

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΖΑΝΤΕΣ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



Μπάκης Δημήτριος
Διπλωματική εργασία
Χανιά 2017



Επιβλέποντες
Μπιλάλης Νικόλαος

Ευχαριστίες

Τις ευχαριστίες μου στον κύριο Μπιλάλη Νικόλαο επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας μου για την καθοδήγηση του, καθώς επίσης ευχαριστώ ιδιαιτέρως και τον Ε.ΔΙ.Π. κύριο Κουλουριδάκη Πάυλο για την πολύτιμη βοήθεια του με τον τρισδιάστατο εκτυπωτή και την επίλυση των προβλημάτων που προέκυψαν κατά την διάρκεια των εκτυπώσεων.

Περιεχόμενα

1	Ζάντες , ο ρόλος , οι παράμετροι και η σημασία τους.....	9
1.1	Εισαγωγή στις ζάντες	9
1.2	Σκοπός	9
1.3	Υλικά κατασκευής	10
1.4	Τύποι τροχού και ζάντας βάσει υλικού	10
1.4.1	Ζάντα ακτινωτών καλωδίων	10
1.4.2	Τροχός χαλύβδινου δίσκου	10
1.4.3	Τροχός ελαφρού κράματος	11
1.4.3.1	Τροχός από κράμα αλουμινίου	11
1.4.3.2	Τροχός από κράμα μαγνησίου	11
1.4.3.3	Τροχός από κράμα τιτανίου	11
1.4.3.4	Τροχός σύνθετου υλικού	11
1.5	Σημαντικότητα των παραμέτρων.....	12
2	Τα μέρη της ζάντας και η σχεδιαστική ανάλυση	13
2.1	Χαρακτηριστικά και μέρη της ζάντας	13
2.1.1	Τροχός (wheel) :	13
2.1.2	Ζάντα (wheel rim) :	13
2.1.3	Δίσκος (disk plate) :	14
2.1.4	Εκκεντρότητα (offset) :	14
2.1.5	Διάμετρος κύκλου σπειρωμάτων (Pitch Circle Diameter) P.C.D. :	16
2.1.6	Προφίλ ζάντας (wheel rim profile)	16
2.1.6.1	Φλάντζα (flange) :	17
2.1.6.2	Έδρα στεφάνης (bead seat) :	18
2.1.6.3	Ύβος (Hump):	18
2.1.6.4	Φρεάτιο (Well):	19
2.2	Τύποι προφίλ	19
2.2.1	Χαμηλού κέντρου (DC, drop centre).....	19
2.2.2	Διευρυμένου χαμηλού κέντρου (Wide Drop Center Rim, WDC)	20
2.2.3	Διευρυμένου χαμηλού κέντρου με ύβος (Wide Drop Centre Rim With Hump).21	

2.2.4	Παλαιού τύπου προφίλ ζάντας , τα οποία πλέον δεν είναι σε χρήση στα επιβατικά οχήματα	21
2.3	Ανάλυση του προφίλ ζάντας	22
2.3.1	Διαφοροποιήσεις βάσει των απολήξεων του προφίλ (Rim Flange Contours or Bead Profiles).....	22
2.3.2	Διαφοροποιήσεις βάσει των ύβων (Humps)	23
2.3.3	Κατηγορίες των προφίλ	24
3	Διαφοροποιήσεις στις ζάντες λόγω ελαστικών	27
3.1	Σύστημα ζάντας ελαστικού	27
3.2	Διάμετρος ζάντας προφίλ ελαστικού και πέλμα	28
3.3	Οχήματα επιδόσεων	29
3.4	Οχήματα ανώμαλου δρόμου	30
3.5	Οχήματα πολλαπλών χρήσεων	31
4	Χρήση υπολογιστών στο σχεδιασμό	32
4.1	Computer-aided Design (CAD)	32
4.2	Computer-aided Manufacturing (CAM)	33
4.3	Computer-aided Engineering (CAE)	34
4.4	Siemens NX.....	35
4.5	Μοντελοποίηση τρισδιάστατων αντικειμένων	36
4.6	Εφαρμογή στις ζάντες	37
5	Σχεδίαση προϊόντων - διαφοροποίηση μεταξύ τους.....	38
5.1	Τα προϊόντα.....	38
5.1.1	. Παραδοχές	38
5.2	Τμηματοποίηση σχεδιασμού	38
5.2.1	Wheel rim collar.....	39
5.2.2	Disk plate.....	41
5.2.3	Mounting hub	41
5.3	Βήματα διαδικασίας σχεδίασης.....	42
5.3.1	Ο ρόλος του Unite:.....	43
5.3.2	To edge blend :	44
5.4	Διαφοροποιήσεις συγκρίσεις	46
5.4.1	φλάντζες.....	46
5.4.2	Mounting hub	47

5.4.3	Διαστάσεις	47
5.4.4	Offset.....	48
5.4.5	προφίλ.....	48
6	Τρισδιάστατη εκτύπωση.....	50
6.1	Ταχεία πρωτοτυποποίηση και προσθετική παραγωγή	50
6.2	Προσθετική τεχνολογία έναντι άλλων μεθόδων	51
6.3	Λειτουργία και υλικά και μέθοδοι.....	51
6.4	Η γενική διαδικασία της τρισδιάστατης παραγωγής	53
6.4.1	Βήμα 1: CAD	54
6.4.2	Βήμα 2: Μετατροπή σε STL	54
6.4.3	Βήμα 3: διαχείριση αρχείων STL.....	54
6.4.4	Βήμα 4: Ρύθμιση μηχανήματος	54
6.4.5	Βήμα 5: Κατασκευή.....	54
6.4.6	Βήμα 6: Αφαίρεση	54
6.4.7	Βήμα 7: Μετέπειτα επεξεργασία.....	54
6.4.8	Βήμα 8: Εφαρμογή.....	55
6.5	Τα οφέλη της τρισδιάστατης παραγωγής.....	55
6.6	Ο εκτυπωτής.....	56
6.7	Τα μέρη του εκτυπωτή	57
6.7.1	UltiController	57
6.7.2	Παροχή.....	58
6.7.3	Κεφαλή εξώθησης.....	59
6.7.4	Έδρανο εκτύπωσης	59
6.8	Το λογισμικό.....	59
6.9	Εφαρμογή βημάτων εκτύπωσης στις ζάντες	61
6.9.1	Εκτέλεση των βήμα 1 και βήμα 2 (CAD και μετατροπή σε stl)	61
6.9.2	Εκτέλεση του Βήματος 3 (διαχείριση αρχείων stl).....	61
6.9.2.1	Υποστήριξη	61
6.9.2.2	Τύπος βάσης.....	64
6.9.2.3	Ταχύτητα.....	65
6.9.3	Εκτέλεση του βήματος 4 (Ρύθμιση μηχανήματος).....	66
6.9.4	Εκτέλεση του βήματος 5 (κατασκευή).....	66
6.9.5	Εκτέλεση του βήματος 6 (αφαίρεση)	67

6.9.6	Εκτέλεση του βήματος 7 (μετέπειτα επεξεργασία).....	67
6.10	Αστοχίες και εμπόδια.....	70
7	Συμπεράσματα	71
7.1	Για το προϊόν :	71
7.2	Για το λογισμικό σχεδίασης :	71
7.3	Για την τρισδιάστατη εκτύπωση :	71
8	Βιβλιογραφία	72

Περίληψη

Το αυτοκινούμενο όχημα εντάχθηκε σταδιακά στην καθημερινότητα του ανθρώπου ολοένα και περισσότερο από τη βιομηχανική επανάσταση και έπειτα. Οι χρήσεις του ποικίλουν και πλέον με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, των δυνατοτήτων παραγωγής αλλά και του βαθμού εξειδίκευσης σε κάθε κλάδο υπάρχει η δυνατότητα προσαρμογής κάθε εξαρτήματος που το αποτελεί προκειμένου να ανταποκριθεί καλύτερα στον εκάστοτε σκοπό του.

Ο σκοπός ενός αυτοκίνητου ορίζει και αναγκάζει τα εξαρτήματά του να συμμορφωθούν κάτω από συγκεκριμένες προδιαγραφές, ένα εξ αυτών το οποίο παίζει καταλυτικό ρόλο στην οδική του συμπεριφορά είναι οι ζάντες που χρησιμοποιεί.

Η παρούσα εργασία εστιάζει στη μελέτη και την ανάπτυξη των παραγόντων, γεωμετρικών και κατασκευαστικών, οι οποίοι συμμετέχουν στην διαδικασία αυτής της εξατομίκευσης αυτού του προϊόντος. Έπειτα επιλέγοντας τρεις διαφορετικούς τύπους αυτοκινήτων αναλύονται, οι επιθυμητές επιδόσεις-χρήσεις αυτών τα ελαστικά της κάθε περίπτωσης και αντιστοιχίζεται ο κάθε τύπος οχήματος με τις διαφορετικές ζάντες που χρησιμοποιεί.

Αυτές οι εναλλακτικές μορφές προϊόντος σχεδιάζονται στο περιβάλλον του Siemens NX 11.0 και έπειτα με τη χρήση του ανοιχτού λογισμικού ταχείας πρωτοτυποποίησης CURA 3.2.1 της ultimate τυπώνονται τρισδιάστατα οι εναλλακτικές μορφές προϊόντος. Επειδή η εκτύπωση αποτελεί έναν έλεγχο του σχεδίου δίνεται έμφαση και αναλύεται η σωστή σχεδίαση του προϊόντος.

1 Ζάντες , ο ρόλος , οι παράμετροι και η σημασία τους

1.1 Εισαγωγή στις ζάντες

Το σύγχρονο όχημα θεωρείται σήμερα, εκτός από ένα μέσο μεταφοράς και ικανοποίησης των αναγκών μετακίνησης των ανθρώπων, ένα αντικείμενο στο οποίο η μόδα και ο σχεδιασμός συμβάλλουν καθοριστικά ώστε το τελικό προϊόν να συναντά τόσο τις τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται όσο και τις απαιτήσεις του καταναλωτή. Ειδικότερα, το κομμάτι το οποίο εμπίπτει στο σχεδιασμό είναι εκείνο το οποίο καλείται να ικανοποιήσει τις προσωπικές απαιτήσεις των ανθρώπων. Τα μηχανοκίνητα οχήματα παράγονται σύμφωνα με πολύ αυστηρές προδιαγραφές και κανόνες για να διασφαλίζουν την ασφάλεια των επιβατών. Οι τροχοί ταξινομούνται ως εξαρτήματα ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια του οχήματος και χρησιμοποιούνται διεθνείς κώδικες και κριτήρια για τον σχεδιασμό τους. Ο τροχός στο σύνολο του αποτελείται από το ελαστικό και την ζάντα. Οι ζάντες αυτοκινήτων χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, ζάντες από χάλυβα και ζάντες αλουμινίου. Οι ζάντες αλουμινίου είναι η συνήθης επιλογή των κατασκευαστών στα σύγχρονα οχήματα. Όλοι οι τροχοί από χάλυβα αποτελούνται από δύο συμπιεσμένα εξαρτήματα, την ζάντα και το δίσκο του τροχού, τα οποία ενώνονται μέσω συγκόλλησης μεταξύ τους. Πρέπει να αναφερθεί ότι η σωστή επιλογή ζάντας συμβάλλει καθοριστικά στην οδική συμπεριφορά του αυτοκινήτου και στην αίσθηση που αποκομίζει ο οδηγός από τη λεγόμενη οδική συμπεριφορά του οχήματος.

1.2 Σκοπός

Ο σκοπός της ζάντας του τροχού αυτοκινήτου είναι να παρέχει μια σταθερή βάση πάνω στην οποία τοποθετείται το ελαστικό. Οι διαστάσεις και το σχήμα της πρέπει να είναι κατάλληλες για την ικανοποιητική προσαρμογή του συγκεκριμένου ελαστικού που απαιτείται για το εκάστοτε όχημα.

Η οδική συμπεριφορά του οχήματος και η αίσθηση κατευθυντικότητας που αποκομίζει ο εκάστοτε οδηγός επηρεάζεται καθοριστικά, από τα μέρη του αυτοκινήτου στα οποία δεν επιδρά η ανάρτηση και αυτά είναι: ο τροχός -ζάντα και ελαστικό μαζί-, το σύστημα κατεύθυνσης κίνησης (steering axis) και το σύστημα φρένων. Ο τροχός διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο εξαιτίας των διαστάσεων του, αφού αυτές καθορίζουν το σημείο τοποθέτησης του σε σχέση με το όχημα και συνεπώς το φορτίο που ασκεί στο σύστημα κατεύθυνσης κίνησης και μέσω αυτού την αίσθηση που αποκομίζει ο οδηγός.

Το ελαστικό λειτουργεί ως τροχός μόνο αφού φουσκωθεί και τοποθετηθεί στη ζάντα. Η συναρμολόγηση ελαστικών και τροχών επηρεάζει τη λειτουργία και την απόδοση του οχήματος. Το ελαστικό έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί για να ταιριάζει σε μία κατηγορία από ζάντες και εφόσον εγκατασταθεί στη σωστή ζάντα το ελαστικό θα αποδώσει στο μέγιστο δυνατό βαθμό των δυνατοτήτων του. Είναι σαφές ότι η διάρκεια ζωής του ελαστικού θα μειωθεί εάν εγκατασταθεί σε μια ακατάλληλη ζάντα.

1.3 Υλικά κατασκευής

Τα υλικά για την παραγωγή αυτών των τροχών έχουν εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό και κυμαίνονται από χάλυβα έως μη σιδηρούχα κράματα όπως κράματα μαγνησίου και αλουμινίου. Η εξέλιξη των υλικών με το πέρασ των χρόνων συνέβαλλε καθοριστικά στην σχεδιαστική εξέλιξη επίσης, αφού με τα υλικά που προέκυψαν δημιουργήθηκαν μεγαλύτερες δυνατότητες σχεδιασμού ώστε οι ζάντες να ανταποκρίνονται καλύτερα στις ανάγκες του αυτοκινήτου, στη μηχανική καταπόνηση και να συμβάλλουν το μέγιστο δυνατό στη βελτίωση της οδικής συμπεριφοράς. Το κράμα αλουμινίου είναι καλύτερο για τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του, όπως επίσης προτιμάται για την καλύτερη αντοχή του και την ανθεκτικότητα του. Έχει εξαιρετική αντοχή στη φθορά, αντιδιαβρωτικές ιδιότητες όπως εκτιμάται από την κατανομή συχνότητας καταπόνησης. Οι τροχοί από κράματα είναι εντελώς αεροστεγείς και ως εκ τούτου είναι η τέλεια βάση για ελαστικά χωρίς αεροθάλαμο, σε αντίθεση με τους τροχούς από χάλυβα, στους οποίους παρατηρούνται πολύ μικρές αλλά όχι ανύπαρκτες απώλειες πίεσης ελαστικών.

1.4 Τύποι τροχού και ζάντας βάσει υλικού

Ο χάλυβας και τα ελαφρά κράματα είναι τα κύρια υλικά που χρησιμοποιούνται σε μία ζάντα, ωστόσο ορισμένα σύνθετα υλικά σε συνδυασμό με ίνες γυαλιού χρησιμοποιούνται για ειδικού τύπου τροχούς

1.4.1 Ζάντα ακτινωτών καλωδίων

Η ζάντα ακτινωτών καλωδίων είναι ένας τύπος στον οποίο η κυλινδρική επιφάνεια της ζάντας και το τμήμα στερέωσης του άξονα συνδέονται με πολλά καλώδια που ονομάζονται ακτίνες. Τα σημερινά αυτοκίνητα με την υψηλή τους υποδύναμη έχουν κάνει αυτό το είδος τροχών να είναι ξεπερασμένο. Αυτός ο τύπος τροχού εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε κλασικά οχήματα. Οι ζάντες ελαφριού κράματος έχουν αναπτύξει τα τελευταία χρόνια ένα σχέδιο που δίνει έμφαση σε αυτήν την εικόνα των ακτινωτών τροχών ώστε να εκπληρώσει τις απαιτήσεις των χρηστών όσον αφορά το αισθητικό κομμάτι.

1.4.2 Τροχός χαλύβδινου δίσκου



Εικόνα 1: χαλύβδινη ζάντα

Πρόκειται για μία ζάντα που συνδυάζει τη χαλύβδινη κυλινδρική επιφάνεια της ζάντας και τα εσωτερικά μέρη με συγκόλληση, και χρησιμοποιείται κυρίως για επιβατικά οχήματα, ειδικά για ελαστικά που έχει στον αρχικό εξοπλισμό ένα όχημα. Οι τροχοί από χάλυβα είναι σημαντικά ανθεκτικότεροι από τους τροχούς αλουμινίου και είναι σε θέση να επιτύχουν πολύ μεγαλύτερη κρούση πριν καμφθούν.

1.4.3 Τροχός ελαφρού κράματος

Οι τροχοί αυτοί βασίζονται στη χρήση ελαφρών μετάλλων, όπως το αλουμίνιο και το μαγνήσιο, που έχουν γίνει δημοφιλή στην αγορά. Αυτός ο τροχός έγινε γρήγορα πρότυπο για το αρχικό εξοπλισμό του οχήματος στην Ευρώπη του 1960 και για τη ρεζέρβα στις Ηνωμένες Πολιτείες τη δεκαετία του 1970. Τα πλεονεκτήματα κάθε τροχού ελαφρού κράματος εξηγούνται παρακάτω.

1.4.3.1 Τροχός από κράμα αλουμινίου

Το αλουμίνιο είναι ένα μέταλλο που χαρακτηρίζεται από την ελαφρότητα, την θερμική αγωγιμότητα, την αντίσταση στη σκουριά. Το κύριο πλεονέκτημα αυτού του μετάλλου είναι το μειωμένο βάρος, η υψηλή ακρίβεια και η ποικιλία στις επιλογές σχεδίασης του τροχού. Αυτό το μέταλλο είναι χρήσιμο για την εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς είναι εύκολη η ανακύκλωση του αλουμινίου. Οι ζάντες αλουμινίου πλέον έχουν επικρατήσει στην αγορά γιατί πλεονεκτούν σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά χάρη στις άρτιες μηχανικές τους ιδιότητες.



Εικόνα 2: ζάντα αλουμινίου

1.4.3.2 Τροχός από κράμα μαγνησίου

Το μαγνήσιο είναι περίπου 30% ελαφρύτερο από το αλουμίνιο και είναι αξιοθαύμαστο ως προς τη σταθερότητα του, το μέγεθος και την αντίσταση σε προσκρούσεις. Ωστόσο, η χρήση του περιορίζεται κυρίως σε αγωνιστικό επίπεδο, όπου απαιτούνται τα χαρακτηριστικά της μέγιστης ελαφρότητας και της υψηλής αντοχής εις βάρος της προστασίας από καιρικές συνθήκες και μειωμένων σχεδιαστικών επιλογών κ.τ.λ. σε σύγκριση με το αλουμίνιο

1.4.3.3 Τροχός από κράμα τιτανίου

Το τιτάνιο είναι εξαιρετικό μέταλλο για αντίσταση στη διάβρωση και αντοχή (περίπου 2,5 φορές) σε σύγκριση με το αλουμίνιο, αλλά δεν προτιμάται λόγω του κόστους επεξεργασίας που απαιτείται και του σχεδιασμού. Βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της ανάπτυξης, παρόλο που υπάρχει κάποια χρήση στον τομέα των αγώνων.

1.4.3.4 Τροχός σύνθετου υλικού

Ο τροχός σύνθετου υλικού είναι διαφορετικός από τον τροχό του ελαφρού κράματος και αναπτύσσεται κυρίως για χαμηλό βάρος. Ωστόσο, αυτός ο τροχός έχει ανεπαρκείς θερμικές ιδιότητες έναντι θερμότητας και αντοχής. Βρίσκεται ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης.

1.5 Σημαντικότητα των παραμέτρων

Οι ζάντες των τροχών επηρεάζουν την επίδοση πέδησης ενός οχήματος ως αποτέλεσμα των ακόλουθων παραμέτρων: μέγεθος, βάρος, σχεδιασμός ή εξαιρισμός, υλικά.

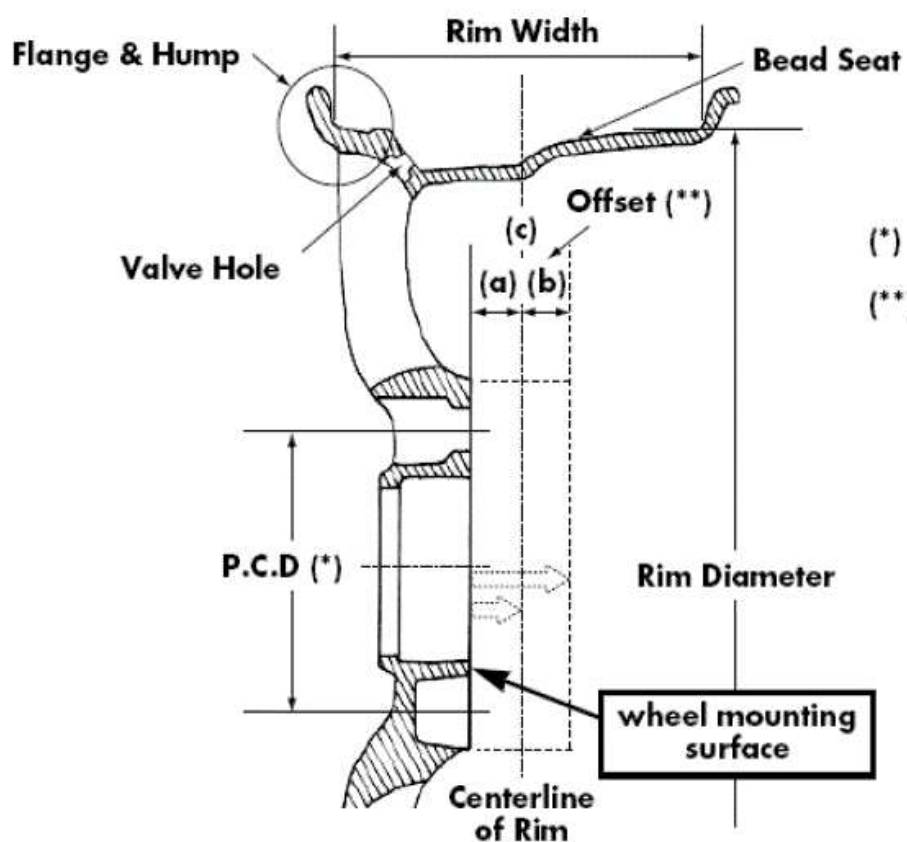
- Το μέγεθος της ζάντας του τροχού σε συνδυασμό με το σχέδιό της καθορίζει πόσος κενός χώρος υπάρχει ανάμεσα στην ζάντα και στο περιστρεφόμενο σκέλος του συστήματος πέδησης. Με τη μετάβαση σε μια μεγαλύτερης διαμέτρου ζάντας και με τον κατάλληλο σχεδιασμό κατ' επέκταση θα υπάρχει μεγαλύτερο περιθώριο για την ροή του αέρα γύρω από τα φρένα και επομένως καλύτερη ψύξη.
- Επίσης, τα κράματα λόγω του υψηλότερου συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας είναι ικανά να απορροφούν και να διαχέουν ταχύτερα τη θερμότητα σε σχέση με τις ζάντες από χάλυβα, παρέχοντας καλύτερη απόδοση φρεναρίσματος, αφού το περιβάλλον των φρένων είναι ψυχρότερο επομένως μειώνουν τον κίνδυνο αναποτελεσματικής λειτουργίας των φρένων.
- Τα ελαστικά που είναι τοποθετημένα σε ζάντες αλουμινίου δεδομένου ότι οι τροχοί από κράματα διαχέουν την θερμότητα πιο αποτελεσματικά τα λάστιχα φθείρονται λιγότερο γρήγορα, αφού η αύξηση της θερμότητας επιταχύνει την γήρανση στα ελαστομερή. Συνεπώς λόγω των ψυχρότερων ζαντών τα ελαστικά φθείρονται πιο αργά.
- Οι ζάντες από κράματα είναι συνήθως κατασκευασμένες από κράματα αλουμινίου, είναι πολύ καλύτερα προστατευμένες από τη διάβρωση και τη σκουριά.
- Η μάζα της ζάντας του τροχού είναι -ίσως- η σημαντικότερη παράμετρος. Η μάζα ως παράμετρος δεν είναι σημαντική μόνο από την άποψη της συνολικής μάζας του τροχού, αφού και η ροπή αδράνειας του τροχού αυξάνεται όσο αυξάνεται η μάζα - ως προς τον κατακόρυφο άξονα σε σχέση με το επίπεδο που ορίζει το οδόστρωμα ο οποίος διέρχεται από το άκρο του συστήματος κατεύθυνσης κίνησης (steering axis). Κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μεγαλύτερο φορτίο για τα φρένα και επηρεάζεται η οδική συμπεριφορά.
- Οι τροχοί από κράματα λόγω μικρότερης πυκνότητας ($\rho_{al}=2700 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{steel}=7830 \text{ kg/m}^3$) μειώνουν σημαντικά τη μάζα που βρίσκεται στο τμήμα του οχήματος στο οποίο δεν έχουν επίδραση οι αναρτήσεις. Κατά αυτόν τον τρόπο η ανάρτηση επιβαρύνεται το δυνατόν λιγότερο από την κατεύθυνση στην οποία δεν έχει επίδραση, με αποτέλεσμα να μπορεί προσαρμόζεται πιο εύκολα στο έδαφος παρακολουθώντας το δρόμο κατά την κίνηση του οχήματος, παρέχοντας καλύτερη πρόσφυση.
- Όταν το αυτοκίνητο γίνεται πιο ελαφρύ, μπορεί να διατηρήσει την ίδια ταχύτητα με χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου.
- Η μείωση του περιστρεφόμενου βάρους βελτιώνει την επιτάχυνση, και την απόδοση καυσίμου

Το αποτέλεσμα των παραπάνω είναι ο χειρισμός του οχήματος, η αίσθηση του τιμονιού και ο τρόπος που το αυτοκίνητο ανταποκρίνεται στις στροφές, δηλαδή το σύνολο που χαρακτηρίζει την οδική συμπεριφορά του οχήματος, να εμφανίζει αξιοσημείωτη βελτίωση.

