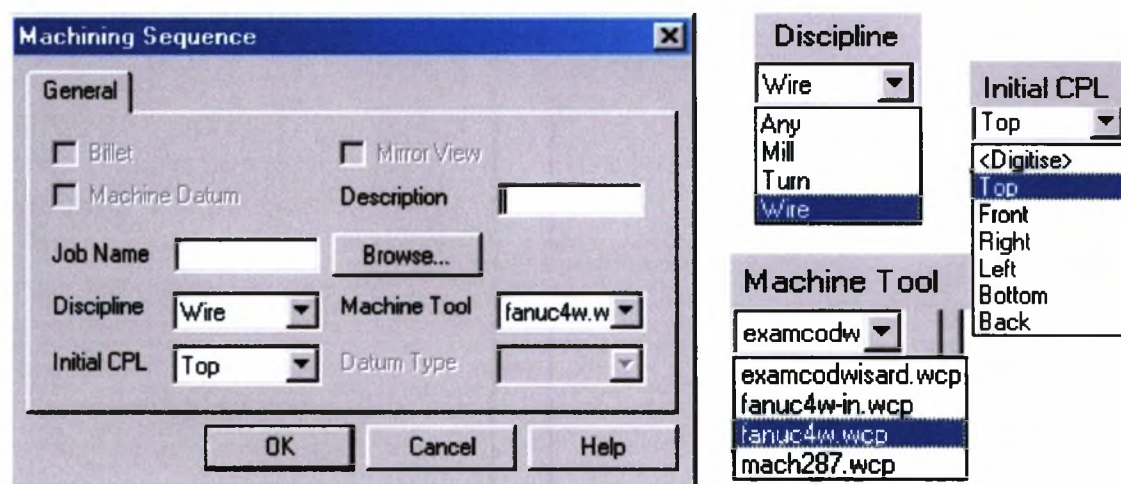
- Η γεννήτρια κώδικα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία του κώδικα CNC
- Το σύστημα αξόνων που χρησιμοποιείται
- Οι διάφορες λειτουργίες που είναι διαθέσιμες (προστίθενται στις επιλογές **M-Κωδικοί μενού – M-Function menu** όπως θα δούμε στο κεφάλαιο 4.2.5)
- Οι μονάδες μέτρησης (mm ή inch) που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή του κώδικα CNC
- Ένας κατάλογος οδηγιών και λειτουργιών της κατεργασίας

Όταν γίνεται αποθήκευση ενός μοντέλου για το οποίο έχουν προσδιοριστεί οι φάσεις κατεργασίας, κατά την επαναφορά του, η σειρά φάσεων θα παραμείνει ίδια και θα χρησιμοποιείται για την έναρξη μιας νέας κατεργασίας.

Εξάλλου, ένα νέο φασεολόγιο μπορεί να καθοριστεί οποιαδήποτε στιγμή στο περιβάλλον κατεργασίας, χρησιμοποιώντας την εντολή **Νέο Φασεολόγιο (New Sequence - File menu)**. Επίσης, μια υπάρχουσα ακολουθία μπορεί να επιλεγεί χρησιμοποιώντας την εντολή **Επιλογή Φασεολογίου (Select Sequence – File menu)**. Ένα μοντέλο προς κατεργασία είναι δυνατόν να περιέχει πολλαπλά φασεολόγια, για παράδειγμα δύο διαδικασίες σύρματος, αλλά και περισσότερο από ένα είδος μηχανής, π.χ. φρέζα και τόρνο.

4.2.4 Καθορισμός φασεολογίου

Ο πίνακας παραμέτρων καθορισμού του φασεολογίου είναι ο ακόλουθος:



Εικόνα Νο 4.37 : Παράθυρο παραμέτρων καθορισμού φασεολογίου

Για τον καθορισμό του φασεολογίου κατά την κατεργασία με ηλεκτροδιάβρωση σύρματος του EdgeCAM, όπως φαίνεται και από τον πίνακα των παραμέτρων πρέπει να οριστούν τα ακόλουθα:

Περιγραφή - Description: Εισάγεται η περιγραφή του φασεολογίου. Κάθε φασεολόγιο πρέπει να έχει μοναδική περιγραφή.

Όνομα εργασίας - Job Name: Επιλέγεται μια εργασία εισάγοντας το κατάλληλο όνομα ή χρησιμοποιώντας το εικονίδιο Browse (Αναζήτηση) για να επιλεγεί από τον κατάλογο.

Είδος μηχανής - Discipline: Επιλέγεται το κατάλληλο είδος μηχανής που φιλτράρει τα διαθέσιμα αρχεία γεννητριών κώδικα (**Γεννήτρια κώδικα - Machine Tool**). Οι επιλογές είναι Any, Turn, Mill, Wire και για την ηλεκτροδιάβρωση σύρματος επιλέγεται "Wire" (Σύρμα).

Γεννήτρια κώδικα - Machine Tool: Έχοντας επιλέξει το είδος της μηχανής να είναι Wire, εμφανίζονται στη λίστα των γεννητριών κώδικα μόνο οι κατάλληλες για την ηλεκτροδιάβρωση σύρματος και επομένως επιλέγεται μια από αυτές.

Αρχικό CPL (Construction Plane) - Initial CPL: Καθορίζεται η αρχική όψη της κατεργασίας. Για την ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα πρέπει να είναι "Top".

4.2.5 Λειτουργίες M- Function

Το μενού **M-Κωδικοί - M-Function** περιέχει διάφορες τυποποιημένες λειτουργίες, αλλά και τις ανάλογες που το EdgeCAM παίρνει από την γεννήτρια κώδικα. Έτσι, οι λειτουργίες είναι συγκεκριμένες για το επιλεγόμενο είδος μηχανής που αντιστοιχεί στον καθορισμένο επεξεργαστή.

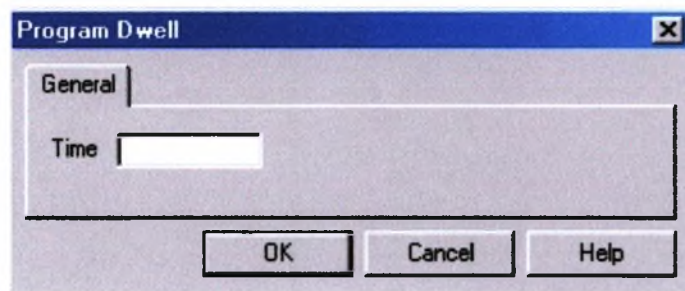
Ο έλεγχος των λειτουργιών που προέρχονται από την γεννήτρια κώδικα, γίνεται στο **M-Κωδικοί - M-Functions** (Επαλήθευση - Verify menu).

Οι τυποποιημένες λειτουργίες δείχνονται στα επόμενα κεφάλαια.

4.2.5.1 Εισαγωγή αναμονής (Dwell) στο φασεολόγιο

Για την εισαγωγή κάποιου χρόνου αναμονής, γίνεται εφαρμογή της εντολής **Αναμονή - Dwell (M-Κωδικοί - M-Functions menu)**. Το εργαλείο θα καθυστερήσει για τον ανάλογο χρόνο που ορίζεται (σε δευτερόλεπτα), στο τρέχον φασεολόγιο μηχανής.

Ο πίνακας εισαγωγής αναμονής είναι:



Εικόνα Νο 4.38 : Παράθυρο εισαγωγής αναμονής

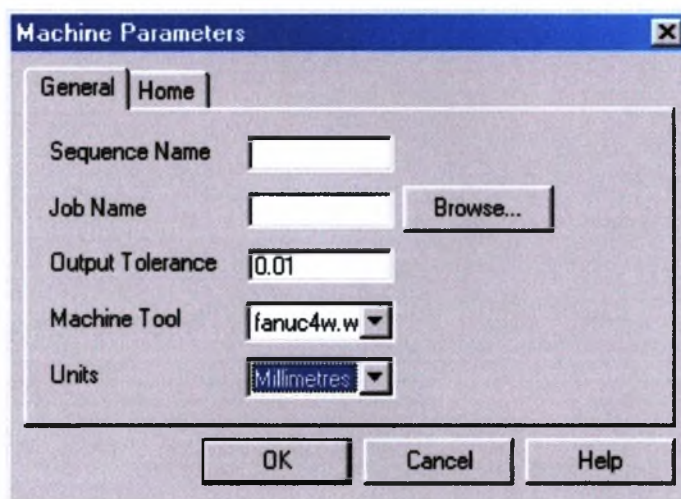
4.2.5.2 Καθορισμός των παραμέτρων της μηχανής

Οι παράμετροι της μηχανής καθορίζονται με βάση το είδος της μηχανής και την γεννήτρια κώδικα, κατά τον καθορισμό του φασεολογίου. Ο έλεγχος των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται μπορεί να γίνει επιλέγοντας την εντολή **Παράμετροι Μηχανής - Machine Parameters** (Επαλήθευση - Verify menu).

Οι παράμετροι της μηχανής μπορούν να τροποποιηθούν χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε στιγμή την εντολή **Παράμετροι Μηχανής - Machine Parameters (M-**

Κωδικοί – M-Functions menu). Ο πίνακας τροποποίησης των παραμέτρων μηχανής περιλαμβάνει δυο παράθυρα που αποτελούν τις γενικές παραμέτρους και το σημείο εκκίνησης της μηχανής.

Για τις γενικές παραμέτρους έχουμε το εξής παράθυρο:

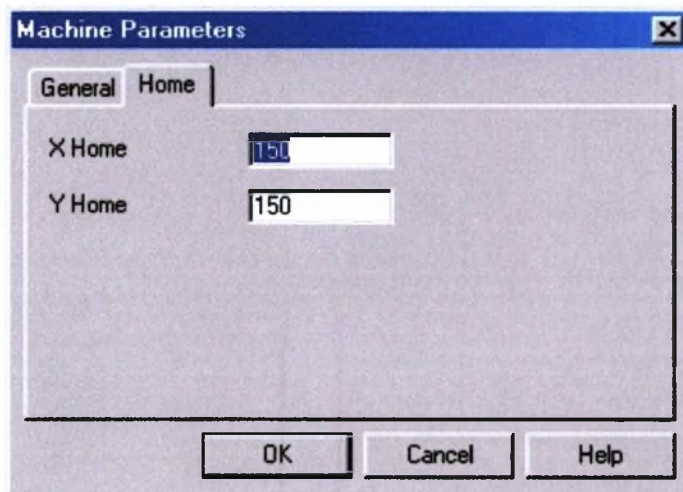


Εικόνα Νο 4.39 : Παράθυρο τροποποίησης παραμέτρων μηχανής – Γενικές παράμετροι

Περιέχονται οι προκαθορισμένες παράμετροι μηχανής οι οποίοι μπορούν να επαναπροσδιοριστούν.

Ακόμα, μπορεί να μεταβληθεί η **Ακρίβεια Εξόδου – Output Tolerance** για την οποία υπάρχει επίσης τυποποιημένη αρχική τιμή, με βάση την γεννήτρια κώδικα. Η ακρίβεια εξόδου καθορίζει την ακρίβεια δεκαδικών που θα μπορεί να ορίσει η γεννήτρια κατά τη δημιουργία του κώδικα CNC.

Για το σημείο εκκίνησης της μηχανής έχουμε το εξής παράθυρο:



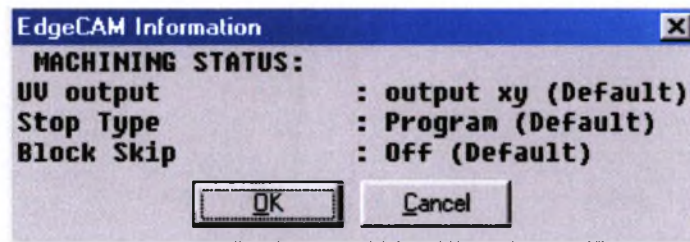
Εικόνα Νο 4.40 : Παράθυρο τροποποίησης παραμέτρων μηχανής – Σημείο εκκίνησης της μηχανής

Επαναπροσδιορίζεται, αν κρίνεται αναγκαίο, το σημείο εκκίνησης του εργαλείου (σύρμα), μεταβάλλοντας της συντεταγμένες X και Y της αρχικής του θέσης (μηδενικό σημείο μηχανής). Οι τιμές είναι σε mm ή inch.

4.2.6 Έλεγχος των λειτουργιών

Ο έλεγχος των λειτουργιών γίνεται χρησιμοποιώντας την εντολή **M-Κωδικοί – M-Functions (Επαλήθευση - Verify menu)**

Το παράθυρο που εμφανίζεται για την ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα, θα είναι παρόμοιο με το επόμενο:



Εικόνα Νο 4.41 : Παράθυρο επαλήθευσης λειτουργιών

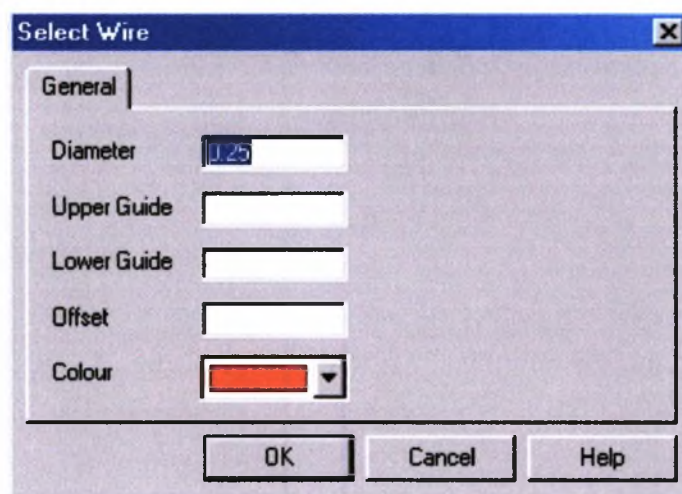
Τα στοιχεία που εμφανίζονται εξαρτώνται από την γεννήτρια κώδικα εκτός και αν έχουν τροποποιηθεί στο μενού **M-κωδικοί – M-Function**.

4.2.7 Επιλογή του σύρματος



Select Wire

Χρησιμοποιώντας την εντολή **Επιλογή σύρματος (Select Wire - Cycles menu)** ή το αντίστοιχο εικονίδιο, καθορίζονται τα χαρακτηριστικά του σύρματος που θα επιλεγεί ως εργαλείο της κατεργασίας. Ο πίνακας επιλογής σύρματος είναι ο ακόλουθος:



Εικόνα Νο 4.42 : Παράθυρο επιλογής σύρματος

Διάμετρος - Diameter: Διευκρινίζει τη διάμετρο του σύρματος (σε mm ή inch) και η ελάχιστη μπορεί να είναι 0.01mm.

Άνω Οδηγός - Upper Guide: Διευκρινίζει το ύψος του άνω οδηγού επάνω από τη θέση κατεργασίας.

Κάτω Οδηγός - Lower Guide: Διευκρινίζει το ύψος του κάτω οδηγού επάνω από τη θέση κατεργασίας.

Offset : Αντισταθμίζει τον αριθμό καταχώρησης (D Word).

Χρώμα - Color: Διευκρινίζει το χρώμα του σύρματος και οποιασδήποτε κίνησης θέσης αυτού.

4.2.8 Κινήσεις του σύρματος

4.2.8.1 Κίνηση με τη μέγιστη ταχύτητα - Rapid



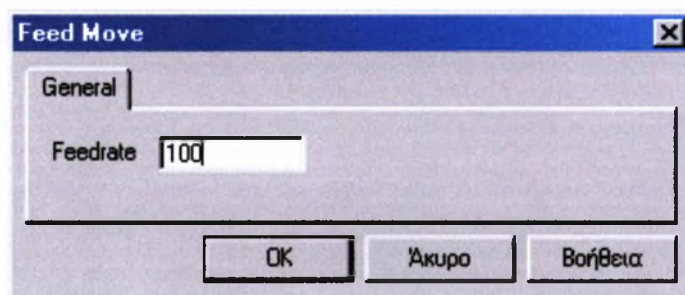
Με την εντολή αυτή ορίζεται μια διαδρομή για κίνηση του σύρματος σε μια ευθεία γραμμή με τη μέγιστη ταχύτητα.

Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη εντολή κατά την διάρκεια επαφής του σύρματος με το κομμάτι, αλλά μόνο όταν αυτό είναι στον αέρα. Εξάλλου, η γεννήτρια κώδικα μπορεί να είναι ήδη προγραμματισμένη να κόψει το σύρμα και το επανατοποθετήσει στη νέα θέση.

4.2.8.2 Κίνηση με ταχύτητα πρόωσης - Feed



Με την εντολή αυτή ορίζεται μια διαδρομή για κίνηση του σύρματος προς μια θέση με συγκεκριμένη ταχύτητα πρόωσης που ορίζεται στο επόμενο παράθυρο:



Εικόνα Νο 4.43 : Κίνηση με ταχύτητα πρόωσης - Παράθυρο επιλογής ταχύτητας πρόωσης

Πρέπει να προσδιορίζεται όταν το σύρμα είναι σε επαφή με το υλικό. Η κίνηση αυτή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως χειροκίνητη κατεργασία όπου οι πιο σύνθετες μέθοδοι κατεργασίας είναι περιττοί.

4.2.8.3 Κίνηση στην αρχική θέση - Home



Με την εντολή αυτή το σύρμα γυρίζει αυτόματα στην προκαθορισμένη αρχική του θέση (μηδενικό σημείο μηχανής).

4.2.9 Σχεδιασμός κατεργασίας



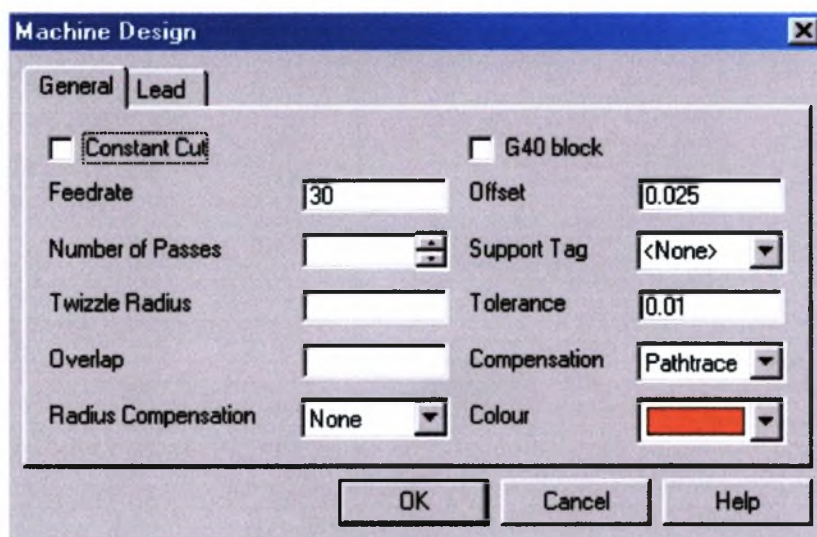
Machine Design

Η εντολή **Σχεδιασμός κατεργασίας (Machine Design - Cycles menu)** καθορίζει τη διαδρομή του σύρματος χρησιμοποιώντας το επιλεγμένο προφίλ σύρματος και τις παραμέτρους κατεργασίας.

Ο πίνακας παραμέτρων της κατεργασίας τεσσάρων αξόνων περιλαμβάνει τις γενικές παραμέτρους και τις παραμέτρους οδήγησης.

4.2.9.1 Γενικοί παράμετροι του σχεδιασμού κατεργασίας

Το παράθυρο γενικών παραμέτρων είναι το ακόλουθο:



Εικόνα Νο 4.44 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Παράθυρο γενικών παραμέτρων

Σταθερή κοπή - Constant Cut

Επιλέγεται όταν η κοπή του κομματιού πρέπει να γίνει σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Αυτό γίνεται συνήθως όταν η εργαλειομηχανή μπορεί να κόψει το σύρμα και να το επανατοποθετήσει στο σημείο έναρξης της κατεργασίας.

G40 block

Παρεμβάλλει την εντολή G40 στον κώδικα CNC, επιβάλλοντας την ακύρωση της αντιστάθμισης ακτίνας του εργαλείου (σύρμα).

Ταχύτητα πρόωσης - Feedrate

Καθορίζει την ταχύτητα πρόωσης (σε mm/min ή inch/min) με την οποία η εργαλειομηχανή κινεί το σύρμα στα επίπεδα XY ή UV.

Διόρθωση τροχιάς - Offset

Προσθέτει κάποιο διάστημα (σε mm ή inch) που αντιστοιχεί στο διάκενο μεταξύ σύρματος και προφίλ. Όταν δηλώνεται μηδέν, η πορεία θα καθορίζεται από την ακτίνα του σύρματος.

Αριθμός περασμάτων - Number of Passes

Διευκρινίζει τον αριθμό των περασμάτων που θα πραγματοποιήσει το σύρμα κατά μήκος του καθορισμένου προφίλ.

Τμήμα στήριξης - Support Tag

Διευκρινίζει το μήκος του τμήματος στήριξης (σε mm ή inch) που πρέπει να αφηθεί στο τέλος της κοπής. Με εφαρμογή της εντολής αυτής, αποφεύγεται η πτώση του κομματιού κατά την ολοκλήρωση της κοπής. Επιλέγοντας "Digitise" το μήκος στήριξης καθορίζεται με το χέρι πάνω στο προφίλ κατεργασίας.

Ακτίνα αναστροφής - Twizzle Radius

Διευκρινίζει την ακτίνα (σε mm ή inch) οποιωνδήποτε κινήσεων αναστροφής θα γίνουν στις γωνίες του προφίλ.

Ακρίβεια - Tolerance

Καθορίζει την ακρίβεια με την οποία το EdgeCAM παρουσιάζει γραφικά την διαδρομή του σύρματος.

Υπερκάλυψη - Overlap

Καθορίζει την απόσταση (σε mm ή inch) κατά την οποία το σύρμα θα συνεχίσει να κόβει μετά από το σημείο έναρξης της κατεργασίας. Αν έχει γίνει εισαγωγή τμήματος στήριξης η εντολή υπερκάλυψης θα αγνοηθεί.

Αντιστάθμιση - Compensation

Καθορίζει αν θα προγραμματιστεί ο άξονας του σύρματος ή τα σημεία κατεργασίας πάνω στο κομμάτι. Οι επιλογές είναι:

Από το πρόγραμμα - Pathtrace: Μια μέθοδος αντιστάθμισης του EdgeCAM που, έχει τη δυνατότητα υπολογισμού του offset των εργαλείων.

Από τη μηχανή - Controller: Αναθέτει την αντιστάθμιση της ακτίνας στην εργαλειομηχανή.

Αντιστάθμιση ακτίνας - Radius Compensation

Χρησιμοποιείται με την εντολή αντιστάθμισης για να καθορίσει τον τρόπο εφαρμογής του offset του σύρματος κατά την κατεύθυνση της κίνησής του. Οι επιλογές είναι:

Καμία- None: Δεν χρησιμοποιείται αντιστάθμιση.

Αριστερά - Left: Η αντιστάθμιση εφαρμόζεται από τα αριστερά της διαδρομής.

Δεξιά - Right: Η αντιστάθμιση εφαρμόζεται από τα δεξιά της διαδρομής.

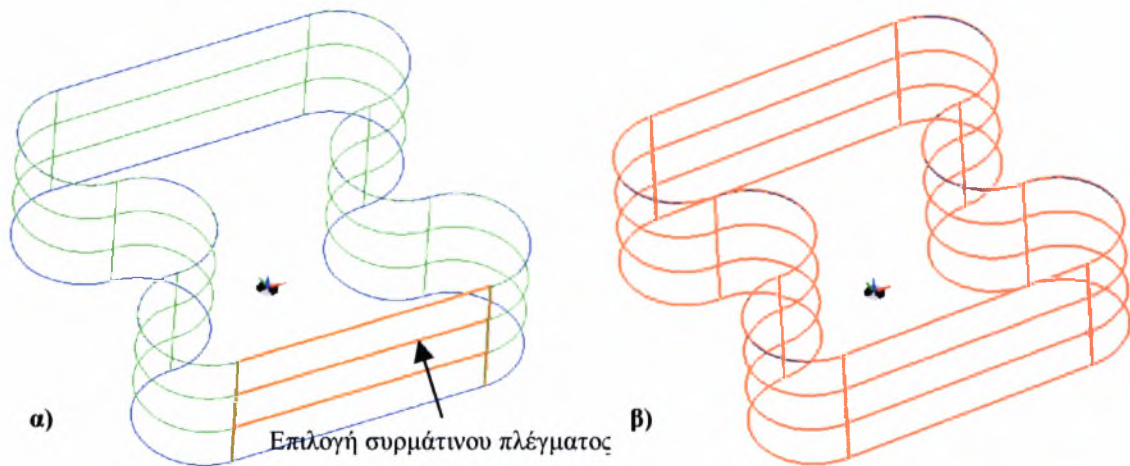
Χρώμα - Color

Καθορίζει το χρώμα που χρησιμοποιείται για την γραφική παρουσίαση της διαδρομής.

4.2.9.2 Βήματα κατεργασίας

Για την κατασκευή της διαδρομής του σύρματος με την εντολή σχεδιασμού κατεργασίας και εφόσον έχει δημιουργηθεί το συρμάτινο πλέγμα και έχει επιλεγεί σύρμα, ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- Δηλώνεται το συρμάτινο πλέγμα.

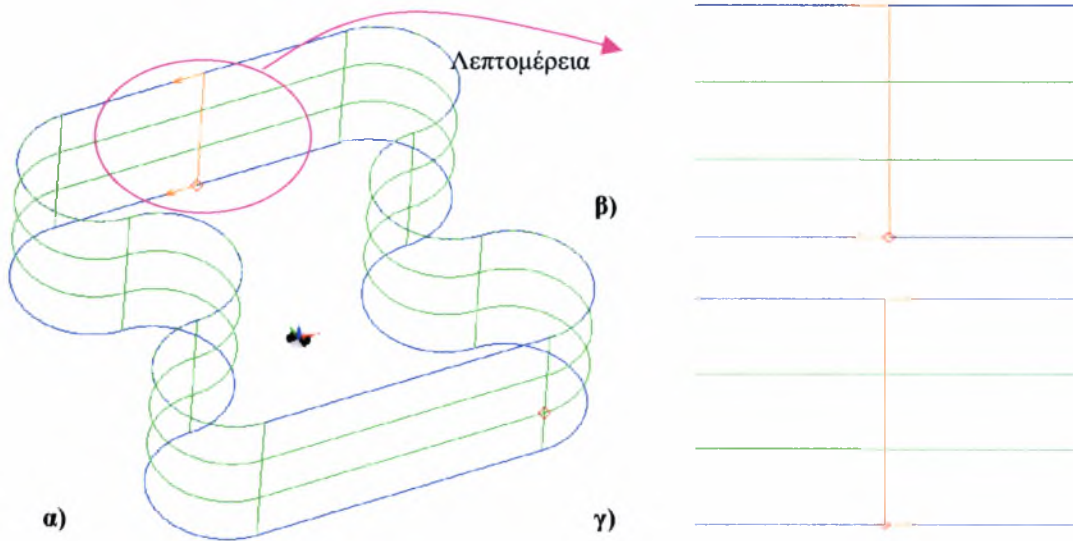


Εικόνα Νο 4.45 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) Δήλωση συρμάτινου πλέγματος, β) Εφαρμογή σε όλο το πλέγμα

Το συρμάτινο πλέγμα, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, δημιουργείται με έναν από τους τρόπους : Λοξό προφίλ, Προφίλ από μετατόπιση και Σύνδεση προφίλ. Στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε σύνδεση δύο προφίλ.

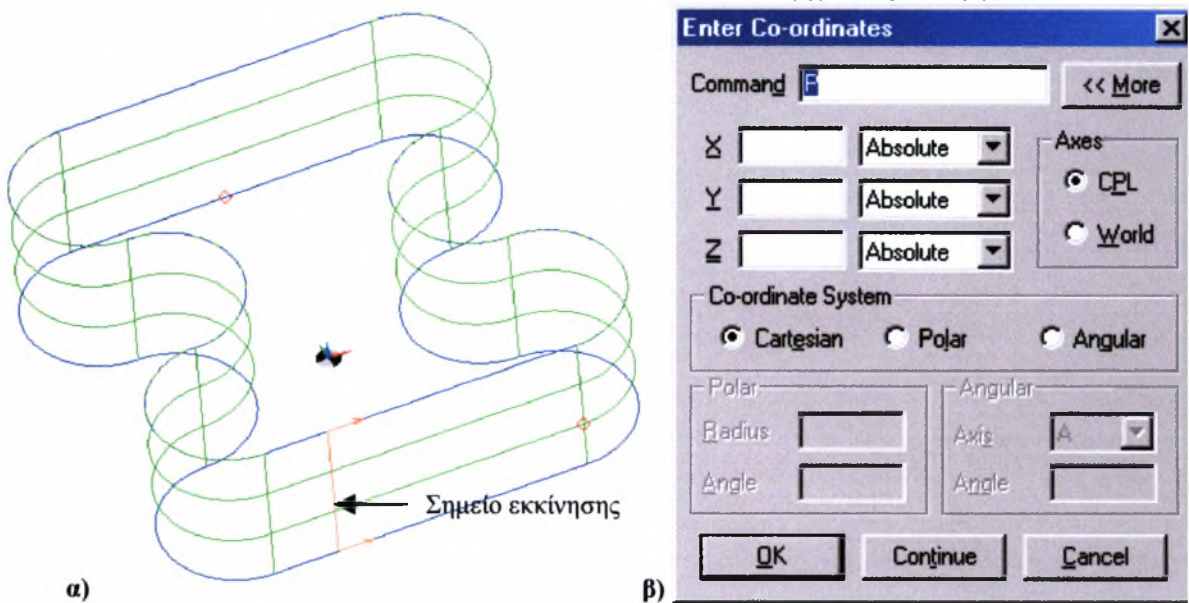
Η ενεργοποίηση του υπάρχοντος πλέγματος πραγματοποιείται σε ένα σημείο, αλλά ανταποκρίνεται σε όλο το συνδεδεμένο με το σημείο αυτό προφίλ.

- Δηλώνεται η θέση της αρχικής οπής, όπου θα περαστεί το σύρμα και από την οποία θα αρχίσει να κινείται με την ταχύτητα της πρόωσης.
- Δηλώνεται η διεύθυνση του σύρματος πάνω στο σχήμα



Εικόνα Νο 4.46 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) Δήλωση διεύθυνσης του σύρματος, β) Διεύθυνση προς τα αριστερά, γ) Διεύθυνση προς τα δεξιά

- Δηλώνεται το σημείο πάνω στο προφίλ στο οποίο θα αρχίσει η κατεργασία.

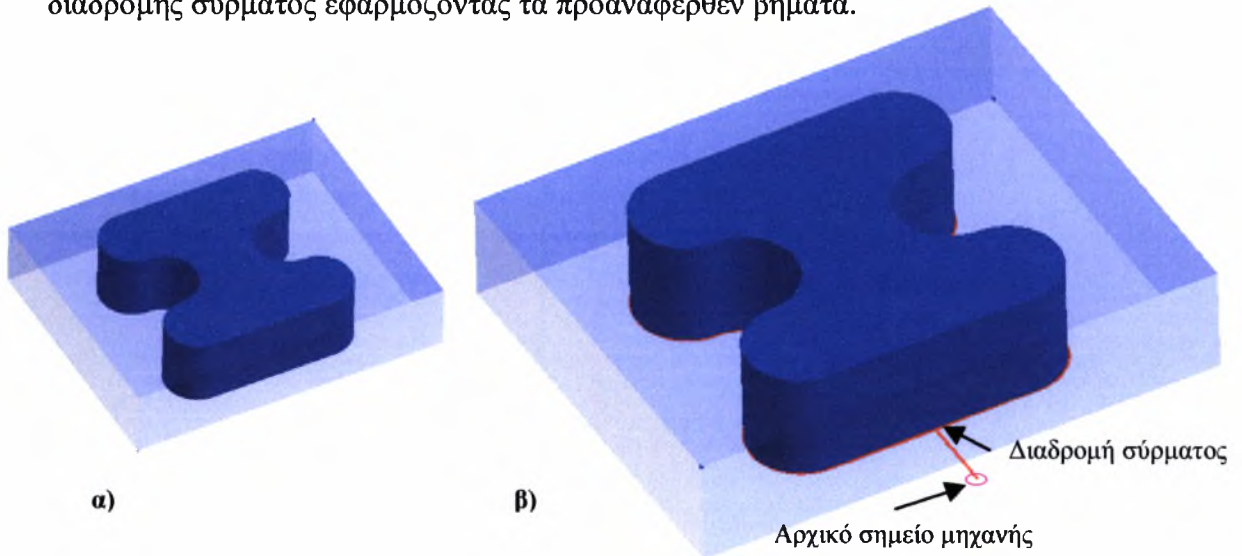


Εικόνα Νο 4.47 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) Δήλωση σημείου εκκίνησης της κατεργασίας, β) χρησιμοποίηση της εντολής Co-ordinate Input για τη δήλωση σημείου

Το αρχικό σημείο της κατεργασίας μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε πάνω στο προφίλ και έχει την κατεύθυνση που δηλώθηκε στο αμέσως προηγούμενο βήμα. Ένας τρόπος ακριβούς καθορισμού του αρχικού σημείου είναι χρησιμοποιώντας την εντολή **Εισαγωγή συντεταγμένων - Co-ordinate Input** (γραμμή εργαλείων Input Options).

Το αρχικό σημείο αποτελεί ταυτόχρονα και το τελικό σημείο της κατεργασίας, εκτός αν υπάρχει η εντολή υπερκάλυψης ή για τμήμα στήριξης.

Π.χ. Κατεργασία συνδεδεμένων προφίλ (κόμβο με κόμβο). Κατασκευή διαδρομής σύρματος εφαρμόζοντας τα προαναφερθέν βήματα.

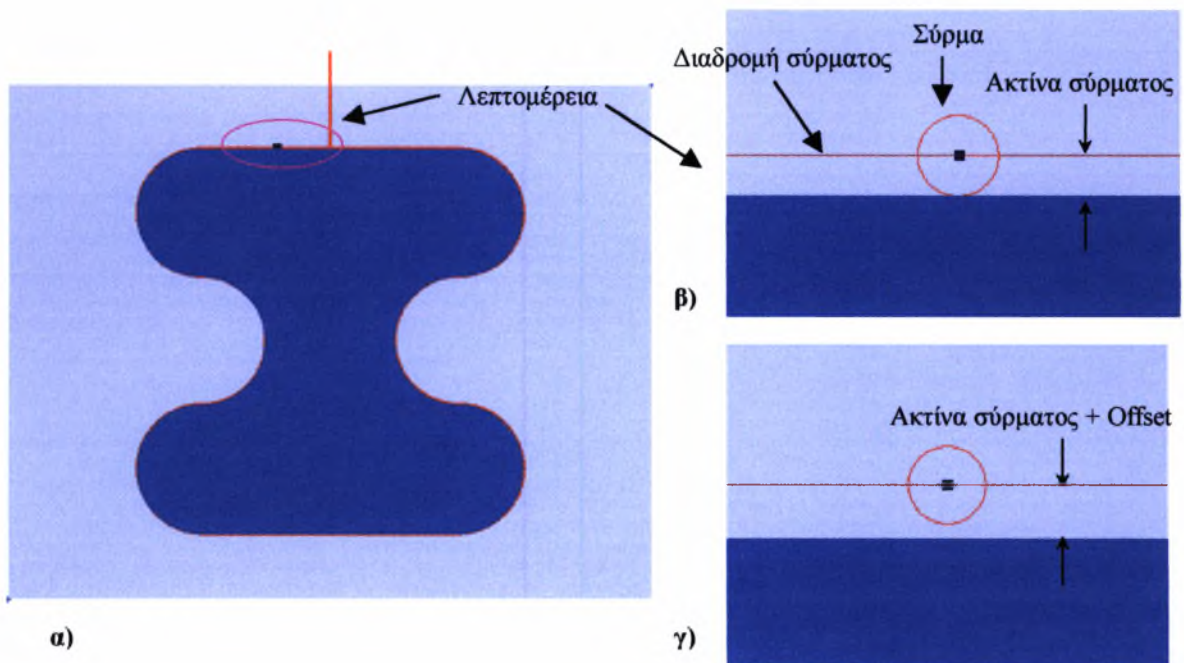


Εικόνα Νο 4.48 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) 3D Μοντέλο, β) Κατασκευή διαδρομής σύρματος

4.2.9.3 Εφαρμογή διόρθωσης τροχιάς (Offset)

Η διαδρομή του σύρματος ακολουθεί το περίγραμμα του μοντέλου λαμβάνοντας υπόψη την ακτίνα του σύρματος.

Η διόρθωση Offset γίνεται συνήθως λόγω του διακένου της ηλεκτρικής εκκένωσης. Δηλώνοντας τιμή Offset η διαδρομή του σύρματος απομακρύνεται από το προφίλ του μοντέλου κατά την τιμή αυτή.

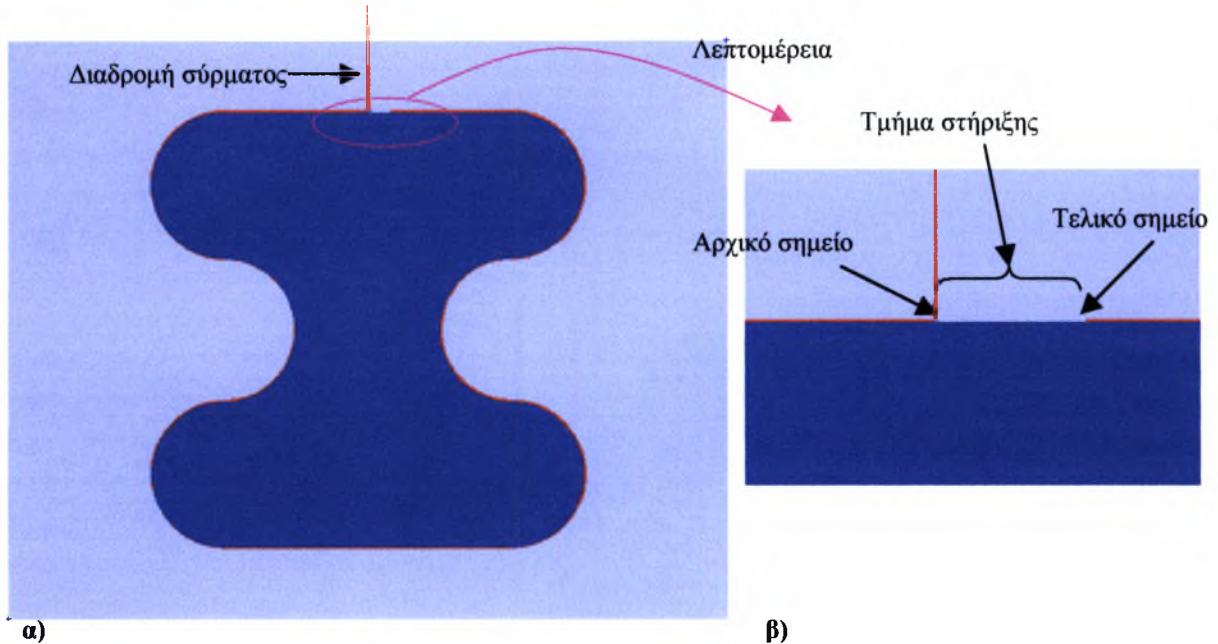


Εικόνα Νο 4.49 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) 3D Μοντέλο και διαδρομή σύρματος, β) Διαδρομή σύρματος χωρίς Offset, γ) Διαδρομή σύρματος με Offset



4.2.9.4 Εφαρμογή τμήματος στήριξης (Support Tag)

Τμήμα στήριξης εφαρμόζεται όταν από την αποκοπή θα χρησιμοποιηθεί το εσωτερικό κομμάτι. Αν αφεθεί η κοπή να διαγράψει το πλήρες περίγραμμα, το εσωτερικό κομμάτι θα πέσει με αποτέλεσμα ελαττωματική κοπή ή και σπάσιμο του σύρματος. Δίνοντας κάποια τιμή στήριξης, το σύρμα δεν θα επιστρέψει στο σημείο από όπου ξεκίνησε, αλλά θα σταματήσει πριν από αυτό σε απόσταση ίση με την τιμή στήριξης.

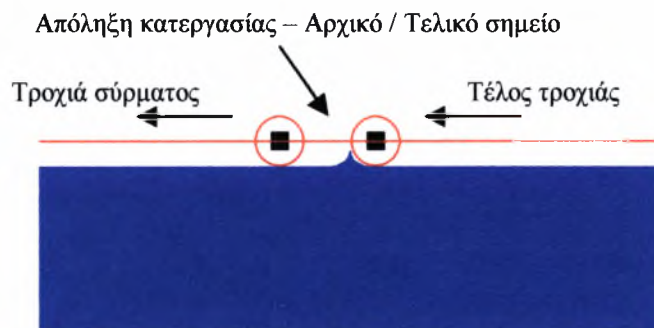


Εικόνα Νο 4.50 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) Διαδρομή σύρματος με τμήμα στήριξης, β) Τμήμα στήριξης

Το κομμάτι διατηρείται επάνω στο υλικό κοπής μέχρις ότου να συγκρατηθεί με άλλο τρόπο, ανάλογα με τις απαιτήσεις (π.χ. μαγνήτες, βλέπε εικόνα) και στη συνέχεια η κατεργασία τελειώνει εφαρμόζοντας την εντολή **Κοπή τμήματος στήριξης (Cut Support Tag - Cycles menu)**.

