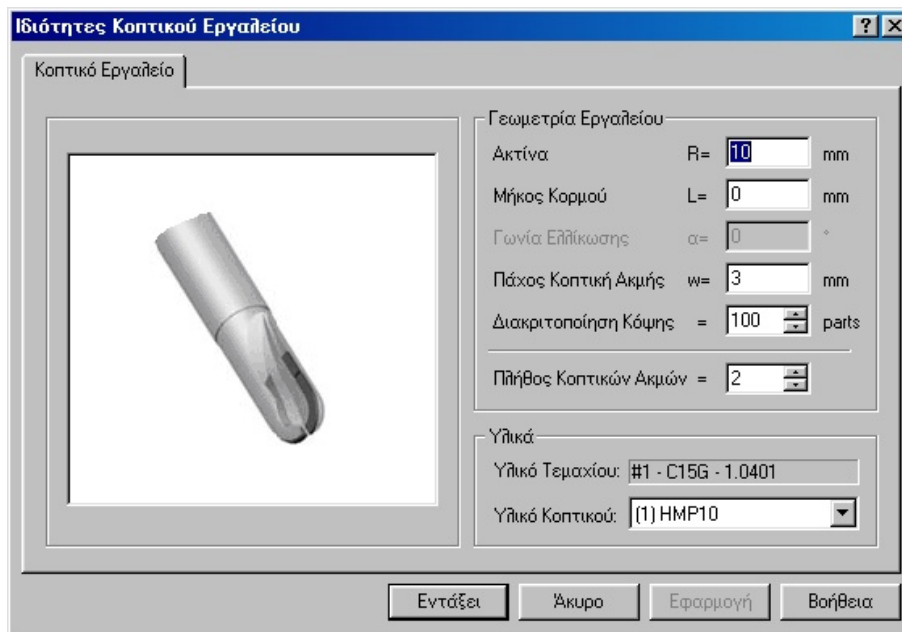


## 2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

### 2.1 Δεδομένα εισόδου

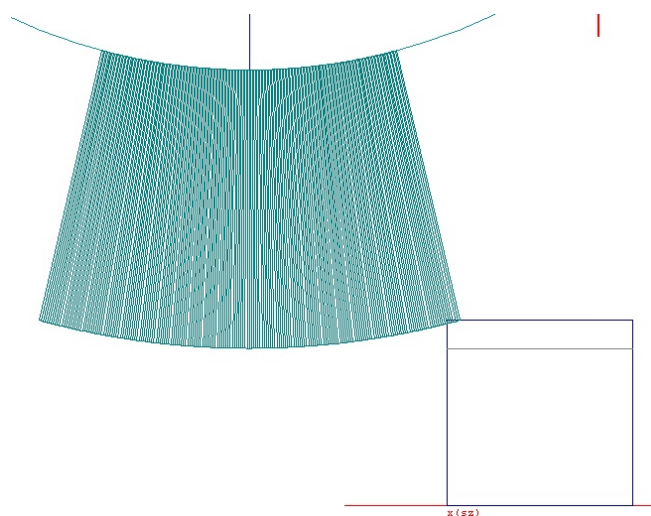
#### 2.1.1 Κοπτικό εργαλείο

Το κοπτικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα δίπτερο κοπτικό εργαλείο με σφαιρική απόληξη χωρίς ελίκωση διαμέτρου 20mm. Το κοπτικό εργαλείο και η μάσκα εισαγωγής των δεδομένων φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 2.1. Όπως φαίνεται η κοπτική ακμή χωρίζεται σε 100 τμήματα.



Σχήμα 2.1 Φόρμα εισαγωγής δεδομένων κοπτικού εργαλείου.

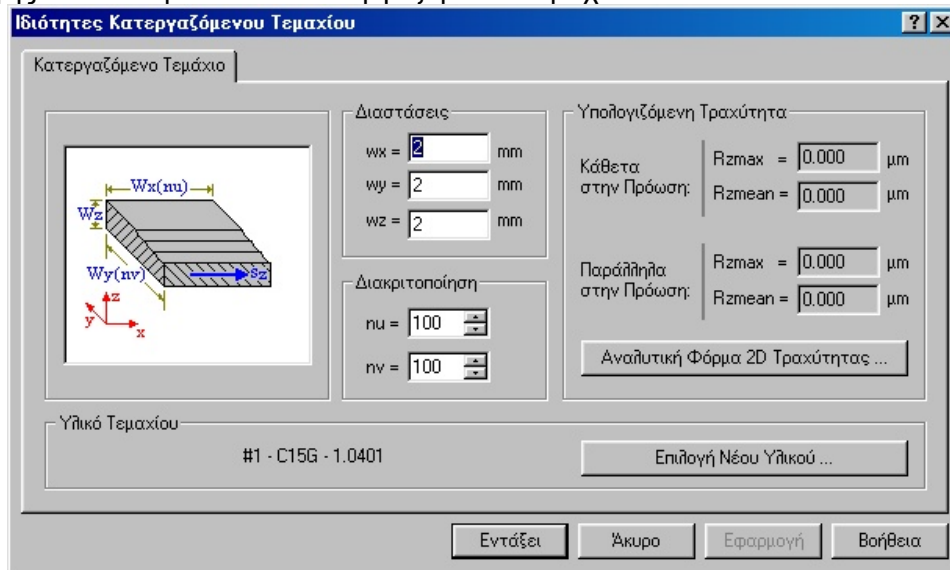
Η διακριτοποίηση αυτή του κοπτικού εργαλείου φαίνεται στο σχήμα 2.2, όπου παρουσιάζεται οι δύο κόψεις που διακριτοποιούνται σε 100 τμήματα.



Σχήμα 2.2 Διακριτοποίηση κοπτικού εργαλείου.

### 2.1.2 Κατεργαζόμενο τεμάχιο

Ως κατεργαζόμενο τεμάχιο θεωρήθηκε ένας κύβος 2x2x2 [mm], ο οποίος διακριτοποιήθηκε σε 100x100 (=10000) βελόνες. Στο σχήμα 2.3 παρουσιάζεται η μάσκα εισαγωγής των δεδομένων του κατεργαζόμενου τεμαχίου.

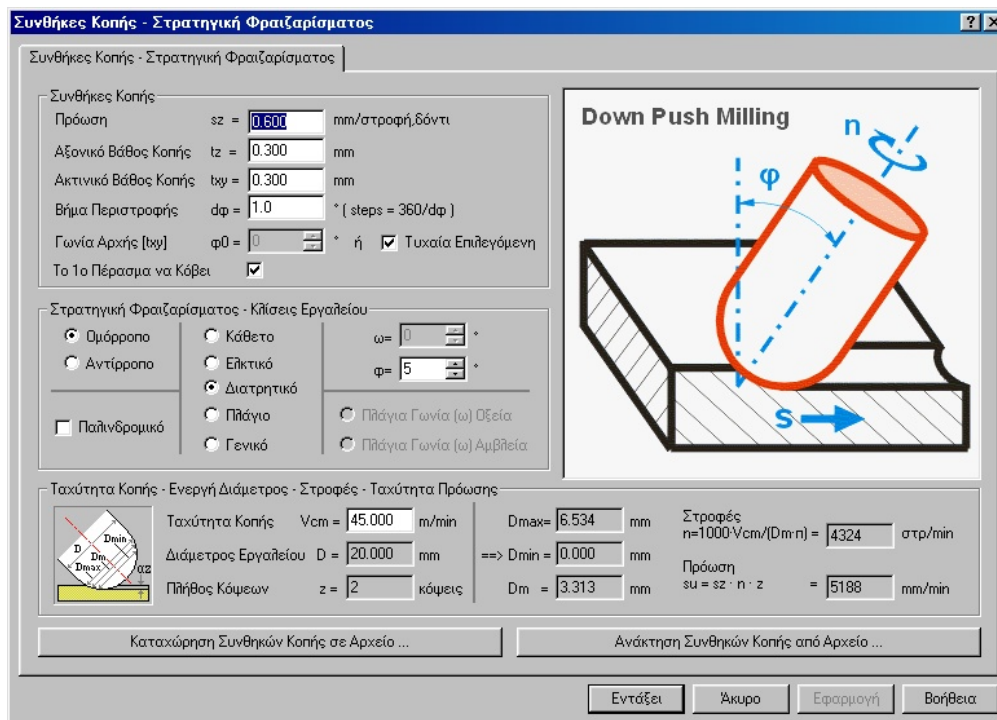


Σχήμα 2.3 Φόρμα εισαγωγής δεδομένων κατεργαζόμενου τεμαχίου.