2 Τα μέρη της ζάντας και η σχεδιαστική ανάλυση

2.1 Χαρακτηριστικά και μέρη της ζάντας

Η ζάντα (wheel rim) στην πραγματικότητα είναι το κυλινδρικό μέρος όπου εγκαθίσταται το ελαστικό. Ένας τροχός είναι το όνομα αναφοράς μεταξύ της ζάντας και του "πλατώ του δίσκου". Μόλις τοποθετηθεί ο δίσκος μέσα στον κύλινδρο, αυτό σαν εξάρτημα συνολικά λέγεται τροχός (wheel), για τους τροχούς που χωρίζουν σε δύο μέρη είτε για εκείνους οι οποίοι προκύπτουν ενιαίοι από χύτευση έχει καθιερωθεί να ονομάζονται ζάντες.



Εικόνα 3: πλάγια όψη σε τομή ζάντας

<http://www.ijaiem.org/volume2issue8/IJAIEM-2013-08-09-017.pdf>

Στην Εικόνα 3: πλάγια όψη σε τομή ζάντας φαίνονται τα μέρη της ζάντας τα οποία αναλύονται:

2.1.1 Τροχός (wheel) :

Ο τροχός γενικά αποτελείται από τη ζάντα και τον δίσκο.

2.1.2 Ζάντα (wheel rim) :

Το μέρος όπου το ελαστικό εγκαθίσταται.

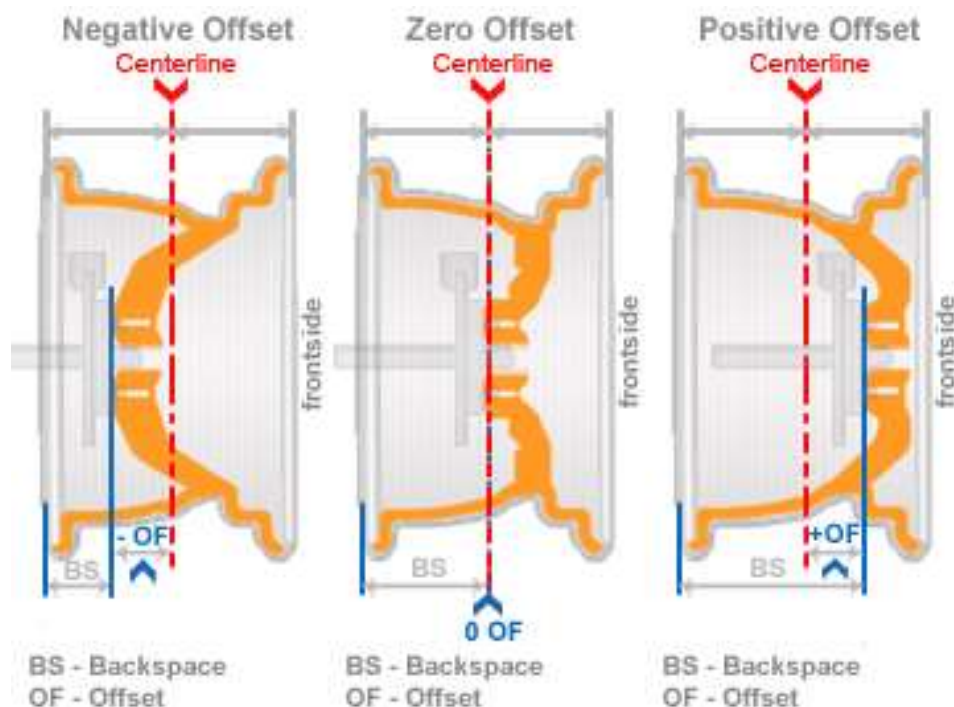
2.1.3 Δίσκος (disk plate) :

Αυτό είναι ένα μέρος της ζάντας όπου είναι στερεωμένο στον εκκεντροφόρο άξονα και ενώνει την επιφάνεια πρόσδεσης με την περιφερειακή κυλινδρική επιφάνεια.

2.1.4 Εκκεντρότητα (offset) :

Θεωρώντας μια κατακόρυφη ευθεία γραμμή από το μέσο του ευθύγραμμου τμήματος το οποίο ορίζει το πλάτος ενός τροχού την κεντρική γραμμή αναφοράς (centerline), η εκκεντρότητα θα ήταν η απόσταση μεταξύ του επίπεδου που ορίζεται από το πίσω πρόσωπο (back face) δηλαδή την επιφάνεια της ζάντας εκείνη, η οποία έρχεται σε επαφή με το αμάξωμα κατά την πρόσδεση της ζάντας σε αυτό και της κατακόρυφης διαμήκου άξονα αναφοράς. Το "ET" (Einpress Tiefe) προσδιορίζει την εκκεντρότητα και επομένως αναφορά σε αυτή για λόγους συντομίας γίνεται ως ο αριθμός ET.

Μία ζάντα θετικής εκκεντρότητας θα σήμαινε ότι η πίσω όψη (back face) της ζάντας είναι μπροστά από τον κατακόρυφο διαμήκη άξονα του τροχού (centerline). Όσο πιο θετική είναι η εκκεντρότητα της ζάντας τόσο πιο βαθιά τοποθετείται η ζάντα στο εσωτερικό του οχήματος. Μία ζάντα αρνητικής εκκεντρότητας θα σήμαινε ότι η πίσω όψη της βρίσκεται πίσω από τον κατακόρυφο διαμήκη άξονα της (centerline). Όσο πιο αρνητική είναι η εκκεντρότητα μιας ζάντας, τόσο περισσότερο θα πλησίαζε το φτερό. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζονται τα είδη εκκεντρότητας.



Εικόνα 4: είδη εκκεντρότητας

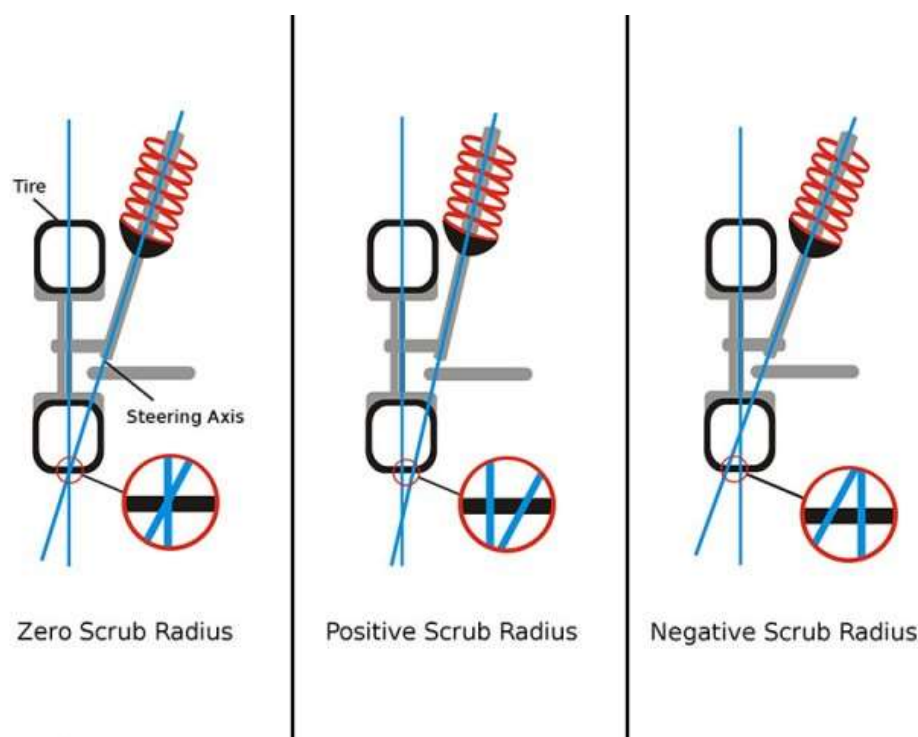
<https://www.tyresizecalculator.com/wheels/wheel-offset>

Στις περισσότερες ζάντες (ΑΕΚ, αρχικός εξοπλισμός κατασκευαστή) η εκκεντρότητα είναι θετική, αυτό σημαίνει ότι επιφάνεια πρόσδεσης είναι ελαφρά προς το εσωτερικό του οχήματος από το κάθετο επίπεδο που ορίζεται από το φτερό του αυτοκινήτου.

Η εκκεντρότητα είναι ένας παράγοντας εξαιρετικά σημαντικός καθότι έχει πολύ μεγάλο αντίκτυπο στην οδική συμπεριφορά, το αίσθημα κατευθυντικότητας του οχήματος που έχει ο οδηγός, την ευστάθεια κατά την επιτάχυνση και την επιβράδυνση του οχήματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η εκκεντρότητα σε συνδυασμό με την μπροστινή ανάρτηση ορίζουν την παράμετρο scrub radius η οποία είναι υπεύθυνη για τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

Το scrub radius ή η ακτίνα scrub, ορίζεται ως η απόσταση πάνω στο επίπεδο που ορίζει η επιφάνεια του οδοστρώματος ανάμεσα στην κεντρική γραμμή αναφοράς (centerline) της ζάντας και τον φορέα του άξονα του συστήματος κατεύθυνσης (steering axis) θεωρώντας τα κάθετα ως προς το πλάγιο κατακόρυφο επίπεδο.

Αν αυτοί οι φορείς τέμνονται στο επίπεδο που ορίζει ο δρόμος όπως φαίνεται στην Εικόνα 5 τότε η απόσταση είναι μηδέν, αν η απόσταση βρίσκεται προς εσωτερικό του οχήματος σε σχέση με επίπεδο που διέρχεται από την κεντρική γραμμή αναφοράς και είναι κάθετο στο επίπεδο στις πρόσοψης τότε το scrub radius είναι θετικό, αλλιώς είναι αρνητικό.



Εικόνα 5: είδη scrub radius

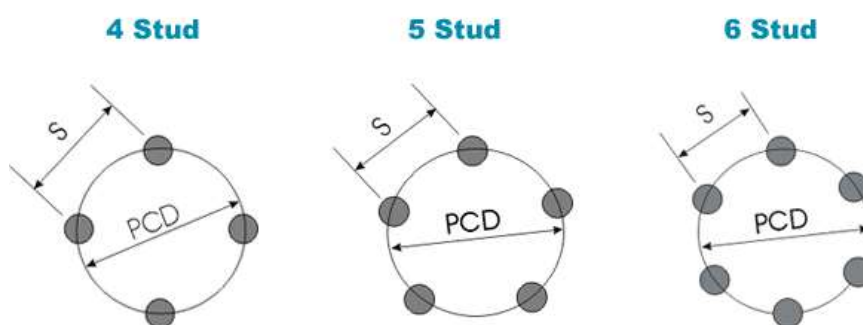
<https://www.realtruck.com/how-suspension-affects-wheel-choice/>

Η απόσταση αυτή καθορίζει τη ροπή που ασκεί ο τροχός στο αμάξωμα, φόρτιση η οποία είναι άμεσα αντιληπτή στο τιμόνι, δεν πρέπει να είναι μηδέν γιατί χάνεται η αίσθηση της κατευθυντικότητας που έχει ο οδηγός αλλά δεν πρέπει να είναι μεγάλη. Η μεγάλη ακτίνα scrub θα επηρεάσει αρνητικά τη γεωμετρία της μπροστινής ανάρτησης και θα προκαλέσει προβλήματα. Μερικά από αυτά τα θέματα είναι:

- i. Υπερβολική ανάδραση στο τιμόνι.
- ii. Η ευθυγράμμιση της κατεύθυνσης από το τιμόνι με οποιαδήποτε πορεία στο δρόμο δεν θα είναι εφικτή γιατί το όχημα θα τρεκλίζει.
- iii. Η αίσθηση ότι το τιμόνι είναι βαρύ και αργεί να ανταποκριθεί το όχημα στην κατεύθυνση που δίνει ο οδηγός.
- iv. Συνολικά σκληρή, άκαμπτη ποιότητα κύλισης πάνω από κάθε είδους εμπόδιο.
- v. Πρόωρη φθορά σε όλα τα τμήματα του μπροστινού άκρου και του μηχανισμού κατεύθυνσης κίνησης λόγω της αυξημένης ροπής που ασκείται σε αυτά.

2.1.5 Διάμετρος κύκλου σπειρωμάτων (Pitch Circle Diameter) P.C.D. :

Αυτή είναι η διάμετρος ενός φανταστικού κύκλου όπως αυτών στην Εικόνα 6 που διέρχεται μέσα από το κέντρο των σπινών των μπουλονιών. Το P.C.D. του τροχού θα πρέπει να ταιριάζει ακριβώς με αυτό του οχήματος. Το P.C.D. μετράται σε χιλιοστά (mm). Π.χ. Το 100/4 σημαίνει ότι ο τροχός έχει 4 σπές μπουλονιών και η διάμετρος του φανταστικού κύκλου διερχόμενου από τα κέντρα των σπινών των μπουλονιών είναι 100mm.



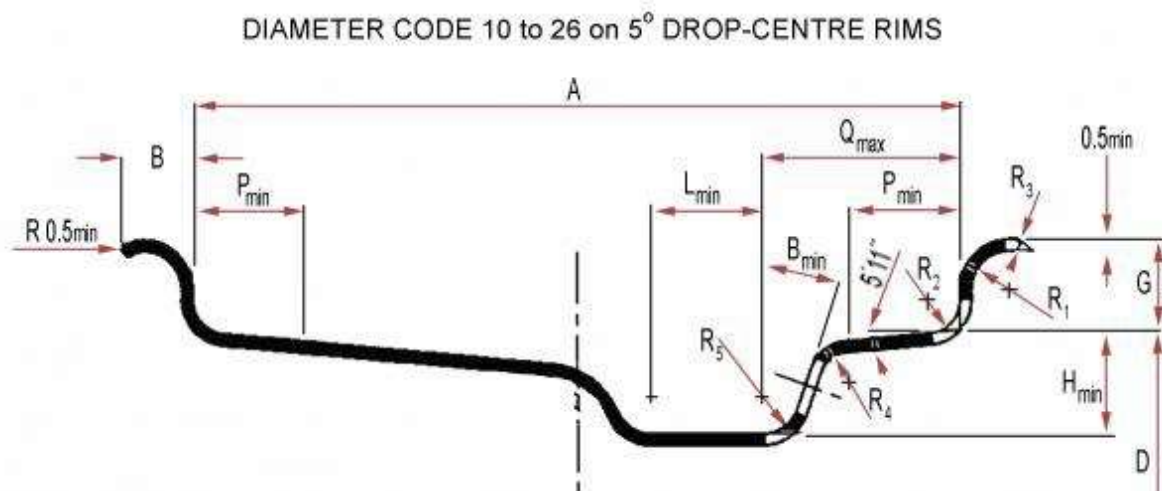
Εικόνα 6: είδη pcd

<https://www.afsa.nu/category/hjul-dack>

2.1.6 Προφίλ ζάντας (wheel rim profile)

Το μέρος της ζάντας που αποτελεί την κυλινδρική επιφάνεια, όπως θα παρουσιαστεί και πιο κάτω είναι αποτέλεσμα σχεδίασης μιας καμπύλης συνεχόμενων διαφορετικής κυρτότητας καμπύλων και ευθειών γραμμών Εικόνα 7. Η γραμμή αυτή είναι

το προφίλ της ζάντας και ανάλογα με το είδος και την κατηγορία του οχήματος διαφοροποιείται το εκάστοτε προφίλ. Κατ' επέκταση αυτής της διαφοροποίησης των προφίλ ανάλογα με το είδος του οχήματος διαφοροποιούνται και οι απολήξεις του προφίλ, δηλαδή η φλάντζα (flange) της ζάντας. Το προφίλ της ζάντας είναι υπεύθυνο για την σωστή εγκατάσταση του ελαστικού όπως φαίνεται παρακάτω και κυρίως για την παραμονή του ελαστικού επάνω στη ζάντα βάσει της χρήσης του οχήματος.



Εικόνα 7: wheel rim profile

<https://www.oponeo.co.uk/tyre-article/how-to-read-the-wheel-markings>

Η αεροστεγής εφαρμογή είναι ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό για την σωστή τοποθέτηση των ελαστικών στις ζάντες ειδικά όταν πρόκειται για ελαστικά χωρίς εσωτερικό αεροθάλαμο. Η σωστή εφαρμογή μεταξύ της ζάντας και του ελαστικού εξασφαλίζει τη στεγανότητα του αέρα μέσα στο ελαστικό και την σωστή λειτουργία του συνολικά ως σύστημα ζάντας-ελαστικού. Η αεροστεγής εφαρμογή και η ακριβής τοποθέτηση μεταξύ του ελαστικού και του έδρανου στεφάνης (bead seat) της ζάντας παρέχονται από εξογκώματα (humps) και την επιφάνεια στο σημείο όπου το ελαστικό έρχεται σε επαφή με το χείλος της ζάντας.

- Σύμφωνα με το σχήμα του προφίλ για τα επιβατικά οχήματα υπάρχουν μερικές παραλλαγές του ευρέως χρησιμοποιούμενου σχεδίου ζάντας Drop Center Rim.
- Σύμφωνα με το σχήμα των φλαντζών υπάρχουν διαφοροποιήσεις βάσει των απολήξεων του προφίλ Rim Flange Contours or Bead Profiles.
- Σύμφωνα με το σχήμα των εξογκωμάτων υπάρχουν μερικοί τύποι ύβων (Humps)

Τα μέρη του προφίλ είναι τα κάτωθι :

2.1.6.1 Φλάντζα (flange) :

Η φλάντζα είναι η απόληξη της ζάντας. Υπάρχουν δύο φλάντζες εκατέρωθεν της ζάντας και καθεμία από αυτές αποτελεί φυσική προέκταση του έδρανου στεφάνης (bead seat) της ζάντας. Η καθεμία από αυτές μαζί με την αντίστοιχη έδρα στεφάνης συγκρατεί και

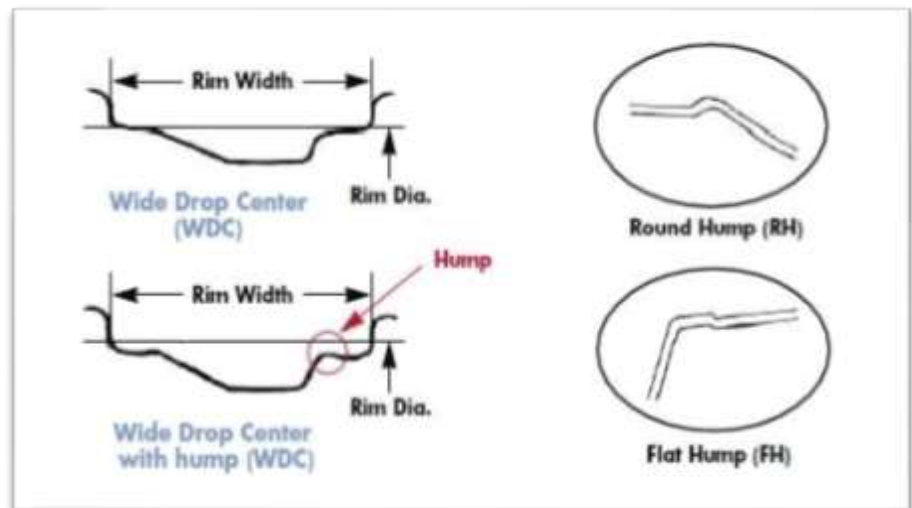
την στεφάνη του ελαστικού (tire beads). Η στεφάνη του ελαστικού ορίζεται η διατομή στην άκρη ενός ελαστικού η οποία εφαρμόζεται στον τροχό. Οι ζάντες για αυτοκίνητα, ποδήλατα κ.λπ. κατασκευάζονται με μια μικρή σχισμή ή αυλάκωση στην οποία κάθετα η στεφάνη του ελαστικού. Όταν το ελαστικό έχει φουσκωθεί σωστά, η πίεση του αέρα μέσα στο ελαστικό διατηρεί τη στεφάνη του ελαστικού (tire bead) μέσα σε αυτή την αυλάκωση.

2.1.6.2 Έδρα στεφάνης (bead seat) :

Η έδρα της στεφάνης έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια της στεφάνης του ελαστικού και αποτελεί τμήμα της ζάντας που συγκρατεί το ελαστικό σε ακτινική κατεύθυνση.

2.1.6.3 Ύβος (Hump):

Είναι ένα εξόγκωμα που τοποθετήθηκε στην έδρα στεφάνης στο σημείο όπως φαίνεται στην Εικόνα 8 για να αποτραπεί η ολίσθηση του ελαστικού προς το έξω μέρος της ζάντας από την έδρα στεφάνης όσο το όχημα κινείται. Ο ύβος είναι μια προεξοχή που κρατά τη στεφάνη του ελαστικού στη θέση της ακόμη και όταν η πίεση είναι μηδέν.



Εικόνα 8: προφίλ με hump ,flat hump FH , round hump RH
<http://www.ijaiem.org/volume2issue8/IJAIEM-2013-08-09-017.pdf>

Ο Ύβος διατηρεί το ελαστικό στη βέλτιστη θέση ακόμη και σε περίπτωση απόλυτης έλλειψης πίεσης. Χωρίς τον ύβο, σε περίπτωση μηδενικής πίεσης, το ελαστικό ολισθαίνει από την άκρη της ζάντας και γλιστράει μέσα στην εσωτερική αυλάκωση προκαλώντας το ξεφούσκωμα του ελαστικού με συνέπεια την απώλεια ελέγχου του οχήματος.

2.1.6.3.α.

Στους τύπους ελαστικών (με εσωτερικό αεροθάλαμο) σε περίπτωση τρυπήματος η απώλεια πίεσης είναι άμεση ο χρόνος ελάχιστος ώστε να γίνει αντιληπτό τι συμβαίνει, οπότε εάν δεν υπάρχει ύβος η κατάσταση γίνεται επικίνδυνη.

2.1.6.3.β.

Στα ελαστικά χωρίς αεροθάλαμο αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα σε περίπτωση τρυπήματος, το ελαστικό ξεφουσκώνει αργά, δίδοντας στον οδηγό την ευκαιρία να σταματήσει εγκαίρως, αλλά αν δεν

υπάρχει ύψος, εάν για οποιονδήποτε λόγο η πίεση πέσει πολύ χαμηλά, υπάρχει η πιθανότητα να σπάσει η ζάντα και ως συνέπεια να υπάρξει απώλεια ελέγχου του οχήματος.

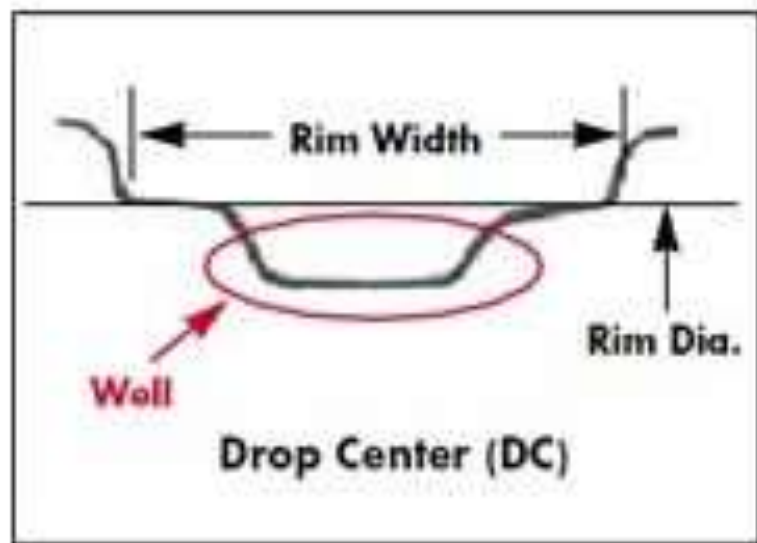
2.1.6.4 Φρεάτιο (Well):

Αυτό είναι ένα τμήμα της ζάντας με βάθος και πλάτος για να διευκολύνεται η τοποθέτηση και η αφαίρεση του ελαστικού από την ζάντα.