4.2.9.5 Εφαρμογή υπερκάλυψης (Overlap)

Αντίθετα με την τιμή στήριξης, η υπερκάλυψη επιβάλλει στο σύρμα να συνεχίσει την πορεία του, πάντα κατά την υπάρχουσα διαδρομή, και μετά την επιστροφή του στο σημείο από όπου ξεκίνησε. Ο λόγος που εφαρμόζεται η εντολή της υπερκάλυψης είναι γιατί όταν το αρχικό και το τελικό σημείο της τροχιάς συμπίπτουν μετά το τέλος της κοπής μένει υπόλοιπο (απόληξη).



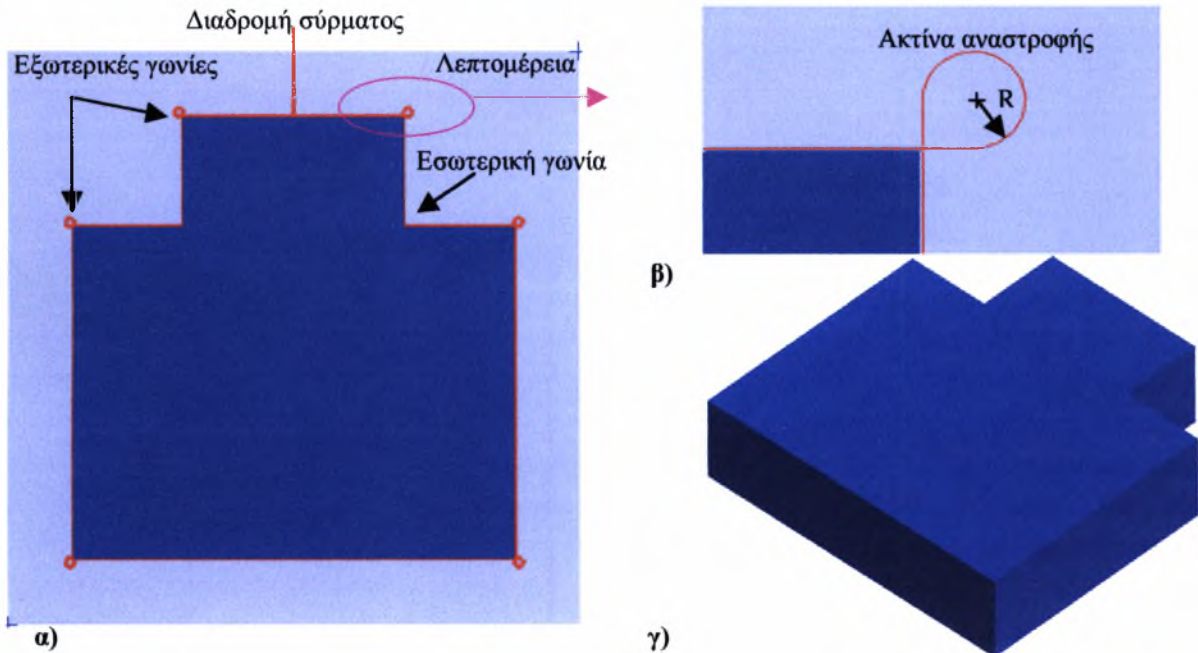
Εικόνα Νο 4.51 : Σχεδιασμός κατεργασίας: Απόληξη κατεργασίας

Για ευνόητους λόγους δεν μπορεί να γίνει εφαρμογή ταυτόχρονα των εντολών υπερκάλυψης και τμήματος συγκράτησης. Στην περίπτωση επιβολής και των δυο, η δεύτερη υπερισχύει.

4.2.9.6 Εφαρμογή ακτίνας αναστροφής (Twizzle Radius)

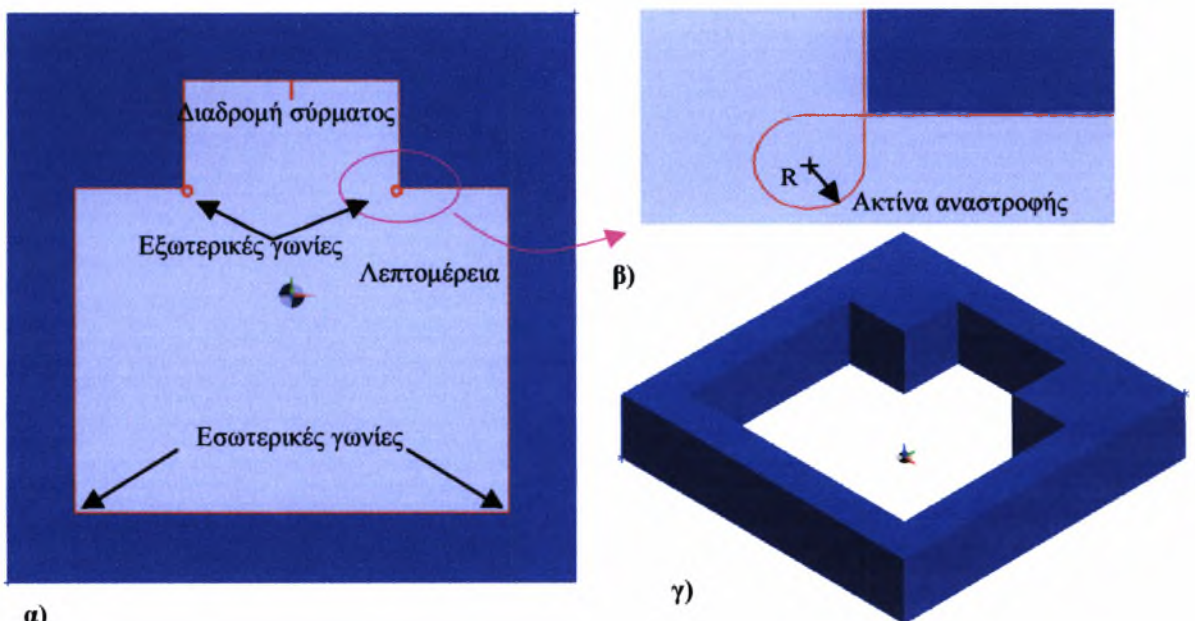
Η εντολή της ακτίνας αναστροφής εφαρμόζεται όταν η γωνία που θα προκύψει πρέπει να μην περιλαμβάνει ακτίνα καμπυλότητας. Η εντολή ανταποκρίνεται σε όλες τις εξωτερικές γωνίες και προσδίδει στο μοντέλο γωνίες ακρίβειας 90° . Προσοχή πρέπει να δοθεί στο ποιες θεωρούνται εξωτερικές γωνίες.

Π.χ. Μετά την αποκοπή θα χρησιμοποιηθεί το εσωτερικό κομμάτι:



Εικόνα Νο 4.52 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) Διαδρομή σύρματος με ακτίνα αναστροφής – Εσωτερικό κομμάτι, β) Ακτίνα αναστροφής, γ) Τελικό κομμάτι

Π.χ. Μετά την αποκοπή θα χρησιμοποιηθεί το εξωτερικό κομμάτι:



Εικόνα Νο 4.53 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) Διαδρομή σύρματος με ακτίνα αναστροφής – Εξωτερικό κομμάτι, β) Ακτίνα αναστροφής, γ) Τελικό κομμάτι

Σημείωση

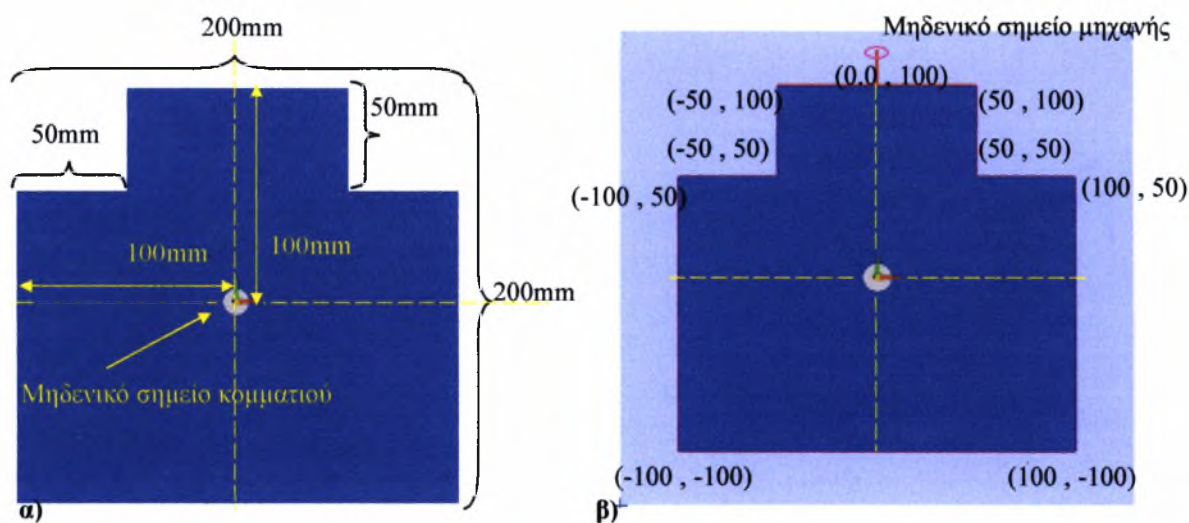
Οι εσωτερικές γωνίες δεν μπορούν να έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια από την ακτίνα του εργαλείου (σύρμα), όπως ακριβώς και στην κατεργασία με φρέζα.

4.2.9.7 Αντιστάθμιση ακτίνας – Radius Compensation

Το EdgeCAM παρέχει την δυνατότητα προσδιορισμού των συντεταγμένων του άξονα του σύρματος με βάση τα σημεία του κομματιού και την ακτίνα του σύρματος. Πολλές εργαλειομηχανές επίσης, παρέχουν ανάλογη δυνατότητα και έτσι κατά την χρησιμοποίηση της εντολής σχεδιασμού κατεργασίας (Machine Design) πρέπει να εξεταστεί με ποια μέθοδο αυτή θα συμπεριληφθεί στον καθορισμό της διαδρομής του σύρματος και κατά συνέπεια στη δημιουργία του κώδικα CNC.

Ο συνδυασμός της αντιστάθμισης ακτίνας (Radius Compensation) και των επιλογών αντιστάθμισης (Compensation) των γενικών παραμέτρων της εντολής σχεδιασμού κατεργασίας, καθορίζει ποιες πληροφορίες πρόκειται να αποδοθούν κατά την παραγωγή του κώδικα CNC από το φασεολόγιο της κατεργασίας.

Π.χ. Παραγωγή κώδικα CNC με τις δυο μεθόδους για συγκεκριμένο μοντέλο και με διάμετρο σύρματος 0.25mm:



Εικόνα Νο 4.54: Σχεδιασμός κατεργασίας – Αντιστάθμιση: α) Τελικές διαστάσεις κομματιού, β) Συντεταγμένες σημείων κομματιού κατά την κατεργασία – Διαδρομή σύρματος

Αντιστάθμιση από το πρόγραμμα:

%

:1(Compensation : Pathtrace - Από το πρόγραμμα)

N10 G21 G90 G40

N20 M54 (THREAD WIRE)

N30 G01 X0.0 Y100.125 T0.0 G52 D00 F10

N40 X-50.125

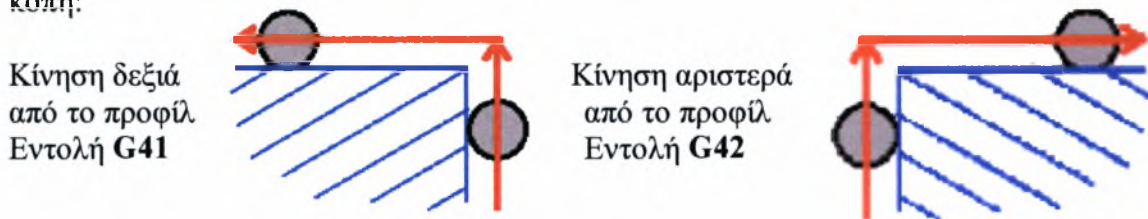
N50 Y50.125

N60 X-100.125
 N70 Y-100.125
 N80 X100.125
 N90 Y50.125
 N100 X50.125
 N110 Y100.125
 N120 X0.0
 N130 M30
 %

Οι συντεταγμένες που περιέχονται στον κώδικα προκύπτουν από τις συντεταγμένες του περιγράμματος, ανάλογα προσθέτοντας ή αφαιρώντας την ακτίνα του σύρματος, που είναι 0.125mm. Επομένως το Offset στο κοντρόλ της μηχανής τίθεται μηδέν.

Αντιστάθμιση από τη μηχανή:

Επειδή, συνήθως, κατά την κατεργασία χρησιμοποιείται Offset διόρθωσης της πορείας του σύρματος, πρέπει να οριστεί αντιστάθμιση ακτίνας για τον καθορισμό της επίδρασης που θα έχει στον κώδικα το συγκεκριμένο Offset. Έτσι η αντιστάθμιση ακτίνας τίθεται αριστερά ή δεξιά ανάλογα με την διεύθυνση του σύρματος κατά την κοπή:



Για κίνηση του σύρματος αριστερά από το προφίλ προστίθεται στον κώδικα η εντολή **G41** ενώ για κίνηση δεξιά από το προφίλ η εντολή **G42**.

Π.χ. για κίνηση από τα αριστερά:

%
 :1(Compensation : Controller - Από τη μηχανή)
 N10 G21 G90 G40
 N20 M54 (THREAD WIRE)
 N30 G01 G42 X0.0 Y100.0 T0.0 G52 D00 F10
 N40 X-50.0
 N50 Y50.0
 N60 X-100.0
 N70 Y-100.0
 N80 X100.0
 N90 Y50.0
 N100 X50.0
 N110 Y100.0
 N120 X0.0
 N130 M30
 %

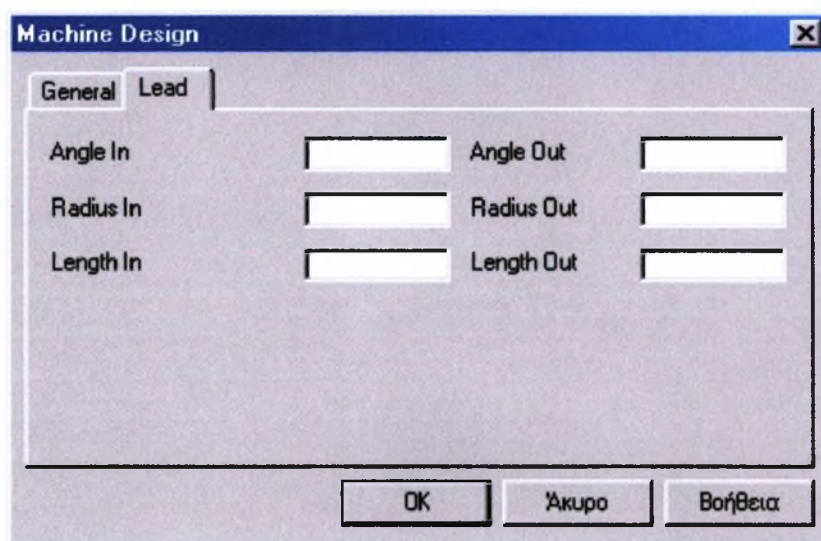
Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο κώδικας περικλείει τις συντεταγμένες της τελικής γεωμετρίας. Έτσι, την αντιστάθμιση θα την πραγματοποιήσει το κοντρόλ της μηχανής με βάση την ακτίνα του σύρματος, η οποία ορίζεται στη μνήμη του. Για να πραγματοποιηθεί όμως η αντιστάθμιση θα πρέπει να καθοριστεί και η αντιστάθμιση ακτίνας. Ανάλογα με την διεύθυνση του σύρματος προστίθεται η αντίστοιχη εντολή **G41** (αριστερά) ή **G42** (δεξιά) στη γραμμή **N30**. Αν δεν υπάρχει κάποια από τις προηγούμενες το κοντρόλ δε θα πραγματοποιήσει αντιστάθμιση.

Σημείωση

Η αντιστάθμιση ακτίνας είναι δυνατό να χρειάζεται να αλλάξει κατά τη διάρκεια της κοπής αν το σύρμα αλλάζει διεύθυνση ως προς το προφίλ του κομματιού. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ακυρώνεται η υπάρχον αντιστάθμιση με την εντολή **G40** και ορίζεται η νέα π.χ. **G41** (αριστερά) αν προηγουμένως είχαμε **G42** (δεξιά).

4.2.9.8 Παράμετροι οδήγησης του σχεδιασμού κατεργασίας

Το παράθυρο των παραμέτρων οδήγησης της εντολής σχεδιασμού κατεργασίας είναι το ακόλουθο:



Εικόνα Νο 4.55 : Σχεδιασμός κατεργασίας- Παράθυρο παραμέτρων οδήγησης

Γωνία Εισόδου / Εξόδου - Angle In / Out

Καθορίζει υπό πια γωνία το σύρμα θα εισέλθει ή θα εξέλθει από το προφίλ κατεργασίας.

Η μέγιστη τιμή που επιτρέπεται για την εσωτερική ή εξωτερική γωνία είναι 180°. Οποιαδήποτε υψηλότερη τιμή εισαχθεί θα ληφθεί ως 180°.

Ακτίνα Εισόδου / Εξόδου - Radius In / Out

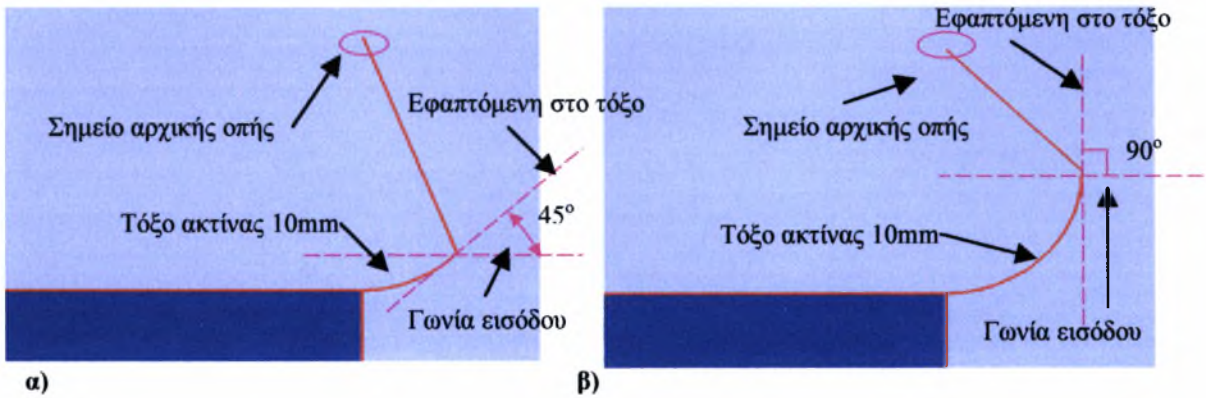
Καθορίζει την ακτίνα (σε mm ή inch) της κίνησης τόξου κατά την είσοδο ή έξοδο.

Μήκος Εισόδου / Εξόδου - Length In / Out

Καθορίζει το μήκος (σε mm ή inch) της ευθείας κίνησης εισόδου ή εξόδου.

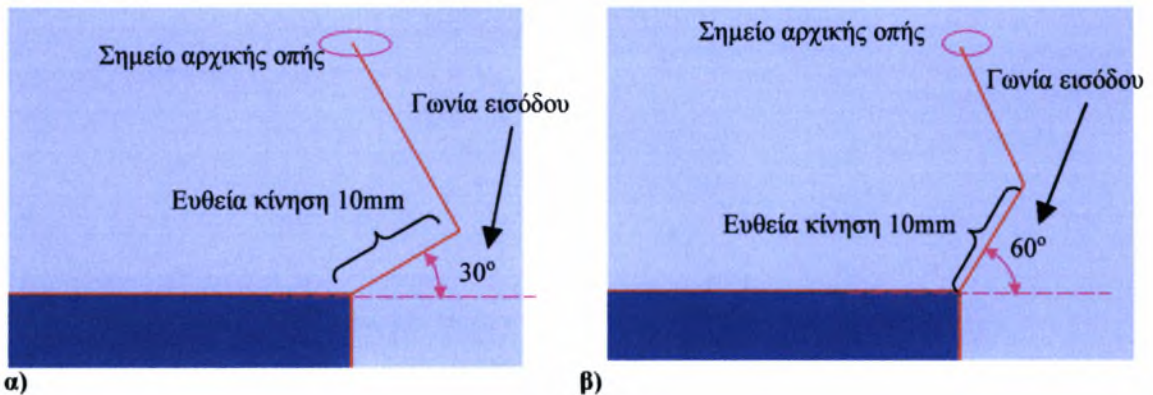
Η γωνία εισόδου / εξόδου αναφέρεται στις κινήσεις οδήγησης του σύρματος (τόξου ή ευθείας) και επομένως ορίζεται με μια ή συνδυασμό αυτών.

Π.χ. Οδήγηση με κίνηση τόξου κατά την εισόδο, με καθορισμένη γωνία εισόδου:



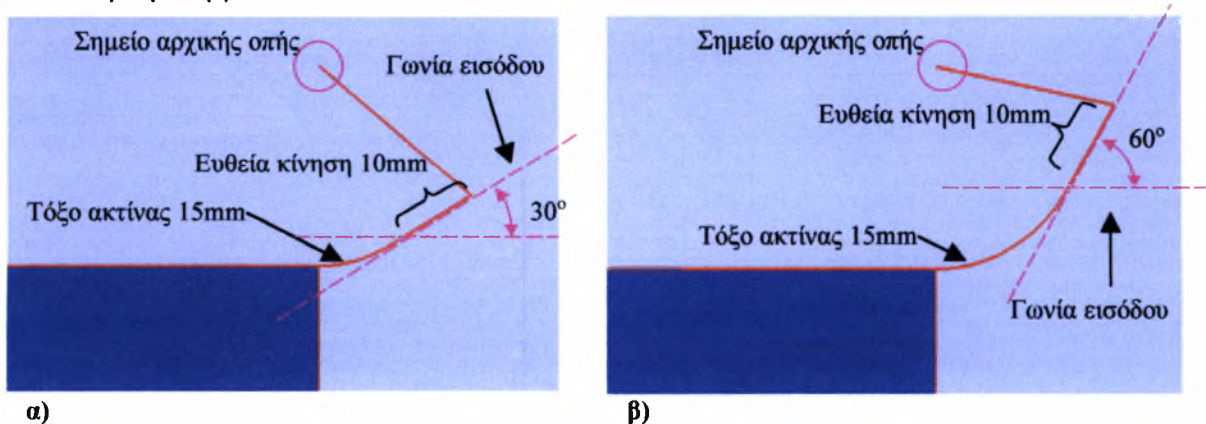
Εικόνα Νο 4.56 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Οδήγηση με κίνηση τόξου ακτίνας 10mm : α) Γωνία εισόδου 30°, β) Γωνία εισόδου 60°

Π.χ. Οδήγηση με ευθεία κίνηση κατά την εισόδο, με καθορισμένη γωνία εισόδου:



Εικόνα Νο 4.57 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Οδήγηση με ευθεία κίνηση 10mm : α) Γωνία εισόδου 30°, β) Γωνία εισόδου 60°

Π.χ. Οδήγηση συνδυασμού ευθείας κίνησης και κίνησης τόξου κατά την εισόδο, με καθορισμένη γωνία εισόδου:



Εικόνα Νο 4.58 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Οδήγηση συνδυασμού ευθείας κίνησης 10mm και κίνησης τόξου ακτίνας 15mm: α) Γωνία εισόδου 30°, β) Γωνία εισόδου 60°

Ο καθορισμός της εισόδου και εξόδου του σύρματος στο προφίλ κατεργασίας γίνεται για την ομαλή προσέγγιση και απομάκρυνση αυτού από την επιφάνεια του τελικού κομματιού. Σε κατεργασίες που απαιτείται υψηλή ακρίβεια στην τελική

επιφάνεια εφαρμόζονται κατάλληλες κινήσεις οδήγησης του σύρματος για την αποφυγή τραυματισμού του κομματιού.

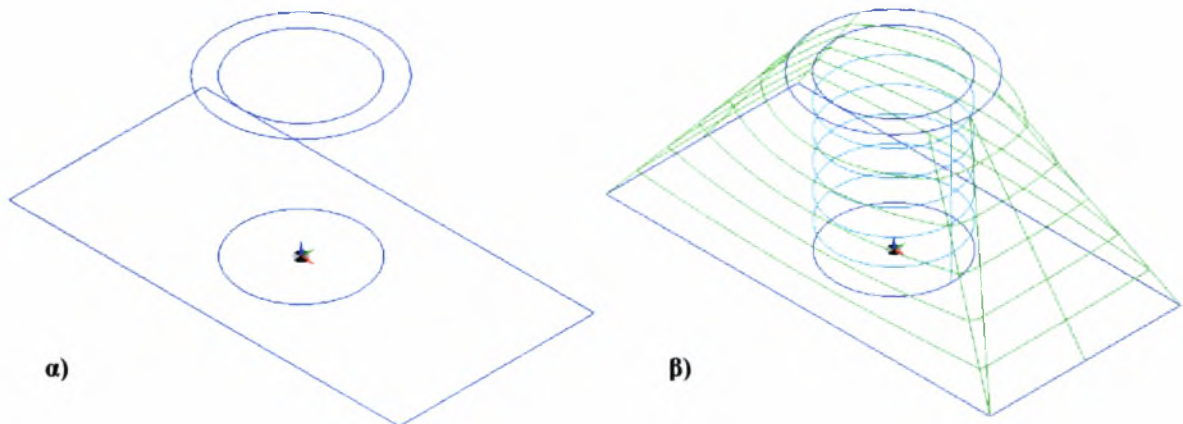
4.2.9.9 Παράδειγμα σχεδιασμού κατεργασίας

Με τον σχεδιασμό κατεργασίας που παρέχει το EdgeCAM και εφόσον έχει κατασκευαστεί κατά τα προηγούμενα ένα τριών διαστάσεων μοντέλο, η κατεργασία αυτού πραγματοποιείται ακριβώς όπως τα 2D παραπάνω σχέδια. Καθορίζοντας τις απαιτούμενες κατά περίπτωση παραμέτρους κατεργασίας, επιλέγεται το υπάρχων συρμάτινο πλέγμα, που έχει κατασκευαστεί στο περιβάλλον σχεδίασης, και δηλώνεται η αρχική οπή, η διεύθυνση του σύρματος και το αρχικό σημείο της κοπής πάνω στο προφίλ.

Δημιουργείται, έτσι, η διαδρομή του σύρματος που στην ουσία ακολουθεί το συρμάτινο πλέγμα του μοντέλου.

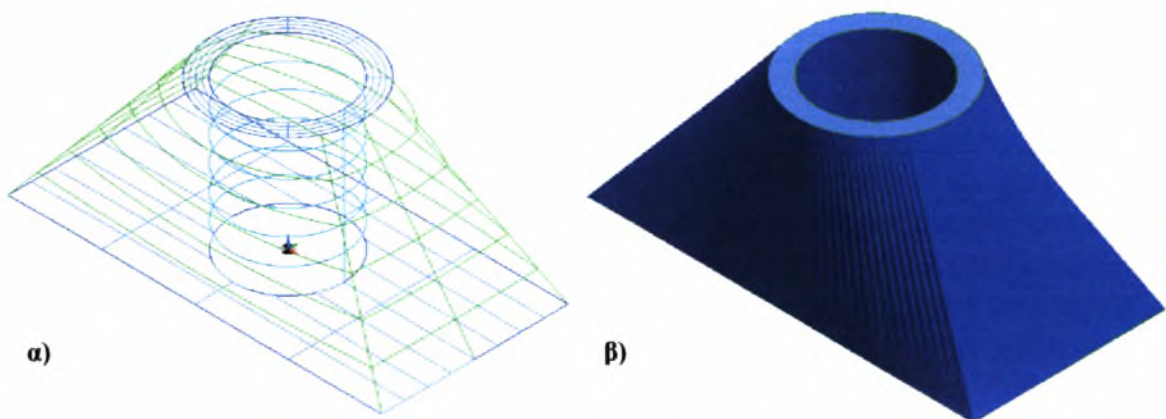
Π.γ. Κατεργασία μοντέλου με ευθιογενείς επιφάνειες.

Κατασκευάζονται τα παρακάτω 2D σχέδια που βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα του Z άξονα και πραγματοποιείται η σύνδεση των σχεδίων ανά δυο (δημιουργία συρμάτινου πλέγματος):



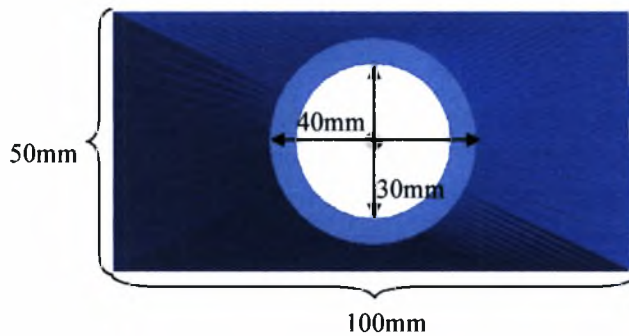
Εικόνα Νο 4.59 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Κατεργασία μοντέλου με ευθιογενείς επιφάνειες:
α) 2D σχέδια, β) Δημιουργία συρμάτινου πλέγματος

Για καλύτερη γραφική απεικόνιση, προστίθενται οι κατάλληλες επιφάνειες και γίνεται μοντελοποίηση.



Εικόνα Νο 4.60 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Κατεργασία μοντέλου με ευθιογενείς επιφάνειες:
α) Πρόσθεση επιφανειών, β) Μοντελοποίηση

Οι τελικές διαστάσεις του κομματιού είναι οι ακόλουθες:

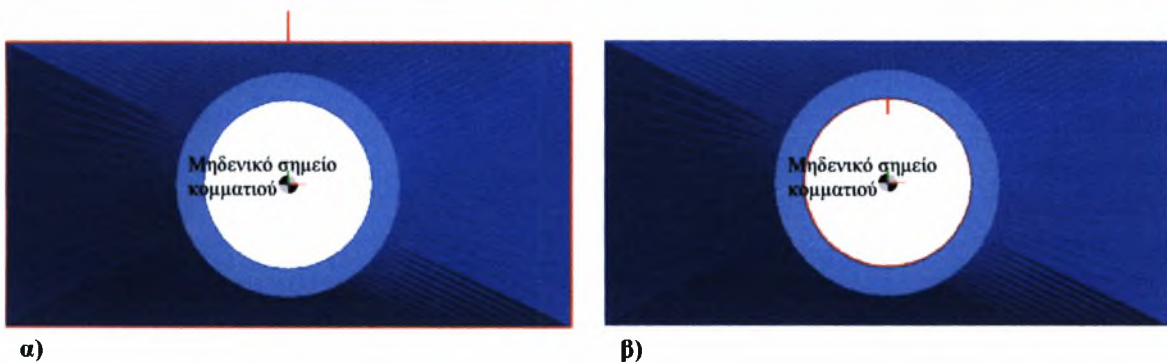


Για την κατεργασία του μοντέλου θα πραγματοποιηθούν δυο φάσεις για την εξωτερική και εσωτερική κοπή.

Αρχικά, επιλέγεται να κατεργαστεί το μοντέλο εξωτερικά.

Στην κατάσταση κατεργασίας και αφού συμπληρωθούν ανάλογα οι παράμετροι της φάσης και επιλεγεί σύρμα, επιλέγεται η εντολή της σχεδίασης κατεργασίας (Machine Design). Συμπληρώνονται οι κατάλληλες γενικές παράμετροι και παράμετροι οδήγησης και στη συνέχεια δηλώνεται στο μοντέλο η αρχική οπή, η διεύθυνση του σύρματος, και το αρχικό σημείο κοπής πάνω στο προφίλ. Έτσι δημιουργείται η διαδρομή του σύρματος της εξωτερικής κατεργασίας.

Στη συνέχεια δημιουργείται νέα φάση για την εσωτερική κατεργασία και ομοίως κατασκευάζεται η διαδρομή του σύρματος αυτής.



Εικόνα Νο 4.61 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Κατεργασία μοντέλου με ευθειογενείς επιφάνειες:
α) Εξωτερική κατεργασία, β) Εσωτερική κατεργασία

Ο κώδικας που παράγεται για τις προηγούμενες κατεργασίες παρατίθεται στην επόμενη σελίδα:

%

:1(ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ)

N10 G21 G90 G40

N20 G92 X0.0 Y0.0 I40.0

N30 M54 (THREAD WIRE)

N40 G01 X0.0 Y25.0 U0.0 V-5.0 D00 F394

N50 X-2.778 Y25.0 U1.548 V-5.038

N60 X-5.556 Y25.0 U3.101 V-5.151

N70 X-8.333 Y25.0 U4.664 V-5.34

N80 X-11.111 Y25.0 U6.24 V-5.602

N90 X-13.889 Y25.0 U7.835 V-5.938

N100 X-16.667 Y25.0 U9.452 V-6.347

N110 X-19.444 Y25.0 U11.097 V-6.825

N120 X-22.222 Y25.0 U12.773 V-7.373

N130 X-25.0 Y25.0 U14.485 V-7.987

N140 X-27.778 Y25.0 U16.237 V-8.665

N150 X-30.556 Y25.0 U18.033 V-9.406

N160 X-33.333 Y25.0 U19.876 V-10.205

N170 X-36.111 Y25.0 U21.769 V-11.06

N180 X-38.889 Y25.0 U23.717 V-11.968

N190 X-41.667 Y25.0 U25.723 V-12.925

N200 X-44.444 Y25.0 U27.789 V-13.928

N210 X-47.222 Y25.0 U29.917 V-14.973

N220 X-50.0 Y25.0 U32.111 V-16.056

N230 X-50.0 Y21.875 U31.623 V-13.982

N240 X-50.0 Y18.75 U31.197 V-11.935

N250 X-50.0 Y15.625 U30.834 V-9.91

N260 X-50.0 Y12.5 U30.535 V-7.905

N270 X-50.0 Y9.375 U30.302 V-5.915

N280 X-50.0 Y6.25 U30.134 V-3.937

N290 X-50.0 Y3.125 U30.034 V-1.967

N300 X-50.0 Y0.0 U30.0 V0.0

N310 X-50.0 Y-3.125 U30.034 V1.967

N320 X-50.0 Y-6.25 U30.134 V3.937

N330 X-50.0 Y-9.375 U30.302 V5.915

N340 X-50.0 Y-12.5 U30.535 V7.905

N350 X-50.0 Y-15.625 U30.834 V9.91

N360 X-50.0 Y-18.75 U31.197 V11.935

N370 X-50.0 Y-21.875 U31.623 V13.982

N380 X-50.0 Y-25.0 U32.111 V16.056

N390 X-47.222 Y-25.0 U29.917 V14.973

N400 X-44.444 Y-25.0 U27.789 V13.928

N410 X-41.667 Y-25.0 U25.723 V12.925

N420 X-38.889 Y-25.0 U23.717 V11.968

N430 X-36.111 Y-25.0 U21.769 V11.06

N440 X-33.333 Y-25.0 U19.876 V10.205

N450 X-30.556 Y-25.0 U18.033 V9.406

N460 X-27.778 Y-25.0 U16.237 V8.665

N470 X-25.0 Y-25.0 U14.485 V7.987

N480 X-22.222 Y-25.0 U12.773 V7.373

N490 X-19.444 Y-25.0 U11.097 V6.825

N500 X-16.667 Y-25.0 U9.452 V6.347

N510 X-13.889 Y-25.0 U7.835 V5.938

N520 X-11.111 Y-25.0 U6.24 V5.602

N530 X-8.333 Y-25.0 U4.664 V5.34

N540 X-5.556 Y-25.0 U3.101 V5.151

N550 X-2.778 Y-25.0 U1.548 V5.038

N560 X0.0 Y-25.0 U0.0 V5.0

N570 X2.778 Y-25.0 U-1.548 V5.038

N580 X5.556 Y-25.0 U-3.101 V5.151

N590 X8.333 Y-25.0 U-4.664 V5.34

N600 X11.111 Y-25.0 U-6.24 V5.602

N610 X13.889 Y-25.0 U-7.835 V5.938

N620 X16.667 Y-25.0 U-9.452 V6.347

N630 X19.444 Y-25.0 U-11.097 V6.825

N640 X22.222 Y-25.0 U-12.773 V7.373

N650 X25.0 Y-25.0 U-14.485 V7.987

N660 X27.778 Y-25.0 U-16.237 V8.665

N670 X30.556 Y-25.0 U-18.033 V9.406

N680 X33.333 Y-25.0 U-19.876 V10.205

N690 X36.111 Y-25.0 U-21.769 V11.06

N700 X38.889 Y-25.0 U-23.717 V11.968

N710 X41.667 Y-25.0 U-25.723 V12.925

N720 X44.444 Y-25.0 U-27.789 V13.928

N730 X47.222 Y-25.0 U-29.917 V14.973

N740 X50.0 Y-25.0 U-32.111 V16.056

N750 X50.0 Y-21.875 U-31.623 V13.982

N760 X50.0 Y-18.75 U-31.197 V11.935

N770 X50.0 Y-15.625 U-30.834 V9.91

N780 X50.0 Y-12.5 U-30.535 V7.905

N790 X50.0 Y-9.375 U-30.302 V5.915

N800 X50.0 Y-6.25 U-30.134 V3.937

N810 X50.0 Y-3.125 U-30.034 V1.967

N820 X50.0 Y0.0 U-30.0 V0.0

N830 X50.0 Y3.125 U-30.034 V-1.967

N840 X50.0 Y6.25 U-30.134 V-3.937

N850 X50.0 Y9.375 U-30.302 V-5.915

N860 X50.0 Y12.5 U-30.535 V-7.905

N870 X50.0 Y15.625 U-30.834 V-9.91

N880 X50.0 Y18.75 U-31.197 V-11.935

N890 X50.0 Y21.875 U-31.623 V-13.982

N900 X50.0 Y25.0 U-32.111 V-16.056

N910 X47.222 Y25.0 U-29.917 V-14.973

N920 X44.444 Y25.0 U-27.789 V-13.928

N930 X41.667 Y25.0 U-25.723 V-12.925

N940 X38.889 Y25.0 U-23.717 V-11.968

N950 X36.111 Y25.0 U-21.769 V-11.06

N960 X33.333 Y25.0 U-19.876 V-10.205

N970 X30.556 Y25.0 U-18.033 V-9.406

N980 X27.778 Y25.0 U-16.237 V-8.665

N990 X25.0 Y25.0 U-14.485 V-7.987

N1000 X22.222 Y25.0 U-12.773 V-7.373

N1010 X19.444 Y25.0 U-11.097 V-6.825

N1020 X16.667 Y25.0 U-9.452 V-6.347

N1030 X13.889 Y25.0 U-7.835 V-5.938

N1040 X11.111 Y25.0 U-6.24 V-5.602

N1050 X8.333 Y25.0 U-4.664 V-5.34

N1060 X5.556 Y25.0 U-3.101 V-5.151

N1070 X2.778 Y25.0 U-1.548 V-5.038

N1080 X0.0 Y25.0 U0.0 V-5.0

N1090 X-0.1 Y25.0 U0.0 V-5.0

N1100 M30

%

%

:1(ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ)

N10 G21 G90 G40

N20 M54 (THREAD WIRE)

N30 G01 X0.0 Y15.0 T0.0 G52 D00 F10

N40 G03 X-15.0 Y0.0 R15.0 G50

N50 X15.0 Y0.0 R-15.0

N60 X0.0 Y15.0 R15.0

N70 M30

%

Σημείωση

Οι κώδικες των δυο κατεργασιών έγιναν χωρίς αντιστάθμιση ακτίνας (Controller – None) για την καλύτερη κατανόησή τους.