### 2.1.3 Συνθήκες κοπής

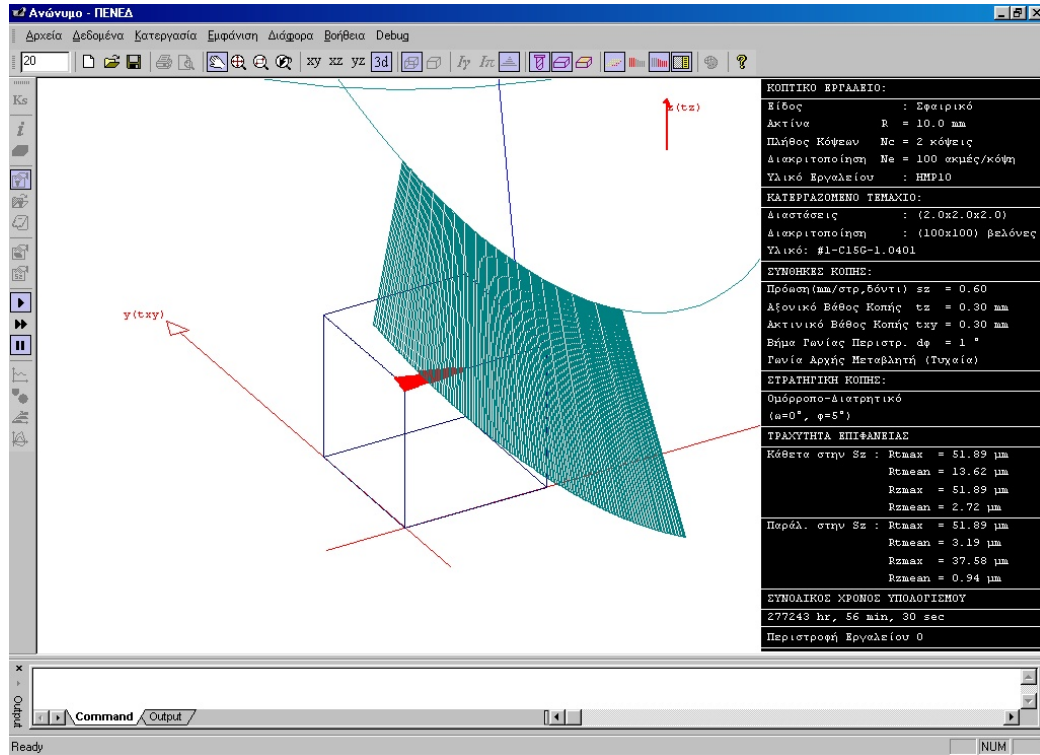
Οι συνθήκες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή είναι : Αξονική πρόωση = 0.6mm/rev,edge, Αξονικό βάθος κοπής = 0.3mm, Ακτινικό βάθος κοπής = 0.3mm

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.4 η διακριτοποίηση της περιστροφής του κοπτικού εργαλείου γίνεται ανά 1°, που δίνει πολύ ικανοποιητική ακρίβεια. Αντίστοιχα στο σχήμα φαίνεται πως το κοπτικό εργαλείο δεν είναι κάθετο στο κατεργαζόμενο τεμάχιο, μια και η γωνία φ επιλέχθηκε 5° και το φραιζάρισμα είναι Ομόρροπο-Διατρητικό.

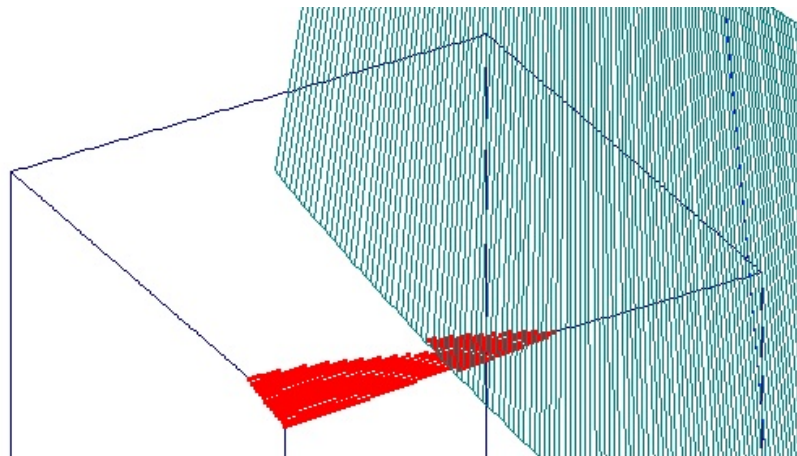


Σχήμα 2.4 Φόρμα εισαγωγής δεδομένων συνθηκών κοπής.

Στα σχήματα 2.5 και 2.6 φαίνονται ένα στιγμιότυπο από την εκτέλεση του προγράμματος και την γραφική παρουσίαση της κατεργασίας, μαζί με μία μεγέθυνση της περιοχής κοπής. Όπως γίνεται φανερό, δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στην γραφική παρουσίαση, αφενός για τον έλεγχο του προγράμματος και των αποτελεσμάτων του αλλά αφετέρου για εκπαιδευτικούς σκοπούς.



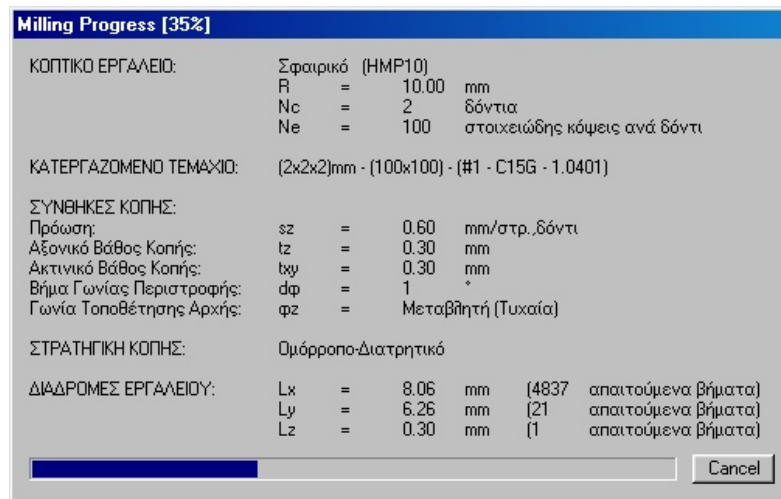
Σχήμα 2.5 Γραφική απεικόνιση της κατεργασίας.



Σχήμα 2.6 Μεγέθυνση της θέσης κοπής.