2.2 Τύποι προφίλ

2.2.1 Χαμηλού κέντρου (DC, drop centre)

Τα περισσότερα επιβατικά αυτοκίνητα και ελαφρά φορτηγά ανήκουν στην σχεδιαστική κατηγορία χαμηλωμένου κέντρου ζάντας Εικόνα 9 (drop center rim). Το εσωτερικό τμήμα της κυλινδρικής επιφάνειας της ζάντας του σχεδίου drop center rim είναι χαμηλότερο από τα εξωτερικά άκρα ώστε να υπάρχει διάκενο μεταξύ των τμημάτων των εδράνων

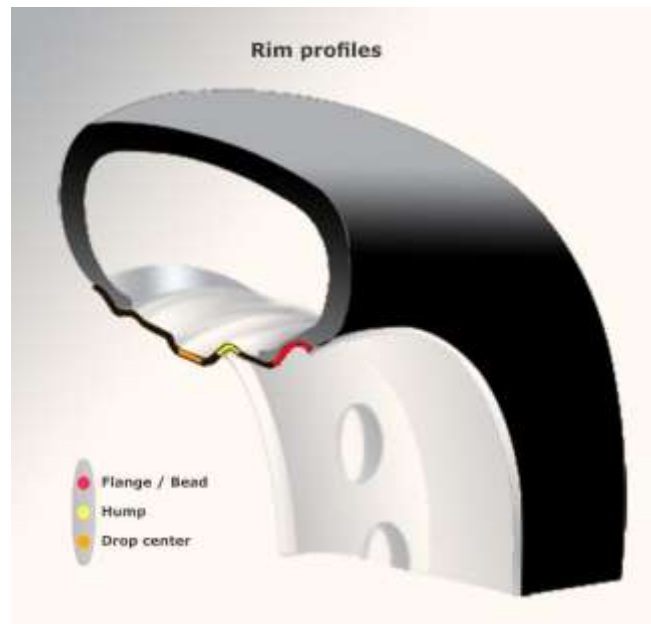


Εικόνα 9: drop center wheel rim

<http://www.ijaiem.org/volume2issue8/IJAIEM-2013-08-09-017.pdf>

στεφάνης (bead seats) που είναι εκατέρωθεν τοποθετημένα στις δύο πλευρές της ζάντας επιτρέποντας στη στεφάνη του ελαστικού (tire bead) να πιέζεται μέσα στο φρεάτιο (well) από τη μία πλευρά του ελαστικού, ενώ η άλλη πλευρά του ελαστικού μπορεί να τοποθετηθεί ή απομακρυνθεί πάνω στη ζάντα. Το φρεάτιο (well) μεταξύ των φλαντζών καθιστά ευκολότερη την τοποθέτηση και την απομάκρυνση του ελαστικού.

Σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση παρουσιάζεται μια εφαρμογή ελαστικού σε ζάντα στην Εικόνα 10 και της εφαρμογής του φουσκωμένο με αέρα ελαστικό όπως τοποθετείται στο χείλος της ζάντας. Η κλίση που ακολουθεί το σχέδιο του προφίλ κατά μήκος των δυο bead seat και από τις δύο φλάντζες προς τη centerline στις περισσότερες περιπτώσεις είναι 5 ° .

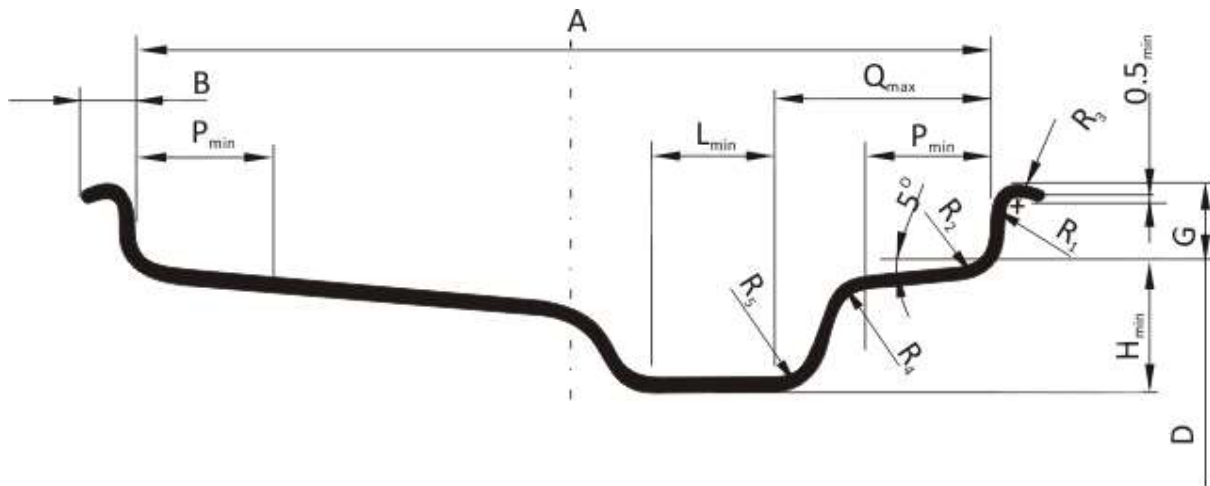


Εικόνα 10: εφαρμογή ελαστικού σε ζάντα
<https://www.tyresizecalculator.com/wheels/wheel-rim-profiles>

Υπάρχουν μερικές παραλλαγές πέρα από το drop center rim, όπως το Wide Drop Center Rim και το Wide Drop Center Rim με hump.

2.2.2 Διευρυμένου χαμηλού κέντρου (Wide Drop Center Rim, WDC)

Ο σχεδιασμός τύπου Wide Drop Center Rim όπως στην Εικόνα 11: wide drop center rim απευθύνεται σε μεγαλύτερα πλάτη ζάντας είναι ως επί το πλείστον το ίδιο με την ζάντα τύπου drop center, με μικρότερο φρεάτιο σε σχέση με το βύθισμα του και χαμηλότερο ύψος φλάντζας, η ζάντα αυτή εφαρμόζεται κυρίως σε ελαστικά με μικρό αριθμητικό λόγο. Αυτός ο σχεδιασμός εφαρμόζεται επί του παρόντος στις ζάντες για τα ελαστικά των περισσότερων επιβατικών οχημάτων. Μια σημαντική σχεδιαστική παράμετρος είναι ότι κλίση που ακολουθεί το σχέδιο του προφίλ κατά μήκος των δυο bead seat και από τις δυο φλάντζες προς τη centerline είναι όπως και στις drop center 5° στην πλειοψηφία των περιπτώσεων.

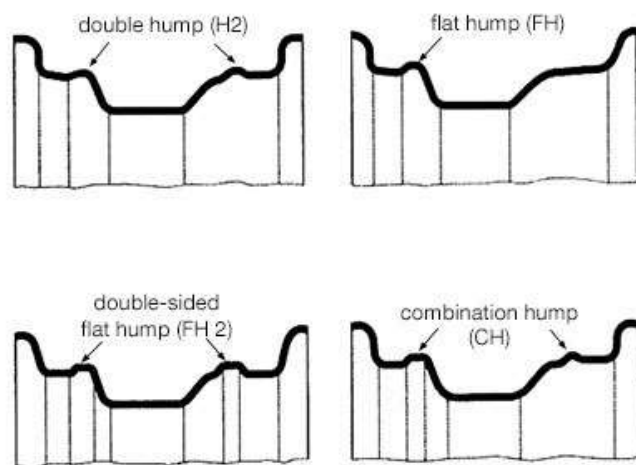


Εικόνα 11: wide drop center rim

<https://www.oponeo.co.uk/tyre-article/how-to-read-the-wheel-markings>

2.2.3 Διευρυμένου χαμηλού κέντρου με ύβο (Wide Drop Centre Rim With Hump)

Επιπλέον, αυτό το σχέδιο έχει τουλάχιστον ένα εξόγκωμα, εκεί που αρχίζει η περιοχή της έδρας στεφάνης, όπως στην Εικόνα 12. Αυτό το εξόγκωμα υπάρχει για να εμποδίζει την ολίσθηση της στεφάνης του ελαστικού (tire bead) με αποτέλεσμα την εκροή αέρα από τη ζάντα λόγω της οριζόντιας δύναμης που ασκείται, όταν ένα ελαστικό χωρίς εσωτερικό αεροθάλαμο βρίσκεται τοποθετημένο σε ένα τροχό ο οποίος κινείται με μεγάλη ταχύτητα.

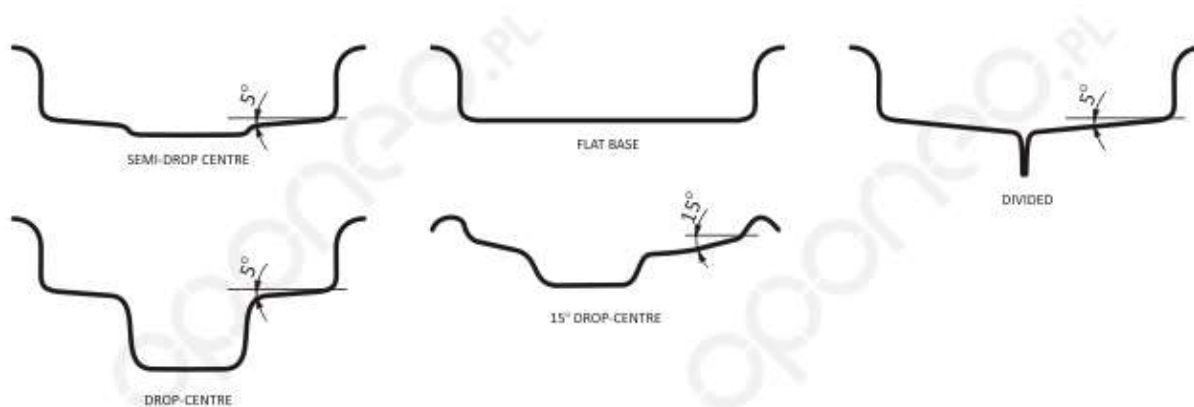


Εικόνα 12: διαφοροποιήσεις hump

<https://blog.rp-tools.com/en/tire-encyclopedia/>

2.2.4 Παλαιού τύπου προφίλ ζάντας, τα οποία πλέον δεν είναι σε χρήση στα επιβατικά οχήματα

- Semi-drop
- Flatbase
- Divided
- Drop-center
- 15 ° drop centre



Εικόνα 13: παλαιού τύπου προφίλ

<https://www.oponeo.co.uk/tyre-article/how-to-read-the-wheel-markings>

Αν και μπορούν ακόμα να βρεθούν σε φορτηγά, mini van και γεωργικά οχήματα, δεν χρησιμοποιούνται πλέον σε κανένα επιβατικό αυτοκίνητο. Ως εκ τούτου, εξαιρούνται από τις πληροφορίες που παρατίθενται σε αυτή τη διπλωματική εργασία αλλά για λόγους πληρότητας και ανάδειξης της εξέλιξης του προϊόντος στην σημερινή του μορφή παρατίθενται τα σκαριφήματα των παραπάνω τύπων.

2.3 Ανάλυση του προφίλ ζάντας

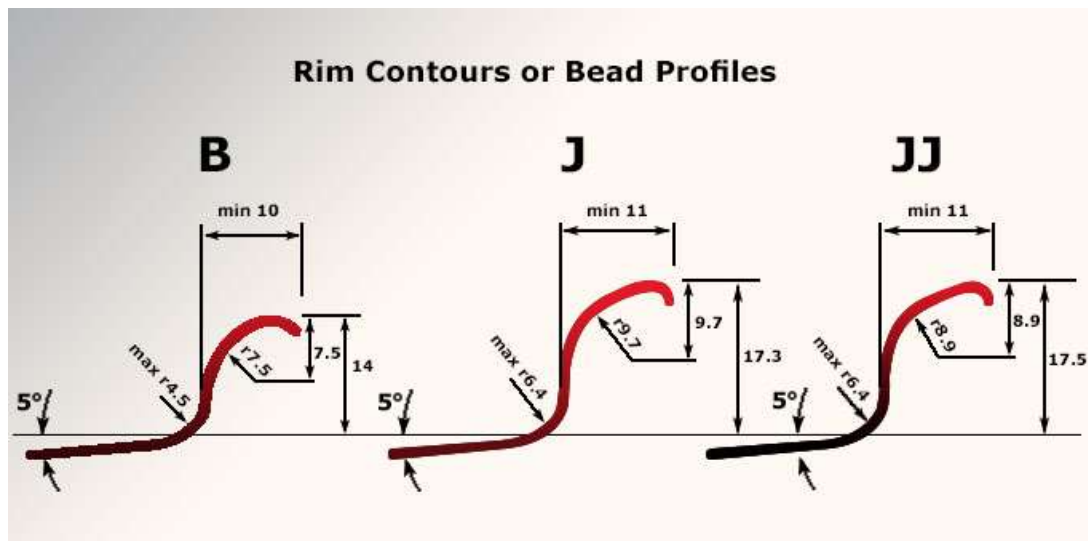
Το προφίλ της ζάντας είναι αποτέλεσμα σχεδίασης μιας καμπύλης συνεχόμενων διαφορετικής κυρτότητας καμπύλων και ευθειών γραμμών. Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται οι διαφοροποιήσεις των προφίλ ζάντας βάσει της κατηγορίας του οχήματος. Το προφίλ της ζάντας χωρίς να συμπεριλαμβανουμε τις απολήξεις του δηλαδή τις φλάντζες δεν είναι συμμετρικό ως προς την κεντρική γραμμή αναφοράς της (centerline), όμως οι απολήξεις του είναι συμμετρικές ως προς αυτή.

2.3.1 Διαφοροποιήσεις βάσει των απολήξεων του προφίλ (Rim Flange Contours or Bead Profiles)

Ο χαρακτηρισμός της ζάντας περιέχει ορισμένα γράμματα για την επισήμανση του σχήματος των φλαντζών της ζάντας όπου το ελαστικό είναι τοποθετημένο. Το περίγραμμα του δακτυλίου (προφίλ φλάντζας) καθορίζει το σχήμα της φλάντζας της ζάντας. Για παράδειγμα, το γράμμα J, Εικόνα 14 σημαίνει ότι η φλάντζα της ζάντας έχει σχήμα J. Κάθε ελαστικό είναι φτιαγμένο για να τοποθετείται σε ένα συγκεκριμένο τύπο τροχού, επομένως η σωστή αντιστοίχιση του τύπου του ελαστικού με τον τύπο προφίλ της ζάντας είναι ένα απαραίτητο βήμα ώστε να επιτευχθούν όχι μόνο οι καλύτερες συνθήκες λειτουργίας αλλά επίσης και για την αποφυγή κινδύνων όπως μια πρόκληση ολίσθησης του ελαστικού από το χείλος.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι περιγράμματος που ορίζονται με τα γράμματα J, JJ, K, JK, B, P και D. Το J είναι το πιο κοινό σχήμα μιας φλάντζας ζάντας σε επιβατικά αυτοκίνητα. Το γράμμα B εμφανίζεται στα μικρότερα μεγέθη των τροχών, κυρίως για παλαιότερα μοντέλα

αυτοκινήτων, με διάμετρο 12 ίντσες και 13 ίντσες και πλάτος φρεατίου (well) έως 5,0 ίντσες. Το είδος φλάντζας J έχει ύψος 17,5 mm, αλλά το B έχει μόνο 14 mm. Ο χαρακτηρισμός JJ είναι πιο κοινός σε οχήματα 4x4 και SUV.



Εικόνα 14: προφίλ φλάντζας

<https://www.tyresizecalculator.com/wheels/wheel-rim-profiles>

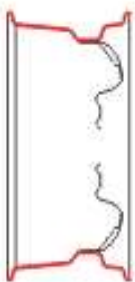
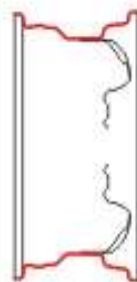


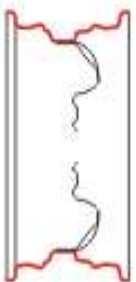
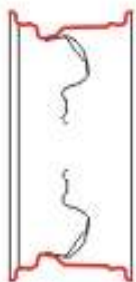
2.3.2 Διαφοροποιήσεις βάσει των ύβων (Humps)

Οι ζάντες με σχεδιασμό wide drop center έχουν ανυψωμένο ένα τμήμα του εδράνου στεφάνης (bead seat) το οποίο καλείται ύβος (hump) η ανύψωση αυτή συνιστά το περίγραμμα ασφαλείας, τουλάχιστον στην περιοχή του εξωτερικού μέρους του bead seat. Το hump επιτρέπει την καλύτερη προσαρμογή του ελαστικού στο χείλος, αποτρέπει την ολίσθηση της στεφάνης του ελαστικού (tire bead) όταν το όχημα κινείται με μεγάλη ταχύτητα καθώς επίσης το hump σταματάει την διαφυγή του αέρα όταν στρέφεται ο τροχός ενώ η πίεση ελαστικών είναι χαμηλότερη αυτής της κανονικής λειτουργίας.

Προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη ακαμψία, οι κατασκευαστές ενισχύουν τη δομή του τροχού με καμπύλες. Η χρήση αυτών των ζαντών είναι πολύ σημαντική για την οδική ασφάλεια. Επομένως, η εφαρμογή ζαντών με εσωτερικά περιγράμματα ασφαλείας (Humps) διαφόρων ειδών Εικόνα 15 στα επιβατικά αυτοκίνητα είναι υποχρεωτική σε πολλές χώρες.

Όπως θα παρουσιαστεί υπάρχουν πολλοί συνδυασμοί μεταξύ προφίλ ζάντας και είδη hump καθώς μπορεί αυτή η διαμόρφωση να συναντάται είτε στη μία είτε και στις δύο πλευρές της ζάντας όπως επίσης σε κάποιες περιπτώσεις να υπάρχει ανισοκατανομή στα hump αφού από τη μια πλευρά μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από ότι στην άλλη.

Για παράδειγμα το "H2" είναι ένα σύμβολο που χαρακτηρίζει μία κατηγορία από hump. Βρίσκεται συνήθως στο τέλος των αλφαριθμητικών συμβόλων που τοποθετούνται επί της ζάντας.

Marking		H	H2	FH	FH2	CH	EH2	EH2+
Profile								
Description		Hump	Double Hump	Flat Hump	Double Flat Hump	Combination Hump	Extended Hump	Extended Hump +
Shape	Inner	Hump	Hump	Flat Hump	Flat Hump	Flat Hump	Extended Hump	Extended Hump
	Outer	Normal	Hump	Normal	Flat Hump	Normal	Extended Hump	Extended Hump

Εικόνα 15: τα είδη των hump

<https://www.oponeo.co.uk/tyre-article/how-to-read-the-wheel-markings>

Η διευκρίνιση η οποία θα ακολουθήσει έχει να κάνει με το γεγονός ότι ένα προφίλ ζάντας διαμορφώνεται ανάλογα με τον αριθμό και το είδος των humps που έχει αλλά δεν καθορίζεται από αυτά.

2.3.3 Κατηγορίες των προφίλ

Υπάρχουν γενικές κατηγορίες προφίλ ζάντας Α, Β κτλ. οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με τις προδιαγραφές του κάθε κατασκευαστή αλλά και από τις προδιαγραφές τις οποίες είναι υποχρεωμένος να πληροί λόγω των απαιτήσεων μιας χώρας, διαμορφώνοντας έτσι ένα τελικό προφίλ που έχει το τελικό προϊόν. Στην κατάταξη η οποία ακολουθεί, Εικόνα 16, παρουσιάζεται πως το κάθε προφίλ αντιστοιχίζεται σε ένα τύπο οχήματος.

Symbol	Use
A	Bicycles, mopeds, motorcycles, scooters, vans, lorries, forklifts
B	Old wheels up to 6" wide, sometimes found on the old VW Beetle
D	Bicycles, mopeds, motorcycles, scooters, vans, lorries, forklifts
E	Lorries, vans, tractors (front wheel drive) with "semi-drop" wheels (see below)
F	Vans, lorries, forklifts with "semi-drop" wheels
G, H	Vans, lorries with "semi-drop" wheels
J	Passenger cars
JJ	4x4 SUVs
P, K	Found sometimes in older cars such as VW Beetle, Jaguar
S	Commercial vehicles with "flatbase" wheels (see below)
T, V	Commercial vehicles with "flatbase" wheels
W	Agricultural tractors, mainly on the rear axle

Εικόνα 16: Ξενική κατάταξη προφίλ

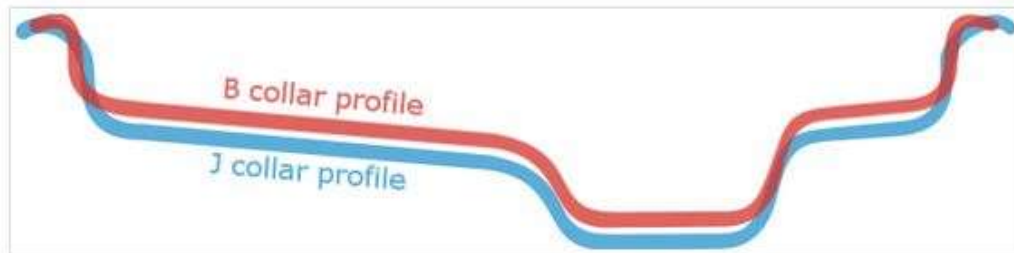
<https://www.oponeo.co.uk/tyre-article/how-to-read-the-wheel-markings>

Οι απολήξεις αυτών των διαφορετικών τύπων μπορεί μερικές φορές να διαφέρουν μεταξύ τους όπως παρουσιάστηκε και πιο πάνω. Από τον παραπάνω πίνακα, είναι σαφές ότι ορισμένοι τύποι αυτοκινήτων και τροχών μπορούν να ταιριάξουν με περισσότερα του ενός προφίλ.

Επί το πλείστον ο τύπος που έχει καθιερωθεί προς χρήση βάσει του φρεατίου (well) είναι το wide drop center προφίλ. Αυτό δεν συνεπάγεται της ταύτισης των προφίλ που παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα, καθώς ο χαρακτηρισμός του προφίλ βάσει γράμματος αποτελεί υποκατηγορίες οι οποίες δεν έχουν όλες ως βάση το wide drop center profile το γεγονός αυτό κάνει πολλά προφίλ παρεμφερή αλλά όχι ίδια. Επομένως έχοντας αυτό σαν βάση σχεδιαστικά και κατασκευαστικά τα προφίλ βάσει γράμματος παρουσιάζουν μικροδιαμορφώσεις όταν έχουν την ίδια βάση (WDC) αλλά μερικές φορές οι διαφορές που συναντώνται είναι μεγάλες.

Για παράδειγμα, παρουσιάζεται ένα προφίλ του δημοφιλέστερου και πιο συνηθισμένου σε χρήση τροχού με ζάντα 6 ίντσες σε πλάτος. Αυτό το παράδειγμα Εικόνα 17 δείχνει τη διαφορά μεταξύ των προφίλ "J" και "B". Παρά το γεγονός ότι και οι δύο τροχοί έχουν σχεδιαστεί για χρήση σε επιβατικό αυτοκίνητο, και κατ' επέκταση τα προφίλ τους είναι wide drop center υπάρχουν μικροδιαφορές οι οποίες δεν οφείλονται σε κάποιο άλλο παράγοντα, όπως η ύπαρξη humps. Τέλος, πρέπει να τονιστεί η σημασία της αντιστοίχισης του εκάστοτε προφίλ ζάντας με το προφίλ ελαστικού, δεν επιτρέπεται η χρήση ελαστικών αυτοκινήτων σχεδιασμένων για "J" πάνω σε τροχούς χρησιμοποιώντας το προφίλ "B". Η λανθασμένη αντιστοίχιση, ανάλογα με τη χρήση μπορεί να έχει πολύ μικρό

αντίκτυπο στην φθορά των ελαστικών έως -κάτω από συνθήκες καταπόνησης του συστήματος- απομάκρυνση του ελαστικού από τη ζάντα.



Εικόνα 17: σύγκριση προφίλ J με B

<https://www.oponeo.co.uk/tyre-article/how-to-read-the-wheel-markings>

προφίλ για έναν τροχό πλάτους 6 ιντσών και τη διαφορά μεταξύ προφίλ "B" και "J".

3 Διαφοροποιήσεις στις ζάντες λόγω ελαστικών

Στη διπλωματική εργασία αυτή, αν και αντικείμενό της δεν είναι η χρήση των ελαστικών ή τα χαρακτηριστικά τους πρέπει να γίνει μία αναφορά σε αυτά, καθότι ως σύστημα που αλληλεπιδρά, υπάρχουν χαρακτηριστικά των ζαντών που προσδιορίζονται μέσω των ελαστικών για τα οποία προορίζονται.

3.1 Σύστημα ζάντας ελαστικού

Κάθε ζάντα σχεδιάζεται για να ικανοποιεί την κύρια ανάγκη την οποία ικανοποιεί ένα όχημα, τη μεταφορική κίνηση. Πέραν αυτής της ανάγκης, ζάντες όπως αυτές οι οποίες επιλέχθηκαν να σχεδιαστούν σε αυτή τη διπλωματική εργασία καλούνται να ικανοποιήσουν και άλλες απαιτήσεις. Η ικανοποίηση αυτών των απαιτήσεων στην ουσία απαιτεί την ανταπόκριση της ζάντας και τη συμβολή της στην επιτυχή λειτουργία των μηχανισμών στους οποίους έχει άμεσο αντίκτυπο, φρένα, αναρτήσεις κτλ. κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Σε αυτές τις συνθήκες -όπως και σε κάθε άλλη περίπτωση- δεν είναι μία ζάντα εκείνο το εξάρτημα το οποίο ανταποκρίνεται μόνο του αλλά είναι ένα ενιαίο σύνολο μαζί με το ελαστικό το οποίο είναι τοποθετημένο σε αυτή. Η συμβολή του ελαστικού είναι καθοριστική και το πόσο πολύ μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη δυνατή λειτουργία της ζάντας, να μεταβάλλει τις δυνατότητές της ή να διευρύνει το εύρος των “απαιτητικών” συνθηκών στο οποίο ανταποκρίνεται είναι ένα αντικείμενο με πολλές προεκτάσεις.

Κρίνεται απαραίτητο να αναλυθούν εν συντομία δύο από τα στοιχειώδη χαρακτηριστικά των ελαστικών, προφίλ ελαστικού και πέλμα ελαστικού, προκειμένου να γίνουν κατανοητές οι διαφορές μεταξύ των μοντέλων των ζαντών οι οποίες επιλέχθηκαν να σχεδιαστούν αλλά και ο ρόλος τον οποίο διαδραματίζει η εκάστοτε ζάντα με το ελαστικό το οποίο της αντιστοιχεί.