4.2.10 Κοπή του τμήματος στήριξης



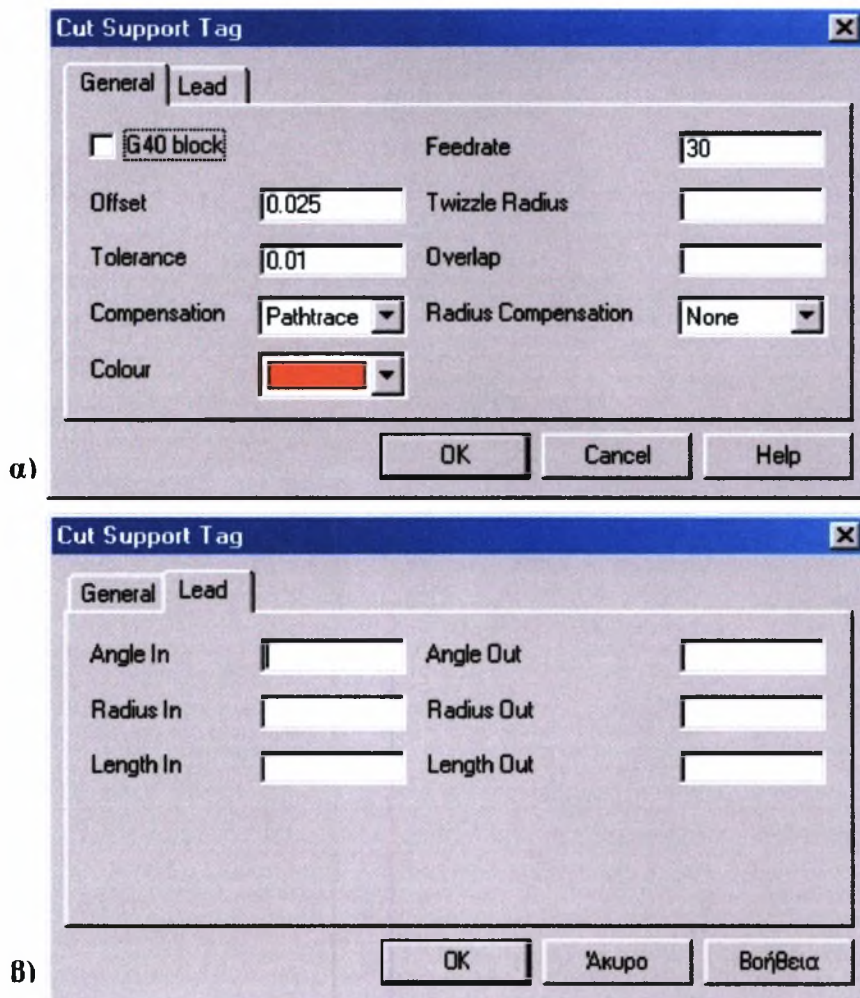
Cut Support Tag

Η εντολή Cut Support Tag (Cycle menu) πραγματοποιεί την κοπή οποιουδήποτε υλικού έχει οριστεί προηγουμένως ως τμήμα στήριξης (επίσης είναι γνωστό ως "Glue Stop"). Το μήκος του τμήματος στήριξης καθορίζεται από την παράμετρο **Support Tag** της εντολής σχεδιασμού κατεργασίας (**Machine Design**).

Σημείωση

Εάν δεν έχει οριστεί τμήμα στήριξης κατά την κατεργασία ενός μοντέλου, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εντολή Cut Support Tag στο συγκεκριμένο μοντέλο.

Ο πίνακας παραμέτρων της κοπής του τμήματος στήριξης περιλαμβάνει τις γενικές παραμέτρους και τις παραμέτρους οδήγησης:



Εικόνα Νο 4.62 : Κοπή τμήματος στήριξης: α) Παράθυρο γενικών παραμέτρων β) Παράθυρο παραμέτρων οδήγησης

Οι γενικές παράμετροι καθώς και οι παράμετροι οδήγησης λειτουργούν παρόμοια με της εντολής σχεδιασμού κατεργασίας (Machine Design).

Αφού καθοριστούν οι παραπάνω παράμετροι, εκτελούνται τα ακόλουθα βήματα:

- Επιλέγεται η διαδρομή του σύρματος.
- Δηλώνεται η θέση της αρχικής οπής στην οποία θα περαστεί το σύρμα.

- Δηλώνεται το αρχικό σημείο του τμήματος στήριξης από το οποίο θα αρχίσει η κατεργασία. Ορίζεται, έτσι, από πια θέση το σύρμα πρέπει να αρχίσει την κοπή καθορίζοντας και την κατεύθυνση αυτής.

Σημείωση

Η κοπή του τμήματος στήριξης γίνεται εφόσον το προς χρήση κομμάτι έχει δεθεί με κάποιο τρόπο (π.χ. μαγνήτες) επάνω στο υπόλοιπο τμήμα του υλικού κοπής. Έτσι, ανάμεσα στην εντολή του σχεδιασμού κατεργασίας και της κοπής του τμήματος στήριξης θα πρέπει να εισαχθεί κάποιος χρόνος αναμονής της μηχανής με εφαρμογή της εντολής **Αναμονή - Dwell (M-Κωδικοί menu – M-Functions)**.

4.2.11 Εφαρμογή των 2D κύκλων κατεργασιών

Δύο επιπλέον κατεργασίες που παρέχονται από το EdgeCAM, επιτρέπουν την πραγματοποίηση της ηλεκτροδιάβρωσης με σύρμα σε απλή 2D γεωμετρία EdgeCAM:

Κατεργασία ολικής αφαίρεσης υλικού - 2D Destruct

Κοπή 2D προφίλ - 2D Profile

Σημείωση

Οι εντολές αυτές εφαρμόζονται μόνο:

- Σε κανονική EdgeCAM γεωμετρία δύο διαστάσεων και όχι σε συρμάτινο πλέγμα.
- Με αρχεία γεννητριών κώδικα που περιέχουν τις 2D Destruct και 2D Profile μακροεντολές.

Αυτοί οι κύκλοι κατεργασιών δεν καθορίζουν αυτόματα την αρχική οπή της κατεργασίας. Παρακάτω θα δειχθεί πως παράγεται αυτή.

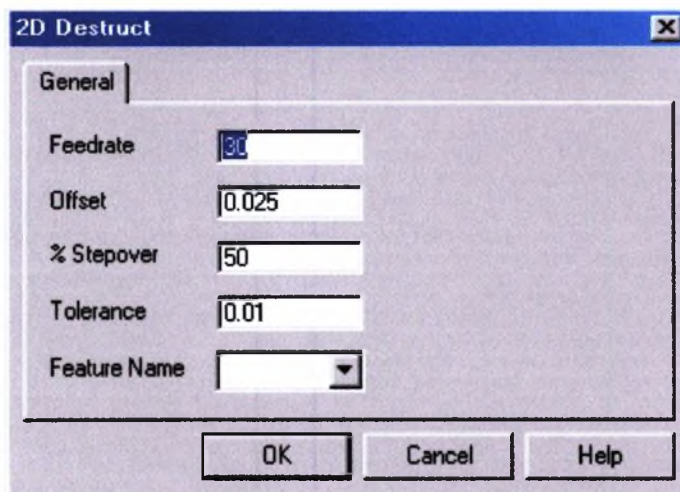
4.2.11.1 2D ολική αφαίρεση υλικού



2D Destruct

Η εντολή 2D Destruct (Cycle menu) αρχίζει μετακινώντας το σύρμα με ταχύτητα πρόωσης από την τρέχουσα θέση του προς το σημείο έναρξης της κατεργασίας. Εκτελεί έπειτα μια ομόκεντρη κατεργασία εκκαθάρισης της περιοχής από το κέντρο της προς στο όριο του επιλεγμένου κλειστού XY προφίλ. Μπορούν να κατεργαστούν πολύπλοκα 2D προφίλ χρησιμοποιώντας τη συγκεκριμένη μέθοδο.

Ο πίνακας επιλογής παραμέτρων είναι ο ακόλουθος:



Εικόνα Νο 4.63 : 2D ολική αφαίρεση υλικού – Πίνακας επιλογής παραμέτρων

Ταχύτητα πρόωσης - Feedrate

Καθορίζει την ταχύτητα πρόωσης (σε mm/min ή inch/min) με την οποία η εργαλειομηχανή κινεί το σύρμα στα XY / UV επίπεδα.

Διόρθωση τροχιάς - Offset

Προσθέτει κάποιο διάστημα (σε mm ή inch) στην απόσταση της πορείας του σύρματος από το προφίλ της κατεργασίας. Όταν δηλώνεται μηδέν, η πορεία θα καθορίζεται από την ακτίνα του σύρματος.

% Βήμα κοπής - % Steperover

Διευκρινίζει το ποσοστό της διαμέτρου του σύρματος που θα χρησιμοποιηθεί ως βήμα της κοπής. Από αυτό, το πρόγραμμα υπολογίζει την απόσταση που κινείται προς τα έξω σε κάθε διαδοχικό πέρασμα της κοπής. Πρέπει να δοθεί προσοχή στην επιλογή αυτή για την αποφυγή ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων, καθώς εάν υπάρχουν αιχμηρές εσωτερικές γωνίες, μόνο οι τιμές 50 (τοίς εκατό) ή λιγότεροι είναι ασφαλείς. Για κυκλικές τρύπες, μπορεί να χρησιμοποιηθούν τιμές μέχρι και 100 που είναι και το μέγιστο δυνατό.

Ανοχή - Tolerance

Διευκρινίζει την ανοχή παρεμβολής (σε mm ή inch) οποιωνδήποτε καμπυλών ορίζουν τα όρια του προφίλ.

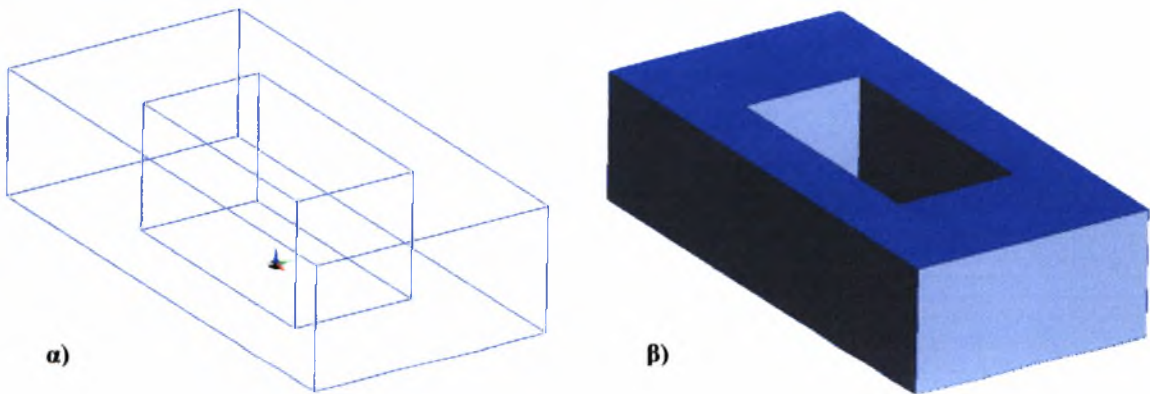
Όνομα κατεργασίας - Feature Name

Διευκρινίζει το όνομα που δίνεται στις οντότητες που επιλέγονται για την συγκεκριμένη κατεργασία.

Παράδειγμα εφαρμογής της εντολής 2D Destruct.

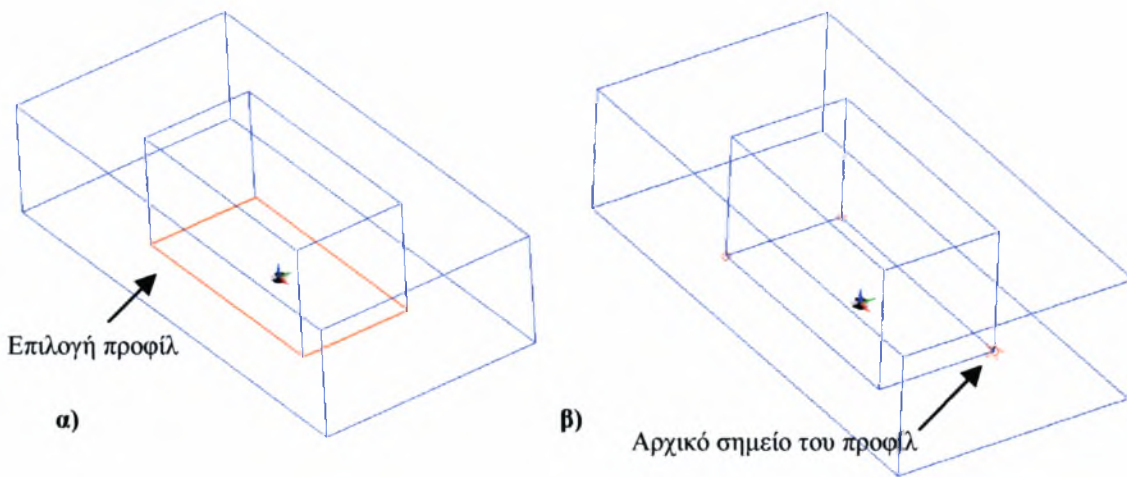
Τα βήματα που ακολουθούνται είναι:

- Σχεδιάζεται η τελική γεωμετρία και γίνεται μοντελοποίηση:



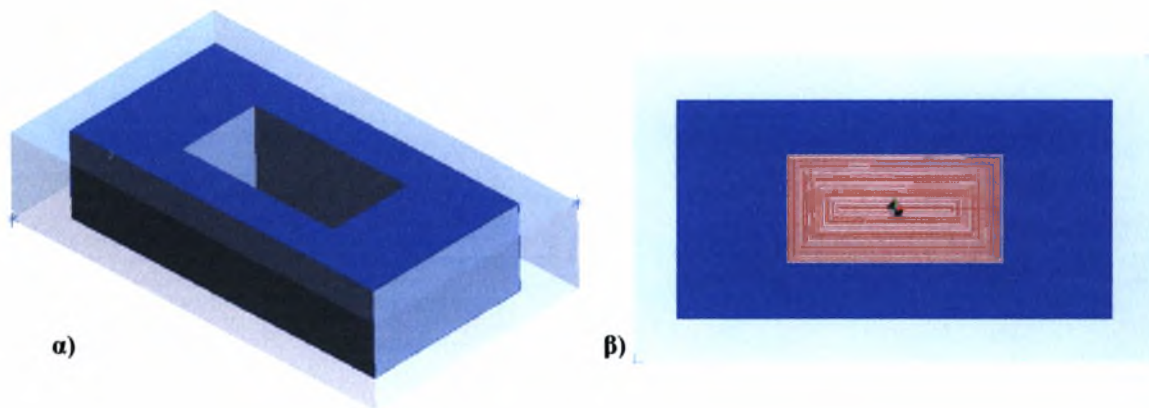
Εικόνα Νο 4.64 : Κατεργασία 2D Destruct : α) Σχεδιασμός γεωμετρίας, β) Μοντελοποίηση

- Εκτελώντας την εντολή 2D Destruct, γίνεται αρχικά η επιλογή του επιθυμητού προφίλ, που μπορεί να αποτελείται από γραμμές, τόξα, τεθλασμένες ή ομάδες αυτών και στη συνέχεια, επιλέγεται το αρχικό σημείο επάνω στο προφίλ. Για την επιλογή αυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εντολή **Εισαγωγή συντεταγμένων – Co-ordinate Input** – (γραμμή εργαλείων Input Options).



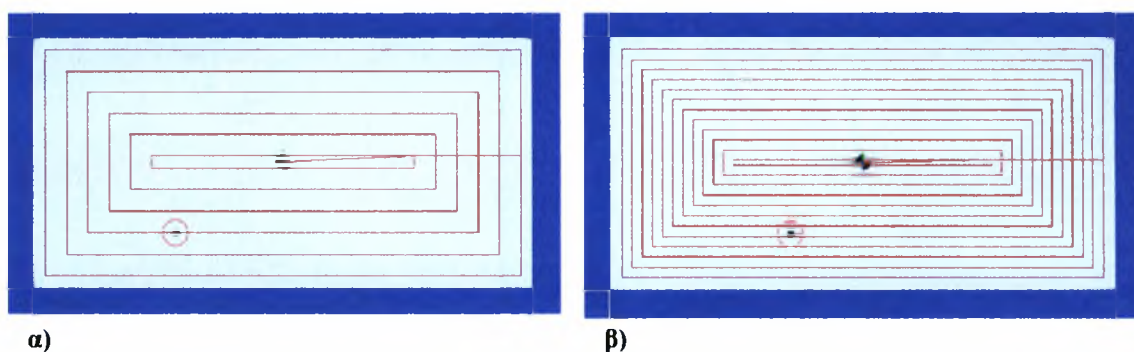
Εικόνα Νο 4.65 : Κατεργασία 2D Destruct : α) Επιλογή προφίλ, β) Επιλογή αρχικού σημείου

Έτσι δημιουργείται η διαδρομή του σύρματος. Κατασκευάζοντας τέλος το ακατέργαστο κομμάτι έχουμε:



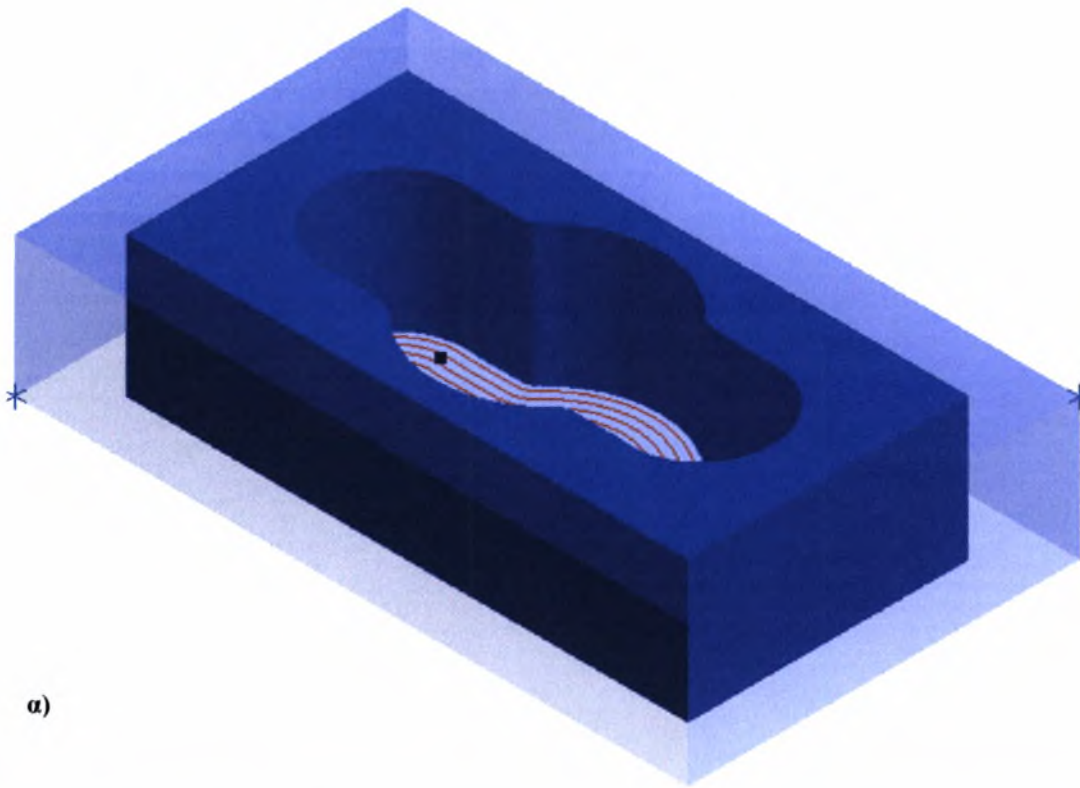
Εικόνα Νο 4.66 : Κατεργασία 2D Destruct –Τελικό μοντέλο προς κατεργασία: α) Προοπτικό, β) Κάτοψη

Η επίδραση της παραμέτρου % Stepover – % Βήμα κοπής φαίνεται μεγεθύνοντας τη διαδρομή του σύρματος:

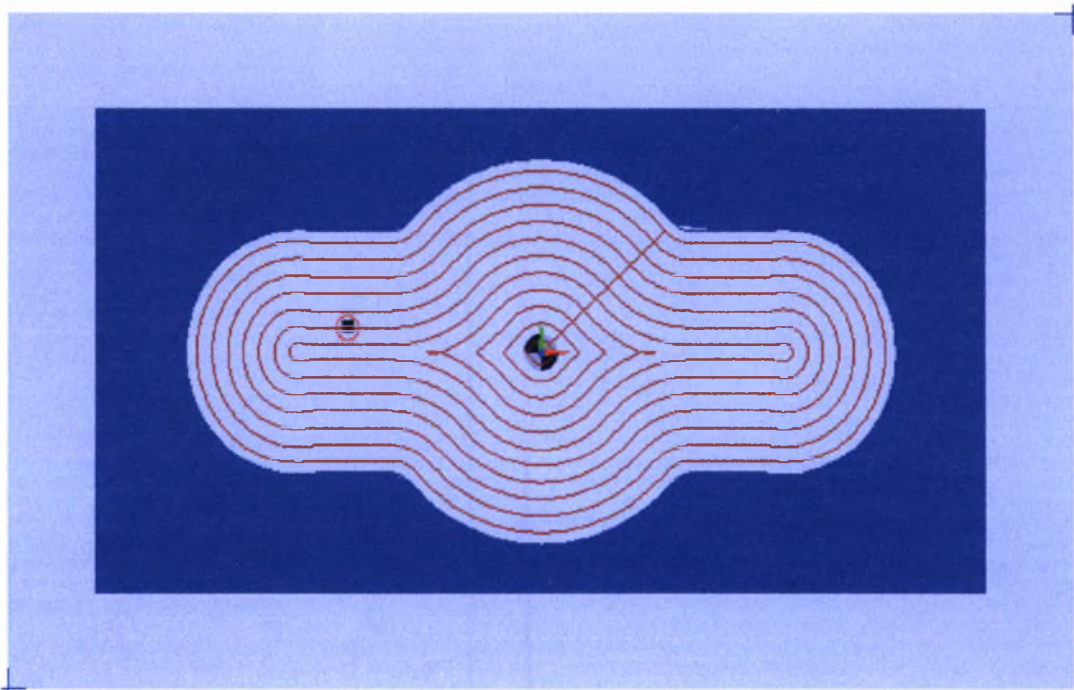


Εικόνα Νο 4.67 : Κατεργασία 2D Destruct – Διαδρομή σύρματος: α)Βήμα κοπής 90%, β)Βήμα κοπής 40%

Εφαρμόζοντας τα παραπάνω σε μία πιο πολύπλοκη γεωμετρία, έχουμε:



α)



β)

Εικόνα Νο 4.68 : Κατεργασία 2D Destruct – Εφαρμογή σε πολύπλοκη γεωμετρία: α) Προοπτικό
β) Κάτοψη

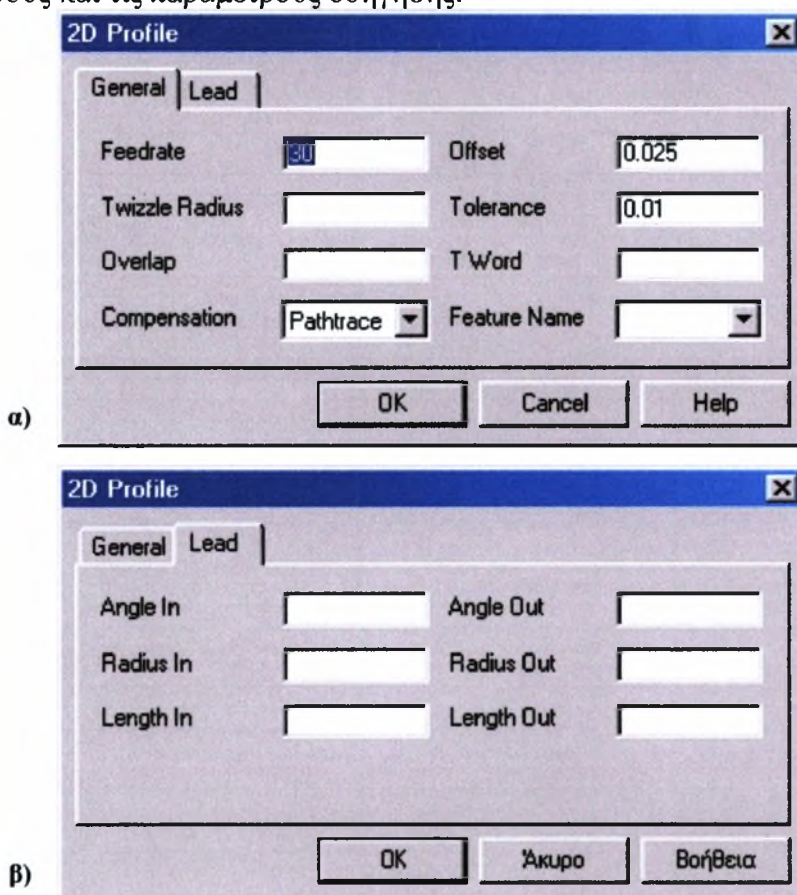
4.2.11.2 Κοπή 2D προφίλ (Πρισματική κατεργασία)



2D Profile

Η εντολή 2D Profile (Cycle menu) αρχίζει μετακινώντας το σύρμα με ταχύτητα πρόωσης από την τρέχουσα θέση του προς το σημείο έναρξης της κατεργασίας. Εκτελεί έπειτα ένα ενιαίο πέρασμα κατά μήκος του επιλεγμένου XY προφίλ, από αριστερά ή δεξιά αυτού. Μπορούν να κατεργαστούν πολύπλοκα 2D προφίλ χρησιμοποιώντας τη συγκεκριμένη μέθοδο.

Ο πίνακας παραμέτρων της κατεργασίας κοπής 2D προφίλ περιλαμβάνει τις γενικές παραμέτρους και τις παραμέτρους οδήγησης:



Εικόνα Νο 4.69 : 2D Κοπή προφίλ: α) Παράθυρο γενικών παραμέτρων β) Παράθυρο παραμέτρων οδήγησης

Οι γενικές παράμετροι **Ταχύτητα πρόωσης (Feedrate)**, **Διόρθωση τροχιάς (Offset)**, **Ακτίνα αναστροφής (Twizzle Radius)**, **Ανοχή (Tolerance)**, **Επικάλυψη (Overlap)**, **Συμψηφισμός (Compensation)** και **Όνομα κατεργασίας (Feature Name)** καθώς και οι παράμετροι οδήγησης **Γωνία Εισόδου / Εξόδου (Angle in/out)**, **Ακτίνα Εισόδου / Εξόδου (Radius in/out)**, **Μήκος Εισόδου / Εξόδου (Length in/out)** λειτουργούν όπως ακριβώς και στις προηγούμενες κατεργασίες.

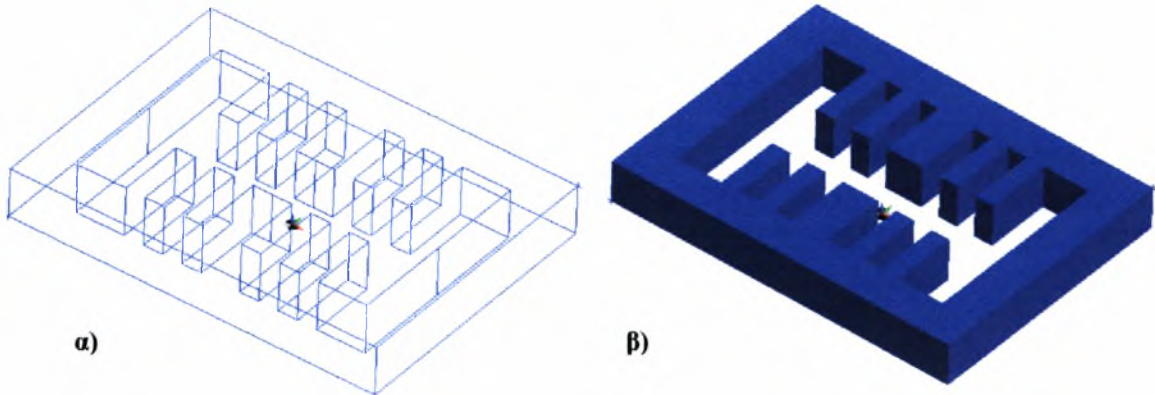
T Word

(Εξαρτάται από τη γεννήτρια κώδικα) Χρησιμοποιείται σε ορισμένες γεννήτριες κώδικα για να διευκρινίσει μια σταθερή συμπληρωματική γωνία για το σύρμα. Η συμπληρωματική αυτή γωνία δεν αντιπροσωπεύεται από το EdgeCAM γραφικά.

Παράδειγμα εφαρμογής της εντολής 2D Profile.

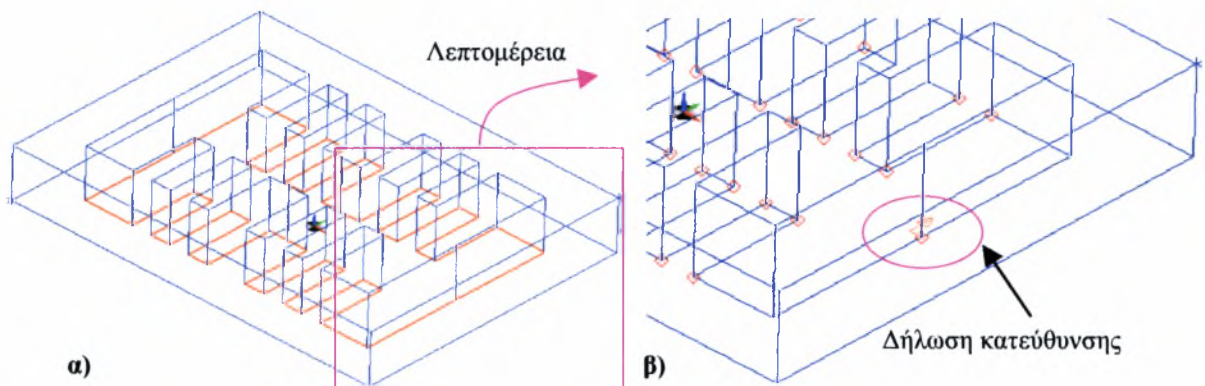
Τα βήματα που ακολουθούνται είναι:

- Σχεδιάζεται η τελική γεωμετρία και γίνεται μοντελοποίηση.



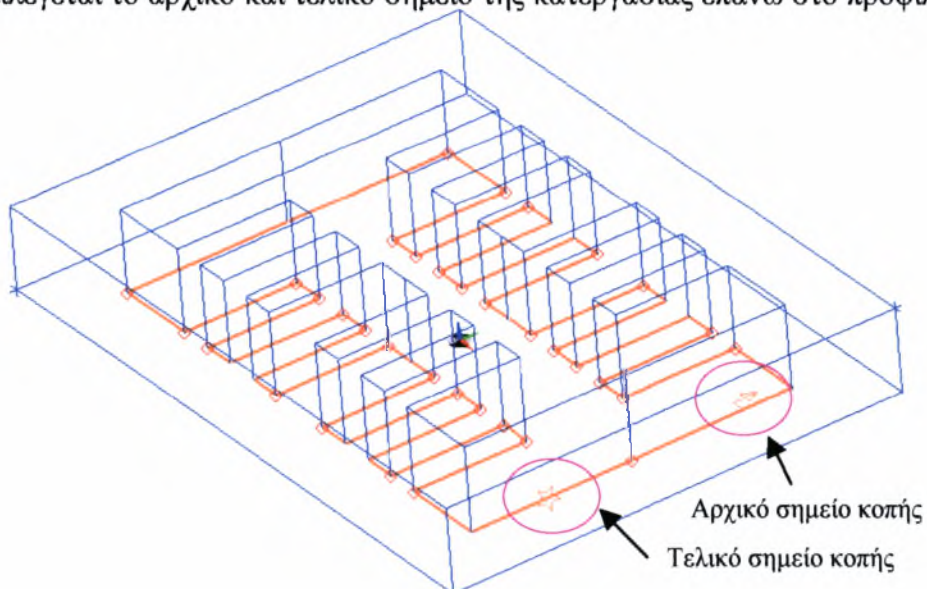
Εικόνα Νο 4.70 : Κατεργασία 2D Profile : α) Σχεδιασμός γεωμετρίας, β) Μοντελοποίηση

- Εκτελώντας την εντολή 2D Profile γίνεται αρχικά η επιλογή του επιθυμητού προφίλ, που μπορεί να αποτελείται από γραμμές, τόξα, τεθλασμένες ή ομάδες αυτών και στη συνέχεια καθορίζεται η κατεύθυνση του σύρματος.



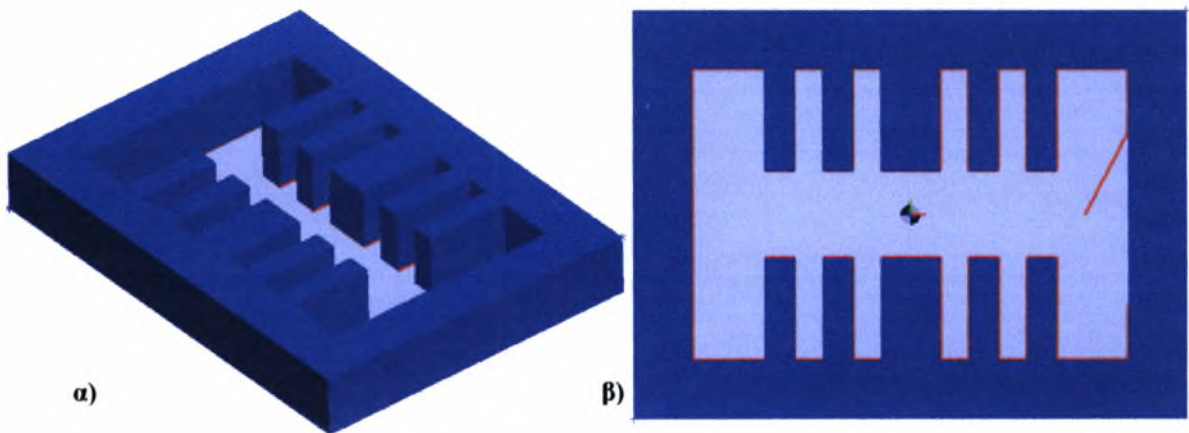
Εικόνα Νο 4.71 : Κατεργασία 2D Profile : α) Επιλογή προφίλ, β) Καθορισμός κατεύθυνσης

- Επιλέγεται το αρχικό και τελικό σημείο της κατεργασίας επάνω στο προφίλ.



Εικόνα Νο 4.72 : Κατεργασία 2D Profile – Δήλωση αρχικού και τελικού σημείου της κοπής

Έτσι δημιουργείται η διαδρομή του σύρματος. Κατασκευάζοντας τέλος το ακατέργαστο κομμάτι έχουμε:



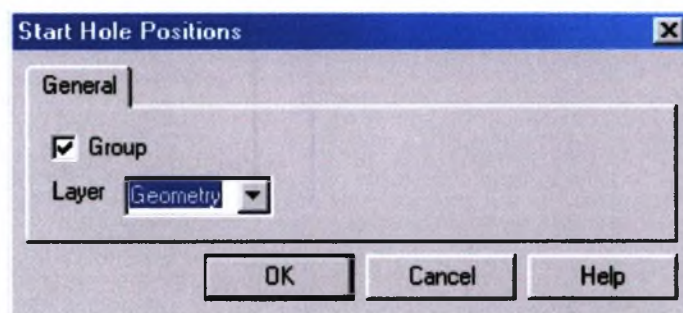
Εικόνα Νο 4.73 : Κατεργασία 2D Profile – Τελικό μοντέλο προς κατεργασία: α) Προοπτικό, β) Κάτοψη

4.2.11.3 Δημιουργία της αρχικής οπής

Οι εντολές 2D Destruct και 2D Profile δεν καθορίζουν αυτόματα την αρχική οπή της κατεργασίας. Η αρχική οπή ορίζεται στην κατάσταση σχεδίασης από την εντολή **Δημιουργία Αρχικής Οπής (Generate Start Hole Position - Geometry menu)**.

Επιλέγοντας τη διαδρομή του σύρματος το EdgeCAM παράγει οντότητες σημείων κατά μήκος της διαδρομής όπου υπάρχει αλλαγή στην ταχύτητα του σύρματος από τη μέγιστη ταχύτητα (Rapid) στην ταχύτητα πρόωσης (Feedrate). Οι οντότητες παράγονται στο τρέχον επίπεδο (Layer), χρώμα (Color) και στυλ (Style).

Ο πίνακας παραμέτρων είναι:



Εικόνα Νο 4.74 : Δημιουργία αρχικής οπής – Παράθυρο παραμέτρων

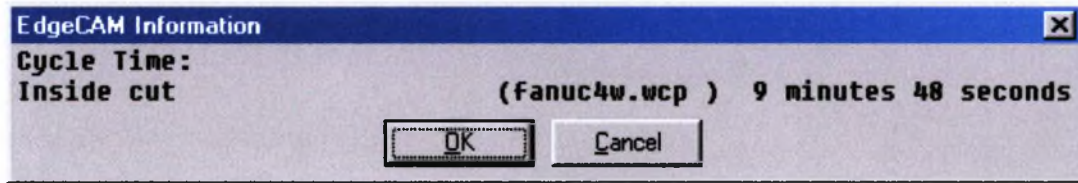
Ομάδα - Group

Ομαδοποιεί όλες τις οντότητες σημείων που δημιουργούνται από την εντολή σε μια οντότητα. Αλλιώς, δημιουργούνται μεμονωμένες οντότητες σημείων.

4.2.12 Έλεγχος του χρόνου κατεργασίας

Το EdgeCAM έχει τη δυνατότητα υπολογισμού του συνολικού χρόνου κατεργασίας μιας ακολουθίας με την εντολή **Χρόνος κύκλου - Cycle Time (Επαλήθευση - Verify menu)**.

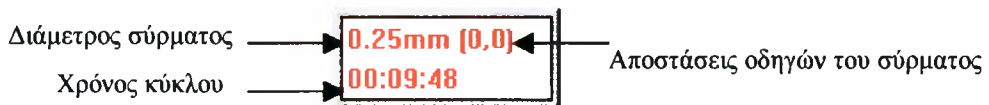
Ο χρόνος κατεργασίας παρουσιάζεται στο ακόλουθο παράθυρο:



Εικόνα Νο 4.75 : Πληροφορίες φασειολογίου και χρόνου κατεργασίας

Στο παράθυρο αναφέρεται το όνομα της ακολουθίας, ο επεξεργαστής κώδικα που χρησιμοποιείται και ο συνολικός χρόνος κατεργασίας.

Ακόμα, πληροφορίες για το κομμάτι παρέχονται άμεσα ενεργοποιώντας την επιλογή **Part Information (View menu – Status Bars)** με την οποία ανοίγει ένα ενεργό παράθυρο πληροφοριών:



Παρέχονται πληροφορίες για τη διάμετρο του σύρματος και τις αποστάσεις των οδηγών του σύρματος (οι τιμές στις παρενθέσεις) και ο συνολικός χρόνος κατεργασίας της τρέχουσας ακολουθίας.

Ο χρόνος μιας κατεργασίας υπολογίζεται διαιρώντας τη συνολική απόσταση που διαγράφει το σύρμα, με την ταχύτητα με την οποία κινείται το σύρμα κατά την κοπή (ταχύτητα πρόωσης). Στον χρόνο αυτόν προστίθεται μια καθυστέρηση δέκα δευτερολέπτων (καθυστέρηση εκκίνησης του σύρματος):

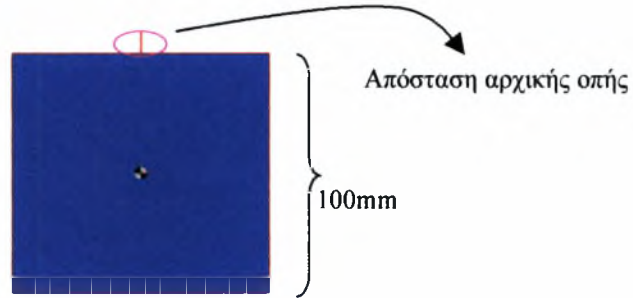
$$T_{total} = S_{total} / F + 10sec$$

Όπου T_{total} (σε sec) είναι ο συνολικός χρόνος κατεργασίας, S_{total} (σε mm ή inch) είναι η συνολική απόσταση που διαγράφει το σύρμα με την ταχύτητα πρόωσης (διαδρομή σύρματος) και F (σε mm/min ή inch/min) είναι η ταχύτητα πρόωσης (Feedrate).

Ο έλεγχος του κατά πόσο το EdgeCAM ακολουθεί τον συγκεκριμένο τύπο για τον υπολογισμό του χρόνου κατεργασίας, μπορεί να γίνει πειραματικά σε κάποια απλά μοντέλα δίνοντας διαφορετικές τιμές πρόωσης.

4.2.12.1 Πειραματικός έλεγχος υπολογισμού χρόνου κατεργασίας σε τετράγωνο

Τετράγωνο πλευράς 100mm.
Η απόσταση της αρχικής οπής από το προφίλ είναι 10mm.



Το τετράγωνο έχει πλευρά 100mm άρα η περιμέτρος του είναι 400mm. Για τη συνολική απόσταση που διαγράφει το σύρμα με την ταχύτητα πρόωσης από την θέση της αρχικής οπής μέχρι την ολοκλήρωση της κατεργασίας (επιστροφή στο αρχικό σημείο επάνω στο προφίλ) πρέπει να ληφθεί υπόψη και η ακτίνα του σύρματος, καθώς λαμβάνεται σαν Offset για την δημιουργία της διαδρομής. Έτσι, για σύρμα διαμέτρου 0.25mm κάθε πλευρά της διαδρομής (που αποτελεί και αυτή ένα τετράγωνο) είναι 100.25mm. Ακόμα, η απόσταση που διαγράφει το σύρμα από την αρχική οπή μέχρι το προφίλ του κομματιού μειώνεται κατά 0.125mm. Άρα, το συνολικό μήκος της διαδρομής του σύρματος είναι 410.875mm.