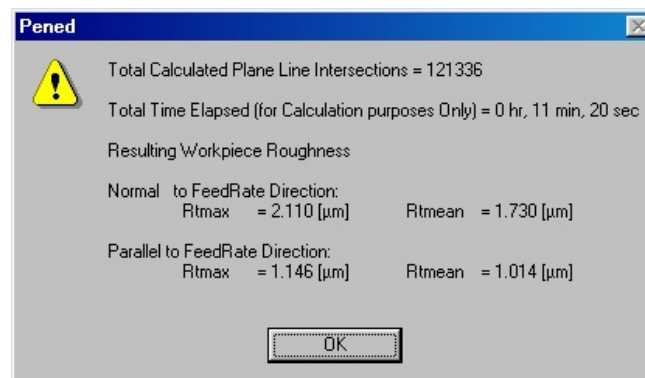
Στο σχήμα 2.6 φαίνονται με κόκκινο χρώμα οι κομμένες βελόνες ενώ με μπλε διακρίνονται οι δύο κόψεις του κοπτικού εργαλείου. Είναι προφανές ότι η διακριτοποίηση του τεμαχίου κυρίως αλλά και του κοπτικού εργαλείου συνεισφέρουν στον όσο το δυνατόν ακριβέστερο υπολογισμό της επιφάνειας που κατεργάζεται.

Μετά από τον έλεγχο μέσω της γραφικής παρουσίασης, η δυνατότητα γρήγορης εκτέλεσης, χωρίς την συνοδεία γραφικών, παρουσιάζει την μάσκα του σχήματος 2.7.



**Σχήμα 2.7** Γρήγορη εκτέλεση του προγράμματος MSN.

Στην μάσκα αυτή αναφέρονται τα βασικά δεδομένα της κατεργασίας καθώς και οι βασικοί υπολογισμοί που πραγματοποιεί το πρόγραμμα σχετικά με τις διαδρομές του κοπτικού εργαλείου. Με το πέρας του προγράμματος, εμφανίζεται αντίστοιχα η επόμενη μάσκα του σχήματος 2.8, όπου υπάρχουν τα αποτελέσματα της τραχύτητας  $R_t$  και ο χρόνος που χρειάστηκε για να εκτελεστεί το πρόγραμμα. Όπως φαίνεται στο σχήμα, για την κατεργασία που επιλέχθηκε, απαιτήθηκαν περίπου 11,5 λεπτά, χρόνος αρκετά ικανοποιητικός.



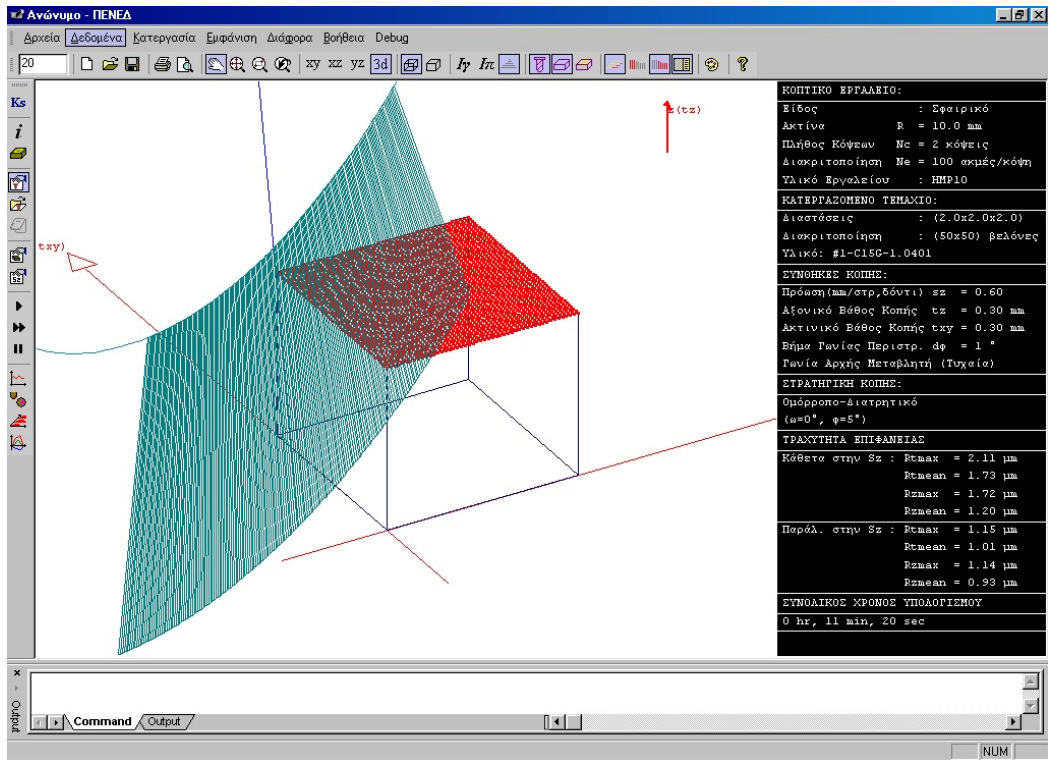
**Σχήμα 2.8** Μάσκα αποτελέσματος του προγράμματος MSN.

## 2.2 Αποτελέσματα

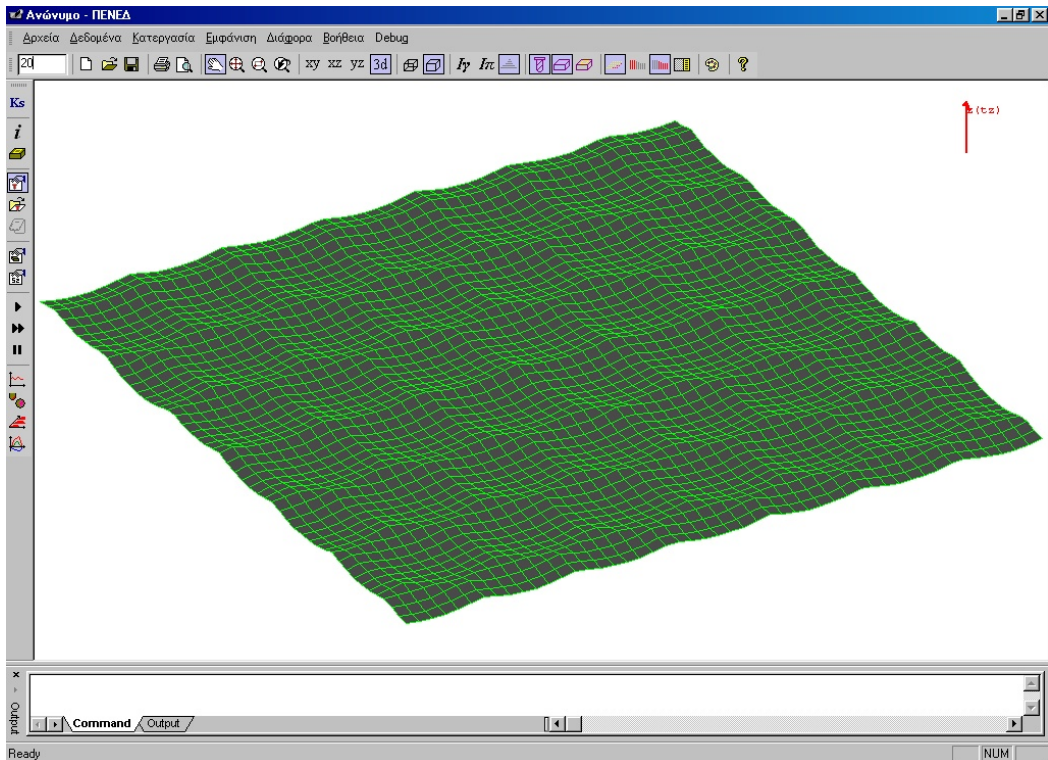
Συνολικά μετά από περίπου 11,5 λεπτά εκτέλεσης του προγράμματος (χρόνος που μπορεί να μειωθεί σημαντικά αν δεν χρειάζονταν η αποθήκευση των αποβλήτων), προέκυψε η παρακάτω μορφή του τεμαχίου σε γενική άποψη, όπως παρουσιάζεται στο [σχήμα 2.9](#) σε τρισδιάστατη απεικόνιση.