Προφίλ ελαστικού το οποίο αναφέρεται σαν aspect ratio ή sidewall height είναι ένας διψήφιος αριθμός του οποίου η τιμή είναι ένα ποσοστό και εκφράζει την κάθετη απόσταση, την οποία καταλαμβάνει το ελαστικό, ανάμεσα στο επίπεδο του δρόμου και τη ζάντα, το ποσοστό αυτό έχει τιμή αναφοράς το πλάτος του ελαστικού. Στην Εικόνα 18 που παρατίθεται το προφίλ ελαστικού δεν αναφέρεται το πλάτος του είναι 205mm.

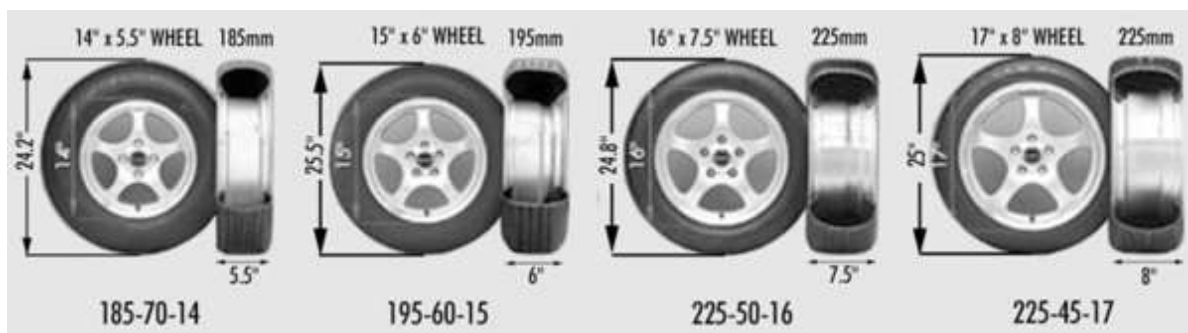


Εικόνα 18: προφίλ ελαστικού , πλάτος ελαστικού

<http://www.espasgarage.com/details-parlons+pneus-94.html>

3.2 Διάμετρος ζάντας προφίλ ελαστικού και πέλμα

Διατηρώντας το συνολικό μέγεθος του τροχού σταθερό, το άθροισμα της διαμέτρου της ζάντας και των δύο προφίλ του ελαστικού, και αυξάνοντας προοδευτικά το μέγεθος της ζάντας σε διάμετρο γίνεται αντιληπτή για ευνόητους λόγους η προοδευτική μείωση του προφίλ ελαστικού, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 19



Εικόνα 19: μεταβολές στο προφίλ και το πλάτος από την αύξηση της διαμέτρου ζάντας

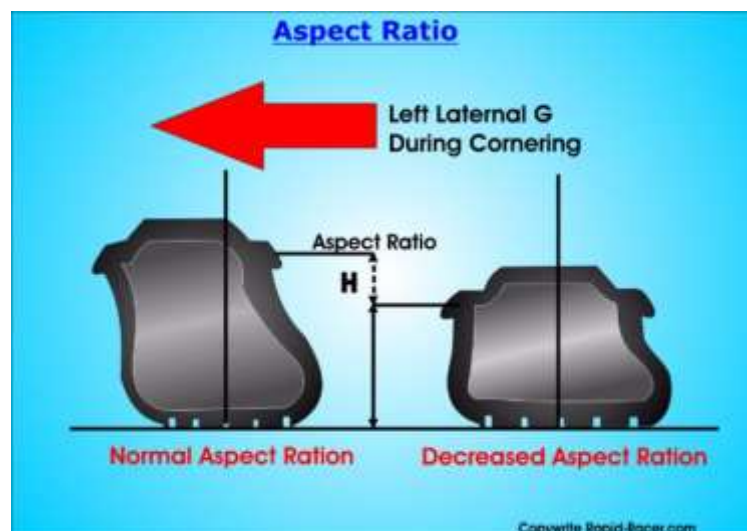
Εκτός αυτής της αλλαγής, παρατηρείται Εικόνα 19 η αύξηση του πλάτους της ζάντας άρα και του πλάτους ελαστικού. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όσο μεγαλώνει η διάμετρος της ζάντας υπάρχει η δυνατότητα να μεγαλώνει και το πλάτος της καθότι υπάρχει συγκεκριμένη αναλογία που συνδέει αυτά τα δύο μεγέθη και καθιστά το στρίψιμο του οχήματος εφικτό. Δεν μπορεί το πλάτος μιας ζάντας να αυξάνεται επ' άπειρον χωρίς να μεγαλώνει ανάλογα η διάμετρος της διότι σε αυτή την περίπτωση μια κυλινδρική ζάντα θα εκφυλιζόταν σε σωληνοειδές το οποίο λόγω γεωμετρικού σχήματος δεν μπορεί να στρίψει. Πολύ πριν φτάσει βέβαια, ο κύλινδρος να εκφυλιστεί σε σωληνοειδές παύει να εξυπηρετεί τον σκοπό του σαν τροχός καθότι όσο μεγαλώνει το πλάτος τόσο μεγαλύτερο τόξο χρειάζεται ένας τροχός να διαγράψει προκειμένου να στρίψει, κάτι το οποίο δεν μπορεί να βρει πρακτική εφαρμογή στην καθημερινότητα, γι' αυτό όπως προαναφέρθηκε υπάρχει συγκεκριμένη αναλογία που συνδέει τα δύο αυτά μεγέθη διάμετρο-πλάτος ζάντας.

Ο δεύτερος κατά σειρά αριθμός κάτω από κάθε ελαστικο-ζάντα εκφράζει το προφίλ του ελαστικού, ο πρώτος αναφέρεται στο πλάτος ελαστικού (mm) ενώ το πλάτος ζάντας αναγράφεται σε ίντσες κάτω από κάθε τροχό σε πλάγια όψη Εικόνα 19.

3.3 Οχήματα επιδόσεων

Οι ζάντες οι οποίες σχεδιάζονται για ένα σπορ αυτοκίνητο έχουν ως κύριο μέλημα την οδική συμπεριφορά, τον έλεγχο της κίνησης και την μέγιστη δυνατή πρόσφυση στο οδόστρωμα δεδομένης μιας υψηλής ταχύτητας. Οι επιθυμητές υψηλές ταχύτητες επαυξάνονται με την αύξηση της διαμέτρου του συνόλου της ρόδας, της ζάντας και του ελαστικού. Με την αύξηση της διαμέτρου για τους λόγους που προαναφέρθηκαν καταλήγει ο τροχός να έχει μεγαλύτερο πλάτος, βολικό και επιθυμητό σαν γεγονός για λόγους που θα αναλυθούν, στο προφίλ όμως δεν υπάρχει κάποιος παράγοντας που το εξαναγκάζει να είναι μικρό ή μεγάλο. Όμως προκειμένου σε υψηλές ταχύτητες να διατηρείται ο καλύτερος δυνατός έλεγχος του οχήματος το “προφίλ ελαστικού” καλείται να είναι το μικρότερο δυνατό, διότι :

- Ο γενικός κανόνας θέλει τα κοντά και εύκαμπτα πλευρικά τοιχώματα ενός ελαστικού χαμηλού προφίλ να έχουν μικρό χρόνο απόκρισης σε σχέση με στις αλλαγές κατεύθυνσης κατά την οδήγηση. Κατά τον κανόνα, όσο μικρότερο είναι το προφίλ του ελαστικού τόσο πιο μικρός είναι ο χρόνος απόκρισης γεγονός το οποίο έχει ως τίμημα την απότομη οδική συμπεριφορά.
- Επιπλέον πολύ σημαντική παράμετρος είναι ότι τα ελαστικά χαμηλού προφίλ έχουν καλύτερη πρόσφυση στις στροφές. Όσο χαμηλότερο είναι το προφίλ -στα πλαίσια του αποδεκτού, καθότι έχει μειονεκτήματα το πολύ χαμηλό προφίλ ελαστικού- τόσο καλύτερη πρόσφυση έχει το όχημα κατά τη διάρκεια μιας στροφής, εξού και ο λόγος για οποίο έχουν κάνει την εμφάνιση τους τροχοί με προσαρμοσμένο ελαστικό.



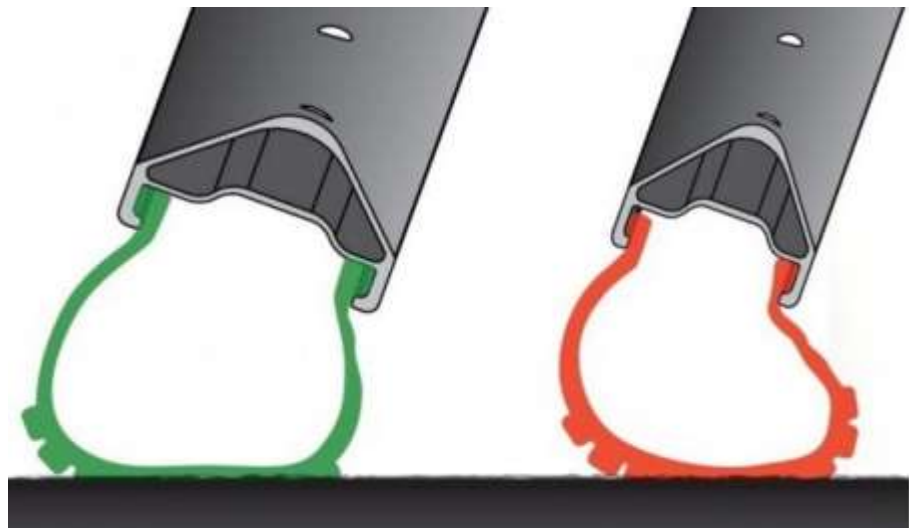
Εικόνα 20: διαφορά στην πρόσφυση λόγω προφίλ με ίδιο πλάτος ελαστικού

<http://www.rapid-racer.com/>

Διατηρώντας το ίδιο πλάτος ζάντας-ελαστικού με διαφορετικά προφίλ ελαστικού Εικόνα 20 κατά τη διάρκεια της στροφής ασκείται στο όχημα η φυγόκεντρος δύναμη η οποία προσπαθεί να το εκτρέψει από την τροχιά-τόξο που διαγράφει. Η δύναμη αυτή ασκείται πλευρικά στο όχημα και όσο μεγαλύτερο είναι το προφίλ του ελαστικού τόσο περισσότερο παραμορφώνεται το ελαστικό όπως φαίνεται στην εικόνα. Σε μεγάλες ταχύτητες μπορεί να υπάρξει είτε απώλεια πρόσφυσης είτε να βγει από τη ζάντα το ελαστικό με συνέπεια απώλεια μετέπειτα του ελέγχου είτε ανατροπή του οχήματος.

Επιπλέον στην προσπάθεια επίτευξης της καλύτερης δυνατής πρόσφυσης κάτω από απαιτητικές συνθήκες είναι επιθυμητή η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής - γίνεται ειδική μελέτη επ' αυτού ώστε η αύξηση της επιφάνειας επαφής του ελαστικού με το οδόστρωμα να είναι τόση ώστε να μη στέκεται εμπόδιο στην επιτάχυνση. Επομένως το πλάτος του ελαστικού και κατ' επέκταση της ζάντας είναι μεγαλύτερο δυνατό σε σχέση με τα οχήματα που δεν προσανατολίζονται στις επιδόσεις και σε συνδυασμό με το χαμηλό προφίλ επιτρέπει τη διατήρηση του ελέγχου του οχήματος στις στροφές.

Στην Εικόνα 21 παρατίθενται δύο ίσα πλάτη με διαφορετικά προφίλ ελαστικού. Και στις δύο περιπτώσεις το προφίλ ελαστικού είναι το ίδιο και η διαφοροποίηση έγκειται στο πλάτος του ελαστικού ζάντας γίνεται σαφές ότι την μικρότερη παραμόρφωση άρα και την καλύτερη πρόσφυση



Εικόνα 21: διαφορά στην πρόσφυση ίδιο προφίλ διαφορετικό πλάτος

διατηρώντας το ίδιο προφίλ την εξασφαλίζει η πιο πλατιά ζάντα.

Σύμφωνα με τους παραπάνω παράγοντες για να επιτευχθεί η καλύτερη πρόσφυση του οχήματος στο δρόμο και υψηλές ταχύτητες η ζάντα επωμίζεται τη μεγέθυνση της διαμέτρου του τροχού, αύξηση του πλάτους τροχού-ελαστικού και με την επιλογή του χαμηλού προφίλ στο ελαστικό για λόγους πρόσφυσης.

3.4 Οχήματα ανώμαλου δρόμου

Στον αντίποδα ένα όχημα για εκτός δρόμου διαδρομές απαιτεί την ικανοποίηση εντελώς διαφορετικών κριτηρίων. Ένας δρόμος με εμπόδια, μη ομαλός ενέχει τον κίνδυνο κάποιου απότομου χτυπήματος της ρόδας στο δρόμο, έτσι γεννάται η ανάγκη προφύλαξης της ζάντας από μια απότομη σύγκρουση με το έδαφος. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την επιθυμητή μεγαλύτερη δυνατή ανύψωση του οχήματος οδηγεί στην χρήση ρόδας μεγάλης διαμέτρου.

Για να επιτευχθεί αυτό μεγαλώνει το προφίλ του ελαστικού χρησιμοποιώντας τη μικρότερη δυνατή ζάντα ούτως ώστε να καθίσταται δύσκολη η σύγκρουση της με το δρόμο. Η καταπόνηση που υφίσταται το αμάξωμα σε αυτές τις συνθήκες συνιστά έναν ακόμη λόγο για την χρησιμοποίηση της ελαφρότερης δυνατής ζάντας ώστε να υπάρχει ελαχιστοποίηση καταπόνησης της ανάρτησης κατά την επαναφορά της, αλλά και για μείωση της ροπής η οποία ασκείται στο μηχανισμό κατεύθυνσης της κίνησης (steering axis) από τα εξαρτήματα του οχήματος στα οποία δεν έχει επίδραση η ανάρτηση. Οι παραπάνω λόγοι επιβάλλουν τη χρήση μικρού μεγέθους ζάντας, καθότι το μικρότερο μέγεθος, συνίσταται από λιγότερο υλικό άρα και μικρότερη επιβάρυνση. Όσον αφορά το πέλμα, αν και σε αυτή την περίπτωση το μεγάλο πέλμα θα ήταν επιθυμητό υπάρχει μέγιστη αναλογία πέλματος-διαμέτρου ζάντας και ρόδας-ζάντας οπότε εξ αιτίας των ανωτέρω λόγων το μικρό πέλμα είναι ένας αναγκαίος συμβιβασμός.

3.5 Οχήματα πολλαπλών χρήσεων

Το sport-utility vehicle (SUV) είναι μια κατηγορία οχημάτων, συνήθως είναι ένα station wagon αυτοκίνητο με χαρακτηριστικά οχημάτων εκτός δρόμου όπως αυξημένη απόσταση από το έδαφος, ανθεκτικότερη κατασκευή στο σκελετό τους και διαθέσιμη - ενδεχομένως-τετρακίνηση. Πολλά SUV έχουν σκελετό ελαφρού φορτηγού αλλά λειτουργούν ως οικογενειακό όχημα, αν και έχουν σχεδιαστεί για χρήση σε σκληρότερες επιφάνειες χρησιμοποιούνται συχνότερα σε δρόμους ή αυτοκινητόδρομους.

Το εύρος των δυνατοτήτων που θέλουν οι κατασκευαστές να αποδώσουν σε αυτή την κατηγορία οχημάτων έχει φυσικά αντίκρισμα στις ζάντες που τους τοποθετούνται. Είναι αυστηρά θέμα κατασκευαστή τι “χαρακτήρας” θα προσδοθεί στο εκάστοτε όχημα, πόσο πολύ θα είναι όχημα αυτοκινητόδρομου ή πόλης, γι αυτό και δεν υπάρχει ένα σαφές και ξεκάθαρο είδος ζάντας -σε διάμετρο και πλάτος- η οποία σε συνδυασμό με ένα προφίλ ελαστικού να αντιστοιχίζεται αποκλειστικά σε οχήματα αυτής της κατηγορίας. Το συμπέρασμα στο οποίο μπορεί από σχεδιαστική προσέγγιση να καταλήξει κάποιος με βεβαιότητα είναι πως οι χαρακτηριστικές αυτές διαστάσεις κυμαίνονται ανάμεσα στις διαστάσεις οχημάτων ανωμάλου δρόμου και спор οχημάτων.

Τα SUV ξεπέρασαν σε πωλήσεις τα αυτοκίνητα χαμηλότερων μεσαίων κατηγοριών το 2015, αντιπροσωπεύοντας το 22,9% των παγκόσμιων πωλήσεων ελαφρών οχημάτων (για το 2015) ή το 36,8% της παγκόσμιας αγοράς επιβατικών αυτοκινήτων (Q1-Q3, 2017).

4.2 Computer-aided Manufacturing (CAM)

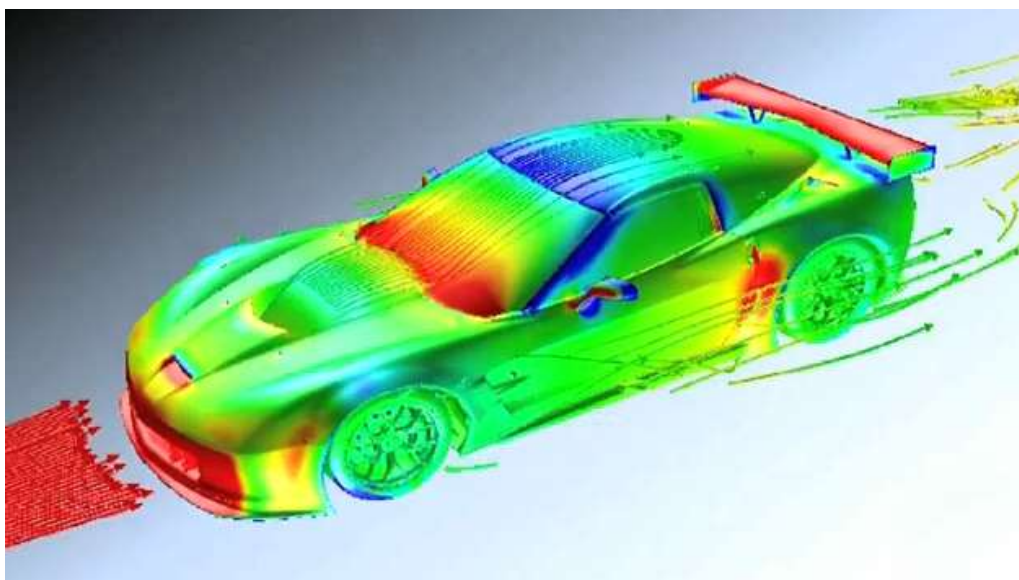
Ως συστήματα CAM ορίζονται οι διαδικασίες που σχετίζονται με τις κατεργασίες παραγωγής του προϊόντος και κάνουν χρήση εφαρμογών λογισμικού αριθμητικού ελέγχου (NC). Σε τέτοια συστήματα οι ενέργειες ενός ή παραπάνω μηχανημάτων που αποτελούνται από οδηγίες (G-code) καθορίζονται από έναν υπολογιστή αριθμητικού ελέγχου CNC για την ακριβή και λεπτομερή κατασκευή των προϊόντων. Ακόμα παρέχεται η δυνατότητα προγραμματισμού της αλληλεπίδρασης και του χρόνου συμμετοχής των μηχανών στην παραγωγική διαδικασία αν το σύστημα εφαρμόζεται σε τμήμα ή και ολόκληρη την γραμμή παραγωγής. Οι κατασκευαστές σε μια ποικιλία βιομηχανιών εξαρτώνται από τις δυνατότητες του CAM να παράγει εξαρτήματα υψηλής ποιότητας.



Εικόνα 23: Γραμμή παραγωγής ελεγχόμενη υπολογιστικά

4.3 Computer-aided Engineering (CAE)

Ως CAE ορίζεται η χρήση λογισμικού υπολογιστή για την μηχανική ανάλυση και την προσομοίωση της απόδοσης ενός αντικειμένου, προκειμένου να βελτιωθούν τα σχέδια των προϊόντων ή να συμβάλει στην επίλυση προβλημάτων μηχανικής για ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών. Αυτό περιλαμβάνει προσομοίωση, επικύρωση και βελτιστοποίηση προϊόντων, διαδικασιών και εργαλείων κατασκευής, ώστε να επέλθει η βελτιστοποίηση του τελικού αντικειμένου-προϊόντος. Τα εργαλεία CAE χρησιμοποιούνται ευρέως στην αυτοκινητοβιομηχανία. Στην πραγματικότητα, η χρήση τους επέτρεψε στις αυτοκινητοβιομηχανίες να μειώσουν το κόστος και το χρόνο ανάπτυξης του προϊόντος, βελτιώνοντας παράλληλα την ασφάλεια, την άνεση και την αντοχή των οχημάτων που παράγουν.



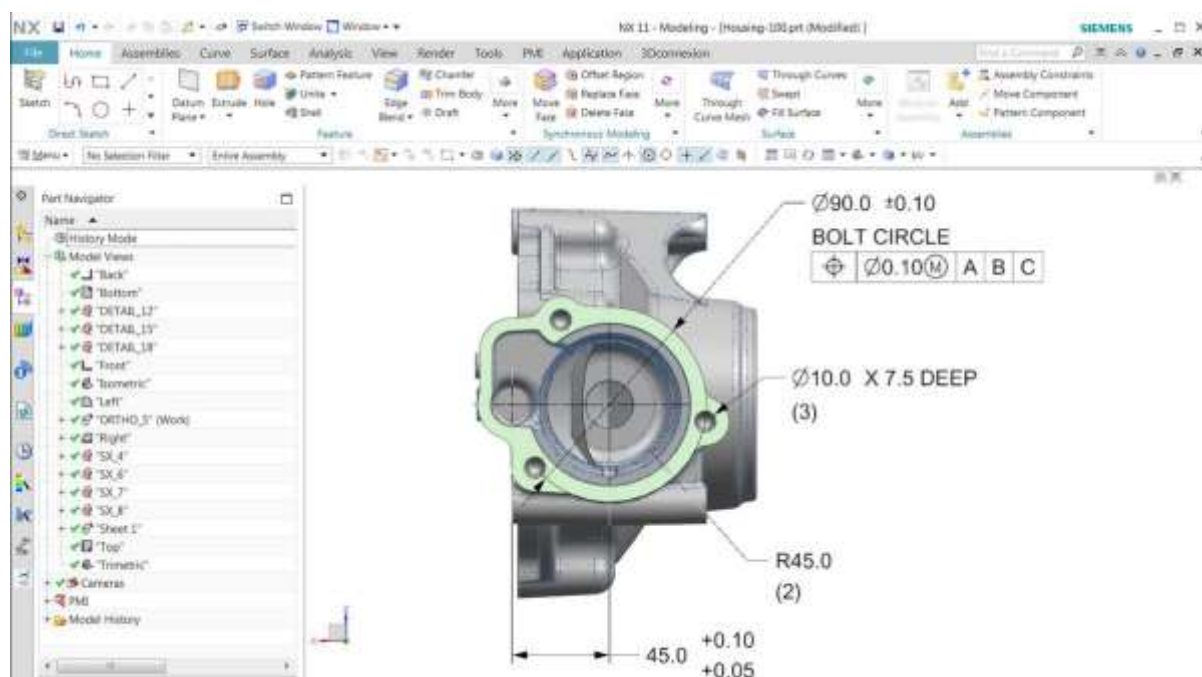
Εικόνα 24: Αεροδυναμική προσομοίωση σε περιβάλλον CAE

4.4 Siemens NX



Η σειρά λογισμικών NX αποτελεί την πρόταση της SIEMENS για προγράμματα τύπου CAD. Το λογισμικό αυτό αναβαθμίζεται συνεχώς ώστε να παρακολουθεί αν προσαρμόζεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στις ανάγκες των σχεδιαστών. Την στιγμή που γράφεται η εργασία έχει ήδη εκδοθεί η 12η έκδοση.

Το σχεδιαστικό περιβάλλον του NX είναι το περιβάλλον το οποίο συναντάται κατά κανόνα στα σχεδιαστικά προγράμματα τύπου CAD. Με την μπάρα εντολών κατά μήκος της οθόνης στο επάνω μέρος και το ανάπτυσμα των εντολών που έχουν χρησιμοποιηθεί στα αριστερά. Το NX δίνει τη δυνατότητα εξατομίκευσης στο χρήστη σε πολύ μεγάλο βαθμό γεγονός το οποίο το καθιστά φιλικό στη χρήση του και σε συνδυασμό με την απεικόνιση αλλά και επεξήγηση των εντολών του συνιστά ένα προϊόν λογισμικό εύκολο στη χρήση και εκμάθηση. Πέρα από τη χρήση του για σχεδιασμό σε τρισδιάστατο περιβάλλον το λογισμικό NX καλύπτει ένα μεγάλο εύρος δυνατοτήτων σε εφαρμογές τύπου CAM, CAE, 3D κτλ. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία παρά τις απεριόριστες δυνατότητές του NX αρκείται στον τρισδιάστατο σχεδιασμό των μοντέλων.