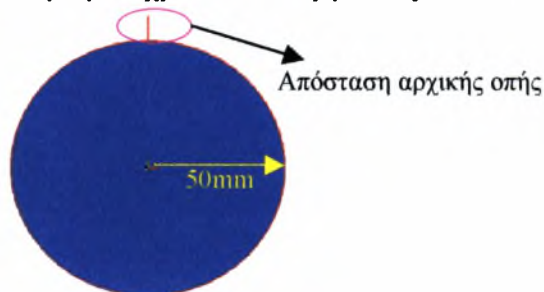
Για διάφορες τιμές της ταχύτητας πρόωσης ο συνολικός χρόνος κατεργασίας που δίνει το EdgeCAM αλλά και ο χρόνος που προκύπτει από τον παραπάνω τύπο είναι:

Feedrate (mm/min)	Χρόνος EdgeCAM (sec)	Χρόνος από τύπο (sec)
500	59	59.305
400	72	71.631
300	92	92.175
200	133	133.263
100	257	256.525
70	362	362.179
40	626	626.313
20	1243	1242.625
10	2475	2475.25
5	4941	4940.5

Παρατηρείται ότι με την κατάλληλη στρογγυλοποίηση των χρόνων που δίνει ο τύπος, τα αποτελέσματα είναι τα ίδια με τις τιμές που δίνει το πρόγραμμα.

4.2.12.2 Πειραματικός έλεγχος υπολογισμού χρόνου κατεργασίας σε κύκλο

Κύκλος ακτίνας 50mm.
Η απόσταση της αρχικής οπής από το προφίλ είναι 10mm.



Ομοίως, υπολογίζεται η συνολική απόσταση που διαγράφει το σύρμα για ακτίνα του κύκλου ίση με 50mm, για διαμέτρου σύρματος 0.25mm και τελική απόσταση που διαγράφει από την αρχική οπή 9.875mm. Άρα το συνολικό μήκος της διαδρομής του σύρματος είναι περίπου 324.66mm.

Ο ανάλογος πίνακας ελέγχου του χρόνου κατεργασίας είναι:

Feedrate (mm/min)	Χρόνος EdgeCAM (sec)	Χρόνος από τύπο (sec)
500	49	48.959
400	59	58.699
300	75	74.932
200	107	107.398
150	140	139.864
100	205	204.796
80	254	253.495
40	497	496.99
10	1959	1957.96
5	3908	3905.92

Τα αποτελέσματα οδηγούν σε παρόμοια συμπεράσματα με το προηγούμενο παράδειγμα.

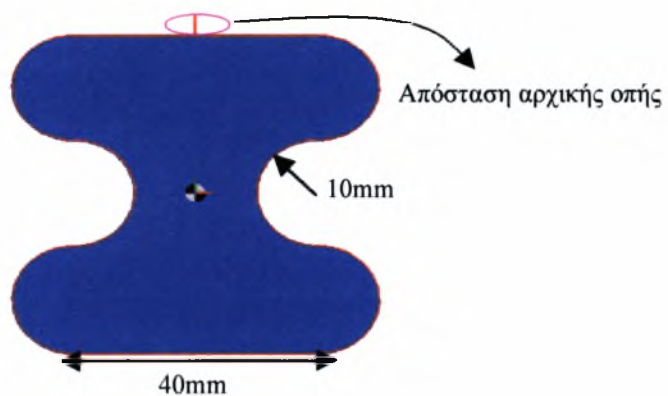
Σημείωση

Για τις τιμές πρόωσης 5mm/min και 10mm/min παρατηρείται μια απόκλιση από τις τιμές που δίνει ο τύπος. Στην πραγματικότητα, οι τιμές που δίνει το πρόγραμμα είναι σωστές καθώς αν υπολογιστεί η περίμετρος του κύκλου της διαδρομής με μεγαλύτερη ακρίβεια (περίμετρος = $2\pi R$ με $\pi = 3.1415926535897932\dots$) τότε το συνολικό μήκος της διαδρομής που προκύπτει είναι περίπου 324.8196635mm. Υπολογίζοντας για το συγκεκριμένο μήκος τον χρόνο κατεργασίας από τον τύπο έχουμε για $F = 10\text{mm/min} \rightarrow 1958.918\text{sec}$ και για $F = 5\text{mm/min} \rightarrow 3907,836\text{sec}$ δηλαδή οι τιμές είναι ίδιες με αυτές που δίνει το πρόγραμμα.

Το συμπέρασμα είναι ότι το EdgeCAM υπολογίζει το χρόνο κατεργασίας με μεγάλη ακρίβεια.

4.2.12.3 Επαλήθευση χρόνου κατεργασίας σε πολύπλοκο προφίλ

Ευθείες πλευρές μήκους 40mm.
Ημικύκλια ακτίνας 10mm.
Η απόσταση της αρχικής οπής από το προφίλ είναι 5mm.



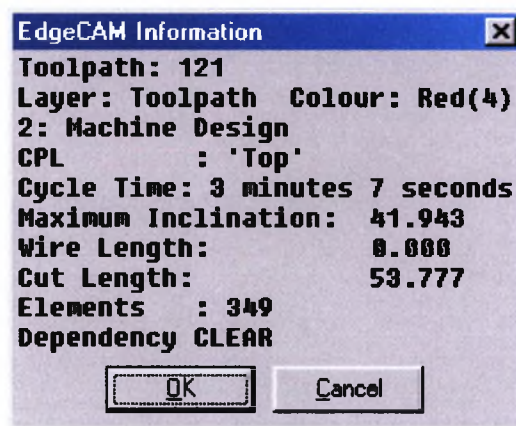
Η συνολική απόσταση της διαδρομής του σύρματος είναι περίπου 274.156mm και τα αποτελέσματα υπολογισμού του χρόνου κατεργασίας είναι τα ακόλουθα:

Feedrate (mm/min)	Χρόνος EdgeCAM (sec)	Χρόνος από τύπο (sec)
500	43	42.899
300	65	64.831
100	174	174.493
50	339	338.987
30	558	558.312
10	1655	1654.936
5	3299	3299.872

Οι τιμές έχουν ελάχιστες αποκλίσεις και το σφάλμα είναι πιθανόν του τύπου λόγω της στρογγυλοποίησης του μήκους της διαδρομής που υπολογίστηκε.

4.2.13 Επαλήθευση της διαδρομής του σύρματος

Χρησιμοποιώντας την εντολή **Entity – Οντότητα (Verify menu – Επαλήθευση)** και επιλέγοντας στη συνέχεια την διαδρομή του σύρματος προβάλλονται οι ακόλουθες πληροφορίες:



Εικόνα Νο 4.76 : Πληροφορίες διαδρομής σύρματος

Μέγιστη κλίση - Maximum Inclination

Η μέγιστη γωνία κλίσης που παραλαμβάνει το σύρμα σε κατεργασία 4 αξόνων.

Μήκος σύρματος - Wire Length

Το συνολικό μήκος του σύρματος μεταξύ των δύο οδηγών. Οι παράμετροι των άνω και κάτω οδηγών του σύρματος κατά την επιλογή αυτού στην εντολή **Select Wire** καθορίζουν το μήκος αυτό. Εάν αυτοί δεν έχουν δηλωθεί, το αναφερόμενο μήκος του σύρματος θα είναι μηδέν (όπως στο ανωτέρω παράδειγμα).

Μήκος κοπής - Cut Length

Το μέγιστο μήκος (ή ύψος) επαφής του σύρματος με το κομμάτι καθώς κινείται κατά μήκος του toolpath.

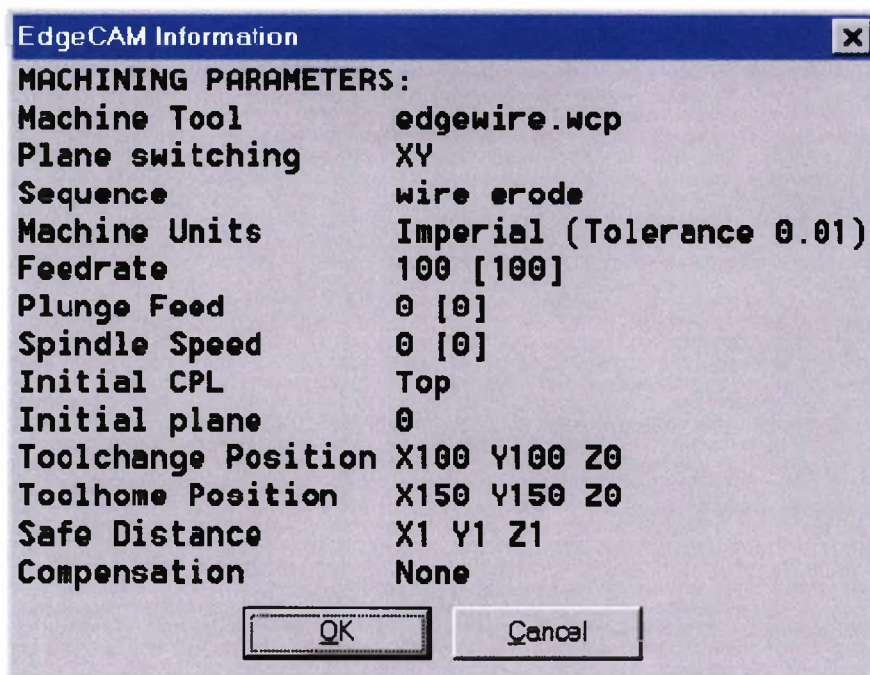
Σημείωση

- i) Ο χρόνος κατεργασίας στις συγκεκριμένες πληροφορίες, αποτελεί τον καθαρό χρόνο κοπής, δηλαδή δεν περιέχει την καθυστέρηση του εργαλείου (10sec).
- ii) Οι πληροφορίες της διαδρομής του σύρματος παρέχονται μόνο μέσα στο περιβάλλον κατεργασίας και όχι στο περιβάλλον σχεδίασης.

4.2.14 Επαλήθευση των παραμέτρων κατεργασίας

Χρησιμοποιώντας την εντολή **Παράμετροι κατεργασίας - Machine Parameters (Επαλήθευση - Verify menu)** προβάλλονται οι τρέχουσες επιλογές για το φασεολόγιο της κατεργασίας.

Το παράθυρο που εμφανίζεται είναι παρόμοιο με το ακόλουθο:



Εικόνα Νο 4.77 : Πληροφορίες Παραμέτρων κατεργασίας

Τα στοιχεία που εμφανίζονται εξαρτώνται από την γεννήτρια κώδικα.

4.2.15 Παραγωγή του κώδικα CNC

Για την παραγωγή του κώδικα CNC από τις πληροφορίες του φασειολογίου πρέπει να χρησιμοποιηθεί η γεννήτρια κώδικα.

Η γεννήτρια κώδικα, μετατρέπει τα στοιχεία της διαδρομής του σύρματος, που παράγονται μέσω του φασειολογίου στο EdgeCAM, σε αρχεία που περιέχουν κώδικα CNC.

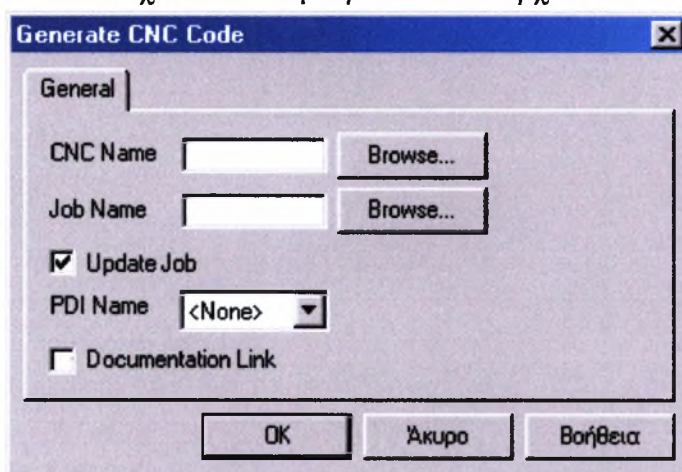
4.2.15.1 Παραγωγή του κώδικα CNC από το φασειολόγιο κατεργασίας



Generate code

Η παραγωγή του κώδικα CNC πραγματοποιείται επιλέγοντας την εντολή **Δημιουργία κώδικα (Generate Code - File menu)** ή επιλέγοντας το αντίστοιχο εικονίδιο.

Στη συνέχεια πρέπει να εισαχθεί ένα όνομα για το CNC αρχείο που θα δημιουργηθεί:



Εικόνα Νο 4.78 : Δημιουργία κώδικα CNC – Παράθυρο παραμέτρων

Όνομα κώδικα CNC - CNC Name

Δηλώνεται ο κατάλογος αποθήκευσης και το όνομα που πρόκειται να έχει το αρχείο του παραγόμενου κώδικα ή επιλέγεται ένα υπάρχον.

Όνομα εργασίας - Job Name

Δηλώνεται το όνομα του αρχείου εργασίας ή επιλέγεται ένα υπάρχον από τον κατάλογο αυτών.

Ενημέρωση εργασίας - Update Job

Επιτρέπει την ενημέρωση του κώδικα CNC των αλλαγών εργαλείων από το αρχείο εργασίας.

Σύνδεση με αρχείο κειμένου - Documentation Link

Επιτρέπει την ανταλλαγή στοιχείων της τεκμηρίωσης του EdgeCAM.

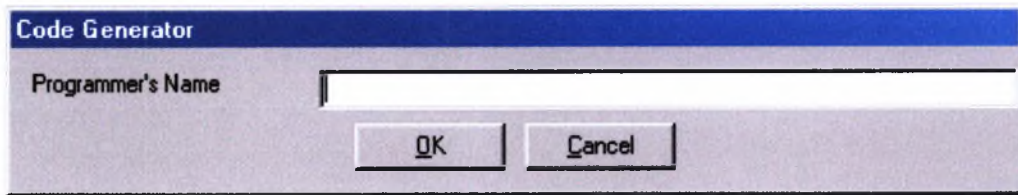
Όνομα μακροεντολής - PDI Name

Εκτελεί την επιλεγμένη μακροεντολή PDI προτού αρχίσει η παραγωγή του κώδικα CNC. Η συγκεκριμένη δυνατότητα παρέχεται για τους χρήστες που έχουν γράψει εντολές PDI και θέλουν να τα εκτελέσουν πριν από την παραγωγή του κώδικα CNC.

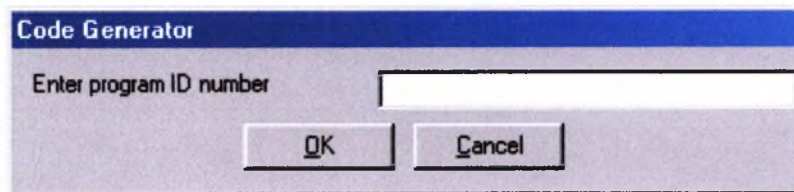
Επιλέγοντας τις κατάλληλες παραμέτρους, η γεννήτρια κώδικα προχωρεί στη δημιουργία του κώδικα.

Εάν η γεννήτρια κώδικα έχει διαμορφωθεί ώστε να ζητήσει την εισαγωγή στοιχείων πριν παράγει τον κώδικα CNC, εμφανίζεται ένα πλαίσιο διαλόγου για κάθε επιλογή.

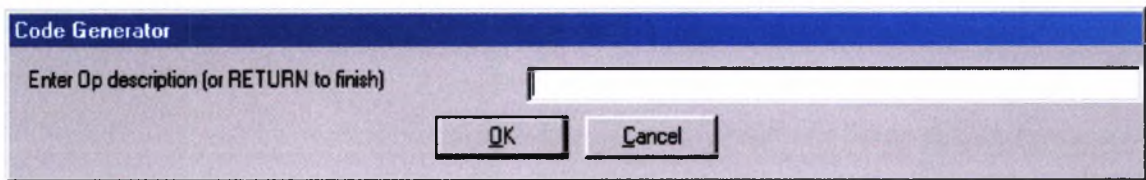
Π.χ. Εισαγωγή ονόματος του προγραμματιστή του κώδικα



Π.χ. Εισαγωγή αριθμό μητρώου του κώδικα



Π.χ. Εισαγωγή περιγραφής της κατεργασίας

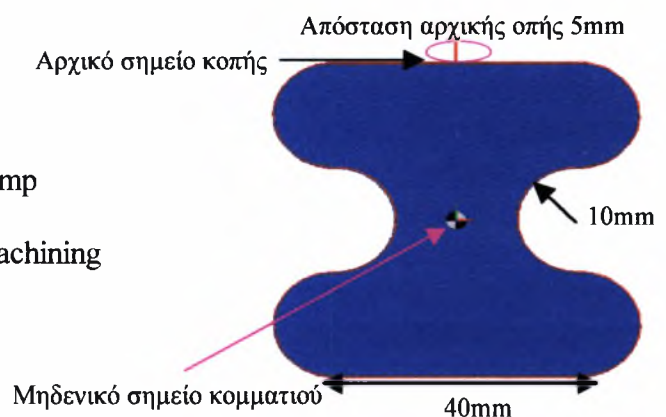


Αφού εισαχθούν αυτές οι πληροφορίες, η γεννήτρια κώδικα παράγει τον κώδικα CNC για την ενεργό ακολουθία κατεργασίας.

Εφαρμόζοντας τα παραπάνω στο επόμενο μοντέλο διεξάγεται ο κώδικας της κατεργασίας αυτού:

Καθορίζονται:

Όνομα για το CNC αρχείο	examkamp
Όνομα του προγραμματιστή	Giannis
Περιγραφή της κατεργασίας	Wire Machining



Δημιουργείται το αρχείο examkamp.nc που έχει τον παρακάτω κώδικα:

```
%  
:5555(WIRE MACHINING)  
N10 G21 G90 G40  
N20 M54 (THREAD WIRE)  
N30 G01 X0.0 Y30.0 T0.0 G52 D00 F50  
N40 X-20.0  
N50 G03 X-20.0 Y10.0 R-10.0 G50  
N60 G02 X-20.0 Y-10.0 R-10.0  
N70 G03 X-20.0 Y-30.0 R-10.0  
N80 G01 X20.0 G52  
N90 G03 X20.0 Y-10.0 R-10.0 G50  
N100 G02 X20.0 Y10.0 R-10.0  
N110 G03 X20.0 Y30.0 R-10.0  
N120 G01 X0.0 G52  
N130 M30  
%
```

Ο κώδικας, παράγεται εδώ χωρίς αντιστάθμιση ακτίνας για τον εύκολο έλεγχο του με βάση τις διαστάσεις του σχήματος.

Ακόμα δημιουργείτε το αρχείο examkamp-Setup.nc το οποίο περιέχει διάφορες πληροφορίες του παραπάνω κώδικα και του κομματιού στο οποίο αναφέρεται:

```
* Code Generated for the Standard Fanuc Wire ISO G code  
* Part Name : cycletimekamp  
* Sequence :  
* Date : 08/31/01 Time : 01:50:36  
* Programed By GIANNIS
```

5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ EDGECAM

Ως εφαρμογές του EdgeCAM, παρατίθενται δυο ολοκληρωμένα κατασκευαστικά μοντέλα. Το πρώτο αποτελεί την κατασκευή μήτρας προφίλ αλουμινίου και το δεύτερο ενός εργαλείου βύθισης με ηλεκτροδιάβρωση.

5.1 ΜΗΤΡΑ ΠΡΟΦΙΛ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

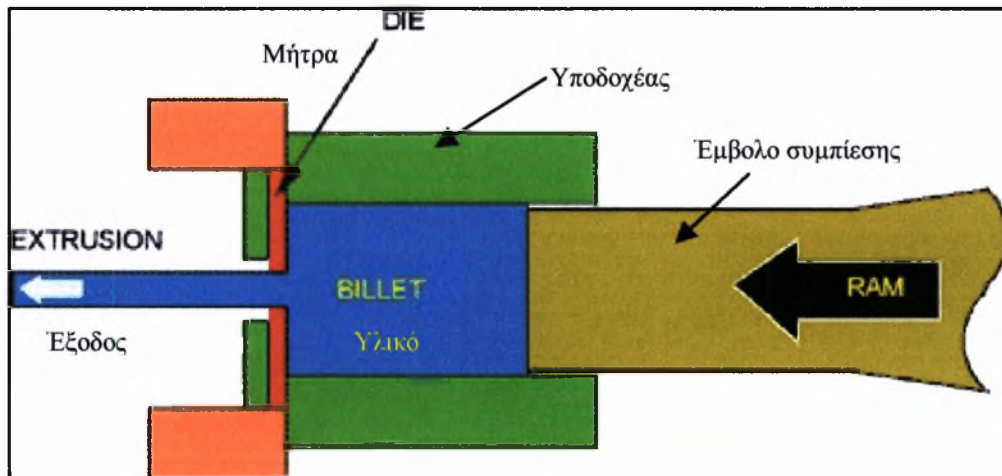
5.1.1 Περιγραφή του κομματιού

Το κομμάτι αποτελεί μια μήτρα μορφοποίησης αλουμινίου για την παραγωγή προφίλ αλουμινίου με την μέθοδο της διέλασης.

Η διέλαση αποτελεί μια τεχνολογία διαμορφώσεως¹ που ανήκει στον ευρύτερο κλάδο της διαμόρφωσης με πίεση. Στη διέλαση με πίεση, το υλικό που θα υποστεί τη διαμόρφωση πιέζεται μέσα από μια μήτρα, η οποία έχει το επιθυμητό εξωτερικό σχήμα. Ταυτόχρονα επέρχεται και ελάττωση της διατομής ή της διαμέτρου του.

Στη διέλαση με πίεση των μετάλλων, το αρχικό υλικό τοποθετείται στον υποδοχέα, υπό μορφή ράβδων κοίλων ή συμπαγών. Ένα έμβολο πιέζει το υλικό και το υποχρεώνει να περάσει από τη μήτρα, η οποία φέρει το κατάλληλο άνοιγμα.

Στην συγκεκριμένη τεχνολογία, η μήτρα αποτελεί το εργαλείο διαμορφώσεως και από την κατάλληλη διαμόρφωσή της εξαρτάται και η διάρκεια ζωής της.



Εικόνα Νο 5.1 : Σχηματική παράσταση πρέσας διέλασης

Οι ταχείες αλλαγές θερμοκρασίας, οι μεγάλες θλιπτικές δυνάμεις και οι μεγάλες δυνάμεις τριβής απαιτούν πέρα από την κατάλληλη διαμόρφωση και ανάλογες ιδιότητες από το υλικό της μήτρας. Για τον λόγο αυτόν χρησιμοποιούνται θερμικά κατεργασμένοι χάλυβες οι οποίοι έχουν προσμίξεις από Βολφράμιο, Κοβάλτιο, Χρώμιο, Νικέλιο, Βανάδιο, Μολυβδαίνιο κ.τ.λ. γεγονός που καθιστά την κατασκευή της μήτρας μια πολύ δύσκολη κατεργασία.


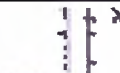








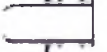



¹ Με τον όρο διαμόρφωση εννοείται κατά DIN 8580 κατασκευή με πλαστική μεταβολή του σχήματος ενός στερεού σώματος.

Η ανάπτυξη της ηλεκτροδιάβρωσης έδωσε τη δυνατότητα χρησιμοποίησης περισσότερων σκληρομετάλλων ως υλικά κατασκευής μήτρας προφίλ αλουμινίου.

Στη συνέχεια, θα κατασκευαστεί μια συγκεκριμένη μήτρα προφίλ αλουμινίου με την μέθοδο της ηλεκτροδιάβρωσης με σύρμα που παρέχει το EdgeCAM, παρουσιάζοντας συγχρόνως την πρακτική εφαρμογή του προγράμματος στην παραγωγή.

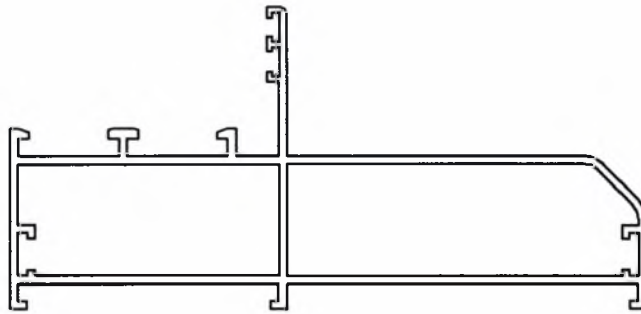
Η μήτρα που πρόκειται να κατασκευαστεί αποτελεί το εργαλείο διαμορφώσεως ενός προφίλ αλουμινίου μέρος συστήματος κουφώματος, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πορτοπαράθυρα, κινητά και σταθερά χωρίσματα και ειδικές κατασκευές.

Ένα σύστημα κουφώματος μπορεί να αποτελείται από τα προφίλ αλουμινίου του πίνακα:

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΣΧΗΜΑ	ΜΗΚΟΣ	gr/m	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
TV5 301		6	910	Κάσα με αρμοκάλυπτρο για κουρμπανιστά κουφώματα
TV5 302		6	1.237	Κάσα με αρμοκάλυπτρο για κουρμπανιστά κουφώματα
TV5 303		6	951	Μπόι πατζουριού, παραθύρου για κουρμπανιστά κουφώματα
TV5 315		6	302	Πηχάκι διπλού κρυστάλλου
TV5 343		6	765	Χώρισμα πομπέ (καίτι)
TV5 354		6	1.111	Μπινι διφύλλων
TV5 415		6	291	Πηχάκι τζαμιού
TV5 441		6	278	Πηχάκι τζαμιού
TV5 516		6	1.411	Κάσα βιτρινών & θυρών
TV5 517		6	1.439	Κάσα βιτρινών & θυρών
TV5 518		6	1.658	Κολώνα-Τραβέρσα βιτρινών & κουφωμάτων
TV5 527		6	1.830	Κάσα θυρών & βιτρινών
TV5 531		6	1.748	Κάσα θυρών & βιτρινών
TV5 535		6	1.458	Κολώνα-Τραβέρσα βιτρινών & κουφωμάτων

Εικόνα Νο 5.2 : Προφίλ αλουμινίου συστήματος κουφώματος

Το προφίλ αλουμινίου αλλά ταυτόχρονα και η γεωμετρία της μήτρας που θα κατασκευαστεί αναλυτικά με τη χρήση του EdgeCAM, έχει την παρακάτω μορφή:



Εικόνα Νο 5.3 : Προφίλ αλουμινίου ή μορφή της μήτρας

5.1.2 Κατασκευαστικό σχέδιο

Έχοντας τις ακριβείς διαστάσεις της μήτρας, μπορεί να σχεδιαστεί με κάθε λεπτομέρεια και ακρίβεια το κατασκευαστικό σχέδιο αυτής. Για τον σχεδιασμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί το περιβάλλον σχεδίασης του EdgeCAM αλλά και οποιοδήποτε άλλο σχεδιαστικό πρόγραμμα είναι συμβατό με αυτό ώστε να επιτρέπεται στη συνέχεια να διαβαστεί και επεξεργαστεί από το EdgeCAM. Ένα από αυτά είναι το γνωστό σε όλους AutoCAD, το οποίο χρησιμοποιείται για την σχεδίαση της συγκεκριμένης μήτρας, ώστε να δειχθεί η συμβατότητα και η πλήρης υποστήριξη αυτής της τυποποίησης αρχείων.

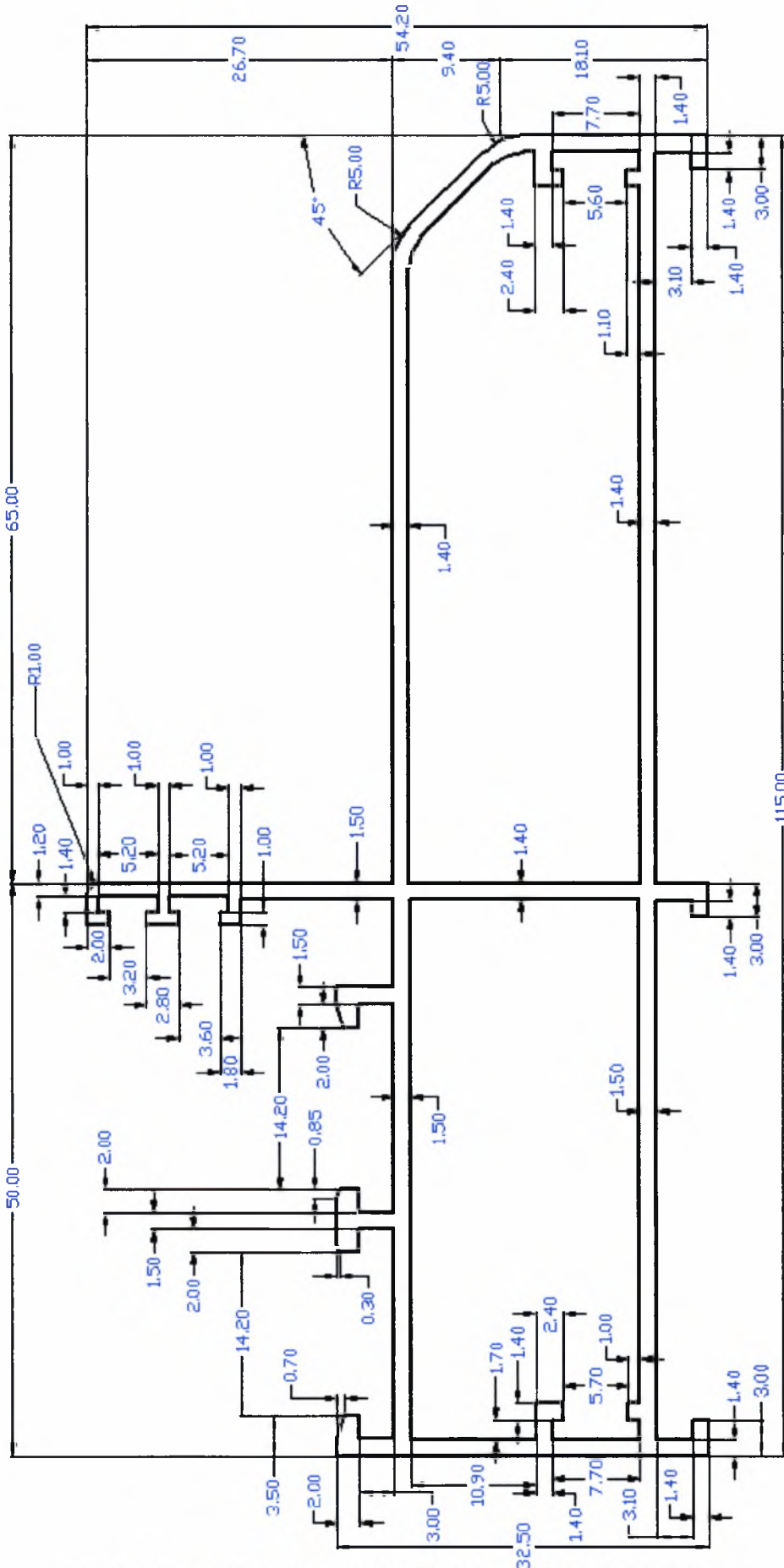
5.1.3 Σχεδίαση στο AutoCAD

Η μήτρα σχεδιάζεται επακριβώς μέσω του AutoCAD και στη συνέχεια διαστασιολογείται. Το κατασκευαστικό σχέδιο αποτελείται μόνο από την τομή της μήτρας καθώς στοιχεία για το ακριβές πάχος της δεν υπάρχουν αλλά δεν είναι και απαραίτητα για την παρούσα εργασία. Σκοπός της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση της κατεργασίας της μήτρας με ηλεκτροδιάβρωση σύρματος και να παραχθεί ο κώδικας CNC. Η κατεργασία όμως αυτή είναι δισδιάστατη και επομένως, ο κώδικας CNC θα είναι ο ίδιος για κάθε πιθανό πάχος της μήτρας.

Λόγω των μεγάλων πιέσεων και των αντίξοων γενικότερα συνθηκών τις οποίες θα αντιμετωπίσει το κομμάτι της μήτρας κατά την κατεργασία της διέλασης, επιλέγεται να εφαρμοστεί σε κάθε ορθή γωνία (εσωτερική και εξωτερική) της γεωμετρίας της μήτρας τομή ακτίνας 0.15mm (Radius).

Λόγω της πολύ μικρής ακτίνας, πιθανόν στο σχήμα να μη γίνεται αντιληπτό. Η εφαρμογή αυτής θα διακρίνεται προφανώς στον κώδικα CNC.

Η εισαγωγή των διαστάσεων καλό είναι να γίνεται σε διαφορετικό επίπεδο σχεδίασης ώστε κατά την εισαγωγή του στο EdgeCAM να μπορεί να γίνει ο διαχωρισμός τους από την κυρίως γεωμετρία.

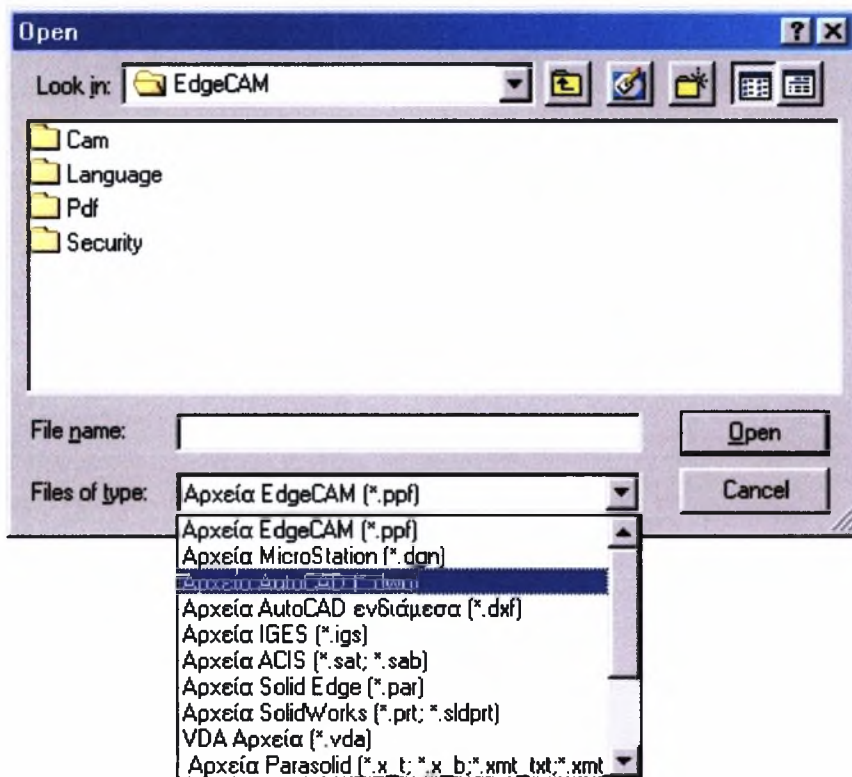


Εικόνα Νο 5.4 : Κατασκευαστικό σχέδιο μήτρας αλουμινίου (σε mm)

Εικόνα Νο 5.4 : Κατασκευαστικό σχέδιο μήτρας αλουμινίου (σε mm)

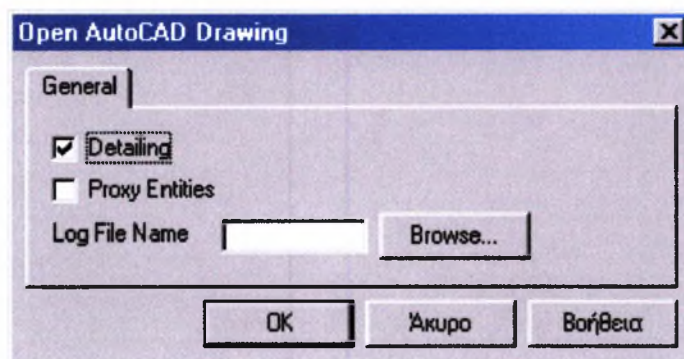
5.1.4 Εισαγωγή σχεδίου από AutoCAD

Το σχέδιο που έχει δημιουργηθεί σε περιβάλλον AutoCAD μπορεί εύκολα να διαβαστεί από το EdgeCAM όπως ακριβώς ένα σχέδιο δικής του προέλευσης. Τα αρχεία του EdgeCAM έχουν κατάληξη .ppf και τα αρχεία του AutoCAD .dwg και .dxf. Στο περιβάλλον σχεδίασης του EdgeCAM και από το μενού **Αρχείο – File** επιλέγεται **Άνοιγμα – Open** και στη συνέχεια επιλέγεται ο κατάλογος στον οποίο είναι αποθηκευμένο το σχέδιο του AutoCAD καθώς και ο κατάλληλος τύπος αρχείου (File of type).



Εικόνα Νο 5.5 : Εισαγωγή AutoCAD αρχείου

Κατά την εισαγωγή του AutoCAD αρχείου παρουσιάζεται ένα παράθυρο επιλογών που επιδεικνύει τις ακόλουθες παραμέτρους:



Εικόνα Νο 5.6 : Παράμετροι εισαγωγής AutoCAD αρχείου

Λεπτομέρειες - Detailing

Συμπεριλαμβάνονται ότι πληροφορίες έχουν εισαχθεί για το κομμάτι στο περιβάλλον του AutoCAD, όπως είναι οι διαστάσεις.

Οντότητες Proxy - Proxy entities

Συμπεριλαμβάνεται η γραφική αντιπροσώπευση των οντοτήτων Proxy που έχουν δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας διάφορες εφαρμογές του AutoCAD.

Αρχείο πληροφοριών - File Name

Δημιουργεί αρχείο με πληροφορίες της διαδικασίας εισαγωγής του dwg/dxf αρχείου στο EdgeCAM.

Τόσο το AutoCAD όσο και το EdgeCAM υποστηρίζουν τον καθορισμό επιπέδων σχεδίασης (Layer) και έτσι τα ονόματα των επιπέδων που περιλαμβάνονται σε ένα αρχείο dxf ή dwg διατηρούνται όταν φορτώνεται από το EdgeCAM.

Το EdgeCAM διαβάζει το αρχείο και το μετατρέπει σε οντότητες EdgeCAM τις οποίες μπορεί να επεξεργαστεί.

Σημείωση

Το AutoCAD υποστηρίζει διάφορους τύπους γραμμών που καθορίζονται από τον χρήστη. Η μοναδική τυποποιημένη γραμμή είναι η συνεχής (Continuous), η οποία μετατρέπεται στην κανονική (Solid) γραμμή του EdgeCAM. Όλοι οι άλλοι τύποι γραμμών του AutoCAD μετατρέπονται σε μια από τις μη-κανονικές γραμμές που παρέχει το EdgeCAM, σε αυθαίρετη βάση.

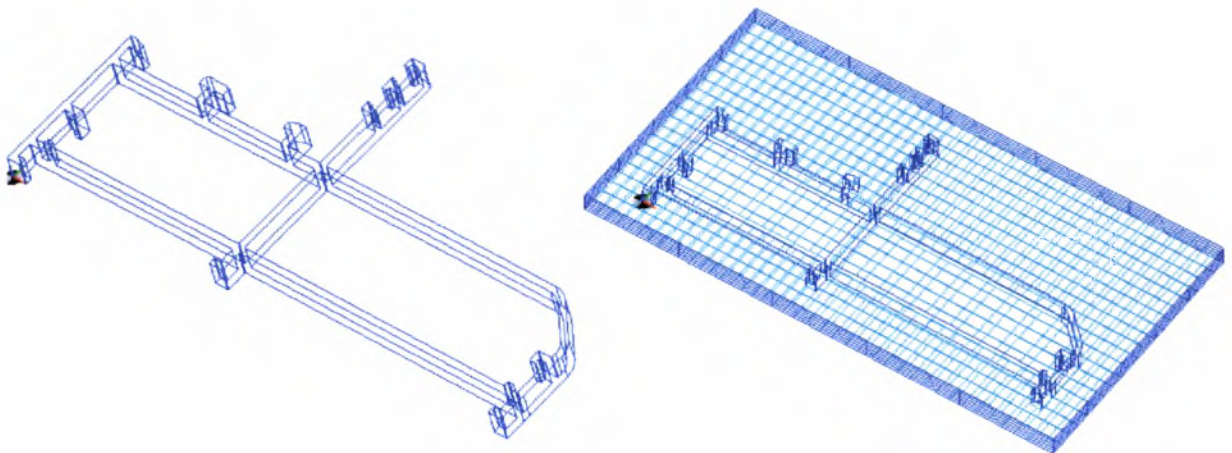
5.1.5 3D Σχεδιασμός και πρόσθεση επιφανειών

Αφού γίνει η εισαγωγή του σχεδίου από το αρχείο του AutoCAD, θα υπάρχει στο περιβάλλον σχεδίασης του EdgeCAM το 2D σχέδιο της μήτρας. Για αισθητικούς κυρίως λόγους δίνεται η 3D μορφή του μέσω του EdgeCAM, που παρέχει εξίσου σημαντικές σχεδιαστικές ικανότητες.

Δίνοντας βάθος (ή ύψος) στη γεωμετρία και κατασκευάζοντας τις κατάλληλες επιφάνειες δημιουργείται το τρισδιάστατο σχήμα.

Σημείωση

Το πάχος της μήτρας ορίστηκε αυθαίρετα αλλά και χωρίς βλάβη της ισχύος της όλης διαδικασίας 10mm.



