

Βιργινία Λυπαρή
Διπλ. Μηχανικός Παραγωγής και Διοίκησης Πολυτεχνείου Κρήτης
διδασκαρική διατριβή

‘ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ’ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ ΜΕ ΓΛΥΠΤΕΣ
ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η διατριβή μελετά τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και της κοπής μηχανολογικών τεμαχίων που αποτελούνται από γλυπτές (sculptured) επιφάνειες και έχουν μορφή θετικού ή αρνητικού όγκου, δηλαδή πρωτότυπου ή κοιλότητας καλουπιού, αντίστοιχα, με συνήθη εφαρμογή στη βιομηχανία πλαστικών, σφυρήλατων και χυτών.

Σύμφωνα με το state-of-the-art της τεχνολογίας ο σχεδιασμός πολύπλοκων επιφανειών είναι χρονοβόρος όταν γίνεται από το μηδέν. Συνήθως χρησιμοποιούνται επιφάνειες NURBS ή Bezier οι οποίες πρέπει να πληρούν περιορισμούς διαστάσεων, κλίσης και καμπυλότητας. Δεν υπάρχει γενικά η δυνατότητα χρήσης έτοιμων – παραμετροποιημένων τμημάτων ως ‘δομικών λίθων’, τα οποία θα είχαν συγκεκριμένο λειτουργικό ρόλο στο μοντέλο, πράγμα που θα επιτάχυνε τη διαδικασία σχεδιασμού. Επιπλέον, δεν υπάρχει η δυνατότητα να προβλέπεται ή να αξιολογείται η δυσκολία κατασκευής (‘κατασκευασιμότητα’) των τεμαχίων με γλυπτές επιφάνειες με χρήση κατεργασιών κοπής, έτσι ώστε να γίνονται οι κατάλληλες επιλογές γεωμετρικών χαρακτηριστικών στο στάδιο του σχεδιασμού. Ακόμη δε και αν υπήρχε η δυνατότητα αξιολόγησης της κατασκευασιμότητας τέτοιων τεμαχίων, η επιλογή από τον χρήστη τιμών για τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν εκτός της μορφής του τεμαχίου και την κατασκευασιμότητά του δεν θα ήταν η καλύτερη δυνατή. Αυτό οφείλεται στο ότι η επιλογή τιμών, σύμφωνα με το state-of-the-art, δεν θα υποστηρίζονταν από κάποια θεωρία ή/και εργαλείο εφαρμογής της, αλλά θα βασίζονταν μόνο στην εμπειρία και το ‘ένστικτο’ του σχεδιαστή.

Η διατριβή αυτή μελετά και προτείνει λύσεις και στα τρία παραπάνω διακριτά, αλλά αλληλοεξαρτώμενα ζητήματα.

Πρώτο, προτείνει την επέκταση της έννοιας των μορφολογικών χαρακτηριστικών (features) από τεμάχια με αναλυτικές-κλασσικές επιφάνειες σε τεμάχια με γλυπτές επιφάνειες. Για να έχει νόημα αυτή η μεταφορά, διατηρείται η ‘ογκική’ φύση των μορφολογικών χαρακτηριστικών και δεν μεταβάλλεται σε ‘επιφανειακή’. Ορίζονται μορφολογικά χαρακτηριστικά με βάση τη λειτουργικότητα τους στο προϊόν, πχ ‘λαβή’, ‘στέλεχος’, ‘κεφαλή’ στην περίπτωση ενός σφυριού που χρησιμοποιήθηκε ως παράδειγμα από την αρχή ως το τέλος της διατριβής. Καθένα από τα χαρακτηριστικά

αυτά ορίζεται με βάση παραμετρικά σκελετικά (wireframe) μοντέλα τα οποία εμπεριέχουν περιορισμούς. Με αυτό τον τρόπο γίνεται εκμετάλλευση της υπάρχουσας τεχνολογίας CAD που έχει, καθολικά πλέον, υιοθετήσει τις έννοιες της παραμετρικότητας και των περιορισμών και τις έχει πλήρως υλοποιήσει σε επίπεδο γεωμετρίας γραμμών, αλλά όχι τόσο σε επίπεδο επιφανειών ή στερεών. Κάθε μορφολογικό χαρακτηριστικό δημιουργείται τελικά ως στερεό με βάση τους παρεχόμενους τελεστές δημιουργίας στερεών (extrude, loft, revolve κλπ). Αποτέλεσμα είναι το προϊόν που σχεδιάζεται να αλλάζει εύκολα μορφή με αλλαγή των τιμών των παραμέτρων που το καθορίζουν.