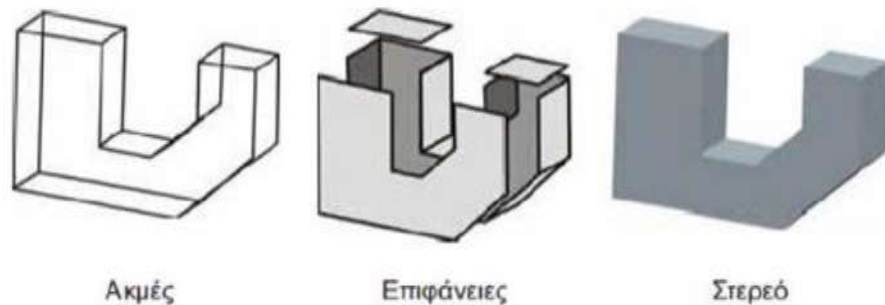
Εικόνα 25: Το περιβάλλον εργασίας του NX

4.5 Μοντελοποίηση τρισδιάστατων αντικειμένων

Για τη μοντελοποίηση των τρισδιάστατων αντικειμένων αναπτύχθηκαν διάφορες μεθοδολογίες με ποικιλία δυνατοτήτων μοντελοποίησης και μετέπειτα ανάλυσης , όπως :

- a. Μοντέλα ακμών (wire frame models)
- b. Μοντέλα επιφανειών (surface models)
- c. Μοντέλα στερεών (solid models)
- d. Παραμετρικά μοντέλα (solid parametric and feature-based models)

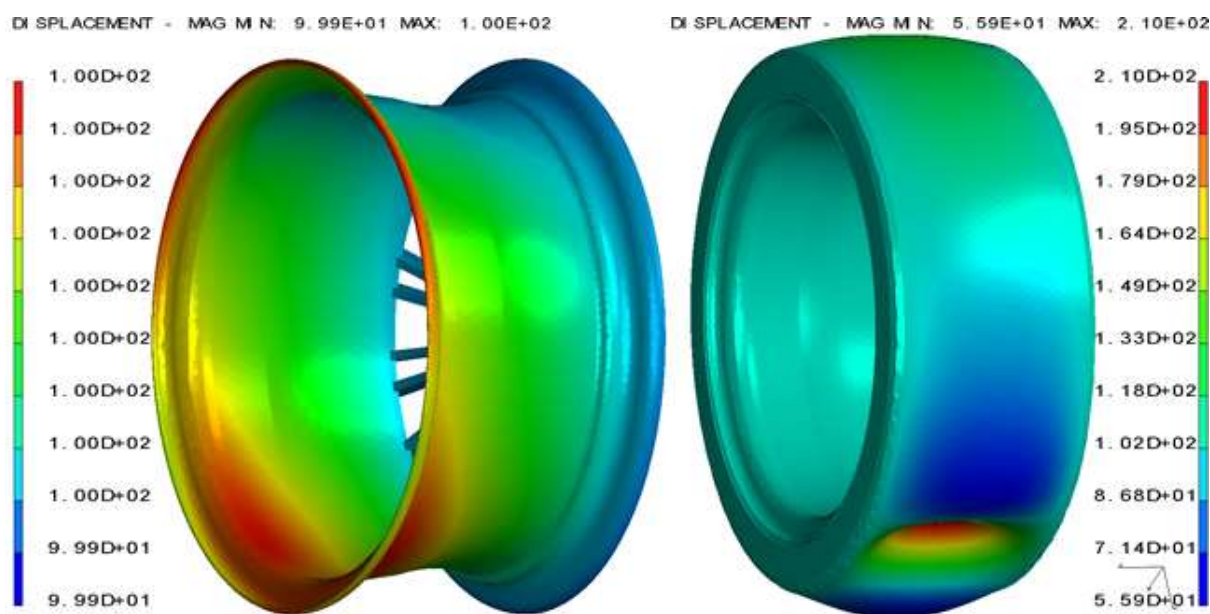
Η επιλογή της μεθόδου σχεδίασης είναι συνάρτηση της εφαρμογής, οι διαφοροποιήσεις ανάλογα με την εκάστοτε επιλογή έγκειται στη διαφοροποίηση των εντολών σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης προσδίδει ιδιότητες στη γεωμετρία του μοντέλου. Σήμερα τα μοντέλα ακμών χρησιμοποιούνται ως ενδιάμεσο στάδιο για την δημιουργία των μοντέλων επιφανειών καθώς σε αυτά και τα μοντέλα στερεών βασίζονται τα περισσότερα συστήματα τρισδιάστατης απεικόνισης.



Εικόνα 26 είδη μοντέλων

4.6 Εφαρμογή στις ζάντες

Οι ζάντες ενός οχήματος είναι από τα εξαρτήματα τα οποία καταπονούνται σημαντικά. Ενώ είναι επιθυμητός ο κατά το δυνατόν ελαφρύτερος σχεδιασμός τους για λόγους που προαναφέρθηκαν στο 1ο κεφάλαιο ταυτόχρονα απαιτείται ανθεκτικότητα κάτω από τις συνθήκες στις οποίες υπόκεινται. Το γεγονός αυτό κάνει απαραίτητη τη χρήση CAE στο σχεδιασμό τους αφού πάνω σε προϋπάρχοντα δεδομένα δημιουργούνται τα πρώτα σχέδια τα οποία έπειτα μέσω προσομοίωσης των καταπονήσεων διορθώνονται κατάλληλα ώστε να φτάσουν στη μορφή που εξυπηρετούν το σκοπό τους. Χαρακτηριστικό γεγονός για το συγκεκριμένο αντικείμενο είναι ότι το NX έχει ειδική κατηγορία το *tire envelop* για την προσομοίωση λειτουργίας και την σωστή εφαρμογή ενός ελαστικού πάνω σε μια ζάντα.



Εικόνα 27: ενδεικτικό CAE σε ζάντες

Ωστόσο, η απόδοση επιτυγχάνεται τόσο με την κατάλληλη επιλογή κράματος όσο και την σωστή σχεδίαση του προϊόντος. Έχοντας επίγνωση της λειτουργίας την οποία καλείται να έχει το προϊόν και των συνθηκών κάτω από τις οποίες καλείται να ανταποκριθεί

Στη σύγχρονη κατασκευή μεταλλικών εξαρτημάτων, ο σχεδιασμός συμμετέχει στους παράγοντες που καθορίζουν την ανθεκτικότητα, απόδοση κτλ αφού εξαρτώνται από το σχήμα και το σχέδιο του εξαρτήματος γεγονός που κάνει το ρόλο το σχεδιαστή να είναι καθοριστικός. Επιπλέον, ο σχεδιαστής πρέπει να βασίζεται σε δεδομένα και κριτήρια αποτυχίας τα οποία να είναι έγκυρα και διασταυρωμένα .

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία καθώς το αντικείμενο είναι η τριασδιάστατη απεικόνιση ζαντών με διαφορετικά πεδία εφαρμογής της καθεμιάς και οι διαφορές μεταξύ τους ως προϊόντα, έναντι δεδομένων από CAE χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις από πραγματικά προϊόντα ένα από κάθε κατηγορία, σε αντιστοιχία με αυτά τα οποία σχεδιάστηκαν.

5 Σχεδίαση προϊόντων - διαφοροποίηση μεταξύ τους

Η σχεδίαση των προϊόντων σύμφωνα με τις αρχές σχεδιασμού που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και η ανάδειξη των μεταξύ τους διαφορών σε σχεδιαστικό και χρηστικό επίπεδο έγκειται στο διαχωρισμό τους.

5.1 Τα προϊόντα

Τα προϊόντα που σχεδιάστηκαν είναι τρεις ζάντες με διαφορετικό πεδίο εξειδικευμένων συνθηκών χρήσης. Πρόκειται για μια ζάντα σχεδιασμένη για υψηλές επιδόσεις, οδήγηση σε μεγάλες ταχύτητες κτλ, μια ζάντα σχεδιασμένη για ένα SUV και τέλος μια ζάντα σχεδιασμένη για διαδρομές off-road οχήματος με τετρακίνηση.

Η σχεδίαση της καθεμίας εξ αυτών είναι αποτέλεσμα συλλογής πληροφοριών από πηγές στο διαδίκτυο σε σχέση με τις διαστάσεις και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους όσο και από μετρήσεις που πάρθηκαν από ζάντες παρεμφερών διαστάσεων -απόκλιση της τάξης 1-1,5 ίντσας σε πλάτος - με αυτές που σχεδιάστηκαν, κατασκευασμένες για αντίστοιχη χρήση.

5.1.1 . Παραδοχές

Τα προϊόντα ελλείψει προσομοίωσης καταπόνησης και μηχανικών ιδιοτήτων σχεδιάστηκαν προσεγγιστικά ως προς τις ακριβείς διαστάσεις των ακτίνων τους και το πάχος της ζάντας.

Το πάχος της ζάντας θεωρήθηκε σταθερό για την ευκολότερη τρισδιάστατη εκτύπωσή του.

5.2 Τμηματοποίηση σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός μιας ζάντας αποτελεί το σχεδιασμό ενός ενιαίου εξαρτήματος, το οποίο είναι απαραίτητη προϋπόθεση σχεδιαστικά όχι μόνο σε αυτή την εργασία επειδή ακολούθησε η εκτύπωση της σε τρισδιάστατο μοντέλο, αλλά και γιατί η κατασκευή του καλουπιού στο οποίο χυτεύεται προϋποθέτει την ύπαρξη σχεδιαστικά ενός μοναδικού ενιαίου σώματος.

Η σωστή σχεδίαση μιας ζάντας προϋποθέτει την τμηματοποίηση του σχεδίου σε επιμέρους σκέλη, τόσο για την διευκόλυνση του σχεδιαστή όσο και για την εύκολη παραμετροποίηση της. Τα επιμέρους αυτά σκέλη είναι:

- Η κυλινδρική επιφάνεια (wheel rim collar)
- Οι ακτίνες (disk plate)
- Η επιφάνεια πρόσδεσης στο όχημα (mounting hub)

5.2.1 Wheel rim collar

Η κυλινδρική επιφάνεια κάθε ζάντας σχεδιαστικά προκύπτει εκ περιστροφής ενός σχεδίου γύρω από τον άξονα που ορίζει το κέντρο περιστροφής της ζάντας όπως θα φανεί στα σχέδια που ακολουθούν. Το σχέδιο αυτό όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 2 είναι το το προφίλ της κάθε ζάντας. Για τρεις ζάντες που σχεδιάστηκαν γνωρίζουμε από τον πίνακα 1, Κεφάλαιο 2 ότι:

1. το προφίλ της ζάντας είναι «J» για το όχημα υψηλών επιδόσεων που σχεδιάστηκε καθότι εντάσσεται στην κατηγορία επιβατικών οχημάτων
2. το προφίλ των ζαντών SUV και 4x4 είναι «JJ»
επιπλέον ο τύπος well (φρεατίου) που έχουν και οι τρεις ζάντες

είναι WDC, wide drop center, καθώς είναι το επικρατέστερο γι' αυτές τις δύο κατηγορίες οχημάτων.

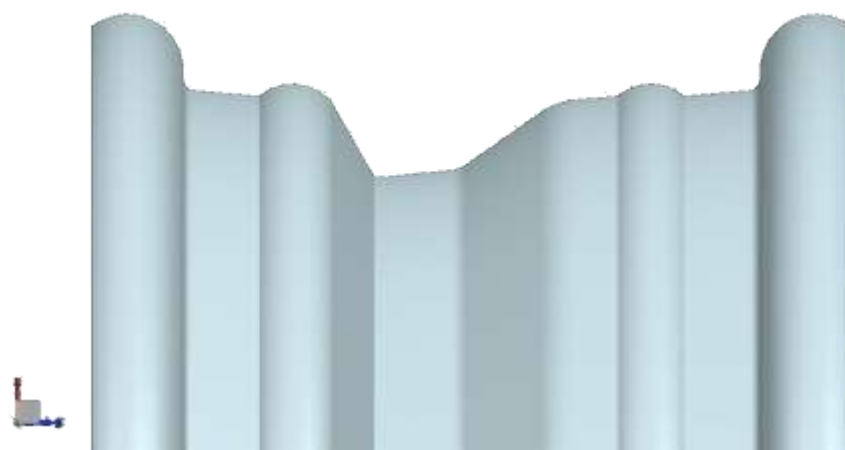
Όπως αναφέρθηκε στα κεφάλαια 1 και 2 υπάρχουν διαφοροποιήσεις της τυπικής μορφής ενός προφίλ μιας ζάντας με την τελική μορφή που έχει το προφίλ, αυτές οι διαφοροποιήσεις εξαρτώνται από τις προδιαγραφές που ακολουθεί η εκάστοτε εταιρία, το νομοθετικό πλαίσιο στο οποίο είναι υποχρεωμένη να υπακούσει για την κατασκευή των ζαντών και τέλος στη χρήση του οχήματος. Για τους λόγους αυτούς πάρθηκαν μετρήσεις από προφίλ ζαντών για τις ίδιες χρήσεις έτσι ώστε το σχεδιαστικό αποτέλεσμα αλλά και το τυπωμένο μοντέλο να ανταποκρίνεται όσο περισσότερο γίνεται στο πραγματικό προϊόν.

Καθότι η γεωμετρία ενός προφίλ είναι εκ φύσεως δύσκολη στο να ληφθούν μετρήσεις η προσέγγιση έγινε με διαβήτη ακριβείας με τον οποίο μετρήθηκαν είτε ευθείες αποστάσεις είτε χορδές επί του καθενός προφίλ και στη συνέχεια μετρήθηκε το άνοιγμα του διαβήτη με ψηφιακό παχύμετρο. Για την ακριβέστερη σχεδίαση των τόξων μετρήθηκε κάθε χορδή και στο ήμισυ αυτής επί του τόξου που της αντιστοιχεί μετρήθηκε η απόσταση του σημείου από ένα εκ των άκρων της χορδής. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίστηκε με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια κάθε τόξο μέσω τριών σημείων καθότι το NX δίνει τη δυνατότητα σχεδίασης ενός τόξου με τον ορισμό μόνο τριών σημείων.

Το προφίλ ζάντας του σπορ οχήματος ήταν όπως το πρότυπο J προφίλ παράγραφος 2.2.2. οι άλλες δύο ζάντες είχαν διαμορφωμένα προφίλ οπότε παρατίθενται φωτογραφίες τους από το χώρο και φωτογραφίες από τα προϊόντα που δημιουργήθηκαν προς αναπαράσταση τους.



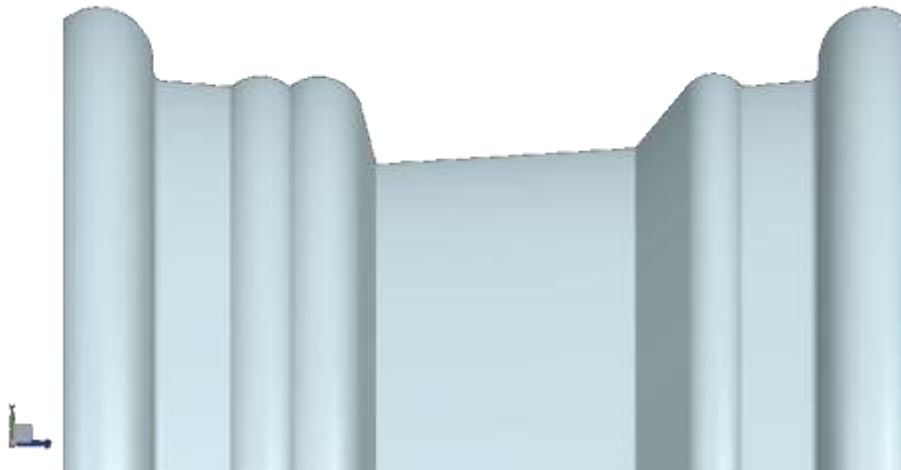
Εικόνα 28: άποψη προφίλ για ζάντα για όχημα 4x4



Εικόνα 29:άποψη προφίλ ζάντα για όχημα 4x4 στο NX



Εικόνα 30: άποψη προφίλ για ζάντα για όχημα τύπου SUV



Εικόνα 31: άποψη προφίλ για ζάντα για όχημα τύπου SUV στο NX

5.2.2 Disk plate

Ως disk plate ορίζεται καθετί που ενώνει την κυλινδρική επιφάνεια με την επιφάνεια πρόσδεσης, η αναφορά του ως δίσκος οφείλεται στο γεγονός ότι στις πρώτες ζάντες υπήρχε ένας δίσκος ο οποίος συγκολλούταν με την κυλινδρική επιφάνεια. Πλέον, κατά πολύ μεγάλη πλειοψηφία, υπάρχουν ακτίνες.

Για τον ακριβή σχεδιασμό των ακτίνων όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 4.5 είναι απαραίτητη η χρήση CAE. Γίνεται μια αρχική προσέγγιση στο σχέδιο σύμφωνα με τα προϋπάρχοντα δεδομένα της κάθε κατασκευάστριας εταιρίας και έπειτα από μια σειρά προσομοιώσεων και επανασχεδιασμού καταλήγουν οι ακτίνες στην τελική τους μορφή.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση τα τρία σχέδια προέκυψαν από μετρήσεις που πάρθηκαν από πραγματικά σχέδια προκειμένου ο σχεδιασμός των προϊόντων να είναι ρεαλιστικός.

5.2.3 Mounting hub

Η επιφάνεια πρόσδεσης της κάθε ζάντας, υπολογίστηκε από το συνδυασμό του PCD και του center bore -κυκλικής διατομής επιφάνεια πάνω στο mounting hub στην οποία δεν υπάρχει κανένα στοιχείο της ζάντας εκτός συνήθως από το λογότυπο της εταιρίας, σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να είναι και κενό υλικού.

Το center bore και το PCD παρατίθενται μαζί με άλλα στοιχεία διαστασιολόγησης των ζαντών που ήταν διαθέσιμα στο διαδίκτυο.

5.3 Βήματα διαδικασίας σχεδίασης

1^ο Το εκάστοτε προφίλ σχεδιασμένο και διαστασιολογημένο με τη διαδικασία λήψης μετρήσεων που αναφέρθηκε, δημιουργεί ένα στερεό σώμα εκ περιστροφής Εικόνα 32 γύρω από τον άξονα που ορίζεται ως ο άξονας περιστροφής της ζάντας. Στο προφίλ αυτό προσδίδεται ένα πάχος προσεγγιστικά, μέσω της εντολής του revolve. Το πάχος που προσδίδεται είναι προσεγγιστικό καθότι κατά μήκος του προφίλ το πάχος μπορεί να μεταβάλλεται, σύμφωνα με τα δεδομένα και τις ενδείξεις από την προσομοίωση καταπόνησης της ζάντας (CAE). Για διευκόλυνση της τρισδιάστατης εκτύπωσης αλλά και λόγω της παραπάνω συνθήκης προτιμήθηκε να προσδοθεί στο προφίλ ένα ενιαίο πάχος καθ' όλο το μήκος του.

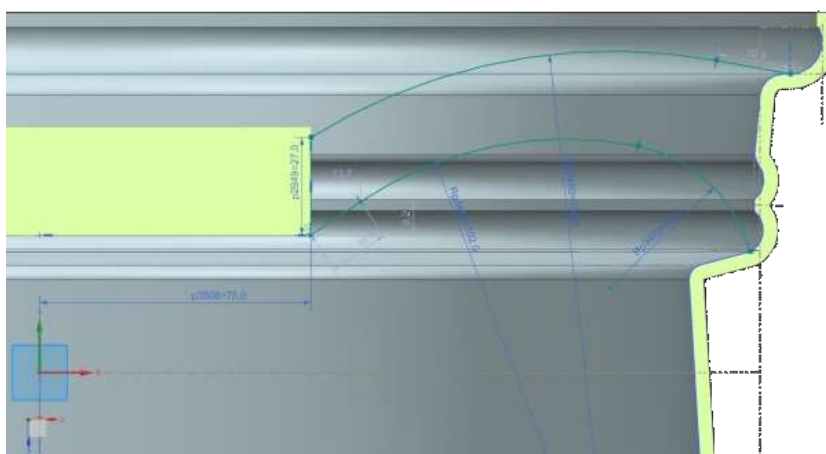


Εικόνα 32: σώμα εκ περιστροφής και ορισμός επιπέδου mounting hub

2^ο Στην Εικόνα 32 φαίνονται, ο άξονας περιστροφής (οριζόντιος) και ο κατακόρυφος άξονας ο οποίος διέρχεται από τη μέση του προφίλ και ορίζει τη centerline. Το επόμενο βήμα είναι η σχεδίαση του mounting hub, ορίζοντας πρώτα σε κάθε περίπτωση την απόσταση από τη centerline στην οποία θα σχεδιαστεί έτσι σχεδιάζεται στο σωστό offset.

3^ο Θεωρώντας από οποιαδήποτε πλάγια όψη το αντικείμενο σχεδιάζεται η πλάγια όψη της ακτίνας της ζάντας. Εικόνα 33

Βασική προϋπόθεση για να ακολουθηθεί αυτή η σχεδιαστική προσέγγιση είναι η ικανότητα του NX να μπορεί μέσα σε ένα (sketch) σχέδιο (το

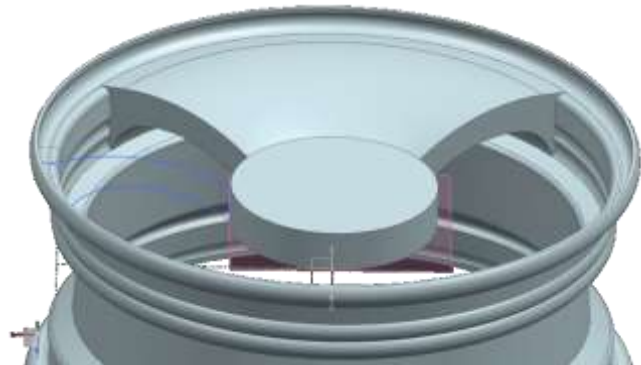


Εικόνα 33: πλάγια όψη σε τομή για σχεδιασμό ακτίνας

σχέδιο της ακτίνας) να έχει ορίσματα ακμές άλλων σχεδίων (το σχέδιο του προφίλ), έτσι όπως φαίνεται στην Εικόνα 33. Κατά αυτόν τον τρόπο μπορεί το σχέδιο της ακτίνας να

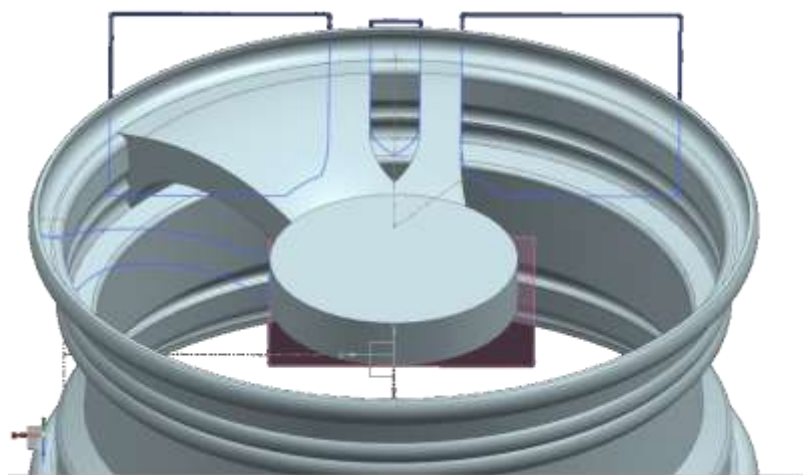
παρακολουθήσει τις ενδεχόμενες παραμετροποιήσεις του προφίλ και αντίστροφα, αλλά και να γίνει περιστροφή ή οποιαδήποτε χρήση του σχεδίου της ακτίνας με τις προσθήκες που του γίνονται.

Ο σχεδιασμός της ακτίνας έπεται γίνεται από την περιστροφή του σχεδίου της ακτίνας, συμπεριλαμβανομένων και των τμημάτων από το σχέδιο του προφίλ –αλλιώς δεν θα δημιουργούταν στερεό σώμα. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 34



Εικόνα 34: δημιουργία ακτίνας (disk plate)

4^ο Έπειτα θεωρώντας το αντικείμενο από την κάτοψη σχεδιάζεται το σχέδιο της ακτίνας από εκείνη την προοπτική Εικόνα 35 και με διαδοχικές απομακρύνσεις υλικού από το τμήμα στην παραπάνω εικόνα σχηματίζεται η ακτίνα της ζάντας.



Εικόνα 35: σχεδιασμός περιγράμματος ακτίνας από κάτοψη

Τα δύο μπλε περιγράμματα από αριστερά προς τα δεξιά Εικόνα 35 καταδεικνύουν τα σχέδια που έχουν ήδη δημιουργήσει περικοπές υλικού από την ακτίνα.

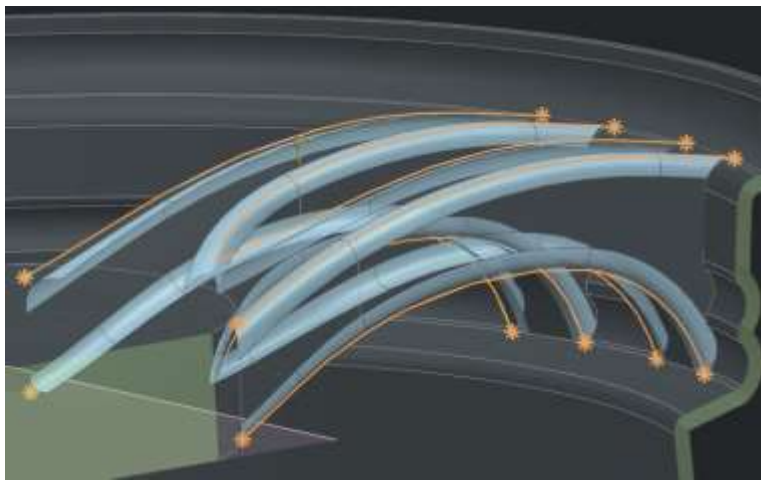
5.3.1 Ο ρόλος του Unite:

Σε αυτό το σημείο θα γίνει αναφορά στην καθοριστικής σημασίας εντολή του NX, το unite. Μέσω αυτής της εντολής εξαναγκάζουμε δύο σώματα τα οποία είναι σε επαφή να αποτελέσουν πλέον ένα ενιαίο σώμα. Αυτή η ιδιότητα είναι καθοριστική διότι χωρίς αυτή δεν μπορεί να εφαρμοστούν σωστά οι εντολές του λογισμικού για τις διαμορφώσεις των ακμών στα σημεία επαφής των δύο σωμάτων. Επιπλέον, εφαρμόζοντας επαναλαμβανόμενα αυτή την ιδιότητα δημιουργούμε ένα ενιαίο σώμα, απαραίτητη προδιαγραφή όπως αναφέρθηκε.