### 2.2.1 Τοπομορφία

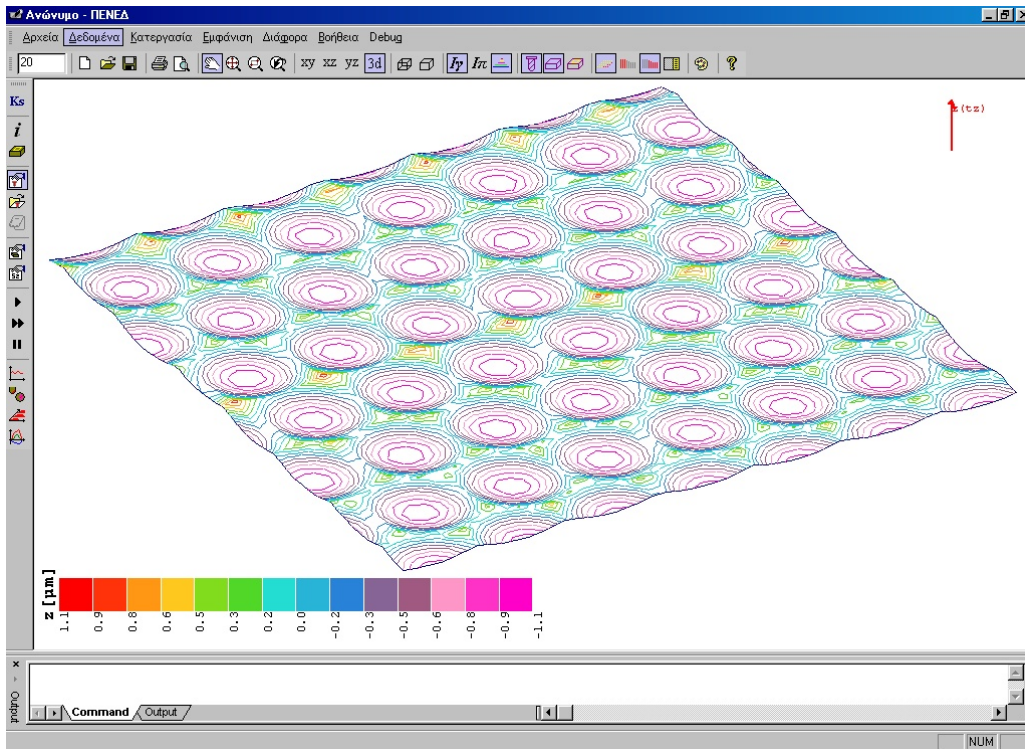
Όπως είναι φανερό, η εικόνα του σχήματος 2.9 δεν δίνει πληροφορίες σχετικά με την κατεργασμένη επιφάνεια. Αυτές οι πληροφορίες δίνονται στο παρακάτω [σχήμα 2.10](#), όπου παρουσιάζεται η κατεργασμένη επιφάνεια σε μεγέθυνση x20 στον άξονα z. Αντίστοιχα τα [σχήματα 2.11](#) και [2.12](#), δείχνουν την ίδια επιφάνεια σε ισοϋψείς.



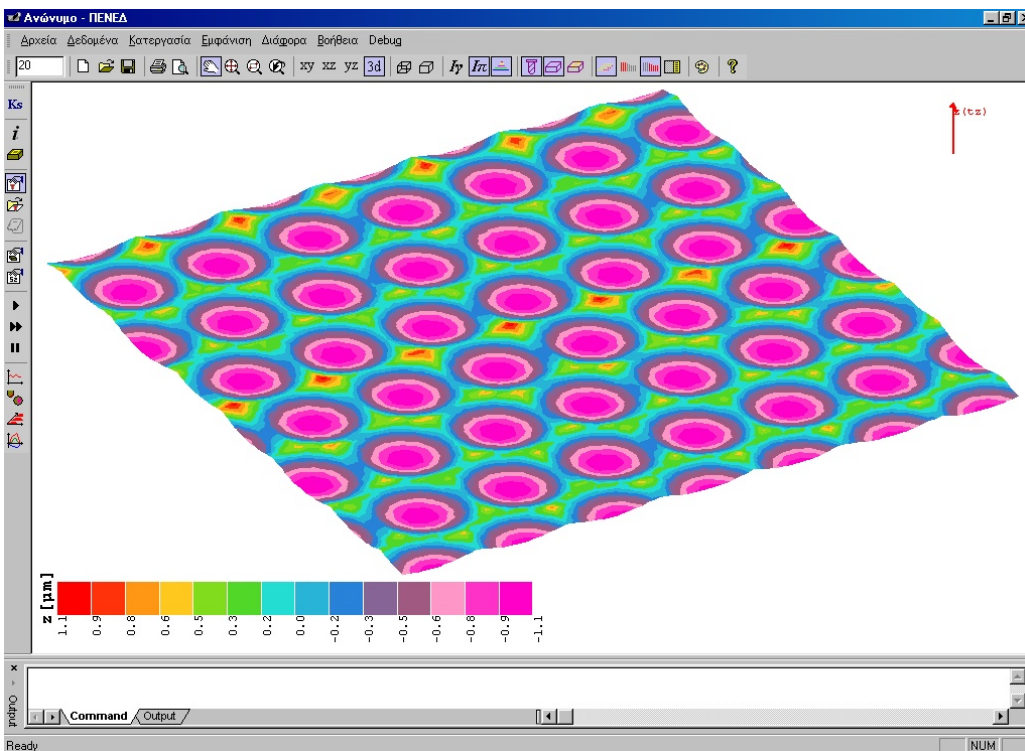
Σχήμα 2.9 Τελική εικόνα προγράμματος.



Σχήμα 2.10 Κατεργασμένη επιφάνεια σε μεγέθυνση.