Εικόνα Νο 5.7 : Κατασκευή τρίτης διάστασης και επιφανειών

5.1.6 Δημιουργία συρμάτινου πλέγματος

Το συρμάτινο πλέγμα καθορίζει την διαδρομή του εργαλείου και στην ουσία ολοκληρώνει την κατεργασία. Για τη δημιουργία του υπάρχουν αρκετές επιλογές που κυρίως εξαρτώνται από τις φάσεις κατεργασίας. Έτσι θα πρέπει αρχικά να καθοριστεί με ποιο τρόπο θα πραγματοποιηθεί η κατασκευή της μήτρας.

Ουσιαστικό ρόλο στην παραγωγή έχει ο συνολικός χρόνος κατεργασίας του κομματιού και οι φάσεις κατεργασίας. Για να είναι η παραγωγή επικερδής θα πρέπει φυσικά ο χρόνος κατεργασίας να είναι ο μικρότερος δυνατός. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται συνήθως να βρεθεί η βέλτιστη μέθοδος κατεργασίας του κομματιού που θα περιλαμβάνει όσο γίνεται δυνατό λιγότερες φάσεις κατεργασίας και λιγότερα εργαλεία.

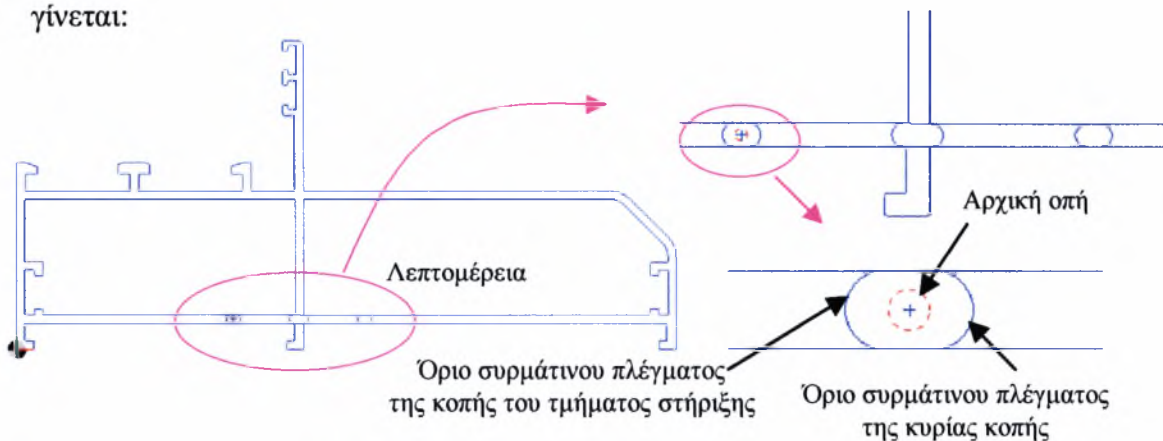
Πραγματοποιώντας μελέτη του σχεδίου για την εύρεση της βέλτιστης λύσης που θα επιφέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα και χωρίς περιθώρια σφάλματος βρέθηκε ότι η κατασκευή της μήτρας μπορεί να γίνει σε δυο μόνο φάσεις κατεργασίας.

Η πρώτη φάση κατεργασίας αποτελεί την κυρίως κοπή του περιγράμματος. Επειδή όμως υπάρχει περίπτωση κατά την κοπή τα εσωτερικά κομμάτια της μήτρας να πέσουν, είναι αναγκαίο να μην πραγματοποιηθεί ολοκληρωτικά η κοπή στην πρώτη φάση, αφήνοντας ένα τμήμα του κομματιού για την στήριξη αυτών. Η μετέπειτα κοπή του τμήματος στήριξης που γίνεται εφόσον τα εσωτερικά κομμάτια έχουν δεθεί, αποτελεί τη δεύτερη φάση και την ολοκλήρωση της κατεργασίας.

Με βάση τις κατεργασίες που θα γίνουν θα πρέπει να οριστεί το αρχικό σημείο της μηχανής (μηδενικό σημείο μηχανής) καθώς και το αρχικό σημείο του κομματιού (μηδενικό σημείο κομματιού). Στην περίπτωση της μήτρας η κοπή θα γίνει εσωτερικά και για τον λόγο αυτό το αρχικό κομμάτι θα πρέπει να φέρει οπή συγκεκριμένης διαμέτρου στο σημείο από όπου θα αρχίσει η κατεργασία. Η μέθοδος κατεργασίας που θα ακολουθηθεί απαιτεί μια αρχική οπή και για τις δυο φάσεις. Το σύρμα θα περαστεί στην οπή αυτή κατά την προετοιμασία της κατεργασίας.

5.1.6.1 Σχεδιασμός βοηθητικών γραμμών

Για να εφαρμοστούν όλα τα παραπάνω στην πράξη το σχέδιο που έχει κατασκευαστεί δεν αρκεί. Είναι αναγκαίο να κατασκευαστούν βοηθητικές γραμμές που θα οριοθετούν το συρμάτινο πλέγμα σε κάθε φάση κατεργασίας και θα καθορίζουν την αρχική οπή του υλικού κοπής. Έτσι προσθέτοντας τις βοηθητικές γραμμές το σχέδιο γίνεται:



Εικόνα Νο 5.8 : Κατασκευή βοηθητικών γραμμών

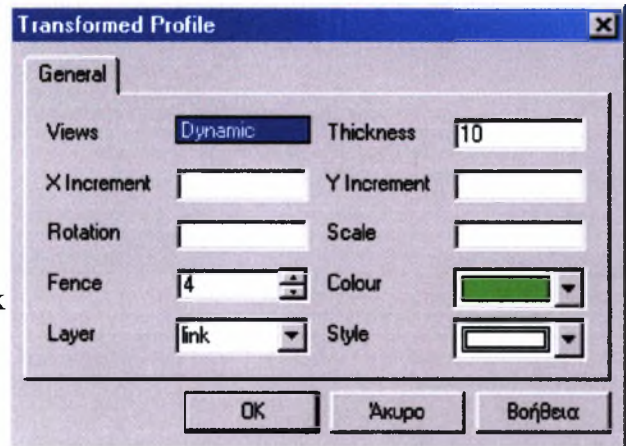
5.1.6.2 Συρμάτινο πλέγμα κυρίας κοπής

Έχοντας κατασκευάσει τα όρια του συγκεκριμένου πλέγματος με τις βοηθητικές γραμμές, χρησιμοποιείται μια από τις στρατηγικές που παρέχει το EdgeCAM για τη δημιουργία αυτού.

Η στρατηγική που επιλέχθηκε είναι του προφίλ από μετατροπή (Transformed Profile). Η συγκεκριμένη στρατηγική επιλέγεται λόγω της μη πολυπλοκότητας της γεωμετρίας και εφόσον το τελικό προφίλ του σχεδίου (πάνω πλευρά της μήτρας) είναι ίδιο με το αρχικό.

Οι μόνοι παράμετροι που ορίζονται είναι:

- Το πάχος (Thickness) 10mm
- Το πλέγμα (Fence) 4
- Το χρώμα (Color) πράσινο
- Το επίπεδο σχεδίασης (Layer) Link

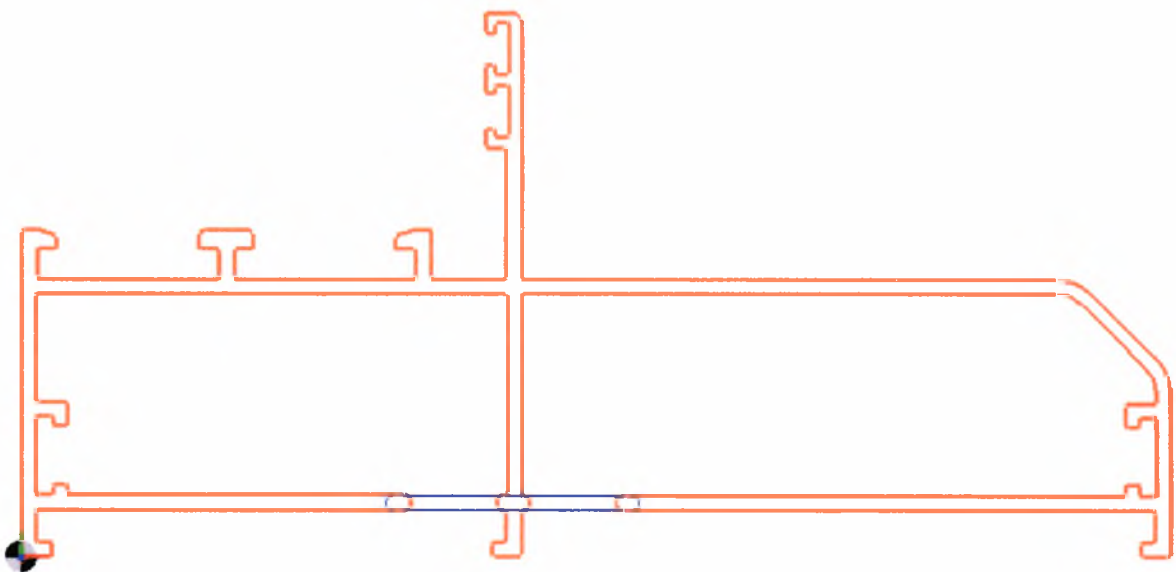


Εικόνα Νο 5.9 : Επιλογή παραμέτρων δημιουργίας του συρμάτινου πλέγματος της κύριας κοπής

Σημείωση

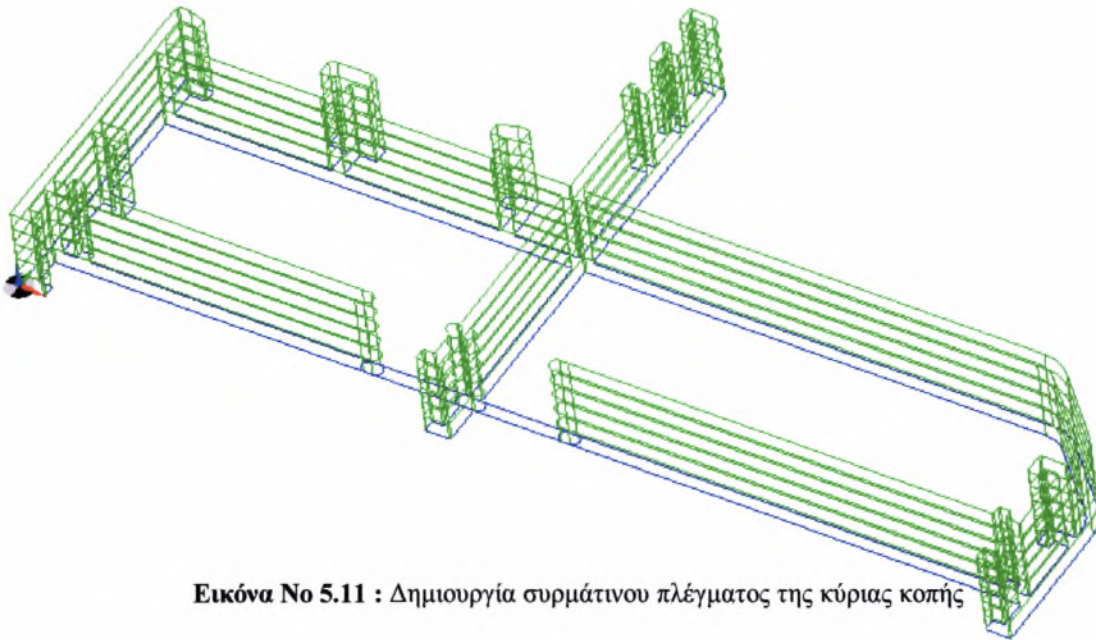
Καλό είναι όταν γίνεται προσθήκη στο σχέδιο οντότητες διαφορετικού είδους (π.χ. επιφάνειες, προφίλ σύρματος, διαδρομές εργαλείου κ.τ.λ.) να δηλώνονται σε νέο επίπεδο σχεδίασης για να μη συγχέονται.

Στη συνέχεια επιλέγεται το προφίλ του σχήματος στο οποίο θα εφαρμοστεί η εντολή της δημιουργίας του συρμάτινου πλέγματος.



Εικόνα Νο 5.10 : Επιλογή προφίλ για την κυρίως κοπή

Έτσι, δημιουργείται το επιθυμητό συρμάτινο πλέγμα που καθορίζει τη διαδρομή του σύρματος κατά την κύρια κοπή.



Εικόνα Νο 5.11 : Δημιουργία συρμάτινου πλέγματος της κύριας κοπής

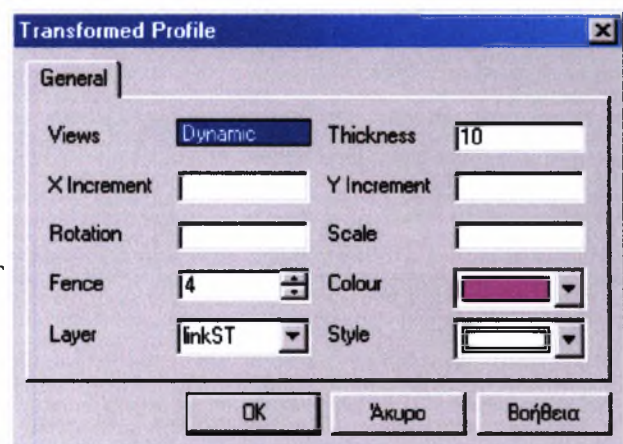
Η δημιουργία του πλέγματος μπορεί να γίνει και με τις άλλες δυο στρατηγικές αλλά με πιο πολύπλοκη διαδικασία ώστε να μην συνιστούνται. Για παράδειγμα με τη στρατηγική της σύνδεσης προφίλ (Linked Profile) θα πρέπει να κατασκευαστεί το πάνω προφίλ της μήτρας, σε ύψος 10mm (σε παράλληλο επίπεδο) από το κάτω και να αποφασιστεί στη συνέχεια με ποια μέθοδο θα γίνει η σύνδεσή τους.

5.1.6.3 Συρμάτινο πλέγμα τμήματος στήριξης

Με παρόμοιο τρόπο δημιουργείται και το συρμάτινο πλέγμα του τμήματος στήριξης. Ακολουθώντας τα ίδια βήματα έχουμε:

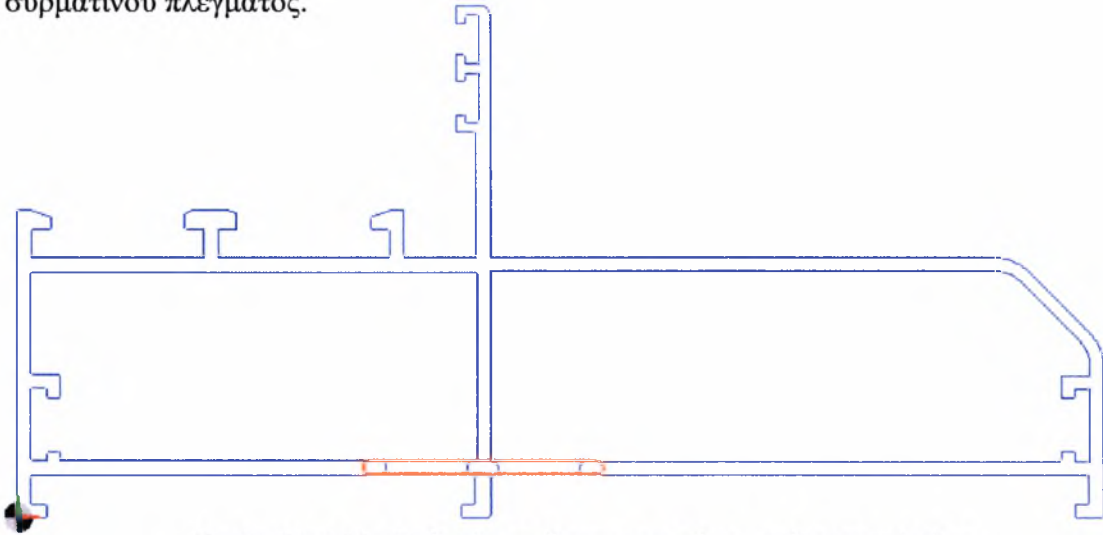
Επιλογή παραμέτρων δημιουργίας του συρμάτινου πλέγματος της κοπής του τμήματος στήριξης.

- Πάχος (Thickness) 10mm
- Πλέγμα (Fence) 4
- Χρώμα (Color) μοβ
- Επίπεδο σχεδίασης (Layer) LinkST



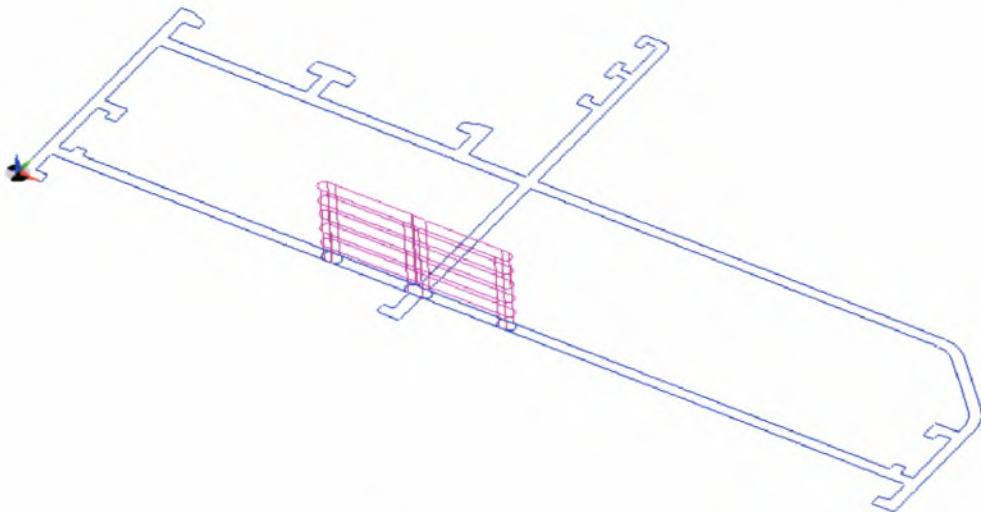
Εικόνα Νο 5.12 : Επιλογή παραμέτρων δημιουργίας του συρμάτινου πλέγματος της κοπής του τμήματος στήριξης

Επιλογή του προφίλ του σχήματος στο οποίο θα εφαρμοστεί η εντολή της δημιουργίας συρμάτινου πλέγματος.



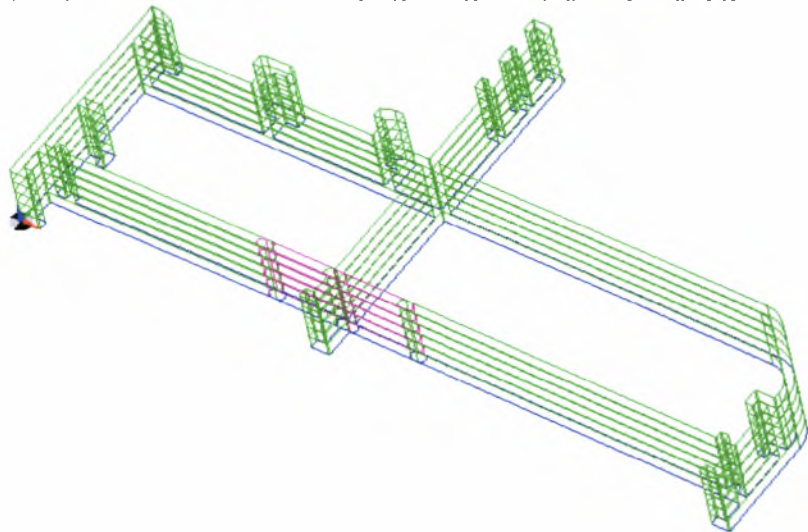
Εικόνα Νο 5.13 : Επιλογή προφίλ για την κοπή του τμήματος στήριξης

Έτσι δημιουργείται το συρμάτινο πλέγμα της κοπής του τμήματος στήριξης.



Εικόνα Νο 5.14 : Δημιουργία συρμάτινου πλέγματος της κοπής του τμήματος στήριξης

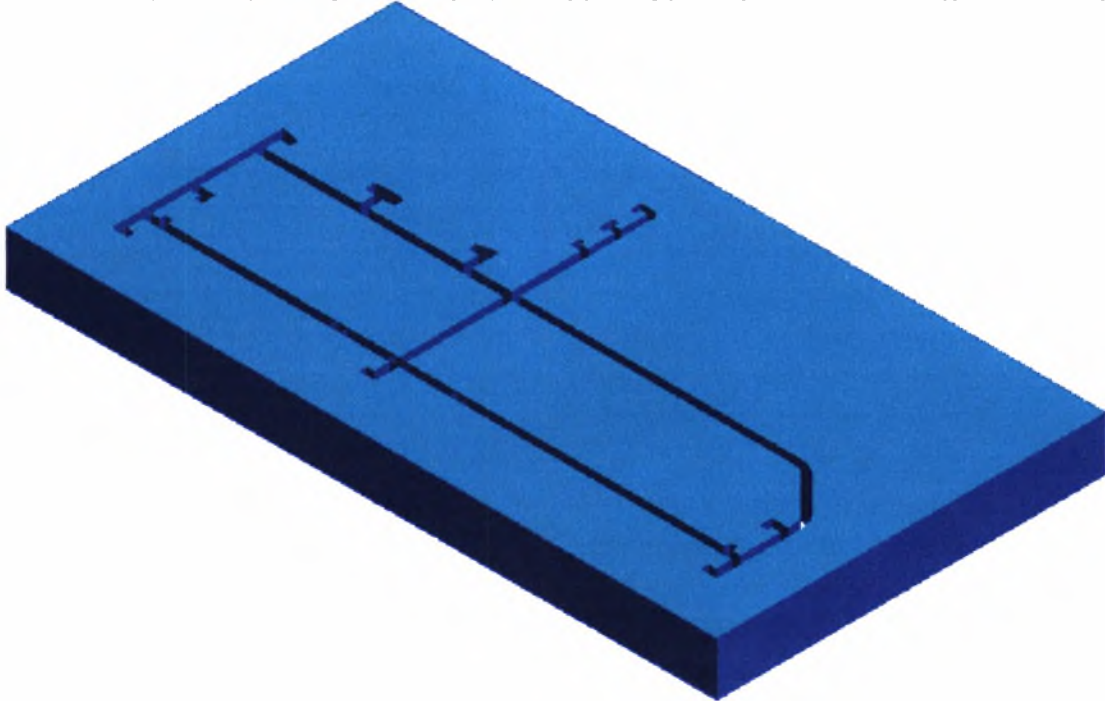
Συνολικά έχουν δημιουργηθεί τα εξής πλέγματα:



Εικόνα Νο 5.15 : Συνολικά πλέγματα

5.1.7 Μοντελοποίηση

Έχοντας κατασκευάσει τα συρμάτινα πλέγματα αλλά και τις κατάλληλες επιφάνειες το σχέδιο μπορεί να γίνει στερεό δίνοντας άλλη αισθητική αλλά και γραφική παρουσίαση της πραγματικής εμφάνισης της μήτρας. Επιλέγοντας **Μοντελοποίηση (Toggle Wireframe)** οι επιφάνειες και τα προφίλ σύρματος μετατρέπουν το 3D σχέδιο σε στερεό.



Εικόνα Νο 5.16 : Τελικό μοντέλο

5.1.8 Είσοδος στο περιβάλλον κατεργασίας

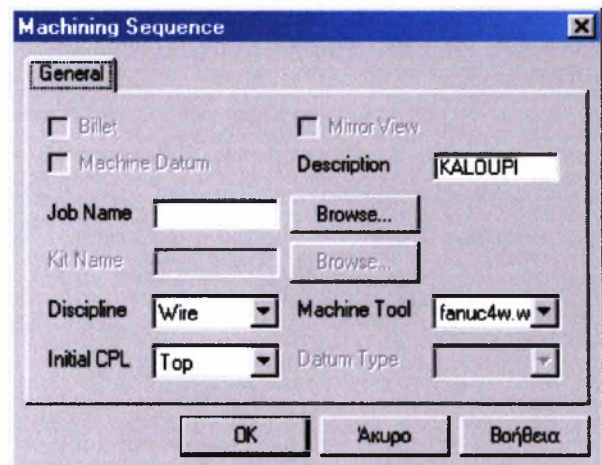
Με τα παραπάνω η σχεδίαση του κομματιού έχει τελειώσει και πλέον οι εργασίες στο περιβάλλον σχεδίασης έχουν ολοκληρωθεί.

Το επόμενο βήμα είναι να γίνει είσοδος στο περιβάλλον κατεργασίας του EdgeCAM. Κατά την είσοδο ζητείται να καθοριστεί το φασειολόγιο (Sequence) της κατεργασίας που έπεται.

Οι παράμετροι που πρέπει να δηλωθούν είναι:

- Είδος μηχανής (Discipline) Wire
- Γεννήτρια κώδικα (MachineTool) fanuc4w.wcp (μονάδες mm)
- Αρχικό CPL (Initial CPL) Top

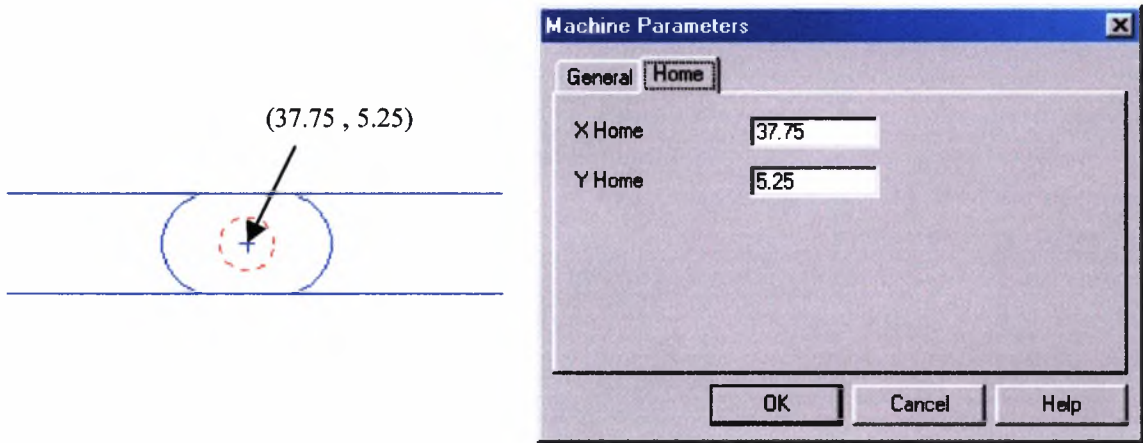
Οι υπόλοιπες παράμετροι αποτελούν περιγραφή της ακολουθίας και δεν είναι υποχρεωτικό να δηλωθούν. Ωστόσο δηλώνεται ως περιγραφή της ακολουθίας (Description) KALOUPI



Εικόνα Νο 5.17 : Επιλογή παραμέτρων του φασειολογίου

Μετά τον καθορισμό του φασεολογίου ορίζεται η θέση της αρχικής οπής του υλικού κοπής, στην οποία θα "περαστεί" το σύρμα κατά την προετοιμασία της κατεργασίας (μηδενικό σημείο μηχανής).

Από τις παραμέτρους μηχανής (Machine Parameters) στο Μ-Κωδικό μενού (M-Function) δηλώνεται το αρχικό σημείο μηχανής (Home) που είναι οι συντεταγμένες του κέντρου του κύκλου που έχει σχεδιαστεί στο σχήμα.



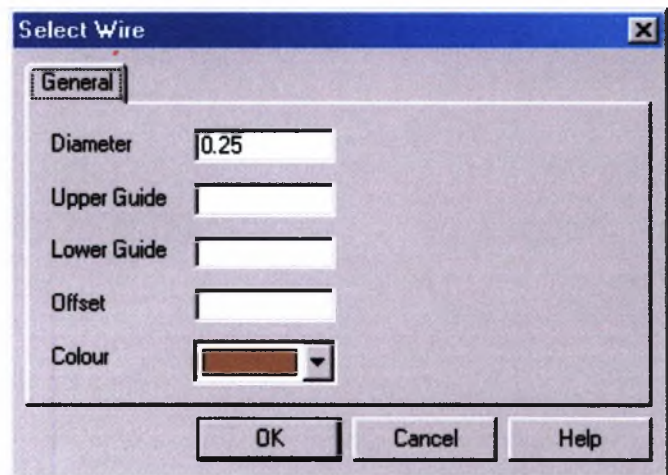
Εικόνα Νο 5.18 : Καθορισμός αρχικού σημείου μηχανής

5.1.9 Επιλογή σύρματος

Το επόμενο βήμα είναι να οριστεί το σύρμα που θα χρησιμοποιηθεί. Ορίζεται η διάμετρος του σύρματος και το χρώμα αυτού που αποτελεί και το χρώμα κάθε κίνησης θέσης αυτού (κίνηση με συγκεκριμένη ταχύτητα πρόωσης).

Επιλέγεται:

- Διάμετρος (Diameter) 0.25mm
- Χρώμα (Colour) καφέ



Εικόνα Νο 5.19 : Επιλογή σύρματος

Σημείωση

Οι αποστάσεις των οδηγών δεν είναι απαραίτητο να δηλωθούν καθώς ορίζονται στην εργαλειομηχανή κατά την προετοιμασία της κατεργασίας. Μόνο σε ορισμένες γεννήτριες κώδικα απαιτείται να καθοριστούν.

5.1.10 Φάσεις κατεργασίας

Οι κατεργασίες επιλέγεται να γίνουν με την εντολή σχεδιασμού κατεργασίας (Machine Design).

Πρώτα θα πραγματοποιηθεί η κύρια κοπή και στη συνέχεια η κοπή του τμήματος στήριξης.

5.1.10.1 Κυρίως κοπή

Επιλέγεται η εντολή του σχεδιασμού κατεργασίας και καθορίζονται οι συνθήκες κοπής. Στη συνέχεια επιλέγεται το συρμάτινο πλέγμα, δηλώνεται η θέση της αρχικής οπής, καθορίζεται η διεύθυνση του σύρματος και ορίζεται το αρχικό σημείο της κατεργασίας επάνω στο προφίλ.

Τα όρια του συρμάτινου πλέγματος έχουν καθοριστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μην χρειάζεται να δηλωθεί η εφαρμογή του τμήματος στήριξης (Support Tag) από το μενού των παραμέτρων της συγκεκριμένης εντολής κατεργασίας. Το απαιτούμενο τμήμα στήριξης έχει καθοριστεί από τις βοηθητικές γραμμές και τα δημιουργημένα πλέγματα. Αυτό έγινε λόγω της ανάγκης να πραγματοποιηθεί η κυρίως κοπή του κομματιού με μία μόνο φάση κατεργασίας για την βελτιστοποίηση του χρόνου κοπής γεγονός που κατέστησε τη διαδρομή του σύρματος πολύπλοκη.

Εξάλλου, αρκετά πολύπλοκη είναι γενικότερα η μορφή της μήτρας, καθώς απαιτεί εσωτερική αφαίρεση υλικού για τη δημιουργία του κενού ανάμεσα στα κομμάτια της, αλλά ταυτόχρονα και κοπή εσωτερικού περιγράμματος για την δημιουργία των εσωτερικών της κομματιών. Χωρίς την παραπάνω προεργασία και μελέτη της κοπής θα ήταν αδύνατη η πραγματοποίησή της με μία φάση κατεργασίας και πιθανόν να χρειαζόταν το κομμάτι να κατασκευαστεί σε πολλά στάδια που θα απαιτούσαν περισσότερες αρχικές οπές και δεσίματα αυτού.

Επίσης, η αρχική και τελική θέση της κατεργασίας μπορεί να οριστεί επάνω στο υλικό που θα απομακρυνθεί μετά το τέλος της κοπής για τη δημιουργία του κενού ανάμεσα στα κομμάτια της μήτρας. Εφόσον το κομμάτι αυτό δεν αποτελεί προϊόν της κοπής δεν είναι απαραίτητο να δοθεί μεγάλη προσοχή στην προσέγγιση του σύρματος σ' αυτό, καθώς οποιοδήποτε σφάλμα και αν υπάρξει δεν θα επηρεάζει τις τελικές διαστάσεις της μήτρας. Ωστόσο, θα οριστούν συνθήκες εισόδου και εξόδου καθώς και η εφαρμογή της υπερκάλυψης (Overlap) κυρίως για την ασφάλεια του σύρματος.

Ακόμα, όλες οι γωνίες έχουν υποστεί τομή ακτίνας (Radius) με αποτέλεσμα να μη χρειάζεται να οριστεί η εφαρμογή της γωνίας αναστροφής (Twizzle Radius) που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ορθών γωνιών μεγάλης ακρίβειας.

Τέλος, η κοπή θα γίνει με ένα πέρασμα και επομένως δεν χρειάζεται να δηλωθεί αριθμός περασμάτων (Number of Passes) και η επιλογή σταθερής κοπής (Constant Cut).

Έτσι, στις παραμέτρους κατεργασίας δηλώνεται η ταχύτητα της πρόωσης, η διόρθωση τροχιάς, η αντιστάθμιση, η αντιστάθμιση ακτίνας, η ανοχή, η υπερκάλυψη, το χρώμα και οι παράμετροι οδήγησης.

- Ορίζεται ταχύτητα πρόωσης (Feedrate) 50mm/min

Σημείωση

Η ταχύτητα που ορίζεται είναι ενδεικτική. Στην πράξη, η επιλογή της ταχύτητας πρόωσης γίνεται κυρίως εμπειρικά, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες όπως η διάμετρος και το υλικό του σύρματος, το υλικό κοπής, το πλάτος κοπής κ.α.

- Ορίζεται διόρθωση τροχιάς (Offset) 0.025mm

Ορίζεται διόρθωση τροχιάς για την αποφυγή σφαλμάτων στις διαστάσεις του τελικού κομματιού, λόγω του διακένου των ηλεκτρικών εκκενώσεων που λαμβάνουν χώρα κατά την κατεργασία της ηλεκτροδιάβρωσης με σύρμα.

Το συγκεκριμένο Offset επιλέγεται λαμβάνοντας υπόψη την ακτίνα του σύρματος και την ακτίνα που έχει επιβληθεί σε όλες τις γωνίες.

Δίνεται η συγκεκριμένη διόρθωση τροχιάς ώστε το άθροισμα της ακτίνας του σύρματος και του Offset να είναι το πολύ όσο και η ακτίνα της γωνίας. Έτσι το σύρμα θα εφαρμόζει ακριβώς στις εσωτερικές γωνίες της διαδρομής και θα επιτευχθεί η επιθυμητή ακρίβεια.

Είναι :

$$\text{Offset} = \text{Ακτίνα γωνίας} - \text{Ακτίνα σύρματος} \rightarrow \text{Offset} = 0.15\text{mm} - 0.125\text{mm} \rightarrow \\ \rightarrow \text{Offset} = 0.025\text{mm}$$

- Ορίζεται αντιστάθμιση (Compensation) από τη μηχανή (Controller)

Επιλέγεται να γίνει ο συμψηφισμός από την εργαλειομηχανή για να μπορεί να διαβαστεί και ελεγχθεί πιο εύκολα ο κώδικας CNC που θα παραχθεί, αφού με την επιλογή αυτή οι συντεταγμένες της διαδρομής θα ακολουθούν τις συντεταγμένες του προφίλ της γεωμετρίας προσθέτοντας το καθορισμένο Offset.

- Ορίζεται αντιστάθμιση ακτίνας (Radius Compensation) Δεξιά (Right)

Επιλέγεται "δεξιά" λόγω της διεύθυνσης, που θα έχει το σύρμα ως προς το προφίλ του κομματιού, η οποία θα δειχθεί αργότερα.

Σε πολλές περιπτώσεις η αντιστάθμιση ακτίνας χρειάζεται να αλλάξει κατά τη διάρκεια της κοπής. Αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη στην πράξη κατά την κατεργασία και να αλλάχθει η αντιστάθμιση ή απλώς να ακυρωθεί.

- Ορίζεται ακρίβεια (Tolerance) 0.01

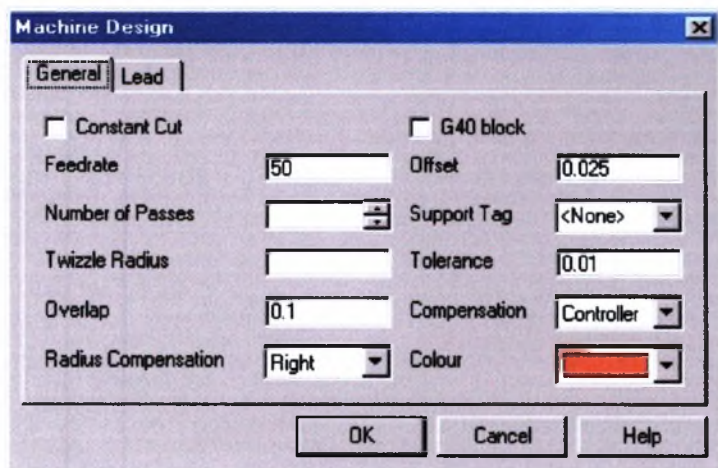
Ορίζει την ακρίβεια κατά την οποία το EdgeCAM κατασκευάζει τη διαδρομή του σύρματος.

- Ορίζεται υπερκάλυψη (Overlap) 0.1mm

- Ορίζεται χρώμα (Colour) κόκκινο

Καθορίζει το χρώμα με το οποίο θα αποδοθεί γραφικά η διαδρομή του σύρματος.

Συνολικά καθορίζονται οι εξής γενικοί παράμετροι:

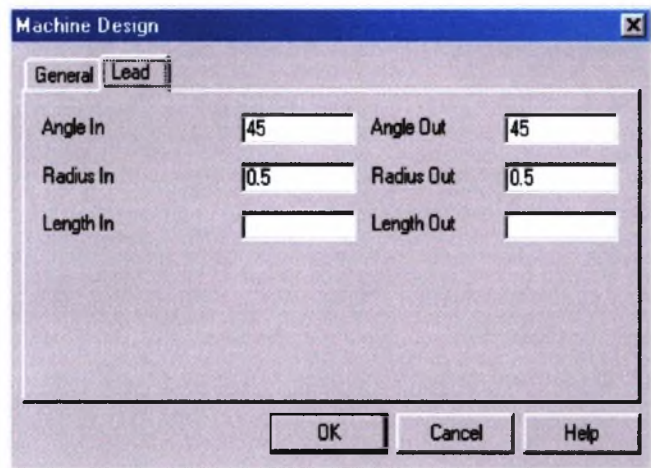


Εικόνα Νο 5.20 : Κύρια κοπή – Επιλογή γενικών παραμέτρων κατεργασίας

- Ορίζονται παράμετροι οδήγησης

Γωνία Εισόδου / Εξόδου
(Angle In/Out) 45°,

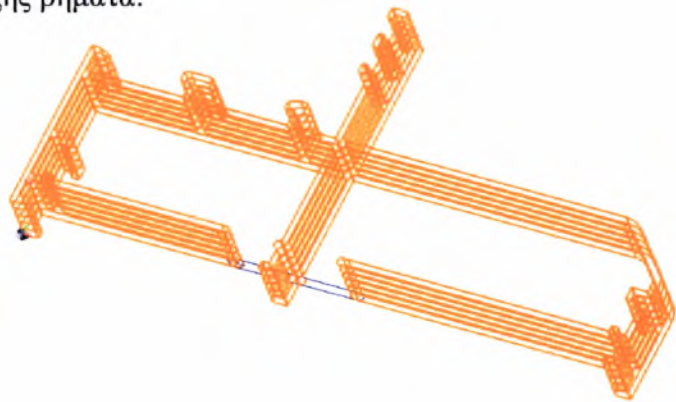
Ακτίνα Εισόδου / Εξόδου
(Radius In/Out) 0.5mm



Εικόνα Νο 5.21 : Κύρια κοπή – Επιλογή παραμέτρων οδήγησης της κατεργασίας

Στη συνέχεια ακολουθούνται τα εξής βήματα:

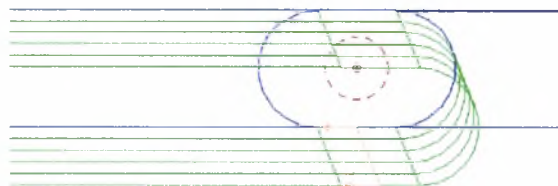
Επιλέγεται το συρμάτινο πλέγμα



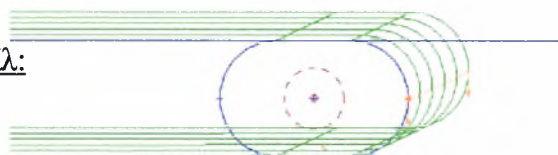
Δηλώνεται η αρχική θέση της κατεργασίας:



Καθορίζεται η διεύθυνση του σύρματος:

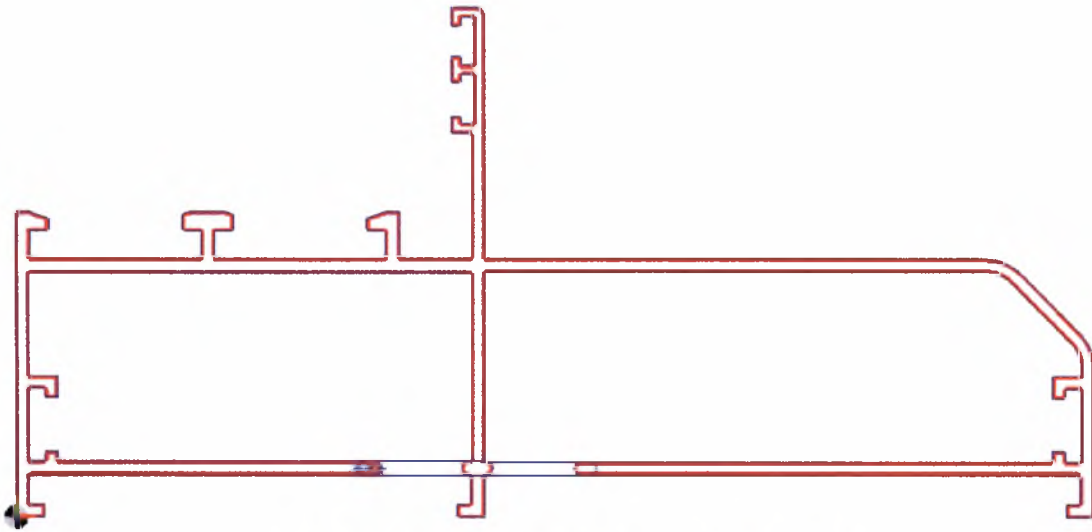


Ορίζεται το αρχικό σημείο κοπής του προφίλ:



Εικόνα Νο 5.22 : Κύρια κοπή – Βήματα δημιουργίας της διαδρομής του σύρματος

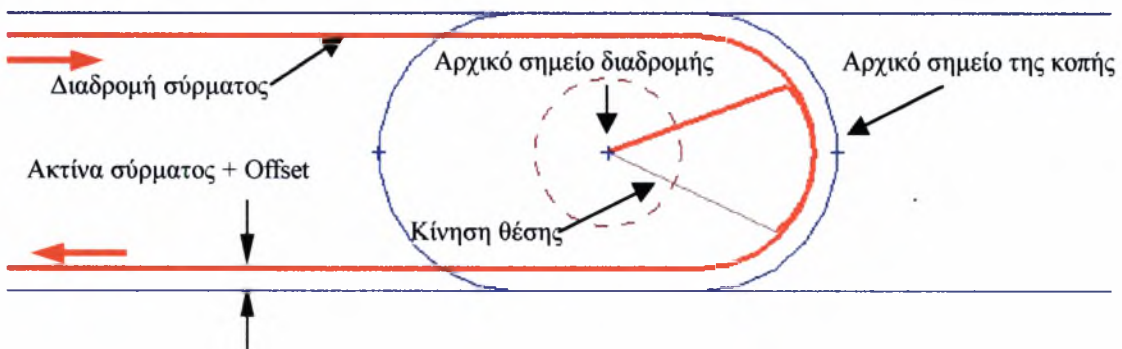
Η διαδρομή του σύρματος που δημιουργείται είναι:



Εικόνα Νο 5.23 : Διαδρομή σύρματος κύριας κοπής

Τέλος με μια κίνηση θέσης (Feed move) με συγκεκριμένη ταχύτητα πρόωσης που ορίζεται επίσης 50mm/min, το σύρμα επιστρέφει στην αρχική του θέση.