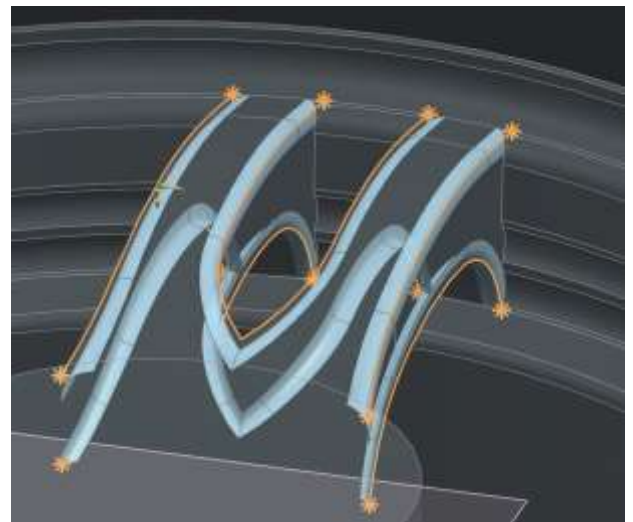
Είναι πολύ σημαντικό σχεδιαστικά αυτή η ιδιότητα να χρησιμοποιηθεί την κατάλληλη στιγμή για την σωστή σχεδίαση και την διευκόλυνση του σχεδιαστή καθότι μέχρι αυτή τη φάση σχεδιασμού ήταν επιθυμητό τα σώματα που έχουν σχεδιαστεί να αποτελούν τρία διαφορετικά μεταξύ τους ώστε οι περικοπές που περιγράφηκαν στο 4^ο βήμα σχεδιασμού να γίνονται από το σώμα που θα επιλεγεί, το disk plate, και έπειτα να γίνει η ένωση τους για να επακολουθήσει η διαμόρφωση των ακμών.

5.3.2 To edge blend :

Η διαμόρφωση των ακμών (edge blend) , όπως παρουσιάζεται Εικόνα 36 Εικόνα 37 φέρνει την ακτίνα στην τελική της μορφή.



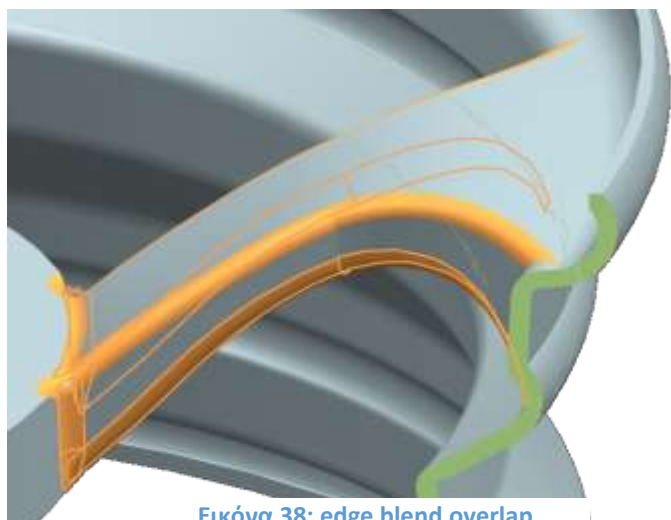
Εικόνα 36: edge blend 1



Εικόνα 37: edge blend 2

Στη συγκεκριμένη περίπτωση η διαμόρφωση των ακμών μπορεί να γίνει επιλέγοντας τες όλες ταυτόχρονα, καθότι το unite εξασφαλίζει το επιθυμητό γεωμετρικό αποτέλεσμα αυτό όμως δεν είναι πάντα δεδομένο. Στην ακόλουθη αν και η σχεδιαστική μεθοδολογία ήταν ακριβώς η ίδια το edge blend δεν μπορούσε να ανταποκριθεί και έπρεπε οι ακμές να γίνουν διαδοχικά.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 38 υπάρχουν σημεία στα οποία, μια ενιαία καμπύλη πορτοκαλί χρώματος κατά μήκος της ακτίνας υπερκαλύπτεται από πορτοκαλί περιγράμματα, περιφερικά της ακτίνας επί της βάσης. Αυτό είναι ενδεικτικό ότι δεν γίνανε οι διαμορφώσεις ταυτόχρονα όπως στις δύο παραπάνω Εικόνα 36 Εικόνα 37 , όπου οι διαμορφωμένες ακμές συναντούν η μία την άλλη στα ίδια σημεία χωρίς



Εικόνα 38: edge blend overlap

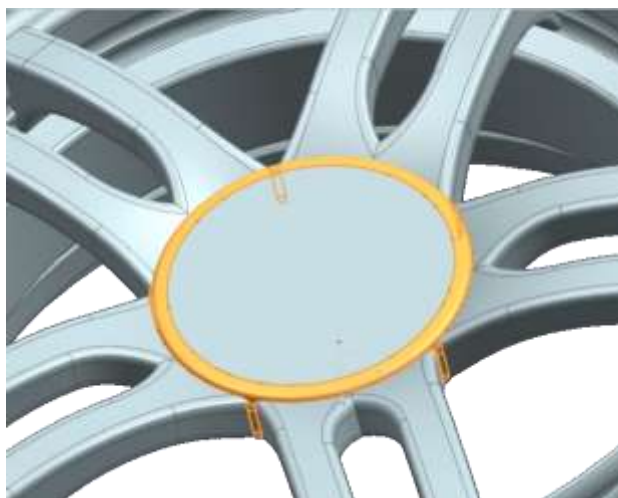
υπερκαλύψεις.

Η σημασία της σωστής εκτέλεσης αυτής της εντολής είναι καθοριστική για το σωστό σχεδιασμό του προϊόντος καθώς

- Η ταυτόχρονη χρήση της εντολής σε όλες τις χρωματισμένες ακμές επέκτεινε την ακμή διαμόρφωσης σε όλη την περίμετρο του mounting hub με αποτέλεσμα η μετέπειτα αναπαραγωγή του συγκεκριμένου σκέλους μαζί με τις διαμορφώσεις του να δημιουργούσε σχεδιαστικό σφάλμα.
- Το αντικείμενο αφού του δοθούν οι βασικές διαστάσεις και όγκοι πρέπει να υφίσταται αυτές τις διαμορφώσεις σωστά για να μην έχει επιπλοκές στην τρισδιάστατη εκτύπωση.

5^ο Εξασφαλίζοντας τις σωστές διαμορφώσεις στην ακτίνα στην περίπτωση του κάθε σχεδίου, το επόμενο βήμα είναι η σωστή αναπαραγωγή της ακτίνας σε συγκεκριμένο μοτίβο, μαζί με την εντολή του Unite καθώς αποτελεί επιθυμητή ιδιότητα για όλες τις ακτίνες που σχεδιάζονται αλλά και απαραίτητη προϋπόθεση για τον μετέπειτα σχεδιασμό.

6^ο Έπειτα ακολουθούν διαμορφώσεις των χρωματισμένων ακμών στην Εικόνα 39



Εικόνα 39: : edge blend 3

- Τα κατακόρυφα στοιχεία ανάμεσα στις ακτίνες δεν θα μπορούσαν να διαμορφωθούν όπως φαίνεται στην εικόνα εάν δεν είχε συμπεριληφθεί το unite των ακτίνων στο μοτίβο αναπαραγωγής τους.
- η περιφέρεια του mounting hub, επίσης δεν θα μπορούσε να διαμορφωθεί στην τελική της μορφή εάν το edge blend είχε γίνει με λάθος τρόπο όπως αναφέρθηκε.

7^ο Το τελευταίο βήμα είναι κάποιες εξωτερικές μικροδιαμορφώσεις, το άνοιγμα μιας οπής για να διέρχεται η βαλβίδα φουσκώματος του ελαστικού και η δημιουργία και αναπαραγωγή σε μοτίβο των οπών για τα τα συνδετικά στοιχεία μεταξύ ζάντας και αμαξώματος. Παρατίθεται η τελική μορφή του σχεδίου.

Ακολουθεί στην Εικόνα 40 το τελικό προϊόν που είναι μια ζάντα τύπου SUV με τα χαρακτηριστικά από τον Πίνακα 1: στοιχεία ζαντών ο οποίος ακολουθεί επίσης.



Εικόνα 40: τελικό μοντέλο

Βάσει της μεθοδολογίας που περιγράφηκε και λαμβάνοντας υπ' όψιν τα ενδεχόμενα σχεδιαστικά σφάλματα σχεδιάστηκαν τρεις διαφορετικοί τύποι του προϊόντος με τα ακόλουθα δεδομένα

Πίνακας 1: στοιχεία ζαντών

Τύπος οχήματος	Διαστάσεις /προφίλ	ET	PCD	Center bore	Τύπος πρόσδεσης
Σπορ	8.5Jx18	50	5x112	57.1 mm	μπουλόνια
SUV	6.5JJx16	38	5x105	56.6 mm	μπουλόνια
4x4	5.5JJx15	5	5x139.7	105 mm	μπουλόνια

Οι διαφοροποιήσεις των προφίλ από το πρότυπο προφίλ έγιναν βάσει των μετρήσεων που πάρθηκαν , όπως ειπώθηκε στο 5.2.1.

5.4 Διαφοροποιήσεις συγκρίσεις

5.4.1 φλάντζες

Οι φλάντζες στο 4x4 και το SUV είναι τύπου JJ ενώ στο σπορ όχημα είναι τύπου J, σε κάθε τύπο προφίλ αντιστοιχεί διαφορετικός τύπος ελαστικού. Αυτό συμβαίνει ανεξαρτήτως των διαφορών που έχουν κατά μήκος τους του φρεατίου καθότι οι απολήξεις δεν διαφοροποιούνται ποτέ. Μπορεί ένα επιβατικό όχημα μικρής-μεσαίας κατηγορίας να έχει το ίδιο μέγεθος για ελαστικά με ένα 4x4 αλλά θα έχουν διαφορετικό τύπο προφίλ άρα και φλάντζας.

5.4.2 Mounting hub

Στο 4x4, προκειμένου να μειωθεί το βάρος τόσο σε απόλυτα νούμερα αλλά και από το τμήμα της ζάντας που περιστρέφεται, σχεδιάζεται το mounting hub μεγαλύτερο σε μέγεθος. Κατά αυτόν τον τρόπο, με το μειωμένο μήκος της ακτίνας επιτυγχάνεται μια στιβαρή κατασκευή με μικρότερης διατομής ακτίνα σε σύγκριση με τη διατομή που θα χρειαζόταν μια εξίσου στιβαρή κατασκευή μικρότερης διαμέτρου mounting hub. Η χρήση λιγότερου υλικού εξοικονομεί βάρος.

Στο σπορ όχημα, αν και αποτελεί το βάρος μια παράμετρο, είναι καθοριστικός παράγοντας η ψύξη των φρένων. Τα φρένα θεωρητικά είναι έγκλειστα μέσα στις ζάντες – ειδικά αυτές που έχουν πολύ θετικό offset όπως οι ζάντες των σπορ αμαξιών– το mounting hub βρίσκεται ομόκεντρα πάνω στο φρένο παρεμποδίζοντας τη ροή αέρα, άρα και την καλύτερη δυνατή απαγωγή θερμότητας.

Η διάμετρος του mounting hub είναι πάντα μεγαλύτερη από το pcd συνήθως κατά 40mm οπότε σε μια φθίνουσα διάταξη θα είχαμε το SUV, το σπορ και τέλος το 4x4. Αυτό φυσικά δε σημαίνει ότι το SUV είναι περισσότερο όχημα επιδόσεων από το σπορ αμάξι αλλά η παρατήρηση που πρέπει να γίνει εδώ είναι πως το σημαντικά μεγαλύτερο pcd του 4x4 εξαναγκάζει σε σχεδιασμό σημαντικά μεγαλύτερου mounting hub έναντι των άλλων δύο περιπτώσεων.

5.4.3 Διαστάσεις

Σύμφωνα με την ανάλυση που προηγήθηκε στο κεφάλαιο 3 γίνεται αντιληπτό ότι:

Όσο περισσότερο μεγαλώνει η διάμετρος μπορεί να μεγαλώνει το πλάτος της ζάντας και αντιστρόφως δεδομένης αναλογίας, η οποία δεν εκφυλίζει τη ζάντα σε σωληνοειδές και της επιτρέπει να στρίβει διαγράφοντας μικρό τόξο.

Σε ένα σπορ όχημα είναι επιθυμητή η πρόσφυση, άρα η μεγάλη επιφάνεια επαφής ελαστικού-οδοστρώματος, με αποτέλεσμα τη χρήση ζαντών μεγάλου πλάτους και κατ' επέκταση μεγάλης διαμέτρου. Η μεγάλη διάμετρος είναι επιθυμητή καθώς συνεισφέρει στην επίτευξη υψηλών ταχυτήτων, η μεγάλη διάμετρος σε συνδυασμό με το μικρό mounting hub κάνει καλύτερη απαγωγή θερμότητας.

Σε ένα 4x4 η πρόσφυση είναι επιθυμητή αλλά οι απαιτήσεις όχι τόσο υψηλές αφού δεν σχεδιάζονται για μεγάλες ταχύτητες. Σε μια συγκεκριμένη διάμετρο τροχού λόγω της χρήσης υψηλού προφίλ ελαστικού είναι υποχρεωτική η χρήση ζάντας μικρής διαμέτρου άρα και μικρότερου πλάτους γεγονός το οποίο εναρμονίζεται με την επιθυμία χαμηλών ταχυτήτων και όχι της ίδιας πρόσφυσης με ένα σπορ όχημα.

Τα SUV ποικίλουν και είναι θέμα κατασκευής το προφίλ που θα έχουν αν θα είναι για οδόστρωμα η για off road διαδρομές. Τα τελευταία χρόνια επικρατεί στην αγορά η

5.4.4 Offset

5.4.5 προφίλ

48

6 Τρισδιάστατη εκτύπωση

6.1 Ταχεία πρωτοτυποποίηση και προσθετική παραγωγή

Ο όρος ταχεία πρωτοτυποποίηση (RP, rapid prototyping) χρησιμοποιείται σε διάφορες βιομηχανίες για να περιγραφεί η διαδικασία πρωτοτυποποίησης κατά την οποία γίνεται η ταχεία δημιουργία ενός συστήματος ή ενός τμήματος πριν κυκλοφορήσει ως εμπορικό προϊόν. Η έμφαση δίνεται στο να δημιουργηθεί κάτι γρήγορα και στην παραγωγή ενός πρωτότυπου ή ενός βασικού μοντέλου από το οποίο θα προκύψουν επόμενα μοντέλα μέχρι το τελικό προϊόν. Ο όρος της ταχείας πρωτοτυποποίησης χρησιμοποιείται ώστε να περιγράφει μια διαδικασία ανάπτυξης επιχειρηματικών λύσεων με έναν τμηματοποιημένο τρόπο ο οποίος χρησιμοποιείται απ' τις επιχειρήσεις και επιτρέπει στους πελάτες και άλλους εμπλεκόμενους φορείς να δοκιμάζουν ιδέες τους και να παρέχουν την αντίστοιχη ανάδραση κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος. Σε ένα πλαίσιο ανάπτυξης προϊόντων, ο όρος ταχεία πρωτοτυποποίηση χρησιμοποιήθηκε ευρέως για να περιγράψει τις τεχνολογίες οι οποίες δημιουργούσαν φυσικά πρωτότυπα απευθείας από ψηφιακά δεδομένα.

Η προσθετική παραγωγή (AM, Additive Manufacturing) είναι ο επίσημος όρος για αυτό που ονομάζονταν μέχρι πρότινος ταχεία πρωτοτυποποίηση και αυτό που ονομάζεται ευρέως τρισδιάστατη εκτύπωση.

Αρχικά, η τεχνολογία AM χρησιμοποιήθηκε ειδικά για τη δημιουργία μοντέλων απεικόνισης για προϊόντα που βρίσκονταν στο στάδιο της ανάπτυξης. Είναι ευρέως γνωστό ότι τα μοντέλα μπορεί να είναι πολύ πιο χρήσιμα από τα σχέδια ή τις αποδόσεις για την πλήρη κατανόηση της πρόθεσης του σχεδιαστή κατά την παρουσίαση του νοητικού σχεδιασμού. Ενώ τα σχέδια είναι ταχύτερα και ευκολότερα στη δημιουργία, τα μοντέλα σχεδόν πάντα απαιτούνται για να επικυρώσουν πλήρως το σχέδιο. Μετά από αυτόν τον αρχικό σκοπό της απλής κατασκευής μοντέλων, η τεχνολογία AM αναπτύχθηκε με την πάροδο του χρόνου καθώς τα υλικά, η ακρίβεια και η συνολική ποιότητα της παραγωγής βελτιώθηκαν. Τα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν γρήγορα για να παρέχουν πληροφορίες για κάτι που έχει γίνει γνωστό ως τα "3 F" : του σχήματος (Form) , της τοποθέτησης (Fit) και της λειτουργίας (Function). Τα αρχικά μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό να βοηθήσουν στην ολοκληρωμένη εκτίμηση του σχήματος και του γενικού σκοπού ενός σχήματος (form). Η βελτιωμένη ακρίβεια στη διαδικασία παραγωγής σήμαινε ότι τα τεμάχια μπορούσαν να παραχθούν σύμφωνα με τις ανοχές που απαιτούνται για την συναρμολόγηση (fit). Η βελτίωση στις ιδιότητες υλικών σηματοδότησε ότι τα εξαρτήματα θα μπορούσαν να επεξεργαστούν κατάλληλα έτσι ώστε να μπορούν να αξιολογηθούν ανάλογα με το πώς θα λειτουργούσαν τελικά (function).

Πλέον σύμφωνα με τους τεχνολόγους ο όρος ταχεία πρωτοτυποποίηση είναι ανεπαρκής και δεν περιγράφει αποτελεσματικά τις πιο πρόσφατες εφαρμογές αυτής της τεχνολογίας. Βελτιώσεις στην ποιότητα της παραγωγής των μηχανημάτων σηματοδοτούν την πιο στενή σχέση με το τελικό προϊόν. Πολλά μοντέλα φτάνουν στη μορφή του τελικού

προϊόντος μέσω αυτής της διαδικασίας καθότι παράγονται απευθείας σε αυτά τα μηχανήματα, οπότε δεν είναι δόκιμο να τα χαρακτηρίσουμε ως "Πρωτότυπα".

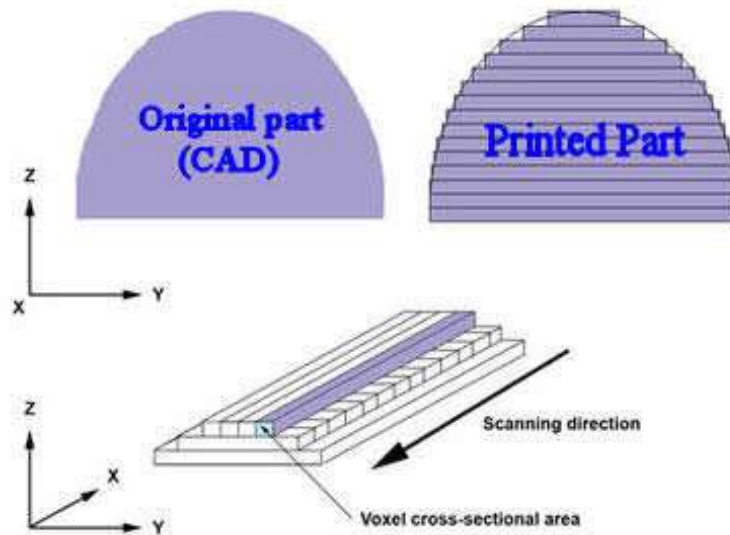
Η AM, όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες στη διαδικασία παραγωγής, μπορεί να μειώσει σημαντικά το χρόνο και το κόστος ανάπτυξης του προϊόντος. Μερικές από αυτές τις τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό που μπορεί πλέον να παραχθεί από αυτές το τελικό προϊόν. Αυτό εξηγεί το γιατί η ορολογία έχει ουσιαστικά εξελιχθεί από τον όρο της ταχείας πρωτοτυποποίησης στον όρο της προσθετικής παραγωγής. Επιπλέον, η χρήση τεχνολογίας λέιζερ υψηλής ισχύος έκανε δυνατή την απευθείας κατασκευή τμημάτων σε μια ποικιλία μετάλλων, επεκτείνοντας έτσι την εμβέλεια εφαρμογής ακόμη περισσότερο.

6.2 Προσθετική τεχνολογία έναντι άλλων μεθόδων

Η βασική αρχή αυτής της τεχνολογίας είναι ότι ένα μοντέλο, που αρχικά δημιουργήθηκε σ' ένα λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης από υπολογιστή (CAD) μπορεί να κατασκευαστεί απευθείας χωρίς την ανάγκη σχεδιασμού της παραγωγής. Αν και αυτό δεν είναι στην πραγματικότητα τόσο απλό όσο αρχικά ακούγεται, η τεχνολογία AM σίγουρα απλοποιεί σημαντικά τη διαδικασία παραγωγής σύνθετων τρισδιάστατων αντικειμένων απευθείας από δεδομένα τύπου CAD. Άλλες μέθοδοι παραγωγής απαιτούν προσεκτική και λεπτομερή ανάλυση της γεωμετρίας κάθε τμήματος του εξαρτήματος για τον καθορισμό παραμέτρων όπως η σειρά με την οποία πρέπει να παραχθούν τα διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά, ποιά εργαλεία και διαδικασίες πρέπει να χρησιμοποιηθούν και ποιά μόνιμα προσαρτήματα μπορεί να χρειασθούν ώστε να ολοκληρωθεί το τμήμα. Αντίθετα, η τεχνολογία AM χρειάζεται μόνο μερικές βασικές λεπτομέρειες διαστάσεων και ένα μικρό ποσό κατανόησης ως προς τον τρόπο με τον οποίο η μηχανή τεχνολογίας AM λειτουργεί καθώς και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του τμήματος.

6.3 Λειτουργία και υλικά και μέθοδοι

Η αρχή λειτουργίας της τεχνολογίας AM είναι ότι τα μέρη κατασκευάζονται με την προσθήκη υλικού σε διαδοχικά στρώματα (layer by layer). Κάθε στρώμα είναι μια λεπτή τομή του μοντέλου που προέρχεται από τα αρχικά δεδομένα του σχεδιασμένου μοντέλου στο CAD. Στον φυσικό κόσμο, κάθε στρώμα πρέπει να έχει ένα πεπερασμένο πάχος και έτσι το προκύπτον μέρος με την εναπόθεση του ενός στρώματος πάνω στο άλλο θα είναι μια προσέγγιση των αρχικού σχεδίου όπως στην Εικόνα 44, όσο πιο λεπτό είναι κάθε στρώμα, τόσο πιο κοντά θα είναι το τελικό εκτύπωμα στο πρωτότυπο.



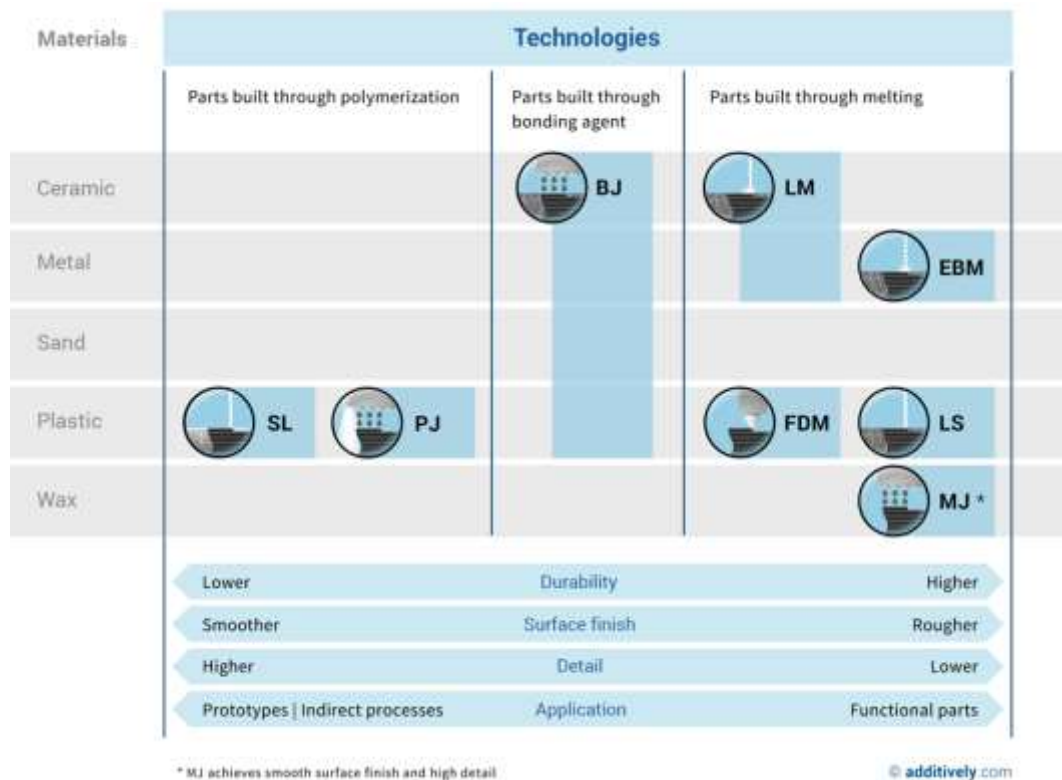
Εικόνα 44: αναπαράσταση layer by layer εκτύπωσης

<https://cdn.ymaws.com/www.floridamedtech.com/resource/resmgr/imported/Ken%20Church%20-%20nScript.pdf>

Όλες οι εμπορικές μηχανές AM μέχρι σήμερα χρησιμοποιούν μια προσέγγιση βασισμένη σε στρώματα, και τα βασικότερα σημεία διαφοράς τους είναι στα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, στο πώς μπορούν να δημιουργηθούν τα στρώματα και στο πώς τα στρώματα συνδέονται μεταξύ τους. Τέτοιου είδους διαφορές θα καθορίσουν παράγοντες όπως την ακρίβεια του τελικού μέρους συν τις ιδιότητες του υλικού και τις μηχανικές του ιδιότητες. Θα καθορίσουν επίσης παράγοντες όπως την ταχύτητα με την οποία το αντικείμενο μπορεί να παραχθεί, πόση μετέπειτα επεξεργασία απαιτείται, το μέγεθος του μηχανήματος τεχνολογίας AM που χρησιμοποιήθηκε και το συνολικό κόστος της μηχανής και της διαδικασίας.