Δεύτερο, προτείνει τη δημιουργία ενός συστήματος καταρχήν αποφάσεων σχετικά με τον τρόπο κατασκευής τεμαχίων με γλυπτές επιφάνειες με κοπή σε κέντρα CNC. Οι αποφάσεις αυτές αναφέρονται στην επιλογή διαμέτρου εργαλείου εκχόνδρισης και εργαλείου αποπεράτωσης (φινιρίσματος), όπως και στην αναγκαιότητα ή μη της χρήσης εργαλείου ημι-αποπεράτωσης. Οι παράγοντες που σχετίζονται με αυτές τις αποφάσεις είναι ο όγκος του υλικού που πρέπει να αποβληθεί, η πολυπλοκότητα της επιφάνειας που πρέπει να δημιουργηθεί, η μέγιστη καμπυλότητα της και η σχετική βαρύτητα του χρόνου κατεργασίας σε σχέση με την ποιότητα, δηλαδή με το παραμένον ανεπιθύμητο υλικό μετά την κατεργασία. Επιπλέον, για καθεμιά από τις τρεις φάσεις κατεργασίας, δηλαδή εκχόνδριση, αποπεράτωση και ημι-αποπεράτωση, λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με την τιμή των κύριων παραμέτρων που ορίζουν τη στρατηγική της κατεργασίας, πχ μέγεθος κατακόρυφου πάσου, οριζόντια επικάλυψη πάσων κλπ, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η δεδομένη σχετική βαρύτητα χρόνου-ποιότητας ή να προσεγγίζεται όσο το δυνατό περισσότερο. Δεδομένης της εγγενούς προσεγγιστικής φύσης αυτών των αποφάσεων, το σύστημα αποφάσεων υλοποιήθηκε ως σύστημα ασαφούς λογικής (fuzzy system), οδηγεί δε το χρήστη στην επιλογή στρατηγικής της κατεργασίας, αλλά και του δίνει τη δυνατότητα να πειραματισθεί με διαφορετικές επιλογές, αποκτώντας έτσι άποψη για τον τρόπο αλληλεπίδρασης παραμέτρων μορφολογίας και κατεργασίας.

Τρίτο, προτείνεται η δημιουργία νευρωνικών μετα-μοντέλων που συνδέουν – για δεδομένο παραμετρικά ορισμένο τεμάχιο – τις παραμέτρους των μορφολογικών χαρακτηριστικών με λειτουργικά του χαρακτηριστικά αλλά και με χαρακτηριστικά της κατεργασίας του. Τα νευρωνικά δίκτυα εκπαιδεύονται με βάση ένα αριθμό παραλλαγών του τεμαχίου που προκύπτουν από αλλαγή τιμών των μορφολογικών χαρακτηριστικών του και για καθεμιά από αυτές χρησιμοποιείται το εργαλείο λήψης αποφάσεων σχετικά με τη στρατηγική κατεργασίας τεμαχίων με γλυπτές επιφάνειες,

αλλά και οι υπολογιστικές δυνατότητες του περιβάλλοντος γεωμετρικής μοντελοποίησης. Τα νευρωνικά δίκτυα αντικαθιστούν, συνεπώς, το εργαλείο λήψης αποφάσεων και το περιβάλλον CAD, για αυτό και χαρακτηρίζονται ως μετα-μοντέλα. Στη συνέχεια, αυτά χρησιμοποιούνται στη συνάρτηση καταλληλότητας ενός απλού γενετικού αλγορίθμου ο οποίος έχει στόχο την εύρεση των καλύτερων τιμών των παραμέτρων των μορφολογικών χαρακτηριστικών του τεμαχίου με κριτήρια λειτουργικότητας και κατασκευασιμότητας. Παραδείγματα κριτηρίων αποτελούν η απόσταση του κέντρου βάρους του τεμαχίου από ένα χαρακτηριστικό άξονα, οι διάμετροι εργαλείων εκχόνδρισης και αποπεράτωσης κλπ. Η σχετική βαρύτητα των κριτηρίων ορίζεται από το χρήστη. Επειδή η μέθοδος είναι τόσο ακριβής όσο τα νευρωνικά μετα-μοντέλα, χρησιμοποιήθηκε ειδικό λογισμικό για εύρεση της βέλτιστης τοπολογίας των τελευταίων.

Τα αποτελέσματα της διατριβής έχουν άμεση εφαρμογή στο σχεδιασμό και την κατασκευή μηχανολογικών τεμαχίων με γλυπτές επιφάνειες και κυρίως καλουπιών.

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος ΠΕΝΕΔ2001 «Ευφυή συστήματα βελτιστοποίησης της κατασκευής μηχανουργικών τεμαχίων με ανάγλυφες επιφάνειες» (έργο Ο1ΕΔ131). Το έργο συγχρηματοδοτήθηκε κατά 75% επί της δημόσιας δαπάνης από την Ευρωπαϊκή Ένωση -Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο, 25% επί της δημόσιας δαπάνης από το Ελληνικό Δημόσιο- Υπουργείο Ανάπτυξης, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας και από τον Ιδιωτικό Τομέα (εν προκειμένω των εταιριών Άξων Μηχανολογική ΑΕ και ΒΙΟΡΑΛ ΑΕΒΕ) στο πλαίσιο του Μέτρου 8.3 του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητα - Κοινωνικό Πλαίσιο Στήριξης 2000-2006.