Οι οδηγήσεις αρχής και τέλους της κατεργασίας φαίνονται παρακάτω:



Εικόνα Νο 5.24 : Κύρια κοπή – Οδηγήσεις αρχής και τέλους της κατεργασίας

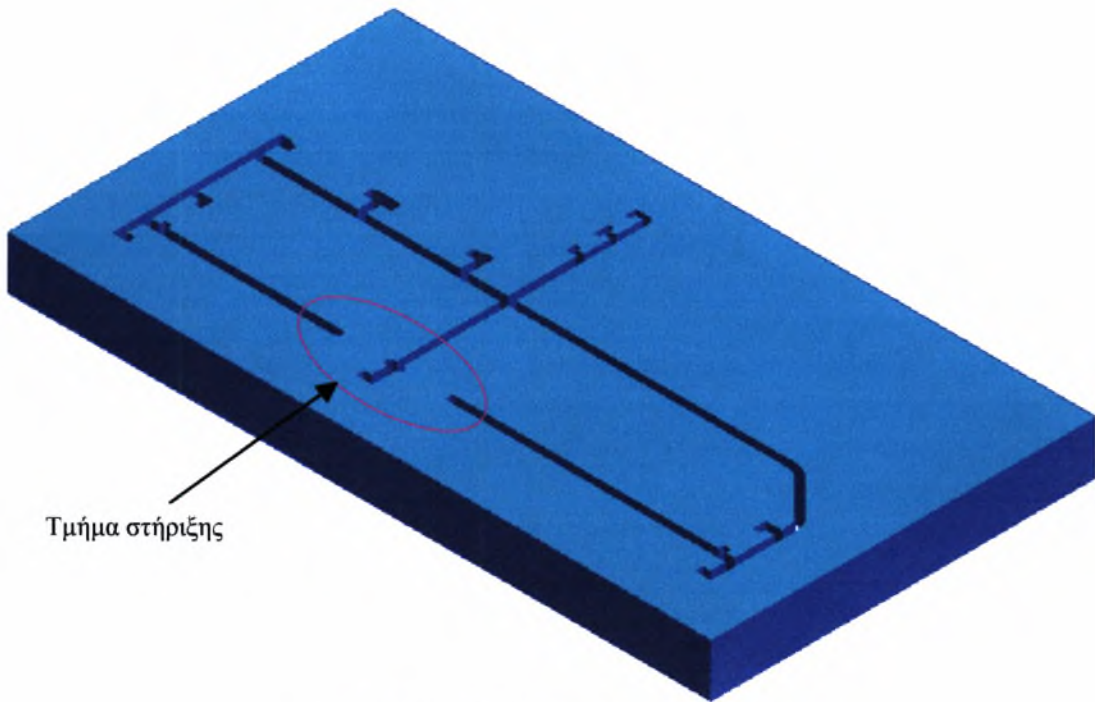
Μετά την κατεργασία προστίθεται ένα χρονικό διάστημα αναμονής του προγράμματος (Dwell), ώστε να δεθούν τα εσωτερικά κομμάτια της μήτρας πριν την κοπή του τμήματος στήριξης. Επιλέγεται αναμονή 5min.

Σημείωση

Οι εργαλειομηχανές έχουν συνήθως την επιλογή διακοπής και συνέχισης του προγράμματος για οποιονδήποτε λόγο χρειαστεί, όπως απαιτείται στη συγκεκριμένη περίπτωση. Έτσι, η διακοπή του προγράμματος μπορεί να γίνει από τη μηχανή.

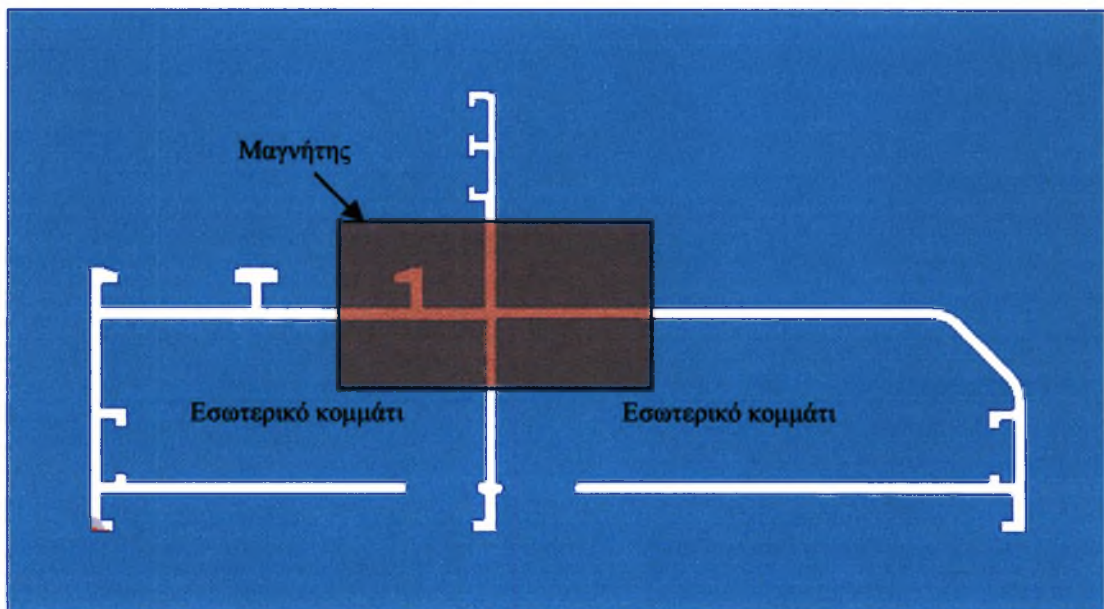
5.1.10.2 Προεργασία του κομματιού πριν την κοπή του τμήματος στήριξης

Μετά την πρώτη κατεργασία του κομματιού (κύρια κοπή), το κομμάτι παίρνει την εξής μορφή, όπου διακρίνεται το τμήμα στήριξης:



Εικόνα Νο 5.25 : Αποτέλεσμα κύριας κοπής

Για να γίνει η δεύτερη κατεργασία, πρέπει προηγουμένως να δεθούν τα εσωτερικά κομμάτια της μήτρας, με οποιονδήποτε τρόπο αρμόζει στην περίπτωση (π.χ. μαγνήτες):



Εικόνα Νο 5.26 : Δέσιμο εσωτερικών κομματιών

5.1.10.3 Κοπή τμήματος στήριξης

Επιλέγοντας, επίσης, την εντολή σχεδιασμού κατεργασίας και καθορίζοντας ομοίως τις παραμέτρους της, δημιουργούμε τη διαδρομή σύρματος της κοπής του τμήματος στήριξης.

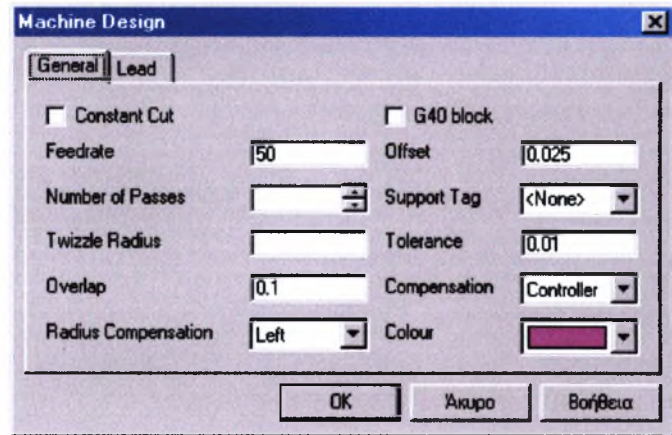
Ακολουθώντας τα ίδια βήματα έχουμε:

Γενικοί παράμετροι κατεργασίας:

Οι μόνες αλλαγές είναι του τις αντιστάθμισης ακτίνας που δηλώνεται αριστερά (Left) λόγω της νέας διεύθυνσης του σύρματος και του χρώματος της διαδρομής "μοβ"

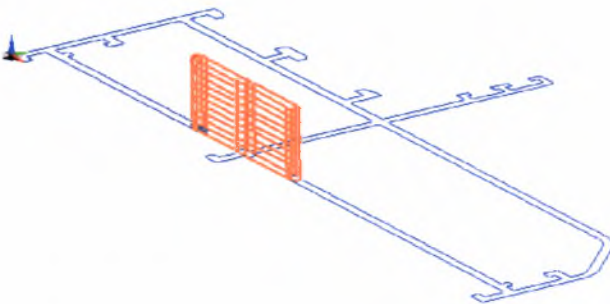
Παράμετροι οδήγησης:

Οι παράμετροι οδήγησης δηλώνονται όπως ακριβώς στην κύρια κοπή

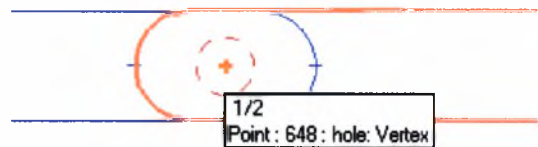


Εικόνα Νο 5.27 : Κοπή του τμήματος στήριξης – Επιλογή παραμέτρων κατεργασίας

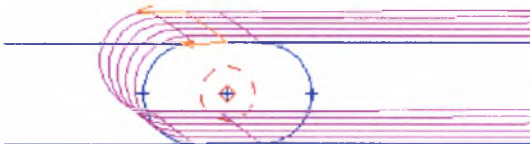
Επιλογή συρμάτινου πλέγματος:



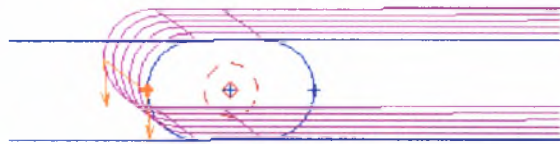
Επιλογή αρχικής θέσης:



Επιλογή διεύθυνσης του σύρματος:



Επιλογή αρχικού σημείου κοπής:

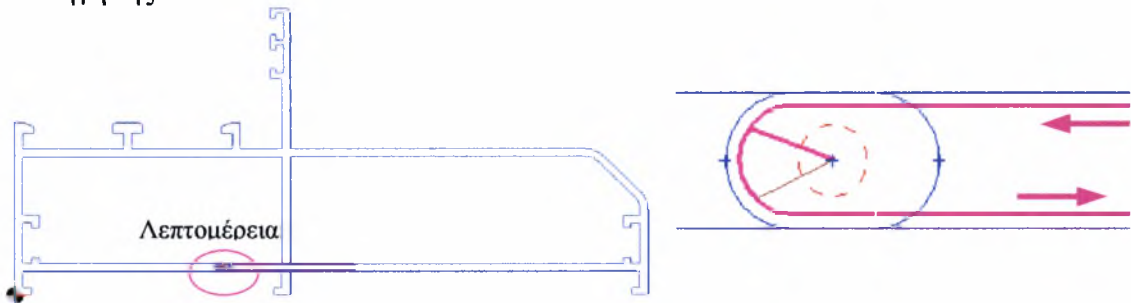


Εικόνα Νο 5.28 : Κοπή τμήματος στήριξης – Βήματα δημιουργίας της διαδρομής σύρματος

Η αρχική θέση της κατεργασίας της κοπής του τμήματος στήριξης είναι ίδια με την αρχική θέση της κύριας κοπής. Έτσι, δεν χρειάζεται η ύπαρξη δεύτερης οπής στο υλικό κοπής και οι δύο κατεργασίες γίνονται συνεχόμενα.

Τέλος, με μια κίνηση θέσης (Feed move) με ταχύτητα πρόωσης 50mm/min το εργαλείο επιστρέφει στην αρχική του θέση.

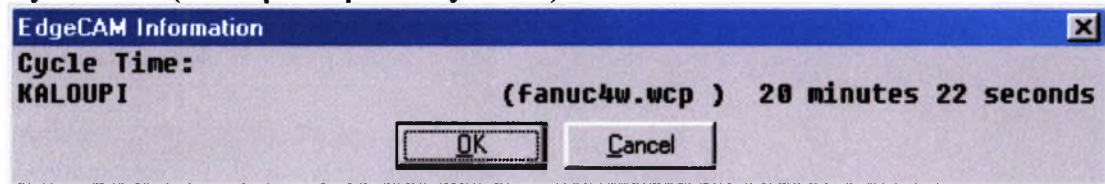
Έτσι δημιουργείται η ακόλουθη διαδρομή του σύρματος με τις αντίστοιχες συνθήκες οδήγησης:



Εικόνα Νο 5.29 : Κοπή τμήματος στήριξης – Διαδρομή σύρματος και συνθήκες οδήγησης

5.1.11 Χρόνος κατεργασίας

Ο συνολικός χρόνος κατεργασίας μπορεί να ελεγχθεί από την εντολή Χρόνος κύκλου - Cycle Time (Επαλήθευση - Verify menu):



Εικόνα Νο 5.30 : Έλεγχος συνολικού χρόνου κατεργασίας

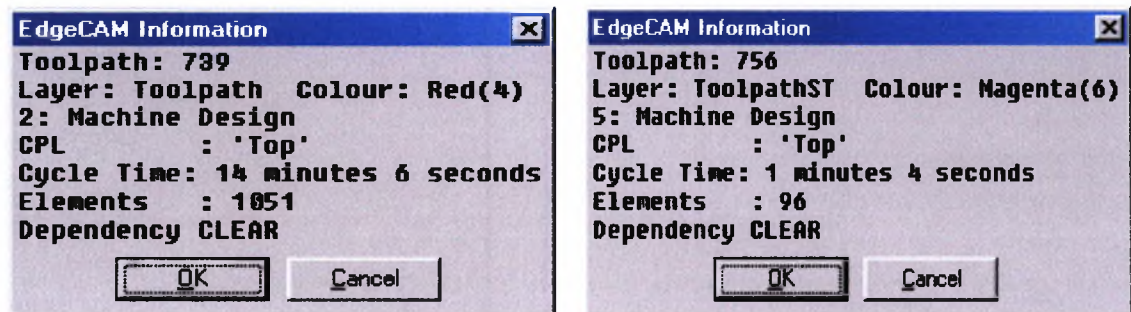
Στον χρόνο αυτό, περιλαμβάνονται οι χρόνοι των δυο φάσεων της κατεργασίας, οι χρόνοι των κινήσεων θέσης του σύρματος, ο χρόνος αναμονής που έχει καθοριστεί 5min και ο αρχικός χρόνος καθυστέρησης που προσθέτει το EdgeCAM πριν την έναρξη της κατεργασίας του κομματιού που είναι πάντα 10sec.

Σημείωση

Ο χρόνος κατεργασίας προβάλλεται άμεσα, μαζί με πληροφορίες του σύρματος, ενεργοποιώντας το παράθυρο Part Information (Status Bars – View menu).



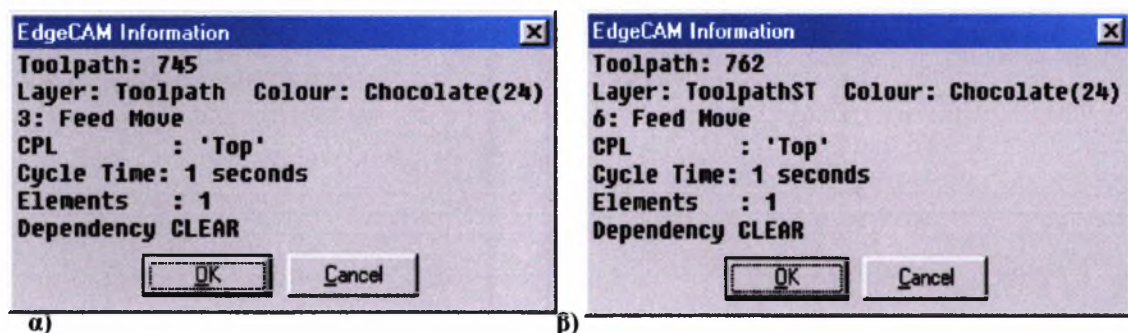
Ακόμα, μπορούν να ληφθούν πληροφορίες μεμονωμένα της κάθε διαδρομής με χρήση της εντολής Entity (Verify menu) και επιλέγοντας κάθε φορά την επιθυμητή από το περιβάλλον κατεργασίας.



α)

β)

Εικόνα Νο 5.31 : Γενικές Πληροφορίες : α) Διαδρομή κύριας κοπής, β) Διαδρομή κοπής του τμήματος στήριξης



Εικόνα Νο 5.32 : Γενικές Πληροφορίες : α) Κίνηση θέσης μετά την κύρια κοπή, β) Κίνηση θέσης μετά την κοπή του τμήματος στήριξης

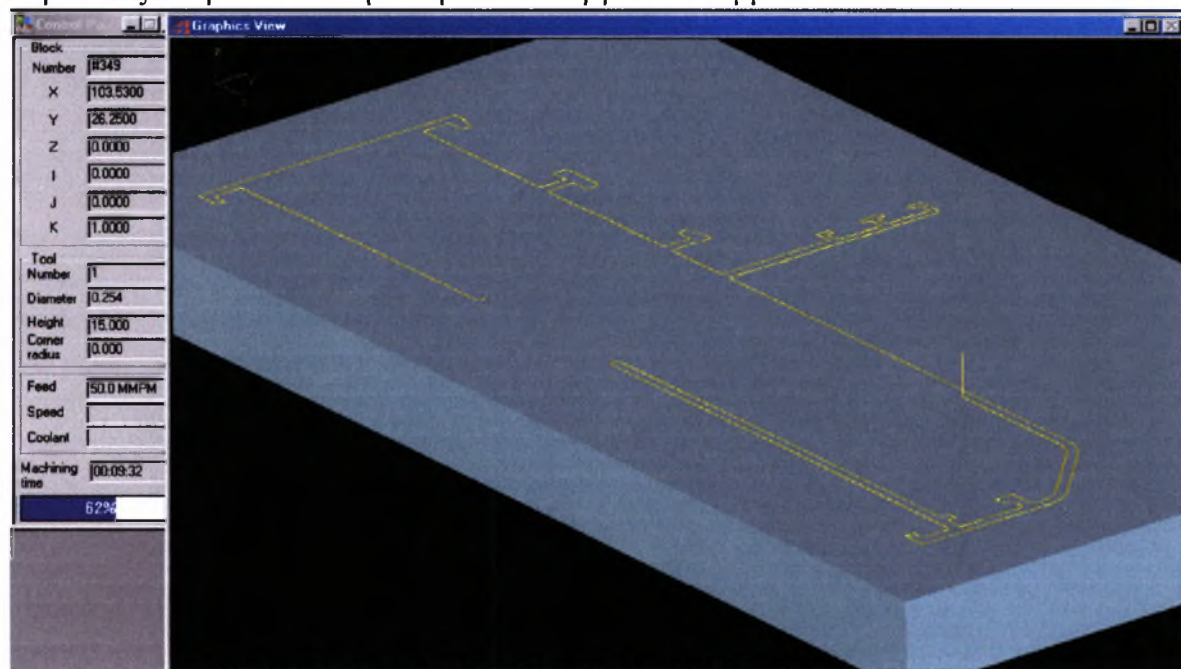
Έτσι, ελέγχεται πως κατανέμεται ο συνολικός χρόνος κατεργασίας:

Χρόνος αρχικής καθυστέρησης	:	00min 10sec
Χρόνος της κύριας κοπής	:	14min 06sec
Χρόνος της πρώτης κίνησης θέσης	:	00min 01sec
Χρόνος αναμονής	:	05min 00sec
Χρόνος κοπής του τμήματος στήριξης	:	01min 04sec
Χρόνος της δεύτερης κίνησης θέσης	:	00min 01sec
Σύνολο	:	20min 22sec

5.1.12 Προσομοίωση της κατεργασίας

Η προσομοίωση της κατεργασίας μπορεί να γίνει μέσω της γραμμής εργαλείων Simulation (Status bars – View menu). Το πρόγραμμα, επιδεικνύει γραφικά το σύρμα να κινείται κατά μήκος της διαδρομής που έχει παραχθεί, πραγματοποιώντας την προσομοίωση της κατεργασίας.

Ακόμα, η προσομοίωση μπορεί να γίνει μέσω του EdgeCAM Verify, όπου παρουσιάζεται ρεαλιστικά η κοπή του ακατέργαστου κομματιού.



Εικόνα Νο 5.33 : Προσομοίωση κατεργασίας στο EdgeCAM Verify

5.1.13 Παραγωγή του κώδικα CNC

Εφόσον έχει κριθεί και μετά την προσομοίωση της κατεργασίας ότι δεν υπάρχουν ενδείξεις σφάλματος, παράγεται ο κώδικας CNC.

Δηλώνοντας τις κατάλληλες παραμέτρους και την περιγραφή του κομματιού, παράγεται το αρχείο του κώδικα και το αρχείο των πληροφοριών της μήτρας.

Αρχείο κώδικα CNC Kaloupi.nc

%

:1(MHTRA PROFIL ALOYMINIOY)

N10 G21 G90 G40

N20 M54 (THREAD WIRE)

N30 G01 G42 X38.854 Y5.604 T0.0 G52 D00 F50

N40 G02 X39.0 Y5.25 R0.5 G50

N50 X38.25 Y4.5 R0.75

N60 G01 X37.25 G52

N70 X1.55

N80 G03 X1.4 Y4.35 R0.15 G50

N90 G01 Y1.55 G52

N100 G03 X1.55 Y1.4 R0.15 G50

N110 G01 X2.85 G52

N120 X3.0 Y1.25

N130 Y0.15

N140 X2.85 Y0.0

N150 X0.15

N160 X0.0 Y0.15

N170 Y32.35

N180 X0.15 Y32.5

N190 X1.5

N200 X3.5 Y31.8

N210 Y30.65

N220 X3.35 Y30.5

N230 X1.65

N240 G03 X1.5 Y30.35 R0.15 G50

N250 G01 Y27.65 G52

N260 G03 X1.65 Y27.5 R0.15 G50

N270 G01 X19.55 G52

N280 G03 X19.7 Y27.65 R0.15 G50

N290 G01 Y30.35 G52

N300 G03 X19.55 Y30.5 R0.15 G50

N310 G01 X17.85 G52

N320 X17.7 Y30.65

N330 Y32.2

N340 X18.55 Y32.5

N350 X22.35

N360 X23.2 Y32.2

N370 Y30.65

N380 X23.05 Y30.5

N390 X21.35

N400 G03 X21.2 Y30.35 R0.15 G50

N410 G01 Y27.65 G52

N420 G03 X21.35 Y27.5 R0.15 G50

N430 G01 X39.25 G52

N440 G03 X39.4 Y27.65 R0.15 G50

N450 G01 Y30.35 G52

N460 G03 X39.25 Y30.5 R0.15 G50

N470 G01 X37.55 G52

N480 X37.4 Y30.65

N490 Y31.8

N500 X39.4 Y32.5

N510 X40.75

N520 X40.9 Y32.35

N530 Y27.65

N540 G03 X41.05 Y27.5 R0.15 G50

N550 G01 X48.35 G52

N560 G03 X48.5 Y27.65 R0.15 G50

N570 G01 Y40.65 G52

N580 G03 X48.35 Y40.8 R0.15 G50

N590 G01 X46.55 G52

N600 X46.4 Y40.95

N610 Y42.45

N620 X46.55 Y42.6

N630 X47.25

N640 X47.4 Y42.45

N650 Y41.95

N660 G03 X47.55 Y41.8 R0.15 G50

N670 G01 X48.65 G52

N680 G03 X48.8 Y41.95 R0.15 G50

N690 G01 Y46.85 G52

N700 G03 X48.65 Y47.0 R0.15 G50

N710 G01 X47.55 G52

N720 G03 X47.4 Y46.85 R0.15 G50

N730 G01 Y46.35 G52

N740 X47.25 Y46.2

N750 X46.55

N760 X46.4 Y46.35

N770 Y48.85

N780 X46.55 Y49.0

N790 X47.25

N800 X47.4 Y48.85

N810 Y48.15

N820 G03 X47.55 Y48.0 R0.15 G50

N830 G01 X48.65 G52

N840 G03 X48.8 Y48.15 R0.15 G50

N850 G01 Y53.05 G52

N860 G03 X48.65 Y53.2 R0.15 G50

N870 G01 X47.55 G52

N880 G03 X47.4 Y53.05 R0.15 G50

N890 G01 Y52.35 G52

N900 X47.25 Y52.2

N910 X46.55

N920 X46.4 Y52.35

N930 Y54.05

N940 X46.55 Y54.2

N950 X49.0

N960 G02 X50.0 Y53.2 R1.0 G50

N970 G01 Y27.65 G52

N980 G03 X50.15 Y27.5 R0.15 G50

N990 G01 X103.529 G52

N1000 G02 X107.064 Y26.036 R5.0 G50
N1010 G01 X113.536 Y19.564 G52
N1020 G02 X115.0 Y16.029 R5.0 G50
N1030 G01 Y0.15 G52
N1040 X114.85 Y0.0
N1050 X112.15
N1060 X112.0 Y0.15
N1070 Y1.25
N1080 X112.15 Y1.4
N1090 X113.25
N1100 G03 X113.4 Y1.55 R0.15 G50
N1110 G01 Y4.35 G52
N1120 G03 X113.25 Y4.5 R0.15 G50
N1130 G01 X61.15 G52
N1140 X60.15
N1150 G02 X60.15 Y5.9 R-0.7 G50
N1160 G01 X61.15 G52
N1170 X110.35
N1180 G03 X110.5 Y6.05 R0.15 G50
N1190 G01 Y6.85 G52
N1200 X110.65 Y7.0
N1210 X111.75
N1220 X111.9 Y6.85
N1230 Y6.05
N1240 G03 X112.05 Y5.9 R0.15 G50
N1250 G01 X113.45 G52
N1260 G03 X113.6 Y6.05 R0.15 G50
N1270 G01 Y13.45 G52
N1280 G03 X113.45 Y13.6 R0.15 G50
N1290 G01 X112.05 G52
N1300 G03 X111.9 Y13.45 R0.15 G50
N1310 G01 Y12.75 G52
N1320 X111.75 Y12.6
N1330 X110.65
N1340 X110.5 Y12.75
N1350 Y14.85
N1360 X110.65 Y15.0
N1370 X113.45
N1380 G03 X113.6 Y15.15 R0.15 G50
N1390 G01 Y16.029 G52
N1400 G03 X112.546 Y18.575 R3.6 G50
N1410 G01 X106.075 Y25.046 G52
N1420 G03 X103.529 Y26.1 R3.6 G50
N1430 G01 X50.15 G52
N1440 G03 X50.0 Y25.95 R0.15 G50
N1450 G01 Y6.05 G52
N1460 G03 X50.15 Y5.9 R0.15 G50
N1470 G02 X50.15 Y4.5 R-0.7
N1480 G03 X50.0 Y4.35 R0.15
N1490 G01 Y0.15 G52
N1500 X49.85 Y0.0
N1510 X47.15
N1520 X47.0 Y0.15
N1530 Y1.25
N1540 X47.15 Y1.4
N1550 X48.25
N1560 G03 X48.4 Y1.55 R0.15 G50
N1570 G01 Y4.35 G52
N1580 G03 X48.25 Y4.5 R0.15 G50
N1590 G02 X48.25 Y6.0 R-0.75
N1600 G01 X48.45 G52
N1610 G03 X48.6 Y6.15 R0.15 G50
N1620 G01 Y25.85 G52
N1630 G03 X48.45 Y26.0 R0.15 G50
N1640 G01 X1.55 G52
N1650 G03 X1.4 Y25.85 R0.15 G50
N1660 G01 Y15.25 G52
N1670 G03 X1.55 Y15.1 R0.15 G50
N1680 G01 X4.35 G52
N1690 X4.5 Y14.95
N1700 Y12.85
N1710 X4.35 Y12.7
N1720 X3.25
N1730 X3.1 Y12.85
N1740 Y13.55
N1750 G03 X2.95 Y13.7 R0.15 G50
N1760 G01 X1.55 G52
N1770 G03 X1.4 Y13.55 R0.15 G50
N1780 G01 Y6.15 G52
N1790 G03 X1.55 Y6.0 R0.15 G50
N1800 G01 X2.95 G52
N1810 G03 X3.1 Y6.15 R0.15 G50
N1820 G01 Y6.85 G52
N1830 X3.25 Y7.0
N1840 X4.35
N1850 X4.5 Y6.85
N1860 Y6.15
N1870 G03 X4.65 Y6.0 R0.15 G50
N1880 G01 X37.25 G52
N1890 X38.25
N1900 G02 X39.0 Y5.25 R0.75 G50
N1910 X38.993 Y5.15 R0.75
N1920 X38.801 Y4.819 R0.5
N1930 G01 X37.75 Y5.25
N1940 G04 P9999
N1950 G01 G41 X36.646 Y5.604 G52 D00
N1960 G03 X36.5 Y5.25 R0.5 G50
N1970 X37.25 Y4.5 R0.75
N1980 G01 X38.25 G52
N1990 X48.25
N2000 X50.15
N2010 X60.15
N2020 X61.15
N2030 G03 X61.15 Y5.9 R-0.7 G50
N2040 G01 X60.15 G52
N2050 X50.15
N2060 X48.45 Y6.0
N2070 X48.25
N2080 X38.25
N2090 X37.25
N2100 G03 X36.5 Y5.25 R0.75 G50
N2110 X36.507 Y5.15 R0.75
N2120 X36.699 Y4.819 R0.5
N2130 G01 X37.75 Y5.25
N2140 M30
%

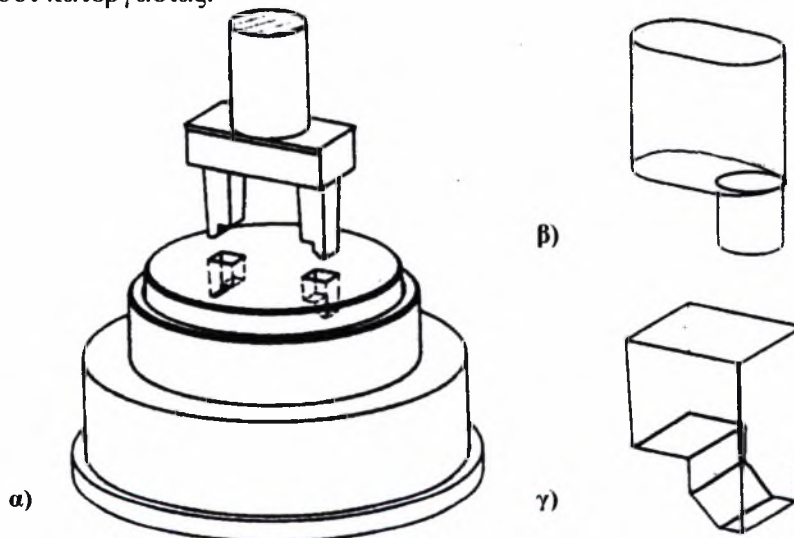
Αρχείο πληροφοριών kaloupi-setup.nc

* Code Generated for the Standard Fanuc Wire ISO G code
* Part Name : kaloupi
* Sequence : KALOUP1
* Date : 09/02/01 Time : 15:44:44
* Programmed By GIANNIS

5.2 ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΒΥΘΙΣΗΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ

5.2.1 Περιγραφή

Προκειμένου να κατασκευαστεί καλούπι για την χύτευση πλαστικού καλύμματος, πρέπει να γίνει διάνοιξη δυο κοιλοτήτων ειδικού σχήματος. Η πραγματοποίηση της συγκεκριμένης κατεργασίας δεν είναι εφικτή με κάποια από τις συμβατικές μεθόδους π.χ. φρέζα και έτσι, θα γίνει με τη μέθοδο της βύθισης ηλεκτροδιάβρωσης. Το αντίστοιχο εργαλείο της βύθισης πρέπει να είναι από υλικό μεγάλης σκληρότητας και θερμικής ανθεκτικότητας. Για το λόγο αυτό, η κατασκευή του θα γίνει με τη μέθοδο της ηλεκτροδιάβρωσης με σύρμα. Έτσι, θα δειχθεί πως μπορούν να συνδυαστούν στη πράξη οι δυο μέθοδοι κατεργασίας.

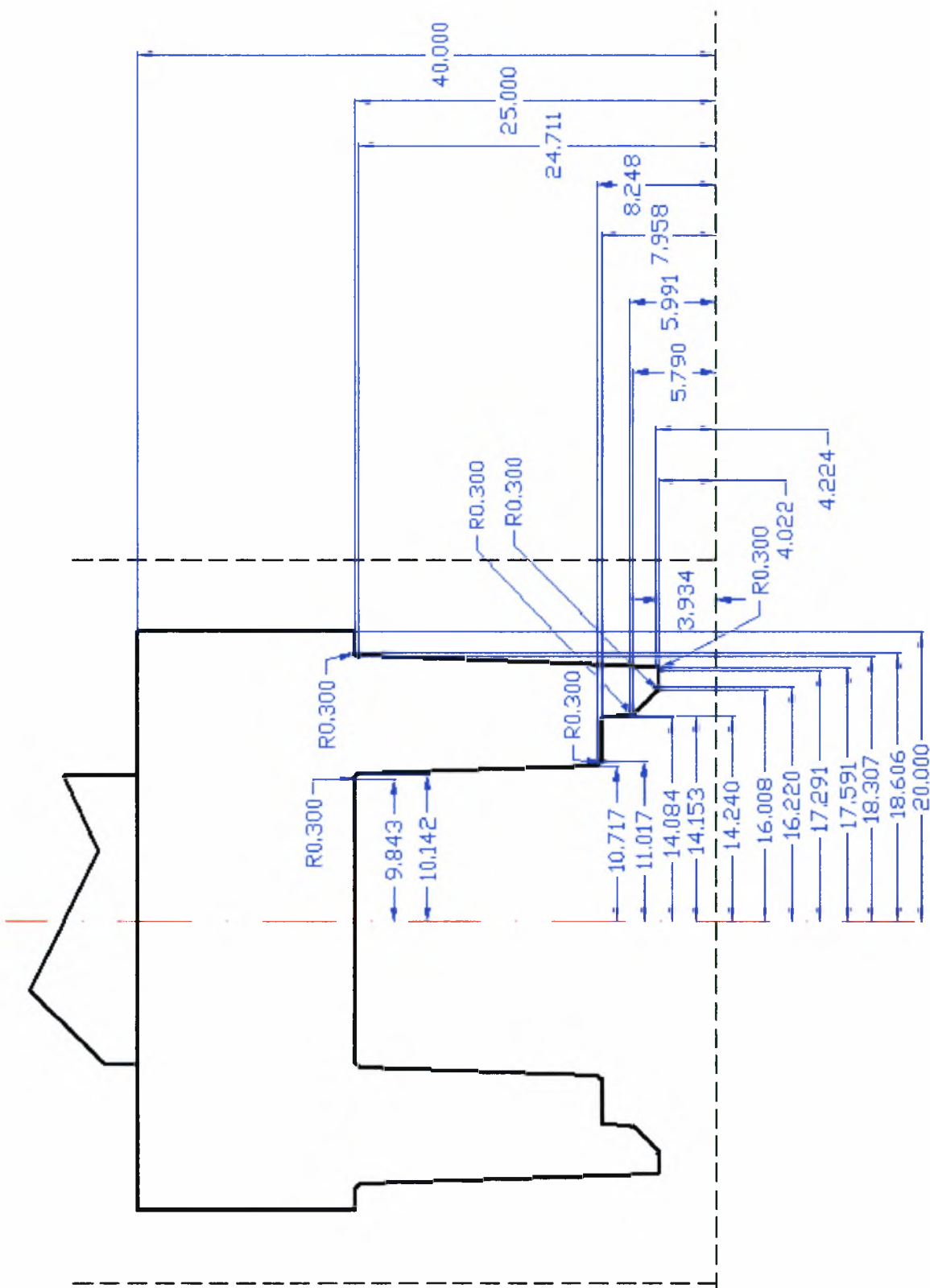


Εικόνα Νο 5.34 : α) Καλούπι χύτευσης και εργαλείο βύθισης, β) Σχήμα εργαλείου κατά προσέγγιση με φρεζάρισμα, γ) Σχήμα εργαλείου ακριβές με ηλεκτροδιάβρωση σύρματος

5.2.2 Σχεδιασμός και διαστασιολόγηση

Το εργαλείο της βύθισης σχεδιάζεται στο περιβάλλον σχεδίασης του EdgeCAM ή του AutoCAD και διαστασιολογείται. Αν ο σχεδιασμός γίνει στο AutoCAD εισάγεται στο EdgeCAM κατά τα γνωστά στο περιβάλλον σχεδίασης (Design).

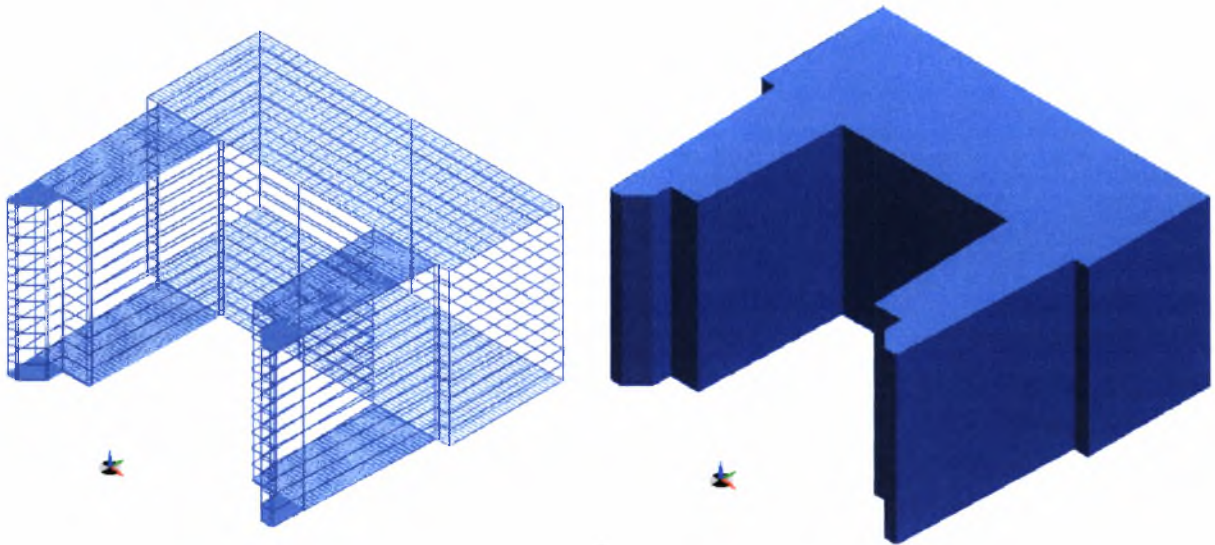
Η κατεργασία του κομματιού επιλέγεται να γίνει με την εντολή κοπή 2D προφίλ (2D Profile) και επομένως δεν χρειάζεται να δημιουργηθεί συρμάτινο πλέγμα.