Τεχνολογίες ταχείας πρωτοτυποποίησης παρουσιάζονται ονομαστικά για λόγους πληρότητας και έπειτα μια ποιοτική σύγκρισή τους στην Εικόνα 45 αναφορικά στην ανθεκτικότητα, την ποιότητα επιφάνειας του τελικού προϊόντος, τις δυνατότητες λεπτομερούς εκτύπωσης και την ικανότητα εφαρμογής τους.

- | | | |
|-------|-----|---------------------------|
| i. | BJ | Binder Jetting |
| ii. | EBM | Electron Beam Melting |
| iii. | FDM | Fused Deposition Modeling |
| iv. | LM | Laser Melting |
| v. | LS | Laser Sintering |
| vi. | MJ | Material Jetting |
| vii. | PJ | Photopolymer Jetting |
| viii. | SL | Stereo Lithography |



Εικόνα 45: ποιοτικό διάγραμμα χαρακτηριστικών ταχείας πρωτοτυποποίησης βάσει μεθόδου και υλικού

<https://www.additively.com/en/>

6.4 Η γενική διαδικασία της τρισδιάστατης παραγωγής

Η τρισδιάστατη παραγωγή περιλαμβάνει μια σειρά από βήματα που κυμαίνονται από την εικονική περιγραφή CAD στο φυσικό προκύπτον αντικείμενο. Διαφορετικά προϊόντα περιλαμβάνουν την τρισδιάστατη παραγωγή με διάφορους τρόπους και σε διαφορετικούς βαθμούς. Τα μικρά, και σχετικά απλά προϊόντα μπορεί να χρησιμοποιήσουν την τρισδιάστατη παραγωγή αποκλειστικά για μοντέλα απεικόνισης, ενώ τα μεγαλύτερα, πιο σύνθετα προϊόντα με υψηλότερο περιεχόμενο τεχνικού σχεδιασμού είναι πιθανό να περιλαμβάνουν τεχνολογία τρισδιάστατης παραγωγής κατά τη διάρκεια πολυάριθμων σταδίων και προσεγγίσεων σε όλη την έκταση της διαδικασίας ανάπτυξης. Επιπλέον, τα πρώιμα στάδια της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος μπορεί να απαιτούν μόνο ακατέργαστα τμήματα, με την τρισδιάστατη τεχνολογία να χρησιμοποιείται εδώ λόγω της ταχύτητας με την οποία μπορεί να κατασκευάσει αυτά τα τμήματα. Σε μεταγενέστερα στάδια της διαδικασίας, τα μέρη ενδέχεται να χρειάζονται προσεκτικό καθαρισμό και μετεπεξεργασία (συμπεριλαμβανομένης της λείανσης, της προετοιμασίας της επιφάνειας και του βαψίματος) πριν χρησιμοποιηθούν, με την τρισδιάστατη τεχνολογία να μπορεί να χρησιμοποιηθεί εδώ λόγω της πολυπλοκότητας της μορφής που μπορεί να δημιουργηθεί χωρίς να χρειάζεται να εμπλακούν εργαλεία στην διαδικασία.

6.4.1 Βήμα 1: CAD

Όλα τα προϊόντα τρισδιάστατης παραγωγής πρέπει να ξεκινούν από ένα μοντέλο λογισμικού που περιγράφει πλήρως την εξωτερική γεωμετρία. Αυτό μπορεί να προκύψει από οποιοδήποτε λογισμικό CAD, εφόσον το εξαγόμενο αρχείο είναι ένα τρισδιάστατο μοντέλο είτε στερεό είτε κλειστό μοντέλο επιφανειών. Εξοπλισμοί αντίστροφου σχεδιασμού (π.χ. λέιζερ και οπτική ανάγνωση) μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία αυτού του μοντέλου.

6.4.2 Βήμα 2: Μετατροπή σε STL

Ο τύπος αρχείου που πλέον έχει καθιερωθεί και χρησιμοποιείται από τις τρισδιάστατες μηχανές εκτύπωσης. Αυτό το αρχείο περιγράφει τις εξωτερικές κλειστές επιφάνειες του αρχικού μοντέλου CAD και αποτελεί τη βάση για τον υπολογισμό των στρώσεων.

6.4.3 Βήμα 3: διαχείριση αρχείων STL

Ειδικό λογισμικό, που εξαρτάται από τη μηχανή, επεξεργάζεται το αρχείο stl και παράγει την απαραίτητη κίνηση στη μηχανή για την απόδοση της μορφής του μοντέλου. Στο αρχείο STL που περιγράφει το τμήμα μπορεί να γίνει κάποια γενική ρύθμιση του αρχείου έτσι ώστε να είναι το σωστό μέγεθος, θέση, και στην σωστή κατεύθυνση για την εκτύπωση.

6.4.4 Βήμα 4: Ρύθμιση μηχανήματος

Η μηχανή τρισδιάστατης παραγωγής πρέπει να ρυθμιστεί σωστά πριν από τη διαδικασία κατασκευής.

6.4.5 Βήμα 5: Κατασκευή

Η κατασκευή του τμήματος είναι κυρίως μια αυτοματοποιημένη διαδικασία αλλά απαιτείται επιφανειακή παρακολούθηση της μηχανής σε αυτό το στάδιο για να επιβεβαιωθεί ότι δεν έχουν σημειωθεί σφάλματα όπως η εξάντληση του υλικού, προβλήματα τροφοδοσίας ή λογισμικού κ.λπ.

6.4.6 Βήμα 6: Αφαίρεση

Μόλις ολοκληρωθεί η κατασκευή από το μηχάνημα τρισδιάστατης παραγωγής, τα εξαρτήματα πρέπει να αφαιρεθούν.

6.4.7 Βήμα 7: Μετέπειτα επεξεργασία

Μόλις τα εξαρτήματα αφαιρεθούν από το μηχάνημα, ενδέχεται να απαιτούν επιπλέον καθαρισμό πριν να είναι έτοιμα για χρήση. Τα μέρη μπορεί να είναι ασταθή σε αυτό το στάδιο ή μπορεί να έχουν υποστηρικτικές δομές που πρέπει να αφαιρεθούν.

6.4.8 Βήμα 8: Εφαρμογή

Τα εξαρτήματα μπορεί τώρα να είναι έτοιμα για χρήση. Μπορεί βέβαια να απαιτούν και επιπλέον επεξεργασία πριν γίνουν, φτάσουν στην τελική τους μορφή παράδειγμα, μπορεί να απαιτούν προετοιμασία ώστε να βαφτούν είτε για να δοθεί μια αποδεκτή υφή επιφάνειας.

6.5 Τα οφέλη της τρισδιάστατης παραγωγής

Πρώτον, ας εξετάσουμε τον "γρήγορο" χαρακτήρα αυτής της τεχνολογίας. Το πλεονέκτημα της ταχύτητας δεν υπάρχει μόνο από την άποψη του χρόνου που χρειάζεται για την κατασκευή των μοντέλων. Η επιτάχυνση της όλης διαδικασίας ανάπτυξης προϊόντων βασίζεται κατά πολύ στο γεγονός ότι χρησιμοποιούμε υπολογιστές στην διάρκεια ολόκληρης της διαδικασίας. Δεδομένου ότι το CAD χρησιμοποιείται ως σημείο εκκίνησης και η μεταφορά στην τρισδιάστατη παραγωγή είναι σχετικά αδιάλειπτη, υπάρχει πολύ λιγότερη ενασχόληση για τη σωστή μετατροπή δεδομένων ή την ερμηνεία των στοιχείων του σχεδιασμού. Ακριβώς όπως γίνεται στο CAD (What You See Is What You Get) που αυτό που βλέπεις είναι αυτό που παίρνεις, το ίδιο ισχύει και με την τρισδιάστατη παραγωγή και μπορούμε να πούμε με την ίδια ευκολία ότι αυτό που βλέπει κάποιος είναι αυτό που δημιουργείται.

Η απλοποίηση της διαδικασίας μπορεί επίσης να φανεί από την άποψη της μείωσης των βαθμίδων διεργασίας. Ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα των μερών που πρόκειται να κατασκευαστούν, η κατασκευή μέσω ενός μηχανήματος τρισδιάστατης παραγωγής γενικά εκτελείται με ένα μόνο βήμα. Οι περισσότερες άλλες διαδικασίες παραγωγής θα απαιτούσαν την πραγματοποίηση πολλαπλών και επαναλαμβανόμενων σταδίων. Καθώς συμπεριλαμβάνονται περισσότερα χαρακτηριστικά σε ένα σχέδιο, ο αριθμός αυτών των σταδίων μπορεί να αυξηθεί δραματικά. Ακόμη και μία σχετικά απλή αλλαγή στον σχεδιασμό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση του απαιτούμενου χρόνου παραγωγής χρησιμοποιώντας συμβατικές μεθόδους. Επομένως η τρισδιάστατη παραγωγή μπορεί να θεωρηθεί ως ένας τρόπος για την πιο αποτελεσματική πρόβλεψη του απαιτούμενου χρόνου για την κατασκευή μοντέλων, ανεξαρτήτως των αλλαγών που μπορούν να εφαρμοστούν κατά τη διάρκεια αυτού του σχηματικού σταδίου της ανάπτυξης του προϊόντος.

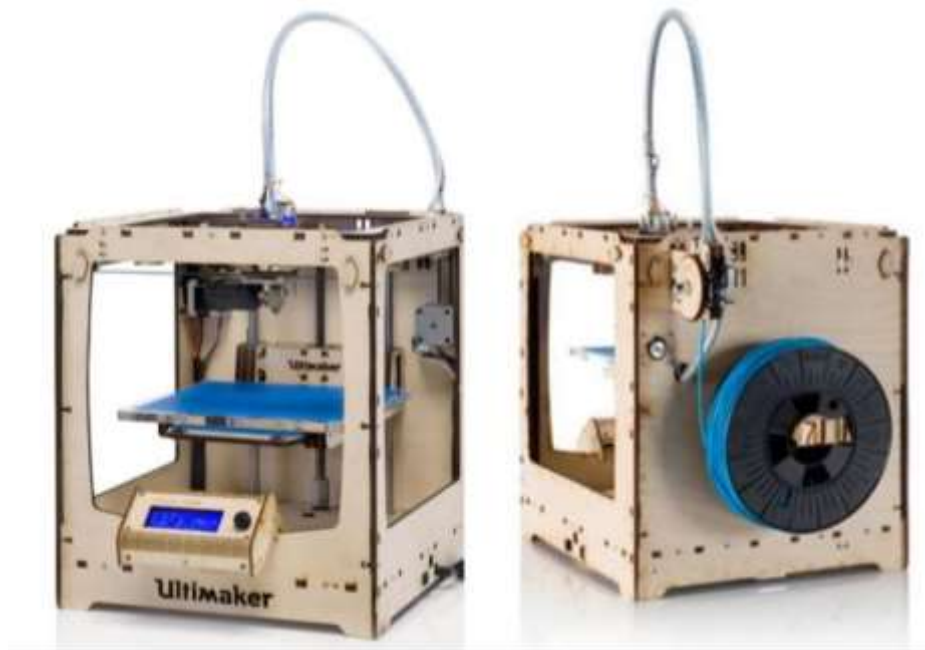
Ομοίως, ο αριθμός των απαιτούμενων διαδικασιών και πόρων μπορεί να είναι μειωθεί σημαντικά όταν χρησιμοποιείται η τρισδιάστατη τεχνολογία. Εάν ζητούνταν από έναν εξειδικευμένο τεχνίτη να κατασκευάσει ένα πρωτότυπο σύμφωνα με ένα σύνολο σχεδίων CAD, θα διαπίστωνε ότι θα έπρεπε να κατασκευάσει το τμήμα σε διάφορα στάδια. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι θα έπρεπε να χρησιμοποιήσει μια ποικιλία τεχνολογιών παραγωγής, που κυμαίνονται από την χύτευση μέχρι τη μηχανική κατεργασία CNC. Η χαρακτηριστική και οι παρόμοιες διαδικασίες είναι κουραστικές, δύσκολες και επιρρεπείς σε σφάλματα. Η τεχνολογία χύτευσης μπορεί να είναι ακατάστατη και προφανώς απαιτεί την κατασκευή ενός ή περισσότερων καλουπιών. Η μηχανική κατεργασία CNC απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και διαδοχική προσέγγιση και μπορεί επίσης να απαιτεί την κατασκευή των εξαρτημάτων πριν την κατασκευή του ίδιου του

τμήματος. Όλα αυτά φυσικά προϋποθέτουν ότι αυτές οι τεχνολογίες είναι άμεσα διαθέσιμες.

Η τρισδιάστατη παραγωγή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αφαιρέσει ή τουλάχιστον να απλοποιήσει πολλές από αυτές τις πολυεπίπεδες διαδικασίες. Με την προσθήκη ορισμένων τεχνολογιών υποστήριξης όπως το καλούπι σιλικόνης, τρυπάνια, γυαλιστικά, κοπτικά, κλπ. μπορεί να είναι δυνατή η κατασκευή ενός τεράστιου φάσματος διαφορετικών μερών με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Τα εργαστήρια που υιοθετούν την τεχνολογία τρισδιάστατης παραγωγής μπορεί να είναι πολύ καθαρότερα, πιο αποδοτικά και πιο ευέλικτα από πριν.

6.6 Ο εκτυπωτής

Η πιο κοινή διαδικασία η εξώθηση πλαστικού, είναι αυτή που χρησιμοποιείται από την πλειονότητα των entry-level 3D εκτυπωτών, συνήθως PLA ή ABS, του οποίου η τροφοδοσία γίνεται σε μορφή νήματος και η εξώθηση μέσω ενός θερμαινόμενου εξωθητή προκειμένου να σχηματίσει στρώματα και να δημιουργήσει το προκαθορισμένο σχήμα. Ο εκτυπωτής που βρίσκεται στο χώρο του εργαστηρίου CAD και χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι ο Ultimaker Original+. Στην Εικόνα 46 φαίνεται ο εκτυπωτής.



Εικόνα 46: ultimaker original+

<https://ultimaker.com/>

Ο Ultimaker Original+ είναι ένας 3D εκτυπωτής τεχνολογίας FFF (Fused Filament Fabrication) μία από τις πιο δημοφιλείς τεχνολογίες 3D εκτύπωσης. Τα υλικά που χρησιμοποιεί είναι πλαστικό, ABS ή PLA διαμέτρου 2.85mm. Εκτυπώνει με μονή κεφαλή εξώθησης διαμέτρου 0.4 mm ενώ έχει τη δυνατότητα επέκτασης για διπλή κεφαλή εξώθησης. Τα βασικά χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται στην Εικόνα 47.

Build Volume	210 x 210 x 205 mm
Layer resolution	up to 20 micron
Speed	30 – 300 mm/s
Nozzle temperature	180° - 260° C
Nozzle/ filament diameter	0.4 mm / 2.85 mm
File transfer	SD card USB cable
Print technology	Fused Filament Fabrication (FFF)

Εικόνα 47: βασικά χαρακτηριστικά printer

6.7 Τα μέρη του εκτυπωτή

6.7.1 UltiController

Είναι ο ελεγκτής Εικόνα 48 που βρίσκεται στο κάτω μέρος του εκτυπωτή και μας ενημερώνει για την κατάσταση της εκτύπωσης. Μέσω του ελεγκτή UltiController μπορούμε να εκτυπώσουμε και να χειριστούμε πλήρως την εκάστοτε εκτύπωση και τα χαρακτηριστικά αυτής μέσα από το menu του. Ειδικά στην περίπτωση που εργαζόμαστε με την κάρτα SD, έχουμε την δυνατότητα παύσης της εκτύπωσης και στη συνέχεια την έναρξή της από το σημείο που σταμάτησε. Όλοι οι παραπάνω χειρισμοί είναι δυνατοί, μετακινώντας τη ροδέλα του UltiController.



Εικόνα 48: ελεγκτής εκτυπωτή

1. Θερμοκρασία ακροφυσίου: δείχνει την τρέχουσα θερμοκρασία του ακροφυσίου και εκείνη που πρέπει να φθάσει για να ξεκινήσει η εκτύπωση.

2. X/Y/Z συντεταγμένες: υποδεικνύει την τρέχουσα θέση της κεφαλής εξώθησης και της πλατφόρμας του εκτυπωτή.

3. Ρυθμός τροφοδοσίας (feedrate): είναι η ταχύτητα της εκτύπωσης που βασίζεται σε αυτήν που έχει καθοριστεί στο συνεργαζόμενο λογισμικό (Cura).

4. Παρελθών χρόνος (elapsed time): δείχνει την ώρα που έχει παρέλθει από την έναρξη της εκτύπωσης.

5. SD%: καταγραφή της προόδου της εκτύπωσης -στην περίπτωση που τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω της SD card.

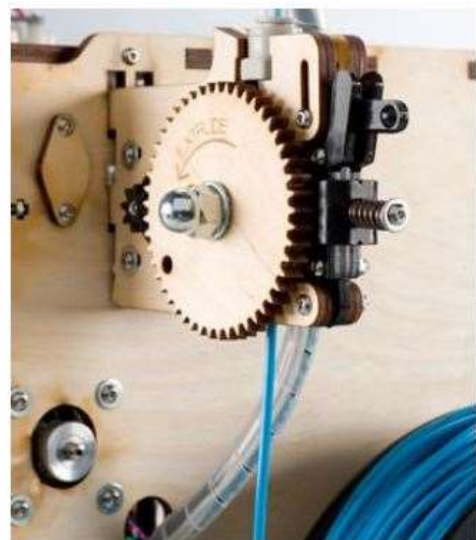
Ο Ultimaker Original+ έχει δυο δυνατούς τρόπους εκτύπωσης, μέσω καλωδίου USB και μέσω μιας κάρτας SD.

Στην πρώτη περίπτωση, η εκτύπωση του τρισδιάστατου μοντέλου που έχει τοποθετηθεί στο Cura μπορεί να γίνει από την επιλογή απευθείας μέσω του ίδιου του λογισμικού με το πάτημα της εντολής εκτύπωσης.

Στην δεύτερη περίπτωση, αφού ολοκληρώσουμε τις τυχόν αλλαγές στο μενού του Cura, πρέπει να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα στην κάρτα SD. Από το μενού επιλέγουμε File → Save GCode και στη συνέχεια αποθηκεύουμε τον κώδικα στην κάρτα. Έπειτα, εισάγουμε την κάρτα στον UltiController και επιλέγουμε την εντολή εκτύπωσης.

6.7.2 Παροχή

Το υλικό που χρησιμοποιεί ο Ultimaker Original είναι νήμα τύπου PLA. Στο πίσω μέρος του εκτυπωτή υπάρχει η παλέτα στην οποία είναι τυλιγμένο το νήμα. Υλικό ξετυλίγεται από τον ειδικό μηχανισμό που φαίνεται στην Εικόνα 49 ανάλογα με την ταχύτητα εκτύπωσης και οδηγείται στην κεφαλή εξώθησης.



Εικόνα 49: παροχή καλωδίου

6.7.3 Κεφαλή εξώθησης

Η κεφαλή εξώθησης Εικόνα 50 στο κάτω μέρος της θερμαίνεται και φθάνει σε μέγιστη θερμοκρασία, αυτή που έχει επιλεγεί. Το υλικό εισέρχεται από τη μια πλευρά και εξέρχεται από την άλλη με πιο ρευστή μορφή λόγω της ανταλλαγής θερμότητας. Η κεφαλή εξώθησης κινείται στους άξονες x και y, σύμφωνα με το G κώδικα που παράγαγε ο STL αρχείο.



Εικόνα 50: κεφαλή εξώθησης

6.7.4 Έδρανο εκτύπωσης

Επί του έδρανου Εικόνα 51 η κεφαλή εναποθέτει υλικό κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης, υπάρχουν εκδόσεις εκτυπωτών όπου το έδρανο έχει τη δυνατότητα θέρμανσης ο συγκεκριμένος εκτυπωτής δεν ανήκει σε αυτές



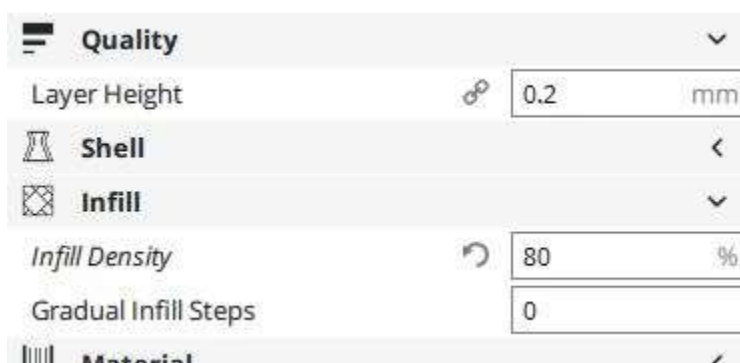
Εικόνα 51: έδρανο εκτύπωσης

6.8 Το λογισμικό

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία έγινε χρήση του λογισμικού Siemens NX 11.0, πλέον όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 4.1, είναι διαθέσιμο το Siemens NX12.0 στο οποίο υπάρχει προσαρμοσμένη πλατφόρμα additive manufacturing και διαχείρισης stl αρχείων. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η ultimaker διαθέτει ελεύθερα το λογισμικό της και υπάρχει δυνατότητα καταχώρησης του εκτυπωτή μέσα στο λογισμικό έτσι ώστε να προσαρμόζεται το λογισμικό στις δυνατότητες του εκτυπωτή ήταν η παράγοντες που οδήγησαν στη χρήση του Cura 3.2.1 ως λογισμικό για τη διαχείριση των stl αρχείων.

Οι δυνατότητες του εν λόγω λογισμικού δεν διαφέρουν είναι ικανοποιητικές για τη διαχείριση των stl αρχείων αφού με την προβολή layer by layer είναι εφικτό ο χρήστης να έχει επίγνωση του πως παραμετροποιεί το μοντέλο της εκτύπωσης και με την έτοιμη κατηγοριοποίηση των δυνατοτήτων, του καθίσταται η πλοήγηση μέσα στο πρόγραμμα και η εκμάθηση του εύκολης.

Ενδεικτικά θα παρατεθούν η Εικόνα 52 και η Εικόνα 53 οι όποιες παρουσιάζουν τις ρυθμίσεις του προγράμματος οι οποίες κατά την παραμετροποίηση τους είχαν τη μεγαλύτερη συμβολή στην ποιότητα του αποτελέσματος.