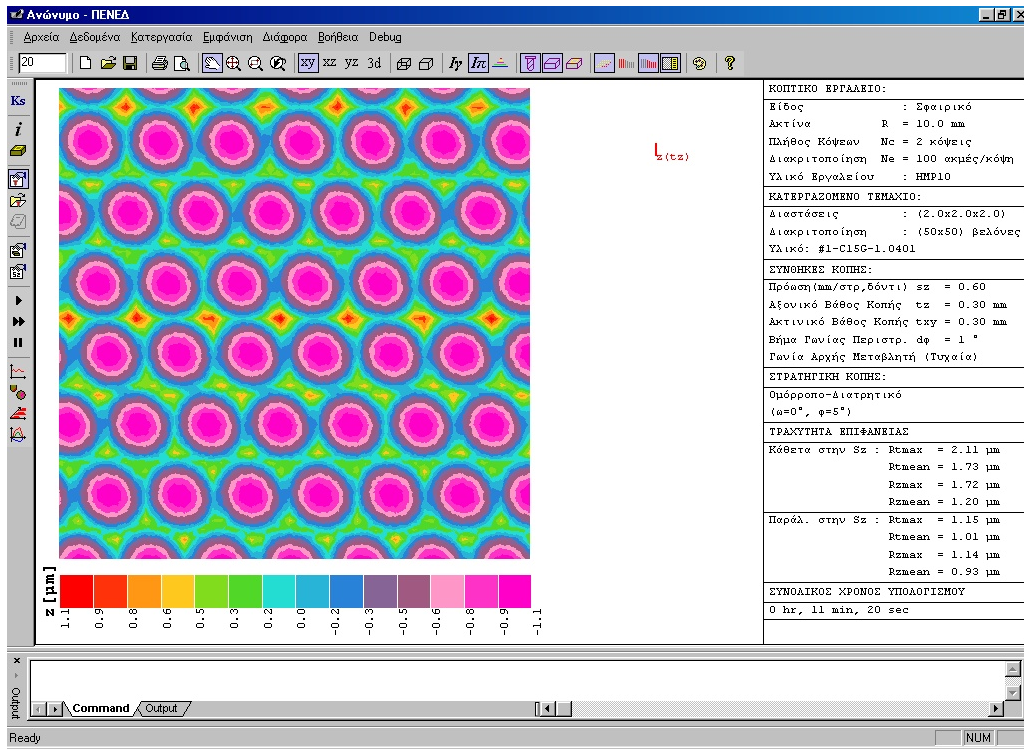


Σχήμα 2.11 Ισοϋψείς κατεργασμένης επιφάνειας.



Σχήμα 2.12 Ισοϋψείς επιφάνειες.

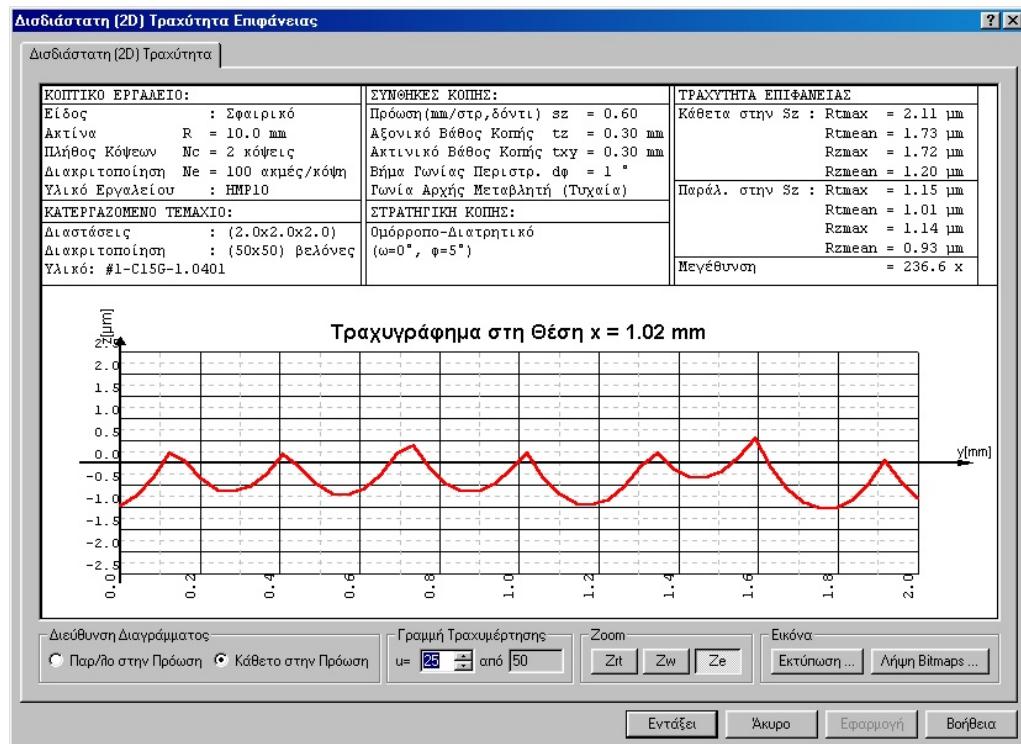
Μια πιο εποπτική παρουσίαση είναι και η παρουσίαση σε κάτοψη των ισοϋψών επιφανειών του σχήματος 2.13.



Σχήμα 2.13 Κάτοψη των Ισούψων της κατεργασμένης επιφάνειας.

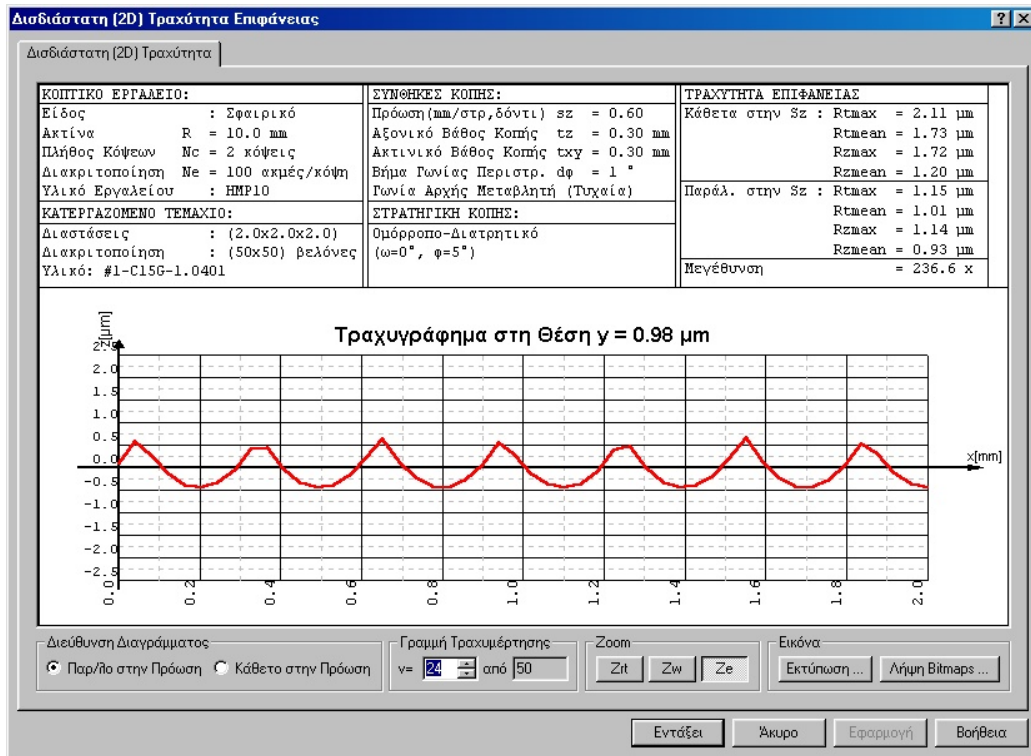
### 2.2.2 Τραχύτητα

Η τοπομορφία σε τομή, όπως υπολογίσθηκε από το λογισμικό MSN φαίνεται στην μάσκα που παρουσιάζεται στο σχήμα 2.14. Στο σχήμα αυτό διακρίνεται μία από τις 50 τομές της κατεργασμένης επιφάνειας με επίπεδο κάθετα στην κατεύθυνση της πρόωσης.



Σχήμα 2.14 Τομή επιφάνειας κάθετα στην πρόωση.

Αντίστοιχα, η τομή της επιφάνειας παράλληλα στην κατεύθυνση της πρόωσης, φαίνεται στο σχήμα 2.15.



Σχήμα 2.15 Τομή επιφάνειας παράλληλα στην πρόωση.

Μέσω των τομών αυτών και με βάση τον τρόπο υπολογισμού του Rz και Rt, προκύπτουν οι μέγιστες και οι μέσες τιμές των μεγεθών αυτών. Στο σχήμα 2.16, φαίνονται οι υπολογισμένες τιμές της τραχύτητας καθώς και τα υπόλοιπα στοιχεία της κατεργασίας.

ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	
Κάθετα στην Sz :	Rtmax = 2.10 μm
	Rtmean = 1.74 μm
	Rzmax = 1.81 μm
	Rzmean = 1.33 μm
Παράλ. στην Sz :	Rtmax = 1.15 μm
	Rtmean = 1.04 μm
	Rzmax = 1.15 μm
	Rzmean = 0.99 μm

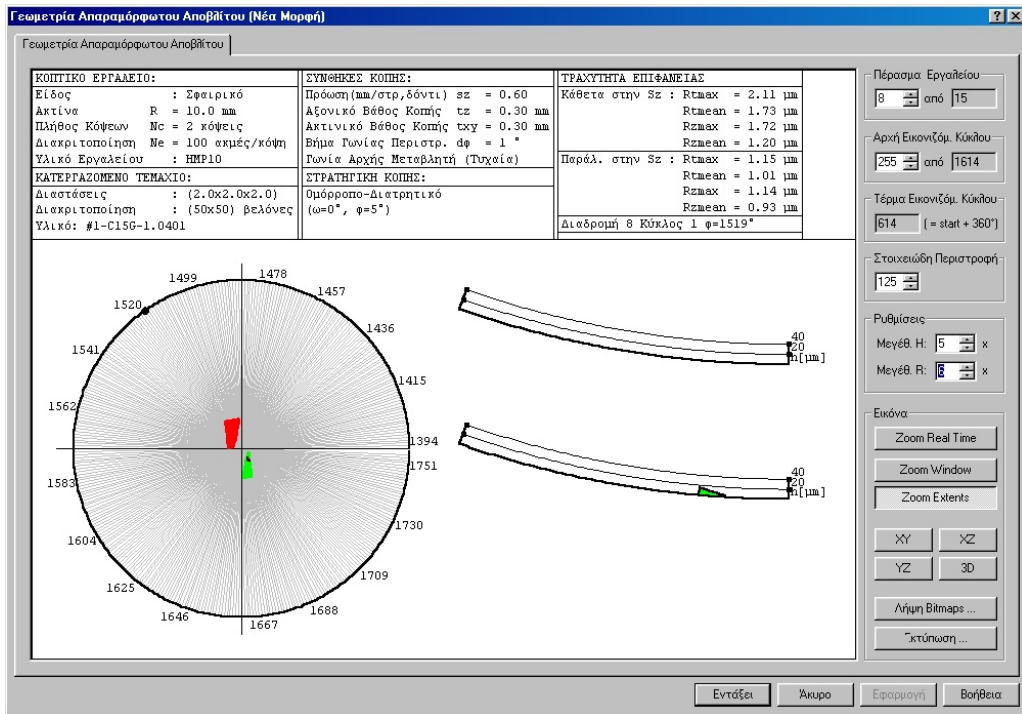
Σχήμα 2.16 Αποτελέσματα τραχύτητας.

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί οι τιμές αυτές διαφοροποιούνται σε επίπεδο εκατοστού του μικρού από τις αντίστοιχες που φαίνονται στο σχήμα 2.15. Ο λόγος για την ελάχιστη αυτή διαφοροποίηση είναι ότι οι τιμές του σχήματος 2.16 προήλθαν από νέα εκτέλεση του προγράμματος MSN, όπου λόγω της τυχαίας τοποθέτησης του εργαλείου, παρουσιάζονται οι διαφορές αυτές.

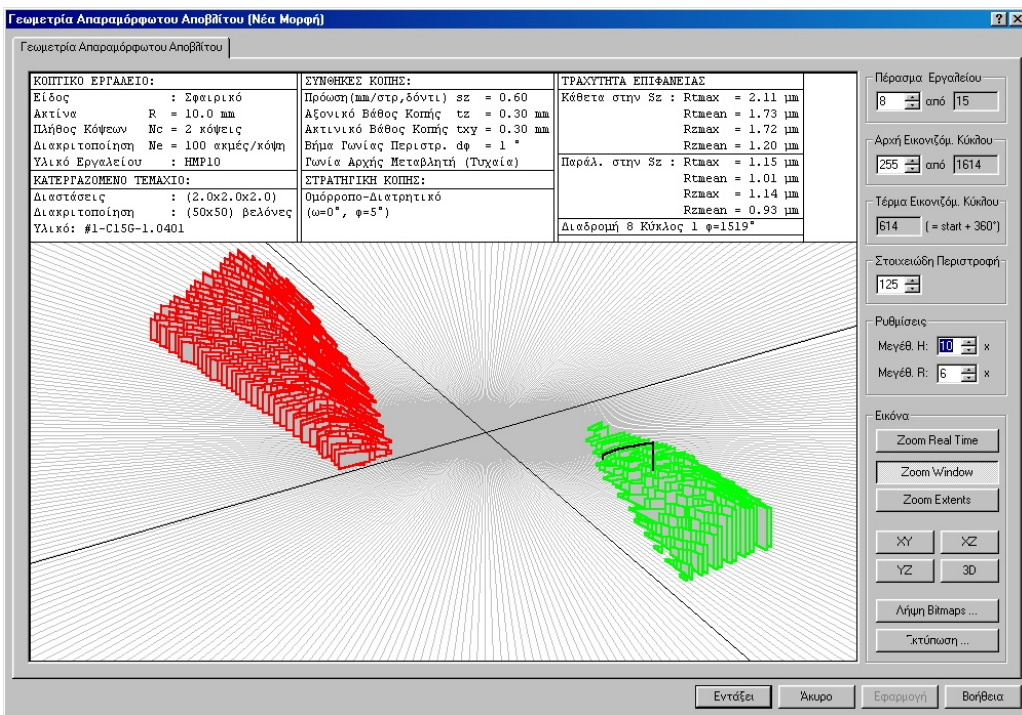
### 2.2.3 Απόβλιττα

Στα επόμενα σχήματα 2.17 έως και 2.22 παρουσιάζονται φόρμες αποτελεσμάτων των παραγόμενων αποβλίττων.



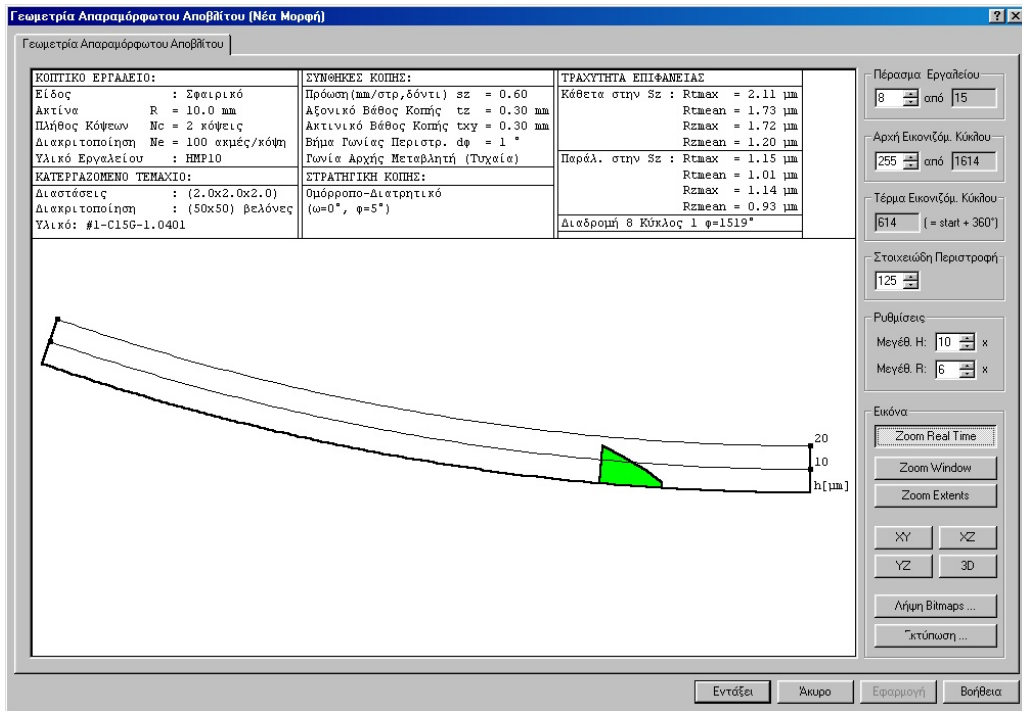


Σχήμα 2.17 Αποτελέσματα διατομών απαραμόρφωτου αποβλήτου.