Εικόνα Νο 5.35 : Κατασκευαστικό σχέδιο εργαλείου βύθισης (σε mm)

Εικόνα Νο 5.35 : Κατασκευαστικό σχέδιο εργαλείου βύθισης (σε mm)

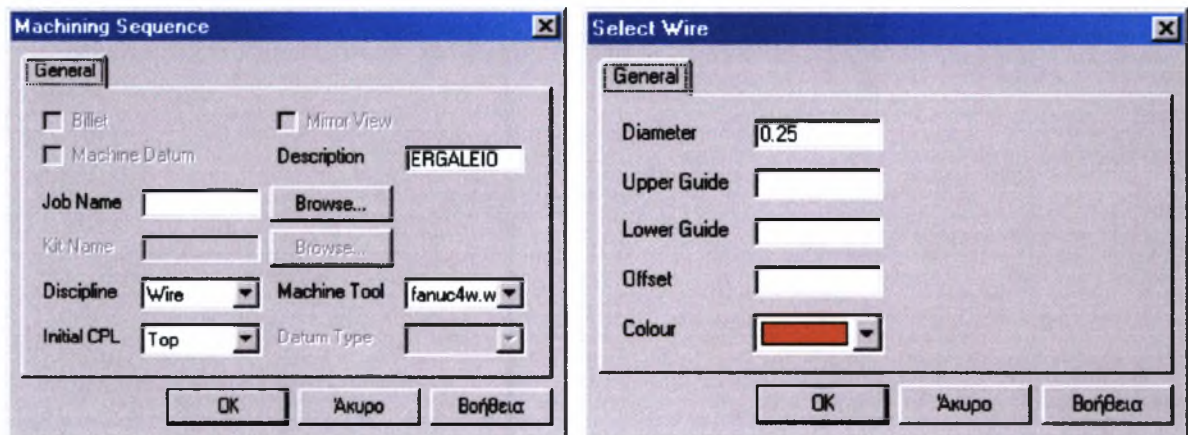
Προβάλλοντας το σχέδιο στον Z άξονα και προσθέτοντας τις κατάλληλες επιφάνειες έχουμε μια ολοκληρωμένη γραφική απεικόνιση του εργαλείου.



Εικόνα Νο 5.36 : Εργαλείο βύθισης - Μοντελοποίηση

5.2.3 Είσοδος στο περιβάλλον κατεργασίας

Κατά την είσοδο στο περιβάλλον κατεργασίας δηλώνεται το φασεολόγιο της κατεργασίας και στη συνέχεια επιλέγεται το σύρμα που θα χρησιμοποιηθεί σ' αυτήν.



Εικόνα Νο 5.37 : Εργαλείο βύθισης : Παράμετροι φασεολογίου και επιλογή σύρματος

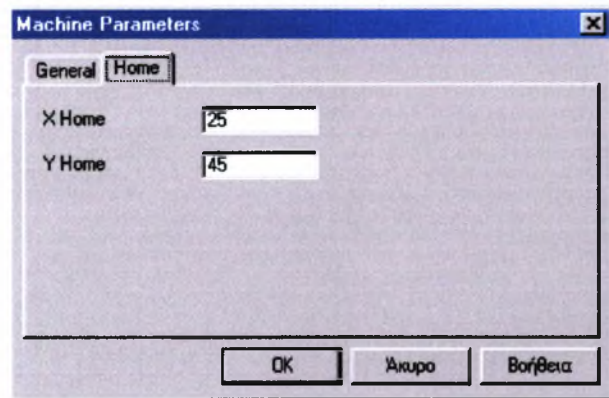
Για το φασεολόγιο επιλέγεται:

- Περιγραφή του φασεολογίου (Description) : ERGALEIO
- Είδος μηχανής (Discipline) : Wire
- Γεννήτρια κώδικα (Machine Tool) : fanuc4w.wcp (μονάδες mm)
- Αρχικό CPL (Initial CPL) : Top

Η διάμετρος του σύρματος ορίζεται 0.25mm και το χρώμα του κόκκινο.

Στη συνέχεια καθορίζεται το μηδενικό σημείο της μηχανής μέσω των παραμέτρων μηχανής (Machine Parameters – M-Function menu)

Το μηδενικό σημείο της μηχανής δηλώνεται στις συντεταγμένες $X = 25$ και $Y = 45$

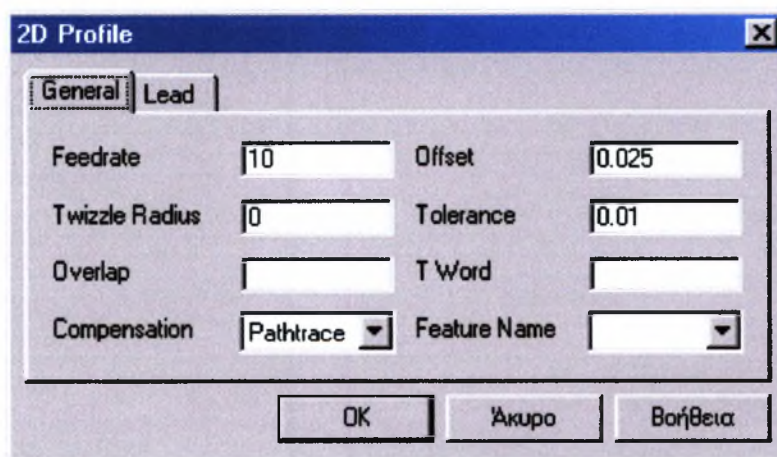


Εικόνα Νο 5.38 : Εργαλείο βύθισης – Μηδενικό σημείο μηχανής

5.2.4 Κατεργασία του εργαλείου

Η εντολή κατεργασίας 2D Profile εφαρμόζεται μόνο σε κανονική EdgeCAM γεωμετρία δύο διαστάσεων και όχι σε συρμάτινο πλέγμα. Έτσι, το 2D κομμάτι μπορεί να παραλάβει παραμέτρους κατεργασίας χωρίς περαιτέρω επεξεργασία.

Επιλέγοντας την εντολή 2D Profile ζητείται να καθοριστούν οι παράμετροι της κατεργασίας.



Εικόνα Νο 5.39 : Εργαλείο βύθισης – Επιλογή γενικών παραμέτρων κατεργασίας

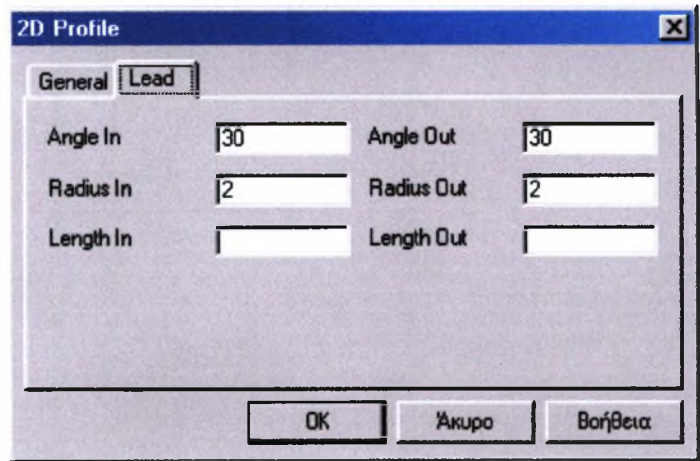
Γενικοί παράμετροι:

- Ορίζεται ταχύτητα πρόωσης (Feedrate) 10mm/min
- Ορίζεται διόρθωση τροχιάς (Offset) 0.025mm
- Ορίζεται η ακτίνα αναστροφής (Twizzle Radius) 0mm
- Ορίζεται ανοχή (Tolerance) 0.01
- Ορίζεται αντιστάθμιση (Compensation) από το πρόγραμμα (Pathtrace)

Παράμετροι οδήγησης:

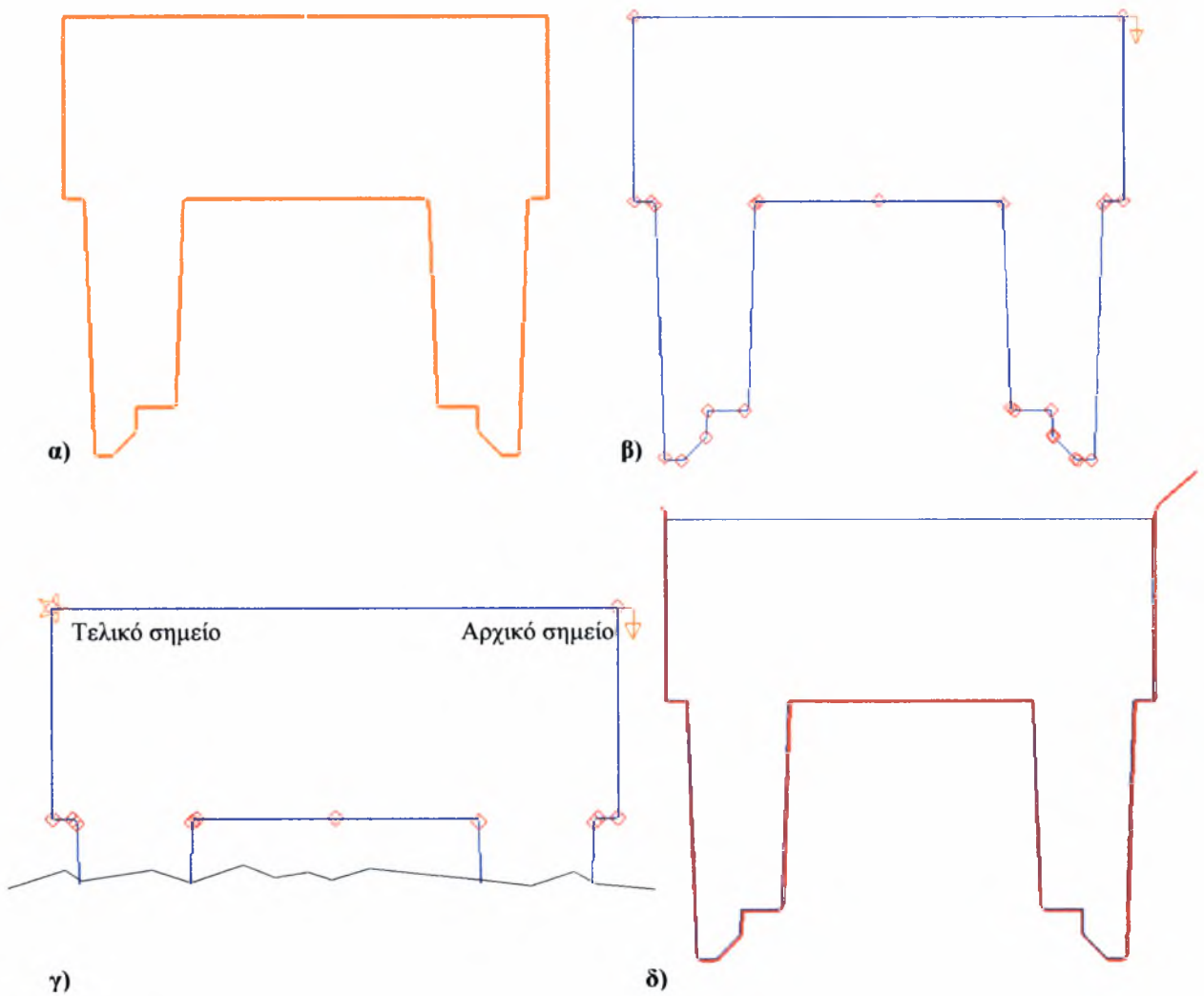
Γωνία Εισόδου / Εξόδου
(Angle In/Out) 30°,

Ακτίνα Εισόδου / Εξόδου
(Radius In/Out) 2mm



Εικόνα Νο 5.40 : Εργαλείο βύθισης – Επιλογή παραμέτρων οδήγησης

Στη συνέχεια επιλέγεται το 2D προφίλ που θα κατεργαστεί και ορίζονται η διεύθυνση του σύρματος και το αρχικό και τελικό σημείο της κατεργασίας επάνω στο προφίλ. Έτσι δημιουργείται η διαδρομή του σύρματος.



Εικόνα Νο 5.41 : Εργαλείο βύθισης : α) Επιλογή προφίλ κατεργασίας, β) Ορισμός διεύθυνσης, γ) Ορισμός αρχικού και τελικού σημείου της κατεργασίας, δ) Διαδρομή σύρματος

5.2.5 Χρόνος κατεργασίας

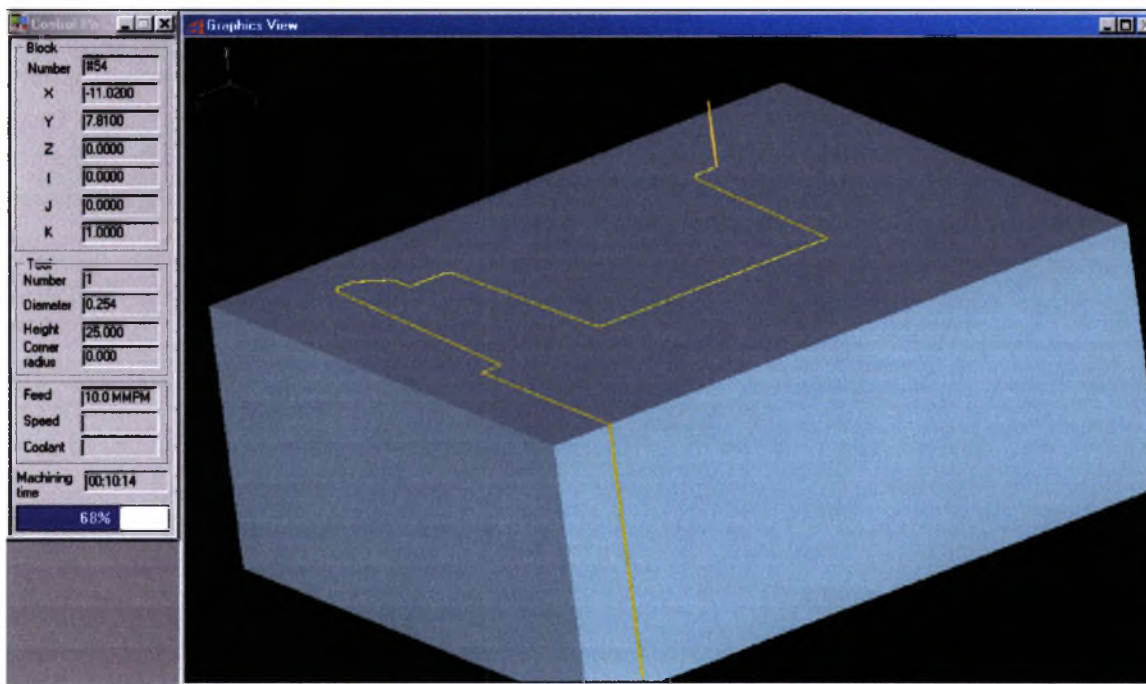
Ο χρόνος κατεργασίας ελέγχεται μέσω της εντολής Χρόνος κύκλου (Cycle Time – Verify menu).



Εικόνα No 5.42 : Εργαλείο βύθισης – Έλεγχος χρόνου κατεργασίας

5.2.6 Προσομοίωση κατεργασίας

Δηλώνοντας το μέγεθος του αρχικού υλικού κοπής πραγματοποιείται η προσομοίωση της κατεργασίας μέσω του EdgeCAM Verify.



Εικόνα No 5.43 : Εργαλείο βύθισης – Προσομοίωση κατεργασίας στο EdgeCAM Verify

5.2.7 Παραγωγή του κώδικα CNC

Εφόσον και μετά την προσομοίωση έχει κριθεί ότι η κατεργασία γίνεται χωρίς σφάλματα, παράγεται ο κώδικας CNC.

Δηλώνοντας τις κατάλληλες παραμέτρους και την περιγραφή του κομματιού, παράγεται το αρχείο του κώδικα και το αρχείο των πληροφοριών του εργαλείου.

Αρχείο κώδικα CNC: ergaleio.nc


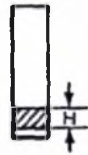
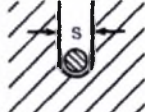
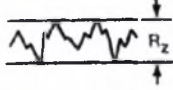









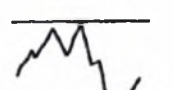




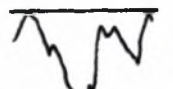









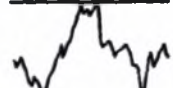

```
%  
:2(ERGALEIO BYTHISHS)  
N10 G21 G90 G40  
N20 M54 (THREAD WIRE)  
N30 G01 X20.418 Y41.0 T0.0 G50 D00 F10  
N40 G03 X20.15 Y40.0 R2.0  
N50 G01 Y24.85  
N60 X18.606  
N70 G03 X18.457 Y24.706 R0.15  
N80 G01 X17.741 Y4.218  
N90 G02 X17.291 Y3.784 R0.45  
N100 G01 X16.22  
N110 G02 X15.902 Y3.916 R0.45  
N120 G01 X14.134 Y5.684  
N130 G02 X14.003 Y5.986 R0.45  
N140 G01 X13.939 Y7.808  
N150 X11.017  
N160 G02 X10.567 Y8.243 R0.45  
N170 G01 X9.992 Y24.706  
N180 G03 X9.843 Y24.85 R0.15  
N190 G01 X0.0  
N200 X-9.843  
N210 G03 X-9.992 Y24.706 R0.15  
N220 G01 X-10.567 Y8.243  
N230 G02 X-11.017 Y7.808 R0.45  
N240 G01 X-13.939  
N250 X-14.003 Y5.986  
N260 G02 X-14.134 Y5.684 R0.45  
N270 G01 X-15.902 Y3.916  
N280 G02 X-16.22 Y3.784 R0.45  
N290 G01 X-17.291  
N300 G02 X-17.741 Y4.218 R0.45  
N310 G01 X-18.457 Y24.706  
N320 G03 X-18.606 Y24.85 R0.15  
N330 G01 X-20.15  
N340 Y40.0  
N350 G03 X-20.418 Y41.0 R2.0  
N360 M30  
%
```

Αρχείο πληροφοριών εργαλείου ergaleio-setup.nc


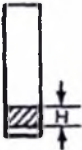
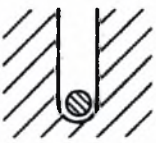
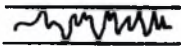




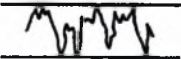



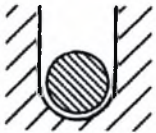









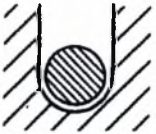


```
* Code Generated for the Standard Fanuc Wire ISO G code  
* Part Name : ergaleio  
* Sequence : ERGALEIO  
* Date : 09/04/01 Time : 22:56:33  
* Programed By GIANNIS
```


6 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (Α) ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



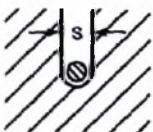
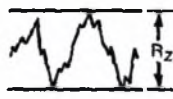



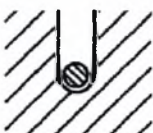
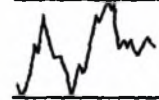




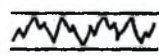




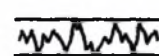

6.1 ΣΥΡΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΑΠΟ ΟΡΕΙΧΑΛΚΟ

ΥΛΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ D in [mm]	ΠΑΧΟΣ ΚΟΠΗΣ H in [mm]	ΠΑΧΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ S in [mm]	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ Rz μin [μm]	ΡΥΘΜΟΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗΣ ΥΛΙΚΟΥ Vs in ² /min [cm ² /min]
ΧΑΛΥΒΑΣ, ΑΠΛΟΣ & ΚΡΑΜΑΤΟΜΕΝΟΣ	0.004 [0.1] 	0.08 με 0.80 [2 με 20] 	0.005 [130] 	8 με 12 [0.2 με 0.3] 	0.0109 [0.070] 
	0.006 [0.15] 	0.08 με 2.0 [2 με 50] 	0.0078 [198] 	14 με 20 [0.35 με 0.5] 	0.0186 [0.120] 
	0.008 [0.2] 	0.08 με 3.0 [2 με 75] 	0.0102 [259] 	14 με 28 [0.35 με 0.71] 	0.0388 [0.250] 
	0.010 [0.25] 	0.4 με 5.0 [10 με 125] 	0.0134 [340] 	14 με 28 [0.35 με 0.71] 	0.0388 [0.250] 
	0.012 [0.3] 	3.0 με 6.0 [75 με 150] 	0.0149 [378] 	14 με 20 [0.35 με 0.5] 	0.388 [0.250] 
ΧΑΛΚΟΣ	0.010 [0.25] 	0.08 με 1.6 [2 με 40] 	0.0126 [320] 	14 με 28 [0.35 με 0.7] 	0.03 [0.194] 

Συνέχεια...

ΥΛΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ D in [mm]	ΠΑΧΟΣ ΚΟΠΗΣ H in [mm]	ΠΑΧΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ S in [mm]	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ Rz μin [μm]	ΡΥΘΜΟΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗΣ ΥΛΙΚΟΥ Vs in ² /min [cm ² /min]
ΚΑΡΒΙΔΙΑ	0.004 [0.1] 	0.08 με 0.8 [2 με 20] 	0.0075 [190] 	6 με 9 [0.15 με 0.24] 	0.0054 [0.035] 
	0.006 [0.15] 	0.08 με 1.2 [2 με 30] 	0.009 [229] 	9 με 11 [0.24 με 0.28] 	0.011 [0.071] 
	0.010 [0.25] 	0.08 με 2.0 [2 με 50] 	0.0142 [361] 	8 με 20 [0.2 με 0.5] 	0.019 [0.122] 
ΓΡΑΦΙΤΗΣ	0.010 [0.25] 	0.08 με 1.6 [2 με 40] 	0.0139 [351] 	14 με 24 [0.35 με 0.6] 	0.0186 [0.120] 
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	0.010 [0.25] 	0.08 με 1.6 [2 με 40] 	0.0134 [340] 	20 με 35 [0.5 με 35] 	0.093 [0.60] 

6.2 ΣΥΡΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΑΠΟ ΜΟΛΥΒΔΑΙΝΙΟ

ΥΛΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ D in [mm]	ΠΑΧΟΣ ΚΟΠΗΣ H in [mm]	ΠΑΧΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ S in [mm]	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ Rz μιν [μm]	ΡΥΘΜΟΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗΣ ΥΛΙΚΟΥ Vs in ² /min [cm ² /min]
ΧΑΛΥΒΑΣ, ΑΠΛΟΣ & ΚΡΑΜΑΤΟΜΕΝΟΣ	0.003 [0.08] 	0.08 με 0.4 [2 με 10] 	0.004 [105] 	14 με 22 [0.3 με 0.55] 	0.0078 [0.05] 
	0.004 [0.1] 	0.08 με 0.4 [2 με 10] 	0.0049 [125] 	18 με 23 0.47 με 0.59 	0.0109 [0.07] 
ΚΑΡΒΙΔΙΑ	0.003 [0.08] 	0.08 με 0.5 [2 με 12.7] 	0.004 [105] 	3 με 9 [0.078 με 0.23] 	0.0062 [0.04] 
	0.004 [0.1] 	0.08 με 0.5 [2 με 12.7] 	0.0053 [135] 	5 με 9 [0.118 με 0.23] 	0.0093 [0.06] 

(Βλέπε και κεφάλαιο 1.3.4)

7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (B) ΔΕΝΔΡΙΤΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ "EDGE CAM WIRE EDM MANUAL"

Wire EDM (Electrical Discharge Machining)

Πρώτο επίπεδο:

EdgeCAM Wire Erosion

▶ 1. Introducing EdgeCAM Wire Erosion

▶ 1.1 *What is Wire Erosion?*

▶ 1.2 *What is EdgeCAM Wire Erosion?*

▶ 2. Wire Erosion Basics

▶ 2.1 *Creating the Design Intent*

▶ 2.2 *Editing the Design Intent*

▶ 2.3 *Entering Manufacture Mode and selecting the Code Generator*

▶ 2.4 *Cutting the Part*

▶ 2.5 *Viewing and checking the Part*

▶ 2.6 *Editing the Instruction List (if necessary)*

▶ 2.7 *Generating CNC Code*

Δεύτερο επίπεδο:

EdgeCAM Wire Erosion

→ 1. Introducing EdgeCAM Wire Erosion

→ 1.1 What is Wire Erosion?

- 1.1.1 Two Axis Wire Positioning
- 1.1.2 Four Axis Wire Positioning

→ 1.2 What is EdgeCAM Wire Erosion?

- 1.2.1 Transformed Profile (Geometry menu)
- 1.2.2 Tapered Profile (Geometry menu)
- 1.2.3 Linked Profile (Geometry menu)
- 1.2.4 Select Wire (Cycles menu)
- 1.2.5 Machine Design (Cycles menu)
- 1.2.6 2D Destruct (Cycles menu)
- 1.2.7 2D Profile (Cycles menu)
- 1.2.8 Cut Support Tag (Cycles menu)

→ 2. Wire Erosion Basics

→ 2.1 Creating the Design Intent

- 2.1.1 Linked Profile (Geometry menu)
- 2.1.2 Tapered Profile (Geometry menu)
- 2.1.3 Transformed Profile (Geometry menu)
- 2.1.4 Wire Section (Geometry menu)

→ 2.2 Editing the Design Intent

- 2.2.1 Apply to All
- 2.2.2 Individual
- 2.2.3 Match
- 2.2.4 Link Profile
- 2.2.5 Editing Transformed Profiles
- 2.2.6 Editing Tapered Profiles
- 2.2.7 Editing Linked Profiles

→ 2.3 Entering Manufacture Mode and selecting the Code Generator

- 2.3.1 Browsing the Instruction List
- 2.3.2 About Machining Sequences
- 2.3.3 Defining a Machining Sequence
- 2.3.4 Selecting an Existing Machining Sequence

→ 2.4 Cutting the Part

- 2.4.1 Using Parameters for Machine Design
- 2.4.2 Specifying the Lead Parameters
- 2.4.3 Using Wire Compensation

- ▶ **2.5 Viewing and checking the Part**
 - ▶ 2.5.1 Verifying the Machining Parameters
 - ▶ 2.5.2 Viewing the Machine Datum Co-ordinates
 - ▶ 2.5.3 Viewing Information on the Part

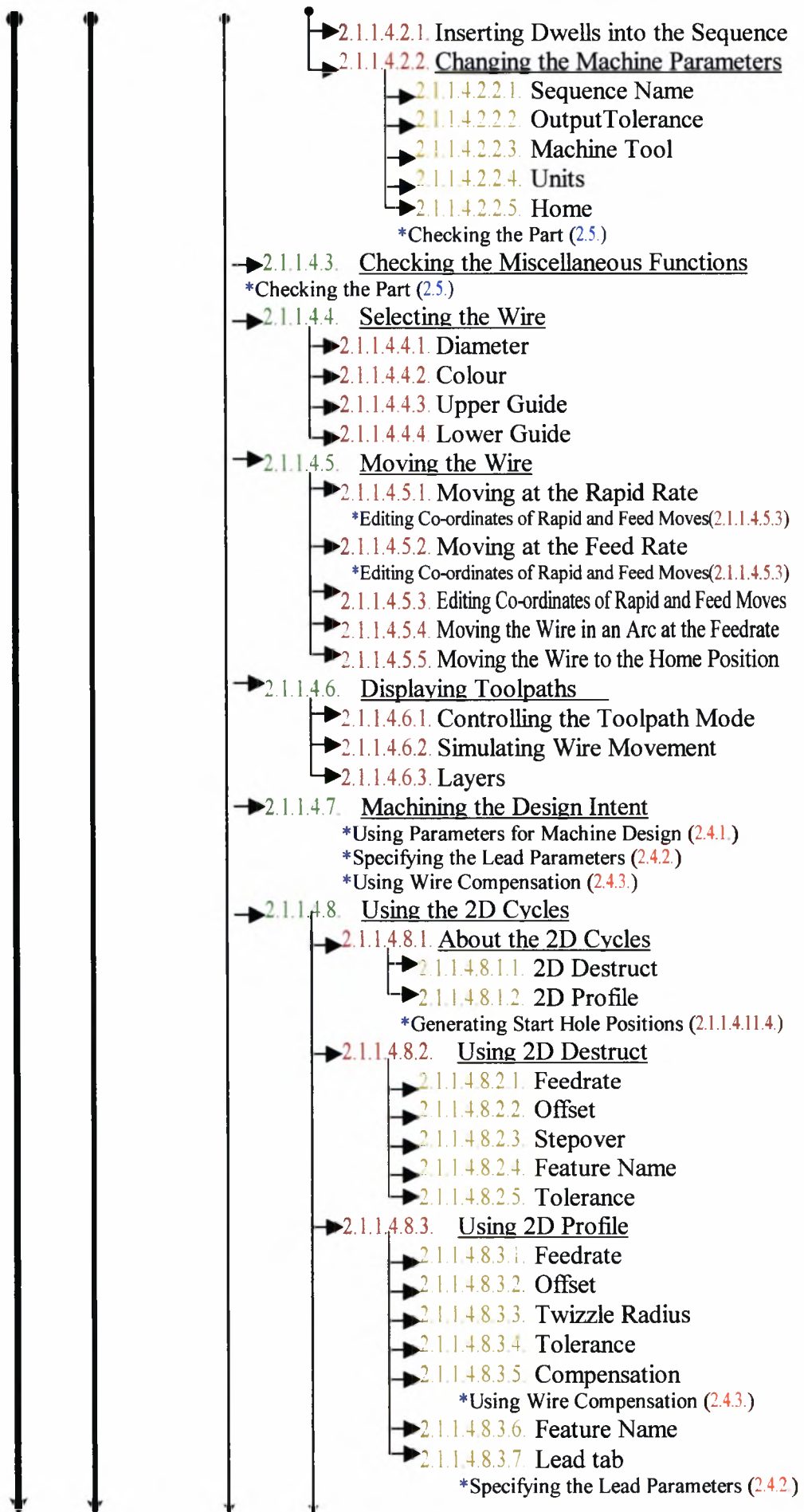
- ▶ **2.6 Editing the Instruction List (if necessary)**
 - ▶ 2.6.1 Edit
 - ▶ 2.6.2 Edit Screensnap
 - ▶ 2.6.3 Insert
 - ▶ 2.6.4 Move
 - ▶ 2.6.5 Copy
 - ▶ 2.6.6 Delete
 - ▶ 2.6.7 Regenerate
 - ▶ 2.6.8 Regenerate Screensnap
 - ▶ 2.6.9 View
 - ▶ 2.6.10 View Screensnap
 - ▶ 2.6.11 Choosing the Editing Options
 - ▶ 2.6.12 Selecting from the Instruction List

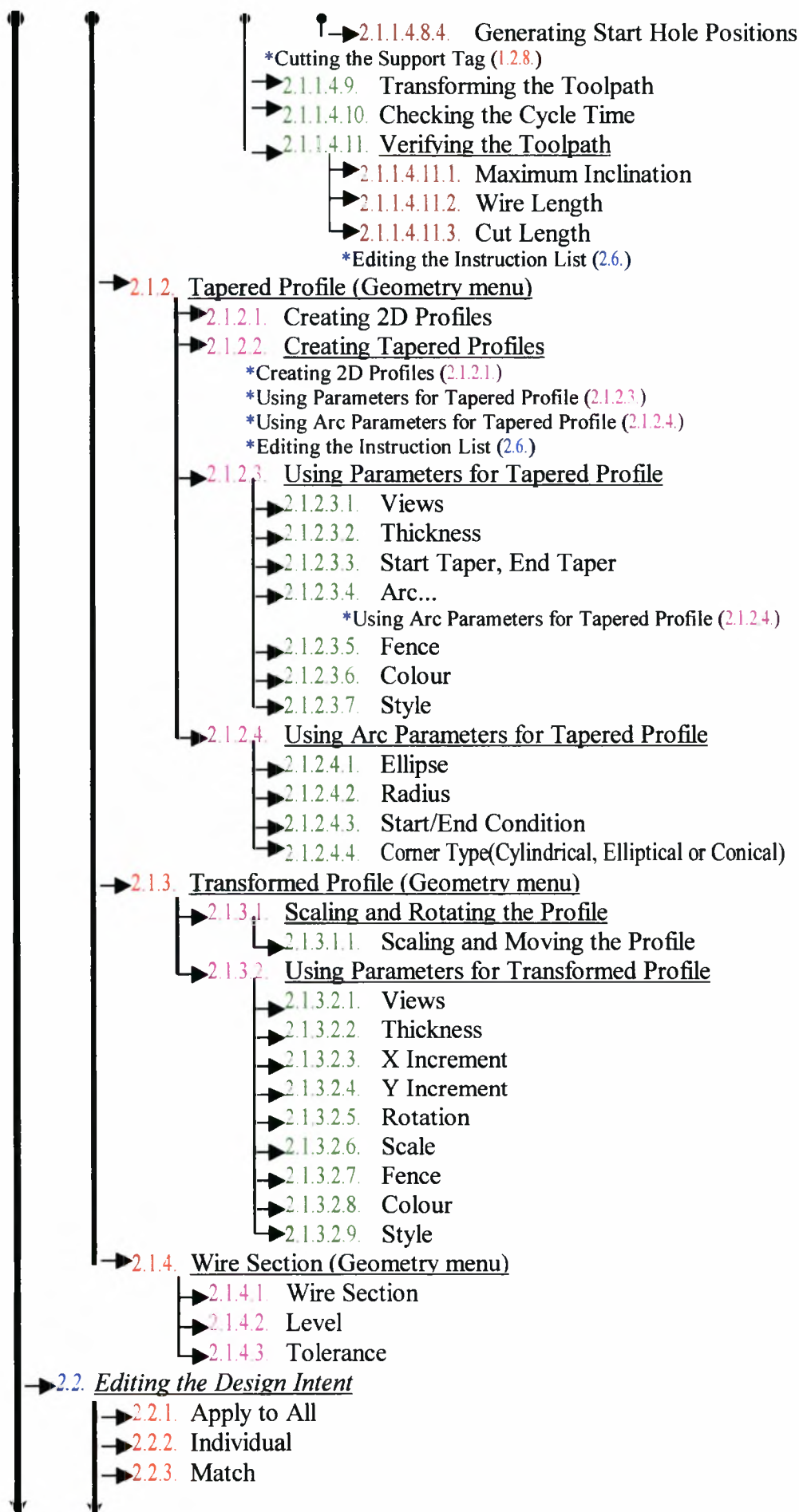
- ▶ **2.7 Generating CNC Code**
 - ▶ 2.7.1 Job
 - ▶ 2.7.2 Update Job
 - ▶ 2.7.3 Documentation Link
 - ▶ 2.7.4 Operation Names
 - ▶ 2.7.5 PDI Name
 - ▶ 2.7.6 About CNC Filenames
 - ▶ 2.7.7 Code Generator Commands
 - ▶ 2.7.8 Editing the CNC Code
 - ▶ 2.7.9 Modifying a Code Generator File

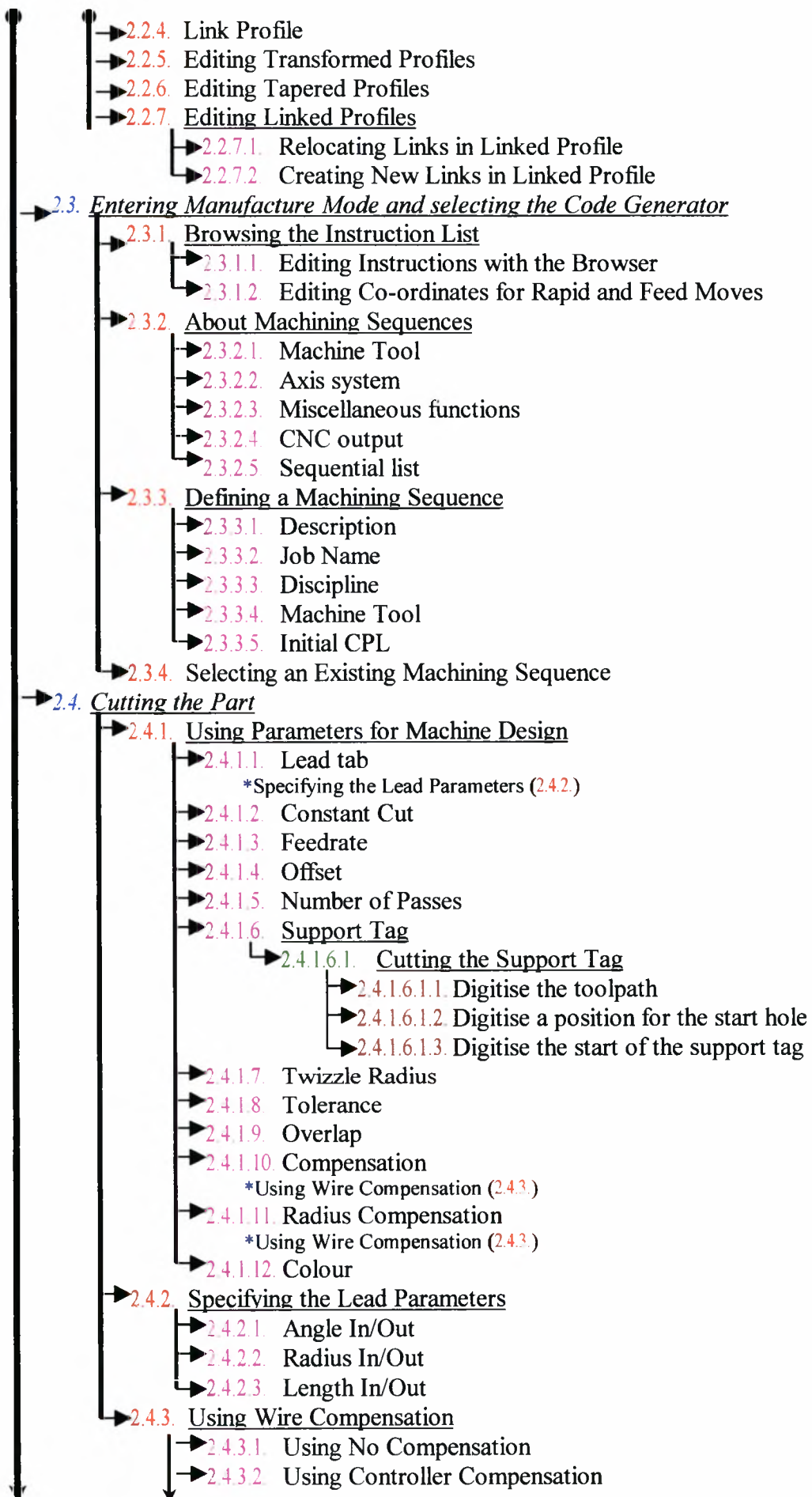
Ολοκληρωμένο:

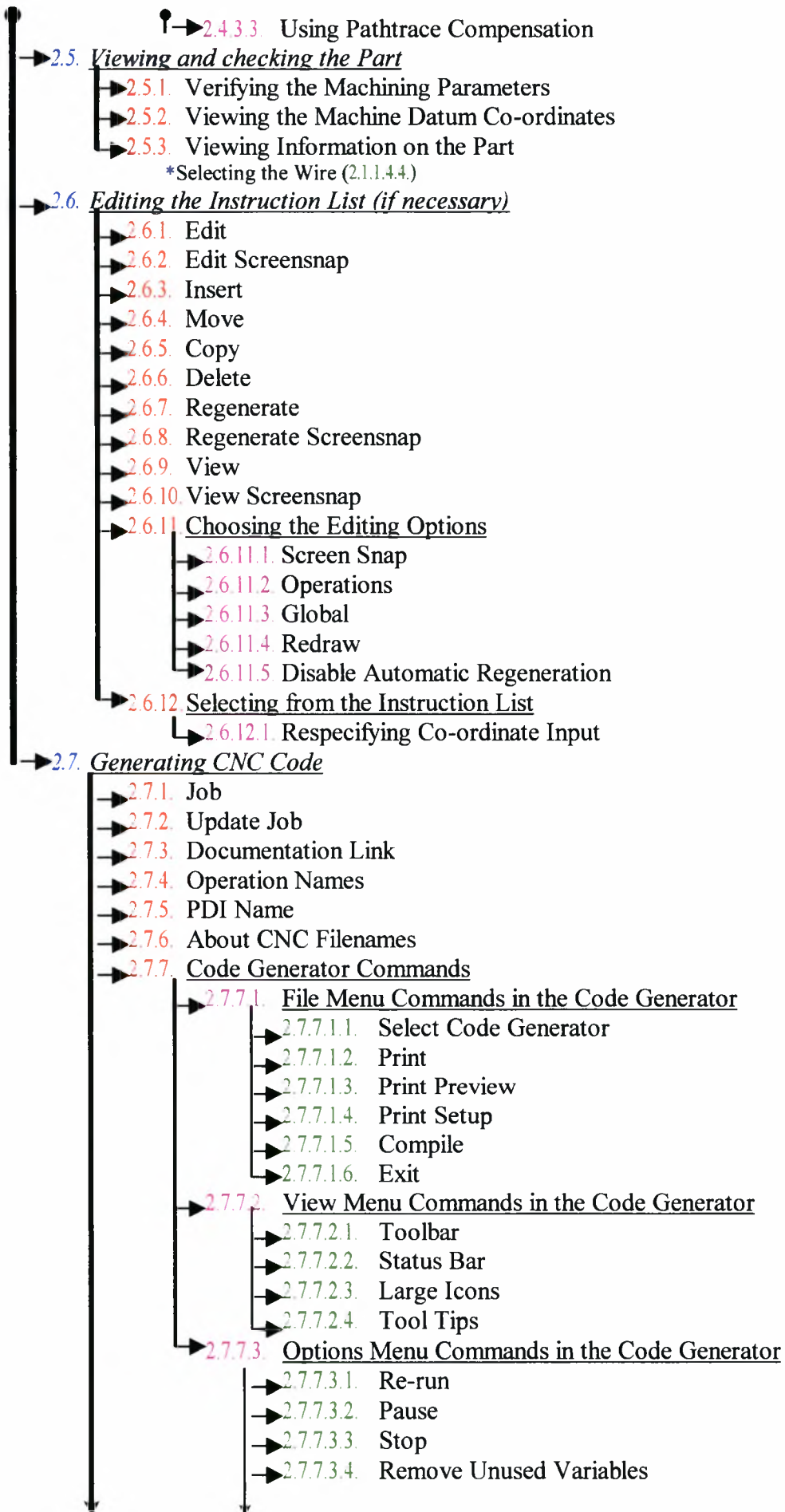
EdgeCAM Wire Erosion

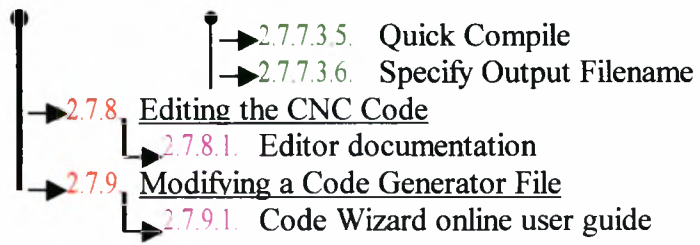
- ▶ **1. Introducing EdgeCAM Wire Erosion**
 - ▶ **1.1. What is Wire Erosion?**
 - ▶ 1.1.1. Two Axis Wire Positioning
 - ▶ 1.1.2. Four Axis Wire Positioning
 - ▶ **1.2. What is EdgeCAM Wire Erosion?**
 - ▶ 1.2.1. Transformed Profile (Geometry menu)
 - ▶ 1.2.1.1. Scaling
 - ▶ 1.2.1.2. Movement in the co-ordinate plane
 - ▶ 1.2.1.3. Rotation about a point
 - ▶ 1.2.2. Tapered Profile (Geometry menu)
 - ▶ 1.2.3. Linked Profile (Geometry menu)
 - ▶ 1.2.4. Select Wire (Cycles menu)
 - ▶ 1.2.5. Machine Design (Cycles menu)
 - ▶ 1.2.6. 2D Destruct (Cycles menu)
 - ▶ 1.2.7. 2D Profile (Cycles menu)
 - ▶ 1.2.8. Cut Support Tag (Cycles menu)
- ▶ **2. Wire Erosion Basics**
 - ▶ **2.1. Creating the Design Intent**
 - ▶ **2.1.1. Linked Profile (Geometry menu)**
 - ▶ **2.1.1.1. Using Parameters for Linked Profile**
 - ▶ 2.1.1.1.1. Views
 - ▶ 2.1.1.1.2. Fence
 - ▶ 2.1.1.1.3. Automatic Links
*Using Automatic Links (2.1.1.2)
 - ▶ 2.1.1.1.4. Colour
 - ▶ 2.1.1.1.5. Style
 - ▶ **2.1.1.2. Using Automatic Links**
 - ▶ 2.1.1.2.1. <None>
*Linking Profiles Manually (2.1.1.3)
 - ▶ 2.1.1.2.2. Closest Node
 - ▶ 2.1.1.2.3. Closest Location
 - ▶ 2.1.1.2.4. Proportional
 - ▶ 2.1.1.2.5. Node To Node
 - ▶ 2.1.1.2.6. Relocating Links in Linked Profile
 - ▶ 2.1.1.2.7. Creating New Links in Linked Profile
 - ▶ 2.1.1.2.8. Deleting Links in Linked Profile
*Using Parameters for Linked Profile (2.1.1.1)
*Linking Profiles Manually (2.1.1.3)
 - ▶ **2.1.1.3. Linking Profiles Manually**
 - ▶ 2.1.1.3.1. Relocating Links in Linked Profile
 - ▶ 2.1.1.3.2. Creating New Links in Linked Profile
 - ▶ 2.1.1.3.3. Deleting Links in Linked Profile
 - ▶ **2.1.1.4. Creating the Toolpath**
 - ▶ 2.1.1.4.1. Entering Manufacture Mode
*Browsing the Instruction List (2.3.1)
*About Machining Sequences (2.3.2)
*Defining a Machining Sequence (2.3.3)
*Selecting an Existing Machining Sequence (2.3.4)
 - ▶ 2.1.1.4.2. Using Miscellaneous (M-) Functions











8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (Γ) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i>Εικόνα Νο 2.1</i> : Φάσεις της ηλεκτρικής εκκένωσης -----	11
<i>Εικόνα Νο 2.2</i> : Επίδραση διακένου στη ποιότητα της εκκένωσης-----	13
<i>Εικόνα Νο 2.3</i> : Εναλλακτικές λύσεις για την κυκλοφορία του διηλεκτρικού -----	14
<i>Εικόνα Νο 2.4</i> : Κρυσταλλική δομή στη θέση κατεργασίας -----	15
<i>Εικόνα Νο 2.5</i> : Είδη διακένων-----	16
<i>Εικόνα Νο 2.6</i> : Διαστασιολόγηση ηλεκτροδίων στην ηλεκτροδιάβρωση-----	16
<i>Εικόνα Νο 2.7</i> : Σχηματική διάταξη βύθισης με ηλεκτροδιάβρωση-----	19
<i>Εικόνα Νο 2.8</i> : Παραλλαγές της βύθισης με ηλεκτροδιάβρωση: α) Απλή, β) Με πλανητική κίνηση, γ) Με οδήγηση τροχιάς -----	19
<i>Εικόνα Νο 2.9</i> : Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση και οδήγηση τροχιάς-----	20
<i>Εικόνα Νο 2.10</i> : Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση και πλανητική κίνηση -----	20
<i>Εικόνα Νο 2.11</i> : Ανοίγματα που προκύπτουν από τη βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση και πλανητική κίνηση του εργαλείου-----	21
<i>Εικόνα Νο 2.12</i> : Σχηματική διάταξη της κοπής με σύρμα-----	21
<i>Εικόνα Νο 2.13</i> : Σχηματική διάταξη λείανσης με ηλεκτροδιάβρωση -----	22
<i>Εικόνα Νο 2.14</i> : Σχηματική διάταξη πριονίσματος με ηλεκτροδιάβρωση -----	22
<i>Εικόνα Νο 2.15</i> : α) Αρχή λειτουργίας, β) Πορεία του σύρματος κοπής -----	23
<i>Εικόνα Νο 2.16</i> : Πρισματική κοπή -----	24
<i>Εικόνα Νο 2.17</i> : Μη πρισματική κοπή -----	24
<i>Εικόνα Νο 2.18</i> : Γεωμετρικές δυνατότητες της μη πρισματικής κοπής και παράδειγμα ευθαιιογενούς επιφάνειας -----	25
<i>Εικόνα Νο 2.19</i> : Δυνάμεις και αποκλίσεις κατά την κοπή με σύρμα -----	26
<i>Εικόνα Νο 2.20</i> : Φάσμα προϊόντων που βασίζονται στο ίδιο περίγραμμα -----	29
<i>Εικόνα Νο 3.1</i> : Κατεργασία τέρνου -----	32
<i>Εικόνα Νο 3.2</i> : Κατεργασία τέρνου με δυο πυργίσκους -----	33
<i>Εικόνα Νο 3.3</i> : Εργασίες φρέζας σε τέρνο-----	33
<i>Εικόνα Νο 3.4</i> : Φρεζάρισμα-----	34
<i>Εικόνα Νο 3.5</i> : Κατεργασία σε πολλά επίπεδα και σχήματα εκ περιστροφής-----	34
<i>Εικόνα Νο 3.6</i> : Κατεργασία περίπλοκης επιφάνειας-----	35
<i>Εικόνα Νο 3.7</i> : Ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα -----	36
<i>Εικόνα Νο 3.8</i> : Αποθήκη βάσης δεδομένων εργαλείων -----	36
<i>Εικόνα Νο 3.9</i> : Τεχνολογικά δεδομένα-----	37
<i>Εικόνα Νο 3.10</i> : Προσομοίωση κατεργασίας (φρέζας)-----	38
<i>Εικόνα Νο 4.1</i> : Σχεδιασμός πρίσματος-----	41
<i>Εικόνα Νο 4.2</i> : Δημιουργία της διαδρομής του σύρματος -----	42
<i>Εικόνα Νο 4.3</i> : Προσομοίωση κατεργασίας πρίσματος -----	42
<i>Εικόνα Νο 4.4</i> : Παράθυρο γενικών παραμέτρων λοξού προφίλ -----	44
<i>Εικόνα Νο 4.5</i> : Πρίσμα - Πάχος πλέγματος, α) 2D γεωμετρία , β) Συγκεκριμένο πάχος πλέγματος-----	45
<i>Εικόνα Νο 4.6</i> : Λοξό προφίλ – Γωνία λοξότητας: α) Αρχική γωνία = θ , Τελική γωνία = 0 β) Αρχική γωνία = 0 , Τελική γωνία = θ -----	46
<i>Εικόνα Νο 4.7</i> : Λοξό προφίλ – Γωνία λοξότητας: Αρχική γωνία = θ , Τελική γωνία = θ -----	46
<i>Εικόνα Νο 4.8</i> : Πρίσμα – Αριθμός πλέγματος -----	47
<i>Εικόνα Νο 4.9</i> : Λοξό προφίλ – Συνδυασμός γενικών παραμέτρων, α) Κάτοψη, β) Προοπτικό-----	47
<i>Εικόνα Νο 4.10</i> : Παράθυρο παραμέτρων τόξου λοξού προφίλ -----	48
<i>Εικόνα Νο 4.11</i> : Αοξό Προφίλ – Κυλινδρικός τύπος γωνίας, α) Κάτοψη, β) Προοπτικό -----	49

Εικόνα Νο 4.12 : Λοξό Προφίλ – Κωνικός τύπος γωνίας, $R_{\text{τελική}} < R_{\text{αρχική}}$, α) Κάτοψη , β) Προοπτικό-----	50
Εικόνα Νο 4.13 : Λοξό Προφίλ – Κωνικός τύπος γωνίας, $R_{\text{τελική}} > R_{\text{αρχική}}$, α) Κάτοψη , β) Προοπτικό-----	50
Εικόνα Νο 4.14 : Λοξό Προφίλ – Ελλειπτικός τύπος γωνίας: Μικρότερη γωνία λοξότητας, α) Κάτοψη, β) Λεπτομέρεια-----	51
Εικόνα Νο 4.15 : Λοξό Προφίλ- Ελλειπτικός τύπος γωνίας: Μεγαλύτερη γωνία λοξότητας, α) Κάτοψη, β) Λεπτομέρεια-----	51
Εικόνα Νο 4.16 : Λοξό Προφίλ – Ελλειπτικός τύπος γωνίας : Αρχική / Τελική κατάσταση, α) Βήμα, β) Βήμα λεπτομέρεια-----	52
Εικόνα Νο 4.17 : Λοξό Προφίλ – Ελλειπτικός τύπος γωνίας : Αρχική / Τελική κατάσταση, α) Τομή, β) Τομή λεπτομέρεια-----	52
Εικόνα Νο 4.18 : Παράθυρο παραμέτρων της εντολής "Προφίλ από μετατροπή" -----	53
Εικόνα Νο 4.19 : Προφίλ από μετατόπιση – Παράδειγμα Χ μετατόπισης -----	54
Εικόνα Νο 4.20 : Προφίλ από μετατόπιση – Παράδειγμα Υ μετατόπισης -----	54
Εικόνα Νο 4.21 : Προφίλ από μετατόπιση-Παράδειγμα συνδυασμού Χ και Υ μετατόπισης α)Κάτοψη , β) Προοπτικό-----	55
Εικόνα Νο 4.22 : Προφίλ από μετατόπιση – Παράδειγμα περιστροφής υπό γωνία Θ -----	55
Εικόνα Νο 4.23 : Προφίλ από μετατόπιση – Παράδειγμα κλίμακας = 2 , α) Κάτοψη , β) Προοπτικό-----	56
Εικόνα Νο 4.24 : Προφίλ από μετατόπιση – Παράδειγμα κλίμακας = 0.5 , α) Κάτοψη, β) Προοπτικό-----	56
Εικόνα Νο 4.25 : Προφίλ από μετατόπιση - Συνδυασμός μετασχηματισμών α) Κάτοψη, β) Πλάγια όψη-----	57
Εικόνα Νο 4.26 : Παράθυρο παραμέτρων της εντολής "Σύνδεση προφίλ" -----	57
Εικόνα Νο 4.27 : Σύνδεση προφίλ – Πλησιέστεροι κόμβοι, α) Κάτοψη, β) Προοπτικό-----	58
Εικόνα Νο 4.28 : Σύνδεση προφίλ – Πλησιέστερη θέση, α) Κάτοψη, β) Προοπτικό-----	59
Εικόνα Νο 4.29 : Σύνδεση προφίλ – Αναλογική σύνδεση α) Κάτοψη, β) Προοπτικό ---	59
Εικόνα Νο 4.30 : Σύνδεση προφίλ – Σύνδεση Κόμβο με Κόμβο: α) Ίσος αριθμός κόμβων σε κάθε προφίλ, β) Σύνδεση των δυο προφίλ-----	60
Εικόνα Νο 4.31 : Σύνδεση προφίλ-Σύνδεση με το χέρι:α)Μετακίνηση της σύνδεσης,β)Τελική σύνδεση-----	60
Εικόνα Νο 4.32 : Παράθυρο παραμέτρων της εντολής "Τομή πλέγματος" -----	61
Εικόνα Νο 4.33 : Τομή πλέγματος: α) Συνδεδεμένα 2D προφίλ, β) Επίπεδο προφίλ, γ) Επίπεδο (Πλάγια όψη), δ) Πληροφορίες της γραμμής του επίπεδου προφίλ - Entity (Verify menu) -----	61
Εικόνα Νο 4.34 : Μοντελοποίηση: α) Συνδεδεμένα 2D προφίλ, β) Μοντελοποίηση-----	62
Εικόνα Νο 4.35 : Μοντελοποίηση: α) Συνδεδεμένα 2D προφίλ και επιφάνειες, β) Στερεό-----	62
Εικόνα Νο 4.36 : Μοντελοποίηση: α) Πίνακας επιλογής ακατέργαστου κομματιού , β) Τελικό μοντέλο και ακατέργαστο κομμάτι-----	63
Εικόνα Νο 4.37 : Παράθυρο παραμέτρων καθορισμού φασεολογίου-----	64
Εικόνα Νο 4.38 : Παράθυρο εισαγωγής αναμονής -----	65
Εικόνα Νο 4.39 : Παράθυρο τροποποίησης παραμέτρων μηχανής – Γενικές παράμετροι	66
Εικόνα Νο 4.40 : Παράθυρο τροποποίησης παραμέτρων μηχανής – Σημείο εκκίνησης της μηχανής-----	66
Εικόνα Νο 4.41 : Παράθυρο επαλήθευσης λειτουργιών-----	67
Εικόνα Νο 4.42 : Παράθυρο επιλογής σύρματος-----	67
Εικόνα Νο 4.43 : Κίνηση με ταχύτητα πρόωσης - Παράθυρο επιλογής ταχύτητας πρόωσης-----	68

Εικόνα Νο 4.44 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Παράθυρο γενικών παραμέτρων -----	69
Εικόνα Νο 4.45 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) Δήλωση συρμάτινου πλέγματος, β) Εφαρμογή σε όλο το πλέγμα -----	70
Εικόνα Νο 4.46 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) Δήλωση διεύθυνσης του σύρματος, β) Διεύθυνση προς τα αριστερά, γ) Διεύθυνση προς τα δεξιά -----	71
Εικόνα Νο 4.47 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) Δήλωση σημείου εκκίνησης της κατεργασίας, β) χρησιμοποίηση της εντολής <i>Co-ordinate Input</i> για τη δήλωση σημείου--	71
Εικόνα Νο 4.48 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) 3D Μοντέλο, β) Κατασκευή διαδρομής σύρματος-----	72
Εικόνα Νο 4.49 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) 3D Μοντέλο και διαδρομή σύρματος, β) Διαδρομή σύρματος χωρίς <i>Offset</i> , γ) Διαδρομή σύρματος με <i>Offset</i> -----	72
Εικόνα Νο 4.50 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) Διαδρομή σύρματος με τμήμα στήριξης, β) Τμήμα στήριξης -----	73
Εικόνα Νο 4.51 : Σχεδιασμός κατεργασίας: Απόληξη κατεργασίας -----	73
Εικόνα Νο 4.52 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) Διαδρομή σύρματος με ακτίνα αναστροφής – Εσωτερικό κομμάτι, β) Ακτίνα αναστροφής, γ) Τελικό κομμάτι-----	74
Εικόνα Νο 4.53 : Σχεδιασμός κατεργασίας: α) Διαδρομή σύρματος με ακτίνα αναστροφής – Εξωτερικό κομμάτι, β) Ακτίνα αναστροφής, γ) Τελικό κομμάτι -----	74
Εικόνα Νο 4.54 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Αντιστάθμιση: α) Τελικές διαστάσεις κομματιού, β) Συντεταγμένες σημείων κομματιού κατά την κατεργασία – Διαδρομή σύρματος-----	75
Εικόνα Νο 4.55 : Σχεδιασμός κατεργασίας– Παράθυρο παραμέτρων οδήγησης -----	77
Εικόνα Νο 4.56 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Οδήγηση με κίνηση τόξου ακτίνας 10mm : α) Γωνία εισόδου 30°, β) Γωνία εισόδου 60° -----	78
Εικόνα Νο 4.57 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Οδήγηση με ευθεία κίνηση 10mm : α) Γωνία εισόδου 30°, β) Γωνία εισόδου 60° -----	78
Εικόνα Νο 4.58 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Οδήγηση συνδυασμού ευθείας κίνησης 10mm και κίνησης τόξου ακτίνας 15mm: α) Γωνία εισόδου 30°, β) Γωνία εισόδου 60° -----	78
Εικόνα Νο 4.59 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Κατεργασία μοντέλου με ευθειογενείς επιφάνειες: α) 2D σχέδια, β) Δημιουργία συρμάτινου πλέγματος-----	79
Εικόνα Νο 4.60 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Κατεργασία μοντέλου με ευθειογενείς επιφάνειες: α) Πρόσθεση επιφανειών, β) Μοντελοποίηση -----	79
Εικόνα Νο 4.61 : Σχεδιασμός κατεργασίας – Κατεργασία μοντέλου με ευθειογενείς επιφάνειες: α) Εξωτερική κατεργασία, β) Εσωτερική κατεργασία-----	80
Εικόνα Νο 4.62 : Κοπή τμήματος στήριξης: α) Παράθυρο γενικών παραμέτρων β) Παράθυρο παραμέτρων οδήγησης -----	82
Εικόνα Νο 4.63 : 2D ολική αφαίρεση υλικού – Πίνακας επιλογής παραμέτρων-----	83
Εικόνα Νο 4.64 : Κατεργασία 2D <i>Destruct</i> : α) Σχεδιασμός γεωμετρίας, β) Μοντελοποίηση -----	84
Εικόνα Νο 4.65 : Κατεργασία 2D <i>Destruct</i> : α) Επιλογή προφίλ, β) Επιλογή αρχικού σημείου-----	85
Εικόνα Νο 4.66 : Κατεργασία 2D <i>Destruct</i> –Τελικό μοντέλο προς κατεργασία: α) Προοπτικό, β) Κάτοψη -----	85
Εικόνα Νο 4.67 : Κατεργασία 2D <i>Destruct</i> – Διαδρομή σύρματος: α)Βήμα κοπής 90%, β)Βήμα κοπής 40%-----	85
Εικόνα Νο 4.68 : Κατεργασία 2D <i>Destruct</i> – Εφαρμογή σε πολύπλοκη γεωμετρία: α) Προοπτικό β) Κάτοψη -----	86
Εικόνα Νο 4.69 : 2D Κοπή προφίλ: α) Παράθυρο γενικών παραμέτρων β) Παράθυρο παραμέτρων οδήγησης-----	87

Εικόνα Νο 4.70 : Κατεργασία 2D Profile : α) Σχεδιασμός γεωμετρίας, β) Μοντελοποίηση	88
Εικόνα Νο 4.71 : Κατεργασία 2D Profile : α) Επιλογή προφίλ, β) Καθορισμός κατεύθυνσης	88
Εικόνα Νο 4.72 : Κατεργασία 2D Profile – Δήλωση αρχικού και τελικού σημείου της κοπής	88
Εικόνα Νο 4.73 : Κατεργασία 2D Profile – Τελικό μοντέλο προς κατεργασία: α) Προοπτικό, β) Κάτοψη	89
Εικόνα Νο 4.74 : Δημιουργία αρχικής οπής – Παράθυρο παραμέτρων	89
Εικόνα Νο 4.75 : Πληροφορίες φασεολογίου και χρόνου κατεργασίας	90
Εικόνα Νο 4.76 : Πληροφορίες διαδρομής σύρματος	93
Εικόνα Νο 4.77 : Πληροφορίες Παραμέτρων κατεργασίας	94
Εικόνα Νο 4.78 : Δημιουργία κώδικα CNC – Παράθυρο παραμέτρων	95
Εικόνα Νο 5.1 : Σχηματική παράσταση πρέσας διέλασης	98
Εικόνα Νο 5.2 : Προφίλ αλουμινίου συστήματος κουφώματος	99
Εικόνα Νο 5.3 : Προφίλ αλουμινίου ή μορφή της μήτρας	100
Εικόνα Νο 5.4 : Κατασκευαστικό σχέδιο μήτρας αλουμινίου (σε mm)	101
Εικόνα Νο 5.5 : Εισαγωγή AutoCAD αρχείου	102
Εικόνα Νο 5.6 : Παράμετροι εισαγωγής AutoCAD αρχείου	102
Εικόνα Νο 5.7 : Κατασκευή τρίτης διάστασης και επιφανειών	103
Εικόνα Νο 5.8 : Κατασκευή βοηθητικών γραμμών	104
Εικόνα Νο 5.9 : Επιλογή παραμέτρων δημιουργίας του συρμάτινου πλέγματος της κύριας κοπής	105
Εικόνα Νο 5.10 : Επιλογή προφίλ για την κυρίως κοπή	105
Εικόνα Νο 5.11 : Δημιουργία συρμάτινου πλέγματος της κύριας κοπής	106
Εικόνα Νο 5.12 : Επιλογή παραμέτρων δημιουργίας του συρμάτινου πλέγματος της κοπής του τμήματος στήριξης	106
Εικόνα Νο 5.13 : Επιλογή προφίλ για την κοπή του τμήματος στήριξης	107
Εικόνα Νο 5.14 : Δημιουργία συρμάτινου πλέγματος της κοπής του τμήματος στήριξης	107
Εικόνα Νο 5.15 : Συνολικά πλέγματα	107
Εικόνα Νο 5.16 : Τελικό μοντέλο	108
Εικόνα Νο 5.17 : Επιλογή παραμέτρων του φασεολογίου	108
Εικόνα Νο 5.18 : Καθορισμός αρχικού σημείου μηχανής	109
Εικόνα Νο 5.19 : Επιλογή σύρματος	109
Εικόνα Νο 5.20 : Κύρια κοπή – Επιλογή γενικών παραμέτρων κατεργασίας	111
Εικόνα Νο 5.21 : Κύρια κοπή – Επιλογή παραμέτρων οδήγησης της κατεργασίας	112
Εικόνα Νο 5.22 : Κύρια κοπή – Βήματα δημιουργίας της διαδρομής του σύρματος	112
Εικόνα Νο 5.23 : Διαδρομή σύρματος κύριας κοπής	113
Εικόνα Νο 5.24 : Κύρια κοπή – Οδηγήσεις αρχής και τέλους της κατεργασίας	113
Εικόνα Νο 5.25 : Αποτέλεσμα κύριας κοπής	114
Εικόνα Νο 5.26 : Δέσιμο εσωτερικών κομματιών	114
Εικόνα Νο 5.27 : Κοπή του τμήματος στήριξης	115
Επιλογή παραμέτρων κατεργασίας	115
Εικόνα Νο 5.28 : Κοπή τμήματος στήριξης – Βήματα δημιουργίας της διαδρομής σύρματος	115
Εικόνα Νο 5.29 : Κοπή τμήματος στήριξης – Διαδρομή σύρματος και συνθήκες οδήγησης	116
Εικόνα Νο 5.30 : Έλεγχος συνολικού χρόνου κατεργασίας	116

Εικόνα Νο 5.31 : Γενικές Πληροφορίες :	
α) Διαδρομή κύριας κοπής,-----	116
β) Διαδρομή κοπής του τμήματος στήριξης-----	116
Εικόνα Νο 5.32 : Γενικές Πληροφορίες :	
α) Κίνηση θέσης μετά την κύρια κοπή, -----	117
β) Κίνηση θέσης μετά την κοπή του τμήματος στήριξης-----	117
Εικόνα Νο 5.33 : Προσομοίωση κατεργασίας στο EdgeCAM Verify -----	117
Εικόνα Νο 5.34 : α) Καλούπι χύτευσης και εργαλείο βύθισης, β) Σχήμα εργαλείου κατά προσέγγιση με φρεζάρισμα, γ) Σχήμα εργαλείου ακριβές με ηλεκτροδιάβρωση σύρματος	120
Εικόνα Νο 5.35 : Κατασκευαστικό σχέδιο εργαλείου βύθισης (σε mm)-----	121
Εικόνα Νο 5.36 : Εργαλείο βύθισης - Μοντελοποίηση -----	122
Εικόνα Νο 5.37 : Εργαλείο βύθισης : Παράμετροι φασεολογίου και επιλογή σύρματος -	122
Εικόνα Νο 5.38 : Εργαλείο βύθισης – Μηδενικό σημείο μηχανής -----	123
Εικόνα Νο 5.39 : Εργαλείο βύθισης – Επιλογή γενικών παραμέτρων κατεργασίας -----	123
Εικόνα Νο 5.40 : Εργαλείο βύθισης – Επιλογή παραμέτρων οδήγησης -----	124
Εικόνα Νο 5.41 : Εργαλείο βύθισης : α) Επιλογή προφίλ κατεργασίας, β) Ορισμός διεύθυνσης, γ) Ορισμός αρχικού και τελικού σημείου της κατεργασίας, δ) Διαδρομή σύρματος-----	124
Εικόνα Νο 5.42 : Εργαλείο βύθισης – Έλεγχος χρόνου κατεργασίας -----	125
Εικόνα Νο 5.43 : Εργαλείο βύθισης – Προσομοίωση κατεργασίας στο EdgeCAM Verify -----	125

9 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (Δ) ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ

% Stepover	:	% Βήμα κοπής
2 Axis Turning	:	Τόρνευση 2 αξόνων
2D Destruct	:	2D Ολική αφαίρεση υλικού
2D Profile	:	2D Κατεργασία
4 Axis Turning	:	Τόρνευση 4 αξόνων
Angle In / Out	:	Γωνία Εισόδου / Εξόδου
Automatic Links	:	Αυτόματες συνδέσεις
C & Y Axis Turning	:	Κατεργασίες φρέζας σε τόρνο
Closest node	:	Πλησιέστεροι κόμβοι
Closest position	:	Πλησιέστερη θέση
CNC Name	:	Όνομα κώδικα CNC
Code Wisard	:	Μετατροπέας κώδικα
Color	:	Χρώμα
Compensation	:	Αντιστάθμιση
Complex Surfaces	:	Περίπλοκες επιφάνειες
Conical	:	Κωνικός
Constant Cut	:	Σταθερή κοπή
Co-ordinate Input	:	Εισαγωγή συντεταγμένων
Corner Type	:	Τύπος γωνίας
Cut Length	:	Μήκος κοπής
Cut Support Tag	:	Κοπή τμήματος στήριξης
Cycle Time	:	Χρόνος κύκλου
Cylindrical	:	Κυλινδρικός
Description	:	Περιγραφή
Design mode	:	Περιβάλλον Σχεδίασης
Diameter	:	Διάμετρος
Die	:	Μήτρα
Die-Sinking EDM	:	Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση
Discipline	:	Είδος μηχανής
Documentation Link	:	Σύνδεση με αρχείο κειμένου
Dwell	:	Αναμονή
EdgeCAM Communications	:	Επικοινωνίες
Editor	:	Συντάκτης κειμένου
EDM Grinding	:	Λείανση με ηλεκτροδιάβρωση
Ellipse	:	Έλλειψη
Elliptical	:	Ελλειπτικός
End Taper	:	Τελική γωνία λοξότητας
Entity	:	Οντότητα
Extrusion	:	Διέλαση
Feature Name	:	Όνομα κατεργασίας
Feed move	:	Κίνηση με ταχύτητα πρόωσης
Feedrate	:	Ταχύτητα πρόωσης
Fence	:	Πλέγμα
Generate Code	:	Δημιουργία Κώδικα
Generate Start Hole Position	:	Δημιουργία Αρχικής Οπής
Group	:	Ομάδα
Home move	:	Κίνηση στην αρχική θέση

Intersect	:	Τομή (Συνδυασμένη λοξότητα)
Job Name	:	Όνομα Εργασίας
Layer	:	Επίπεδο σχεδίασης
Length In / Out	:	Μήκος Εισόδου / Εξόδου
Level	:	Επίπεδο
Linked Profile	:	Σύνδεση προφίλ
Lower Guide	:	Κάτω Οδηγός
Machine Design	:	Σχεδιασμός κατεργασίας
Machine Parameters	:	Παράμετροι Μηχανής
Machine Tool	:	Γεννήτρια κώδικα
Machining sequence	:	Φασεολόγιο
Manually	:	Χειρονακτικά
Manufacture mode	:	Περιβάλλον Κατεργασίας
Maximum Inclination	:	Μέγιστη κλίση
M-Function	:	M-Κωδικοί
Milling	:	Φρεζάρισμα
Multiplane Machining	:	Πολυεπίπεδη Κατεργασία
Node to node	:	Κόμβο με κόμβο
Number of Passes	:	Αριθμός περασμάτων
Offset	:	Διόρθωση
Overlap	:	Υπερέκλυση
Proportional	:	Αναλογικά
Radius	:	Ακτίνα
Radius Compensation	:	Αντιστάθμιση ακτίνας
Radius In / Out	:	Ακτίνα Εισόδου / Εξόδου
Rapid move	:	Κίνηση με τη μέγιστη ταχύτητα
Rotary Machining	:	Περιστροφική Κατεργασία
Rotation	:	Περιστροφή
Scale	:	Κλίμακα
Scaling	:	Μεγέθυνση ή σμίκρυνση
Select Wire	:	Επιλογή σύρματος
Start / End Condition	:	Αρχική / Τελική κατάσταση
Start Taper	:	Αρχική γωνία λοξότητας
Step	:	Βήμα (Απότομη αλλαγή λοξότητας)
Stock	:	Ακατέργαστο κομμάτι
Style	:	Στυλ
Support Tag	:	Τμήμα στήριξης
Tapered Profile	:	Λοξό προφίλ
Technology Assistant	:	Βάση τεχνολογικών δεδομένων
Thickness	:	Πάχος
Toggle Wireframe	:	Μοντελοποίηση
Tolerance	:	Ακρίβεια / Ανοχή
Toolbars	:	Γραμμές εργαλείων
ToolKit Assistant	:	Βοήθημα για την αποθήκη εργαλείων
Toolpath	:	Διαδρομή εργαλείου
ToolStore	:	Αποθήκη βάσης δεδομένων εργαλείων
Transformed Profile	:	Προφίλ από Μετατροπή
Twizzle Radius	:	Ακτίνα αναστροφής
Update Job	:	Ενημέρωση εργασίας
Upper Guide	:	Άνω Οδηγός

Verify	:	Προσομοίωση
Verify menu	:	Επαλήθευση
Views	:	Όψεις
Wire	:	Σύρμα
Wire EDM	:	Κατεργασία κοπής με σύρμα
Wire Length	:	Μήκος σύρματος
Wire Profile	:	Συρμάτινο πλέγμα
Wire Section	:	Τομή πλέγματος
X Increment	:	X Σχετικό
Y Increment	:	Y Σχετικό

10 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (Ε) ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

- 2D Κατεργασία**, 41, 144
2D Ολική αφαίρεση υλικού, 41, 144
Ακατέργαστο, 42, 62, 63, 145
Ακρίβεια Εξόδου, 66
Ακτίνα αναστροφής, 69, 74, 87, 145
Ακτίνα Εισόδου, 77, 87, 112, 124, 145
Αναλογικά, 40, 58, 59
Αναμονή, 65, 83
Αντιστάθμιση, 70, 75, 76, 144, 145
Άνω Οδηγός, 67, 145
Αποθήκη βάσης δεδομένων εργαλείων, 36, 145
Αριθμός περασμάτων, 69, 145
Αρχική / Τελική κατάσταση, 48, 51, 52
Αρχική γωνία λοξότητας, 44, 47, 49, 145
Αυτόματες συνδέσεις, 58, 144
Βήμα, 48, 52, 84, 85, 144
Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση, 9, 19, 20
Γεννήτρια κώδικα, 30, 65, 108, 122, 145
Γωνία Εισόδου, 77, 87, 112, 124, 144
Δημιουργία Αρχικής Οπής, 89, 144
Διάκενο, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 23, 25, 27, 28, 69
Διάρκεια εκκένωσης, 12, 13
Διάρκεια του παλμού, 12, 26
Διέλαση, 8, 98
Διεύθυνση του σύρματος, 71, 76, 77, 79, 80, 110, 112, 124
Διηλεκτρικά, 14, 27
Διόρθωση τροχιάς, 69, 84, 87
Είδος μηχανής, 65, 108, 122, 144
Έκπλυση, 14, 27
Ελλειπτικός, 48, 51, 52
Ενημέρωση εργασίας, 95, 145
Ένταση του ρεύματος εκκένωσης, 13
Επιλογή σύρματος, 41, 67, 109, 145
Εργαλείο βύθισης, 120, 122, 123, 124, 125
Κάτω Οδηγός, 67, 145
Κλίμακα, 53, 55
Κόμβο με κόμβο, 40, 58, 59, 145
Κοπή τμήματος στήριξης, 41, 73, 82, 115, 116, 144
Κυλινδρικός, 48, 49
Κωνικός, 48, 49, 50
Λοξό προφίλ, 40, 43, 44, 46, 47, 58, 70, 145
Μακροεντολές, 30, 38
Μέγιστη κλίση, 93
Μηδενικό σημείο μηχανής, 66, 68, 104, 109
Μήκος Εισόδου, 77, 87, 145
Μήκος κοπής, 93, 144
Μήκος σύρματος, 93, 146
Μήτρα μορφοποίησης αλουμινίου, 98
Μ-κωδικοί, 63, 67, 145
Μοντελοποίηση, 62, 63, 79, 84, 88, 108, 122
Όνομα εργασίας, 65, 95, 145
Όνομα κώδικα, 95
Όνομα μακροεντολής, 95
Παραγωγή του κώδικα CNC, 64, 75, 95
Παράμετροι κατεργασίας, 12, 94
Παράμετροι Μηχανής, 65
Πάχος πλέγματος, 44, 45, 47, 49, 53, 54
Περίπλοκες επιφάνειες, 35
Περιστροφή, 40, 53, 55
Περιστροφική και Πολυεπίπεδη κατεργασία, 34
Πλησιέστερη θέση, 40, 58, 59, 144
Πλησιέστεροι κόμβοι, 40, 58, 144
Πριόνισμα με ηλεκτροδιάβρωση, 19, 21
Προσομοίωση, 38, 42, 117, 125
Προφίλ από Μετατροπή, 40, 145
Σταθερή κοπή, 69, 144
Σύνδεση με αρχείο κειμένου, 95, 144
Σύνδεση με το χέρι, 60
Σύνδεση προφίλ, 40, 43, 57, 58, 59, 60, 62, 70, 145
Συρμάτινο πλέγμα, 41, 43, 63, 70, 79, 83, 104, 106, 107, 110, 112, 120, 123
Συστήματα CAD, 30, 31
Συστήματα CAM, 30
Σχεδιασμός κατεργασίας, 41, 63, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 145
Τάση διάσπασης, 10, 13
Ταχύτητα κοπής, 26, 28
Ταχύτητα πρόωσης, 69, 84, 87, 144
Τελική γωνία λοξότητας, 44, 47, 49, 51, 144
Τεχνολογικά δεδομένα, 37, 145
Τμήμα στήριξης, 69, 73, 145
Τομή, 40, 43, 48, 52, 60, 61, 146

Τομή πλέγματος, 40, 43, 60, 61, 146
Τόρνευση 2 αξόνων, 32
Τόρνευση 4 αξόνων, 32, 144
Υ Σχετικό, 53, 54
Υπερέκλυψη, 70
Φασεολόγιο, 63, 64
Φρεζάρισμα, 34

Φρεζάρισμα σε τόρνο, 33
Χ Σχετικό, 53, 146
Χρονισμός παλμού τάσης, 12
Χρόνος διαλείμματος, 12, 17, 26, 27
Χρόνος καθυστέρησης, 12, 116
Χρόνος κύκλου, 90, 116, 125, 144

11 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (Ζ) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Παπαδανιήλ Ε., Σφαντζικόπουλος Μ. : Μηχανουργική Τεχνολογία, Εργαστήριο ΙΙ, Ευγενίδειο Ίδρυμα, Αθήνα 1995
2. Γιαννουλάκης Ν., Ζεπάτος Γ., Καρατζόγλου Κ.: Μη συμβατικές κατεργασίες. ΥΕΠΘ, Παιδαγωγικό ινστιτούτο, ΤΕΕ Τομέας μηχανολογικός, 2^{ος} κύκλος, ΟΕΔΒ - Αθήνα
3. Πετρόπουλος Π. : Μηχανουργική τεχνολογία, Τεχνολογία κατεργασιών κοπής των μετάλλων, Τόμος ΙΙ-1 , Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1998
4. Ν.Δ. Χασιώτης,: Εργαλειομηχανές και Τεχνολογία Διαμορφώσεων. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας
5. Μελέτης Βούλγαρης: Τεχνολογία Κατασκευής Εργαλείων και Καλουπιών, Τόμος Ι και ΙΙ, Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις, Βιβλιοθήκη του μηχανικού, 1998
6. ASM International : Metal Handbook, Volum 16, Ninth Edition
7. Boothroyd G.: Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools, McGraw-Hill, 1987
8. Drozda T., Wick C.: Tool and Manufacturing Engineers Handbook, 4. Ed. Vol. I, Machining, Society of manufacturing Engineers, Dearborn, 1992
9. Yankee H.: Manufacturing processes, Prentice Hall, New Jersey, 1988
10. Koenig W.: Fertigungsverfahren, Band 4, Abtragen, VDI – Verlag, Duesseldorf, 1995
11. Weck M.: Werkzeugmaschinen, Fertigungssysteme 11, Maschinenarten und Anwendungsgebiete, Springer Verlag, Berlin, 1998
12. DeGarmo P., Blank T., Kohser R.: Materials and Processes in Manufacturing, McMillan, New York, 1988
13. Braun C. e.a.: Metall Technologie, Fachkenntnisse Werkzeugmacher, Verlag Handwerk und Technik, Hamburg, 1 Aufl., 1993
14. Krar S., Gill A.: Μηχανές αριθμητικού ελέγχου, Τεχνολογία και Προγραμματισμός, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 1998
15. Becher F.: Der Werkzeugbau, Verlag Europa - Lehrmittel, Wuppertal, 1988
16. Metcut Research Associates Inc.: Machining data Handbook, Machinability Data Center, Cincinnati, 1980

17. Ignatowitz E.: Fachkunde Metall, Verlag Europa - Lehrmittel, Nourney, 1987

Πηγές από Internet

[Http.www.Pathtrace.com](http://www.Pathtrace.com)

[Http.www.Edgecam.com](http://www.Edgecam.com)

[Http.www.Expertcam.gr](http://www.Expertcam.gr)

[Http.www.Paretzoglou.gr](http://www.Paretzoglou.gr)

[Http.www.Alunet.gr](http://www.Alunet.gr)

[Http.www.Groupal.gr](http://www.Groupal.gr)

[Http.www.Profil.gr](http://www.Profil.gr)