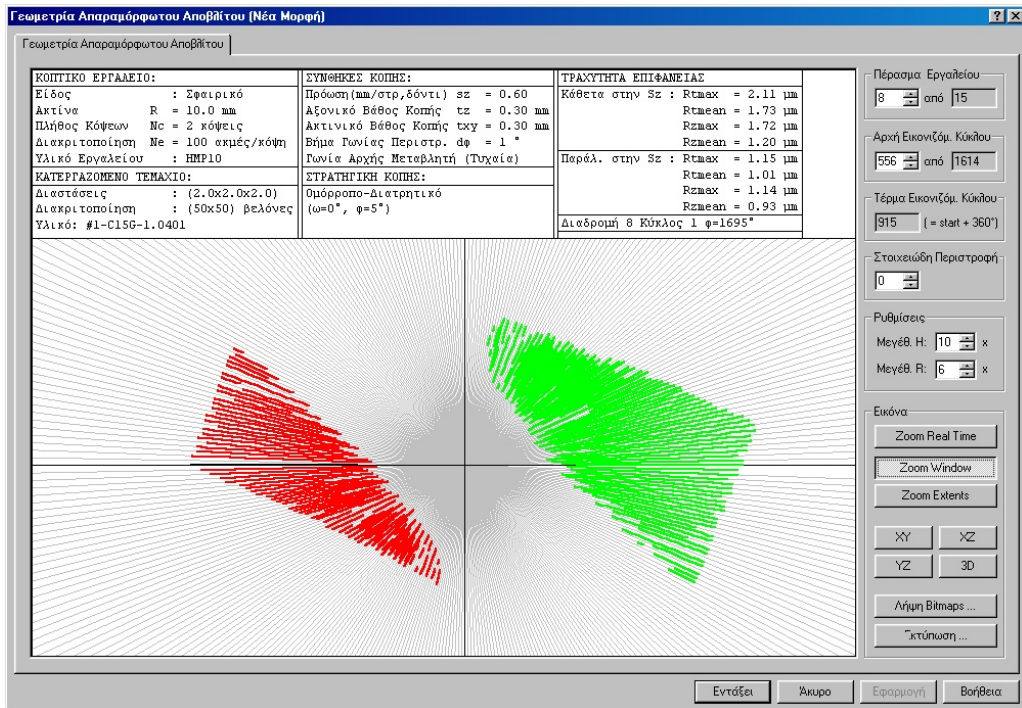
Σχήμα 2.18 Μεγέθυνση της παρουσίασης των αποβλήτων των δύο κόψεων.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.17 η παρουσίαση των αποβλήτων γίνεται με ανάπτυξη τους στην κάθε κόψη αλλά και σε ανάπτυξη των επιμέρους θέσεων περιστροφής κάθε πλήρους περιστροφής του εργαλείου. Στο σχήμα 2.18 φαίνονται σε τρισδιάστατη απεικόνιση δύο απόβλιττα που παράγονται στο 8<sup>ο</sup> πέρασμα του κοπτικού εργαλείου ενώ με μαύρο περίγραμμα οριοθετείται το τρέχον απόβλιττο που παρουσιάζεται στην ανάπτυξη της κόψης, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα 2.19.



Σχήμα 2.19 Μεγέθυνση αποβλήτου δευτέρας κόψης.

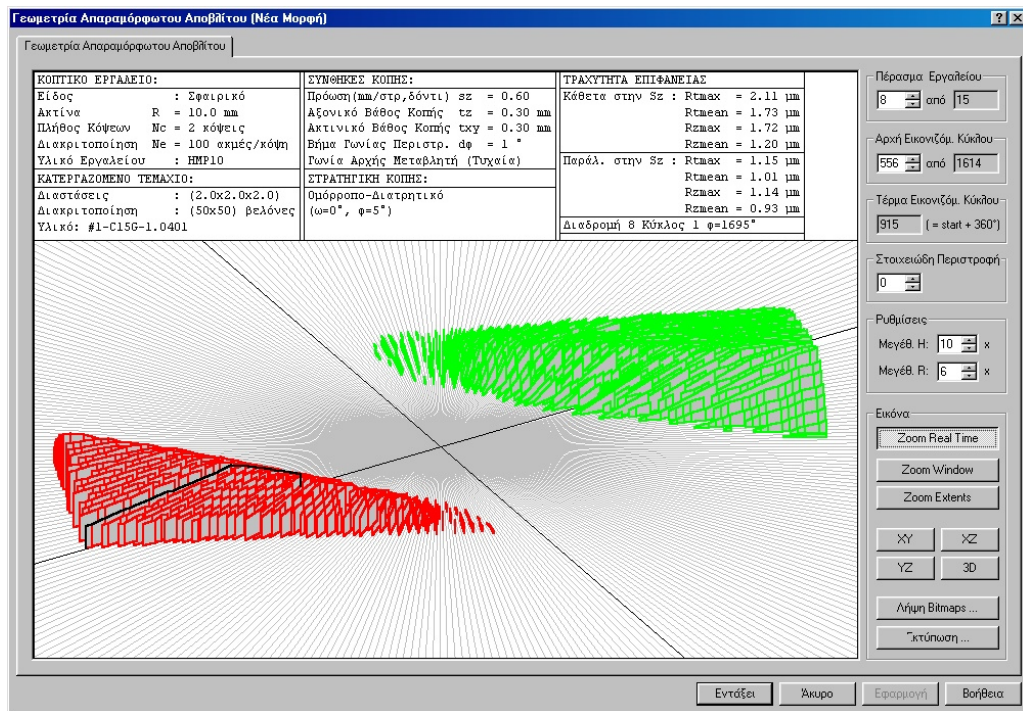
Αντίστοιχα αποτελέσματα φαίνονται και στο σχήμα 2.20. σε κάτοψη. Από το σχήμα γίνεται φανερό ότι στη συγκεκριμένη περιστροφή του εργαλείου που παράγει τα δύο αυτά απόβλιττα, οι δύο κόψεις δεν παράγουν ταυτόχρονα απόβλιττο.



Σχήμα 2.20 Απόβλιττα σε κάτοψη.

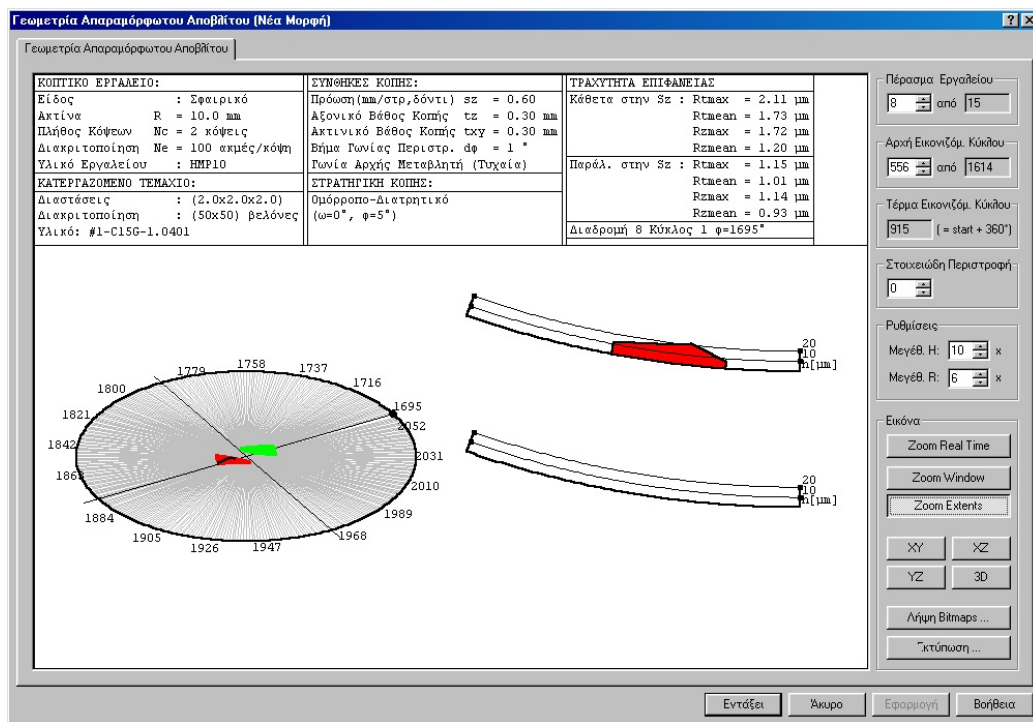
Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται η ίδια περίπτωση του σχήματος 2.20 αλλά σε τρισδιάστατη απεικόνιση. Όπως φαίνεται από το σχήμα, το μαύρο περίγραμμα που

οριοθετεί το παρουσιαζόμενο στοιχειώδες απόβλιπτο σε ανάπτυγμα στην κοπτική ακμή, βρίσκεται στην πρώτη κόψη.



Σχήμα 2.21 Απόβλιπτα σε τρισδιάστατη απεικόνιση.

Το ίδιο αποτέλεσμα σε μικρότερη μεγέθυνση και με το στοιχειώδες απόβλιπτο σε ανάπτυγμα στην κοπτική ακμή, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 2.22.



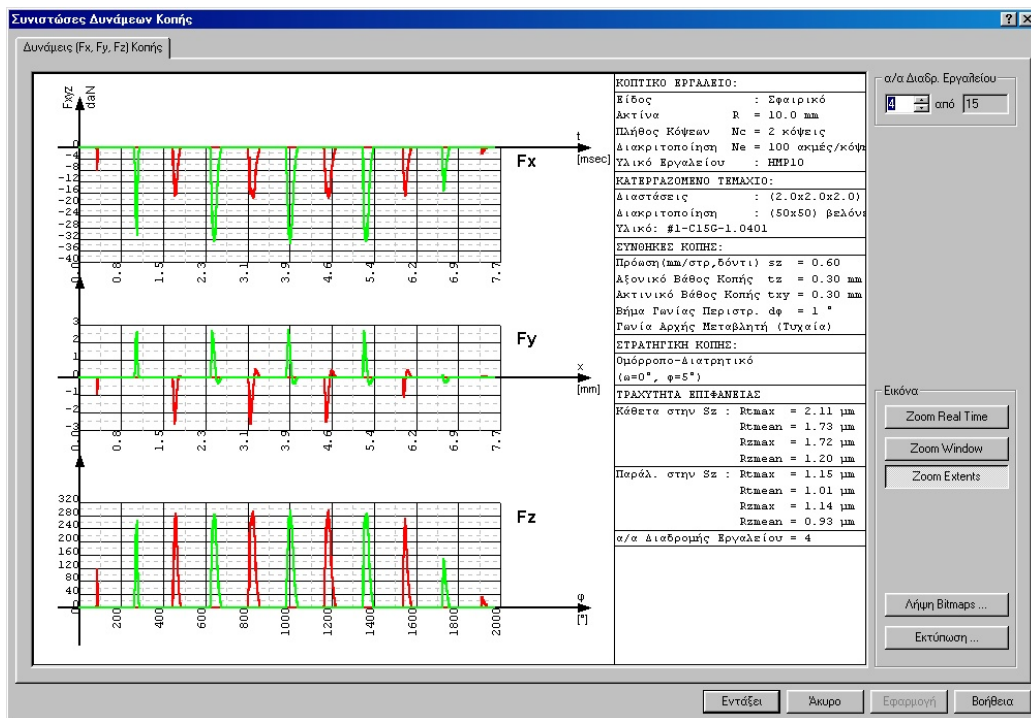
Σχήμα 2.22 Απόβλιπτα σε τρισδιάστατη απεικόνιση σε ανάπτυγμα στις κόψεις.

### 2.2.4 Δυνάμεις κοπής

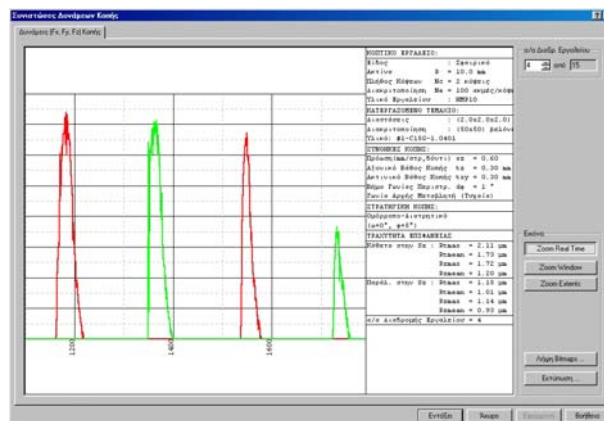
Όπως αναφέρθηκε ήδη, το πρόγραμμα MSN έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει τις αναπτυσσόμενες δυνάμεις κοπής στο φραιζάρισμα. Έχοντας υπολογίσει το πάχος (h) του παραγόμενου αποβλίττου για κάθε στοιχειώδη κόψη και για κάθε θέση περιστροφής και μετατόπισης και με πλάτος αποβλίττου (b) όσο το πλάτος της κόψης, γίνεται ο υπολογισμός των συνιστωσών των δυνάμεων κοπής από τις εξισώσεις των **Kienzle – Victor** :

$$F = K_s \cdot b \cdot h^{(1-z)}$$

όπου  $K_s$  και  $z$  είναι τεχνολογικές σταθερές, οι οποίες εξαρτώνται από το συνδυασμό υλικών κοπτικού εργαλείου και κατεργαζόμενου τεμαχίου. Για τις σταθερές αυτές έχει δημιουργηθεί βάση δεδομένων από την οποία αντλούνται κάθε φορά οι τιμές τους, ανάλογα με το συνδυασμό υλικών κοπτικού εργαλείου και κατεργαζόμενου τεμαχίου. Με τον παραπάνω τρόπο προκύπτουν οι τρεις συνιστώσες των δυνάμεων κοπής  $F_x$ ,  $F_y$  και  $F_z$  που φαίνονται στο σχήμα 2.23 και σε μεγέθυνση μέρος της συνιστώσας στο σχήμα 2.24.



Σχήμα 2.23 Συνιστώσες δυνάμεων κοπής



Σχήμα 2.24 Μεγέθυνση δύναμης κοπής Fz