Quality

Layer Height: 0.2 mm

Shell

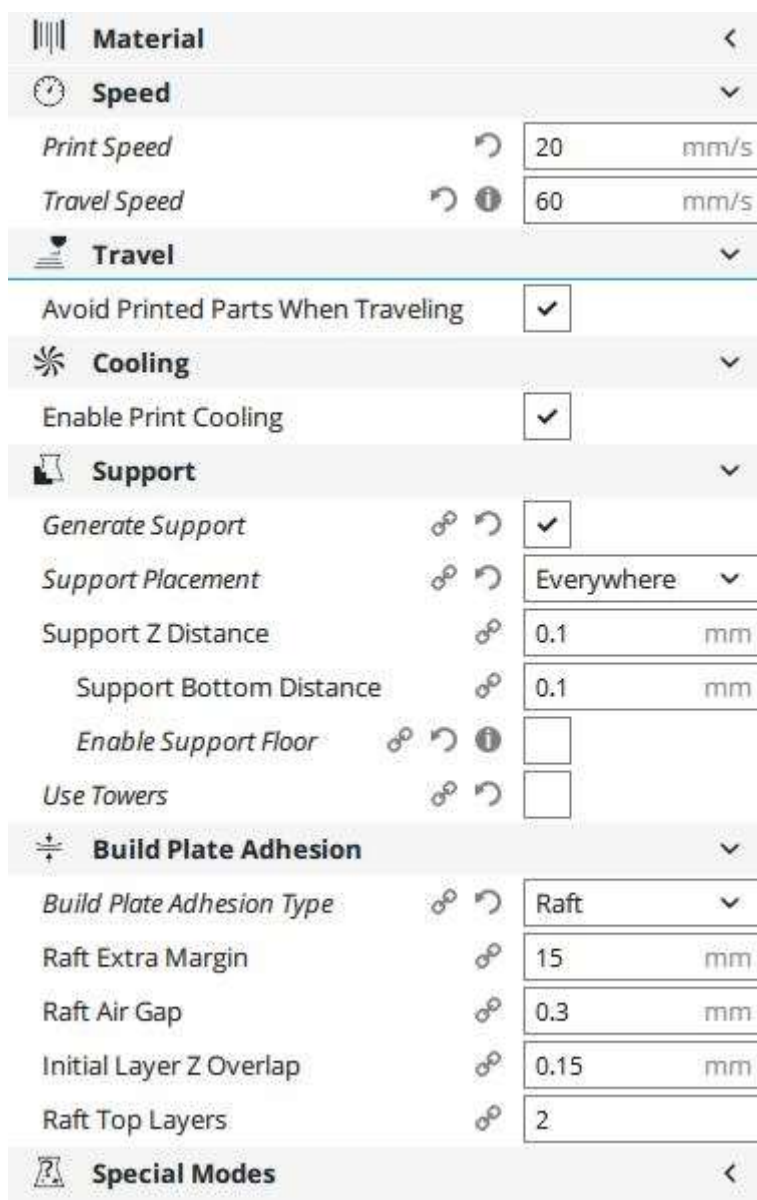
Infill

Infill Density: 80 %

Gradual Infill Steps: 0

Material

Εικόνα 52: λογισμικό Cura επιλογές (1)



Material

Speed

Print Speed: 20 mm/s

Travel Speed: 60 mm/s

Travel

Avoid Printed Parts When Traveling: ☒

Cooling

Enable Print Cooling: ☒

Support

Generate Support: ☒

Support Placement: Everywhere

Support Z Distance: 0.1 mm

Support Bottom Distance: 0.1 mm

Enable Support Floor: ☐

Use Towers: ☐

Build Plate Adhesion

Build Plate Adhesion Type: Raft

Raft Extra Margin: 15 mm

Raft Air Gap: 0.3 mm

Initial Layer Z Overlap: 0.15 mm

Raft Top Layers: 2

Special Modes

Εικόνα 53: : λογισμικό Cura επιλογές (2)

Η απόσταση μεταξύ των στρωμάτων εκτύπωσης, η πυκνότητα του εκτυπωμένου τελικού αντικειμένου, η ταχύτητα κίνησης της κεφαλής κατά την εκτύπωση αλλά και τη μετακίνηση, τα υποστηρίγματα και η βάση στήριξης είναι μερικές εκ των ρυθμίσεων των οποίων ο ρόλος αναλύεται στο κεφάλαιο 6.8.2 που ακολουθεί.

6.9 Εφαρμογή βημάτων εκτύπωσης στις ζάντες

6.9.1 Εκτέλεση των βήμα 1 και βήμα 2 (CAD και μετατροπή σε stl)

Ο σχεδιασμός των εναλλακτικών μορφών των ζαντών, καθώς και οι προϋποθέσεις που για την τρισδιάστατη εκτύπωση τους παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο 5.3. Έπειτα μέσω του NX έγινε η μετατροπή των αρχείων των τρισδιάστατων μοντέλων στη μορφή STL για να μεταφερθούν στο λογισμικό CURA και να γίνει η περαιτέρω διαχείριση τους από το περιβάλλον του CURA.

6.9.2 Εκτέλεση του Βήματος 3 (διαχείριση αρχείων stl)

Η διαχείριση του stl αρχείου είναι μια διαδικασία η οποία εξελίχθηκε σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εκάστοτε εκτύπωσης. Ανάλογα με το αποτέλεσμα του εκτυπωμένου κομματιού γίνονταν και μία μεταβολή στην παραμετροποίηση των επιλογών στο software του Cura.

6.9.2.1 Υποστήριξη

Σε επίπεδο υποστήριξης λόγω της γεωμετρίας του αντικειμένου εξ αρχής εκτιμήθηκε ότι ήταν απαραίτητα τα στηρίγματα στον κατακόρυφο άξονα Z, τα οποία φαίνονται και στην Εικόνα 54 και Εικόνα 55.



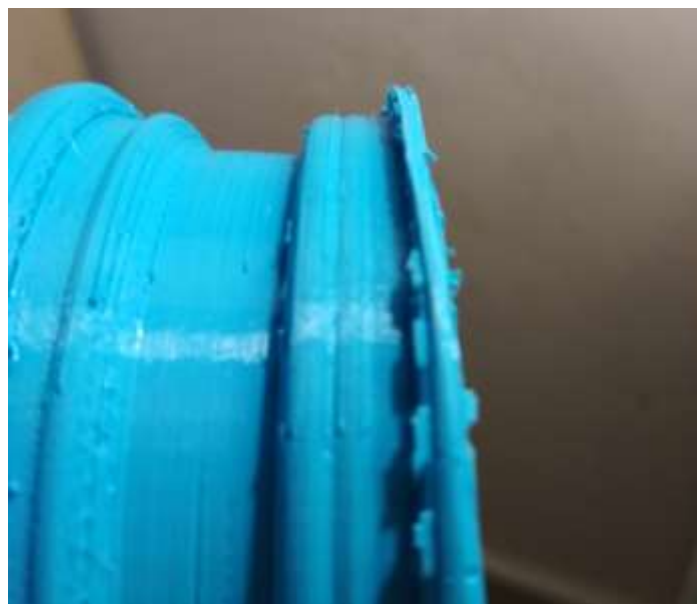
Εικόνα 54: κατακόρυφα στηρίγματα και βάση brim



Εικόνα 55: κατακόρυφα στηρίγματα εσωτερικά

Βρίσκονται κατά μήκος της περιμέτρου αλλά και εσωτερικά της κατασκευής. Δεν ήταν εξ αρχής αυτή η επιλογή ως προς την τοποθέτηση τους εσωτερικά της κατασκευής αλλά η επιλογή κατά την οποία το ένα εκ των δυο άκρων του υποστηρίγματος εφάπτεται στη βάση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την υποστήριξη μόνο των ακτίνων κατά την εκτύπωση και όχι την υποστήριξη των bead seat, flange κτλ. Κατά αυτόν τον τρόπο η εκτύπωση βγήκε ελαττωματική καθώς το flange που δεν είχε επαφή με τη βάση τοπικά είχε κενά καθότι κατέρρεε τοπικά το υλικό κατά την τοποθέτησή του. Αυτό καθιστούσε την επιλογή τοποθέτησης υποστηρίγματος εσωτερικά του μοντέλου ώστε και τα δυο άκρα ενός υποστηρίγματος να είναι σε επαφή με το μοντέλο όπως ήταν αναγκαίο.

Στην επόμενη παραμετροποίηση του λογισμικού χρειάστηκε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα που παρουσιάζεται στην Εικόνα 56 το οποίο παρουσιάστηκε τοπικά στην περιφέρεια της ζάντας.



Εικόνα 56: πρόβλημα εκτύπωσης flange

Του οποίου η διαφορά φαίνεται σε σχέση με την σωστή εκτύπωση που φαίνεται στην Εικόνα 57.



Εικόνα 57: σωστή εκτύπωση flange

Η ζάντα εκτυπώθηκε σαν ένα κυλινδρικού τύπου αντικείμενο, επομένως η μία διατομή η δεξιά διατομή στην Εικόνα 56 έρχεται απευθείας σε επαφή με τη βάση ενώ η άλλη βρίσκεται στο άνω μέρος της εκτύπωσης και δημιουργείται πάνω στα στηρίγματα Εικόνα 54 Εικόνα 55.

Το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι το εκτύπωμα του άνω flange είναι αρκετά καλής και αποδεκτής ποιότητας ενώ το κάτω έχει απόκλιση που συνιστά μεγάλη παραμόρφωση και δεν μπορεί να γίνει αποδεκτή. Αυτό το ελάττωμα δεν διορθώθηκε ούτε με μία μερική - δοκιμή εκτύπωσης -καθώς τυπώθηκε ένα μικρό μέρος της ζάντας ώστε να γίνει ορατή τυχόν διόρθωση του σφάλματος κατά την οποία έγινε αναστροφή της ζάντας , 180 μοίρες ως προς το επίπεδο εκτύπωσης.

Το πρόβλημα έγκειται σε δύο παράγοντες στην υποστήριξη της διατομής που είναι σε επαφή με τη βάση, αλλά και στη σχετική τριβή μεταξύ του εναποτιθέμενου υλικού προκειμένου το ρευστοποιημένο pla να προσκολλάται αμέσως στο σημείο που εκχέεται. Η αντιμετώπιση τους ήταν η εξής:

Απομάκρυνση της μπλε ταινίας η οποία ήταν επί του εδράνου εκτύπωσης. Αν και συνιστάται η χρήση της για ευκολότερη απομάκρυνση του εκτυπωμένου μοντέλου παρατηρήθηκε ότι το pla δεν προσκολλούταν επ' αυτής άμεσα με αποτέλεσμα να απέχει αρκετά η τελική του θέση από τη σωστή-αρχική θέση που θα έπρεπε να βρίσκεται.

Για να εξασφαλισθεί ότι η απομάκρυνση της ταινίας ήταν η πλέον σωστή επιλογή έγινε μια δοκιμή εναπόθεσης υλικού με μπλε ταινία κατά την οποία ο ανεμιστήρας ψύξης του υλικού δούλεψε από την έναρξη της εκτύπωσης, ώστε να διασφαλιστεί ότι η απόκλιση της προσκόλλησης του υλικού στην μπλε ταινία δεν οφείλεται στην αργή ψύξη του pla,

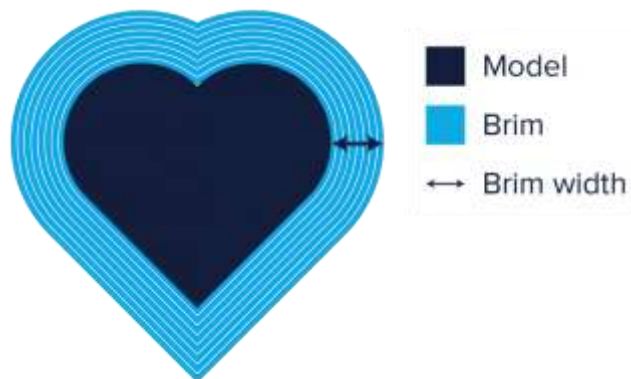
καθότι ο ανεμιστήρας από τις default επιλογές του συστήματος δεν λειτουργούσε με την εκκίνηση της εκτύπωσης αλλά το σφάλμα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί ήταν σε αυτήν τη φάση της διαδικασίας οπότε ενδεχομένως ήταν ζήτημα ψύξης.

Παρά τη λειτουργία του ανεμιστήρα το ρla δεν προσκόλλαγε καλά στην μπλε ταινία, με την απομάκρυνση της και το κλείσιμο του ανεμιστήρα για τα αρχικά στάδια η προσκόλληση του ρla ήταν άμεση ακριβώς στη θέση που το εναπόθετε η κεφαλή του εκτυπωτή.

6.9.2.2 Τύπος βάσης

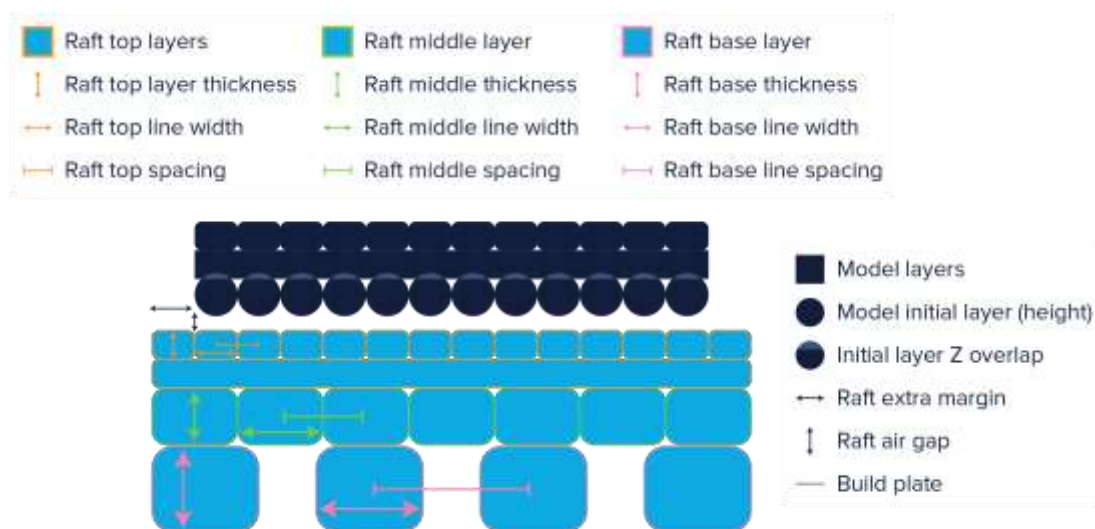
Ο δεύτερος παράγοντας που οδηγούσε στο σφάλμα της Εικόνα 56 είναι το είδος της βάσης υποστήριξης καθώς αυτό ήταν brim και όχι raft

- Το brim προσθέτει μια ενιαία μιας μόνο στρώσης επίπεδη επιφάνεια γύρω από τη βάση του μοντέλου για να αποφευχθεί η στρέβλωση. Όπως φαίνεται Εικόνα 58.



Εικόνα 58: brim <https://ultimaker.com/>

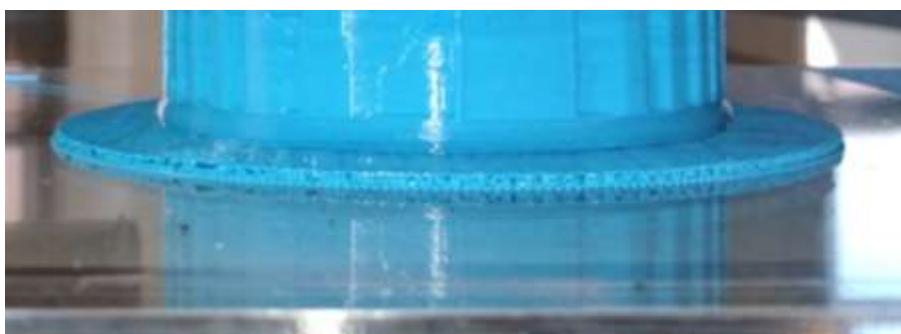
- Το raft είναι ένα παχύ πλέγμα πολλών στρώσεων και διαφορετικών ειδών πλέξης η κάθε στρώση μεταξύ του μοντέλου και της εδράνου εκτύπωσης, Εικόνα 59.



Εικόνα 59: raft και επιλογές στη χρήση του <https://ultimaker.com/>

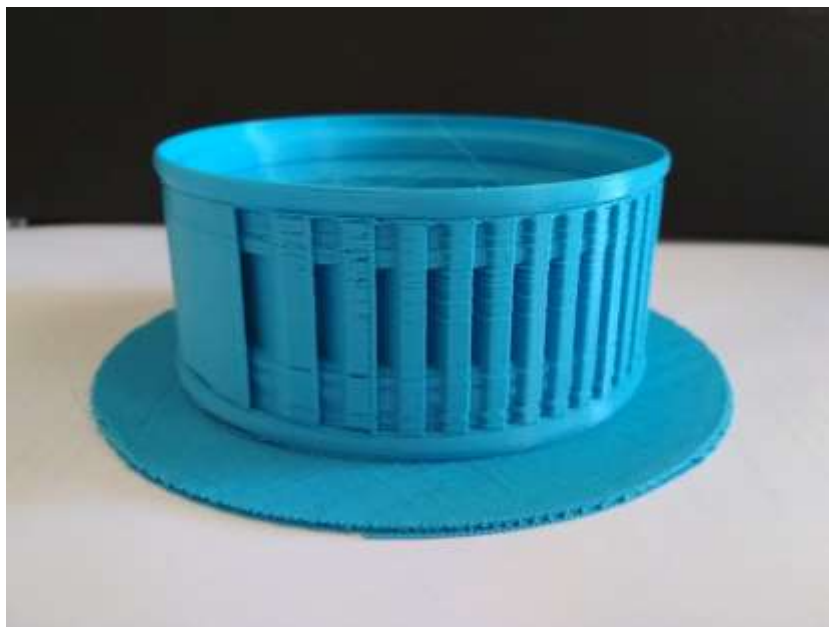
Επιπλέον σύμφωνα με την παράγραφο 6.9.2.2 η έλλειψη ενότητας μεταξύ της βάσης υποστήριξης στην Εικόνα 54 είναι ενδεικτική του προβλήματος μη προσκόλλησης του pla με την μπλε ταινία.

Η χρήση του raft απαιτεί μεγάλη ποσότητα υλικού και χρόνου για την εκτύπωση για την οικονομία και των δύο παραλείφθηκε το ένα εκ των τριών υποστηρικτικών επιπέδων. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 59 η παραμετροποίηση των ρυθμίσεων του raft παρουσιάζει μεγάλο εύρος, προτιμήθηκε η δημιουργία δυο σταυρωτών πλεγμάτων, δύο στρώσεων υλικού το καθένα ως ο πιο αποδοτικός συνδυασμός Εικόνα 60.



Εικόνα 60: raft με δύο είδη στρώσεων

Τα αποτελέσματα με τη χρήση του raft ήταν εμφανώς βελτιωμένα όπως φαίνονται στην Εικόνα 61 αλλά όχι ακόμα τελειοποιημένα.



Εικόνα 61: τυπωμένη ζάντα με raft και στηρίγματα

6.9.2.3 Ταχύτητα

Η παραμετροποίηση της ταχύτητας είναι ο πλέον σημαντικός παράγοντας καθότι έχοντας όλες τις παραπάνω ρυθμίσεις η ποιότητα του τελικού αποτελέσματος επηρεάζεται

από την ταχύτητα εναπόθεσης υλικού, αυτή διαδραματίζει ρόλο στην ικανότητα προσκόλλησης του υλικού και την ψύξη του. Όταν η εκτύπωση συντελείται σε αργές ταχύτητες τότε η αργή κίνηση της κεφαλής που φέρει τον ανεμιστήρα επιτρέπει την παραμονή του ανεμιστήρα περισσότερη ώρα πάνω από το υλικό που μόλις έχει εκχυθεί άρα και την καλύτερη ψύξη του.

Καθότι η εκτύπωση μιας ζάντας λόγω της σχεδιαστικής της λεπτομέρειας συνιστά μια δύσκολη εκτύπωση προτιμήθηκε κατά τη διάρκειά της η κεφαλή του εκτυπωτή να μην διέρχεται από τμήματα στα οποία έχει γίνει ήδη εναπόθεση υλικού. Με αυτή την επιλογή ήταν δυνατή και η επιλογή σημαντικά μεγαλύτερης ταχύτητας στις διαδρομές μετακίνησης που εκτελούσε η κεφαλή ανάμεσα στις διαδρομές εκτύπωσης, για την ακρίβεια η ταχύτητα στις διαδρομές μετακίνησης ήταν η τριπλάσια για την εξοικονόμηση χρόνου.

Μετά από όλες αυτές τις παραμετροποιήσεις η ώρα που χρειαζόταν ένα κομμάτι για να τυπωθεί ήταν από 15 , 18 και 21 ώρες.

Καθότι τα κομμάτια τυπωνόντουσαν στην ίδια κλίμακα και οι διαφορές μεταξύ τους όπως σχεδιάστηκαν είναι εμφανείς, παρά το γεγονός ότι η κλίμακα είναι ένα προς πέντε η διαφορά το μικρότερου σε μέγεθος με το μεγαλύτερο είναι σημαντική άρα και του χρόνου εκτύπωσής τους.

6.9.3 Εκτέλεση του βήματος 4 (Ρύθμιση μηχανήματος)

Ο εκτυπωτής σε επίπεδο ρυθμίσεων χρειαζόταν τον καθαρισμό του εδράνου πριν από κάθε εκτύπωση , την προθέρμανση του pla και σε κάθε περίπτωση τον έλεγχο ότι το pla που βρισκόταν στην κουλούρα της παροχής ήταν αρκετό για να γίνει κάθε εκτύπωση. Το λογισμικό της Cura μπορεί να κάνει τόσο εκτίμηση χρόνου όσο και μέτρων υλικού βάσει των εκάστοτε ρυθμίσεων.

6.9.4 Εκτέλεση του βήματος 5 (κατασκευή)

Κατά την διάρκεια της εκτύπωσης καθότι το PLA μπερδευόταν όπως ξετυλίγονταν από την κουλούρα χρειάστηκε η αλλαγή θέσης της κουλούρας και η τοποθέτησή της κάτω από την οπή παροχής του εκτυπωτή, παρ' όλα αυτά το pla συνέχισε να μπερδεύεται λογικό γεγονός καθότι κάθε πλήρης εκτύπωση χρειαζόταν κοντά στα 8m. Η λύση ήταν το ξετύλιγμα του pla και η τοποθέτηση του κάτω από την οπή του printer Εικόνα 62 καθώς και η επίβλεψη της παροχής κάθε 2 με 3 ώρες.



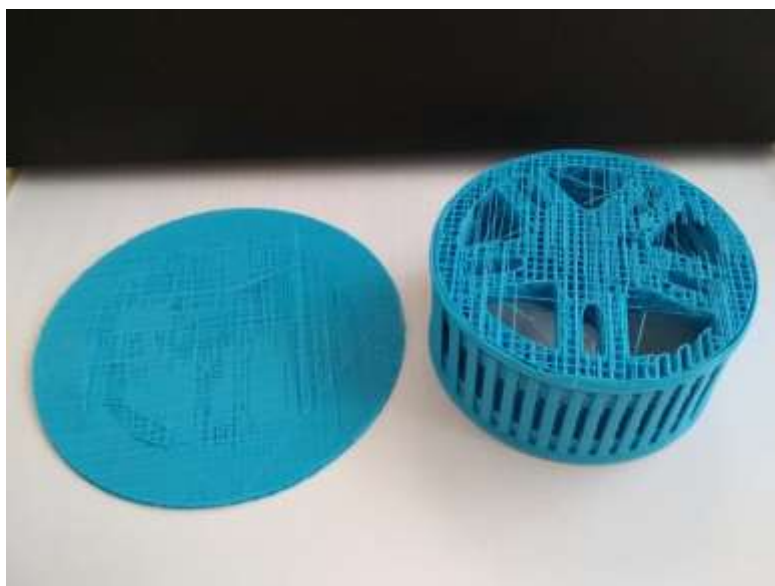
Εικόνα 62: τοποθέτηση δίσκου παροχής

6.9.5 Εκτέλεση του βήματος 6 (αφαίρεση)

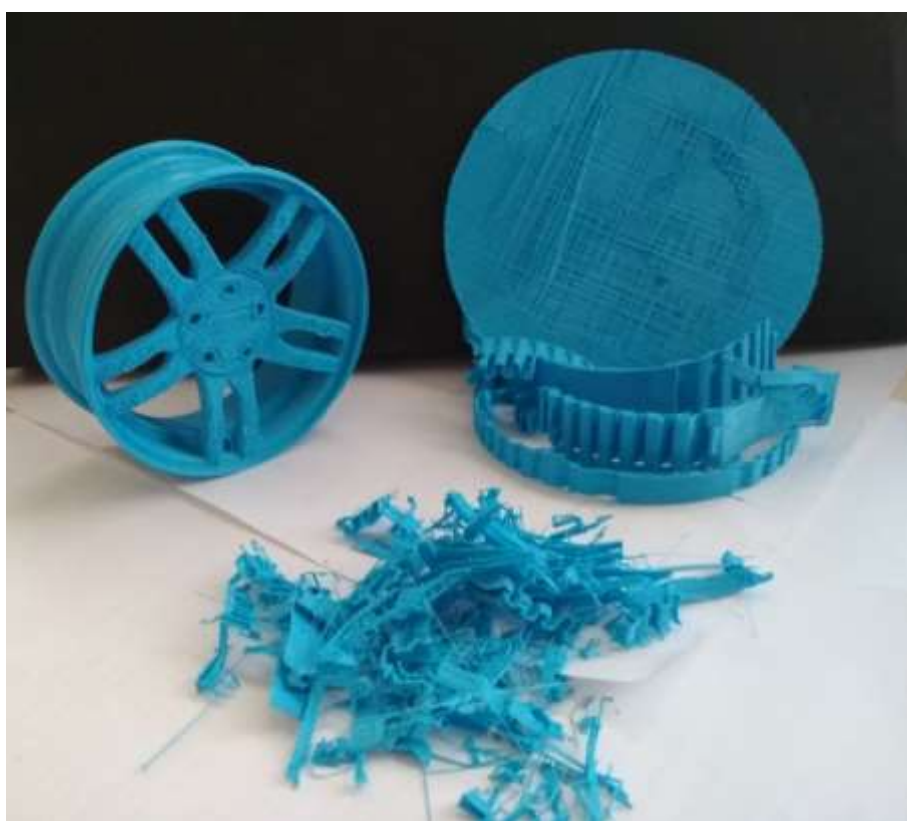
Η αφαίρεση αν και ήταν πιο δύσκολη διαδικασία από ότι με τη χρήση της μπλε ταινίας επετεύχθη με την τοπική αποκόλληση του raft από ένα σημείο της βάσης και έπειτα με τη χρήση ενός νήματος μικρής διατομής η απομάκρυνσή του από το έδρανο εκτύπωσης.

6.9.6 Εκτέλεση του βήματος 7 (μετέπειτα επεξεργασία)

Σε αυτό το στάδιο χρειάστηκε η απομάκρυνση των υποστηριγμάτων και της βάσης υποστήριξης από το τελικό αντικείμενο. Στην Εικόνα 63 φαίνεται η απομάκρυνση της βάσης και μπορούν να γίνουν ορατές στην περιφέρεια της ζάντας και στο εσωτερικό της, οι υποστηρικτικές δομές, ώστε να στηρίζουν τις ακτίνες . Στην Εικόνα 64 φαίνεται το τελικό αντικείμενο όταν από αυτό έχουν απομακρυνθεί όλα τα στηρίγματα.

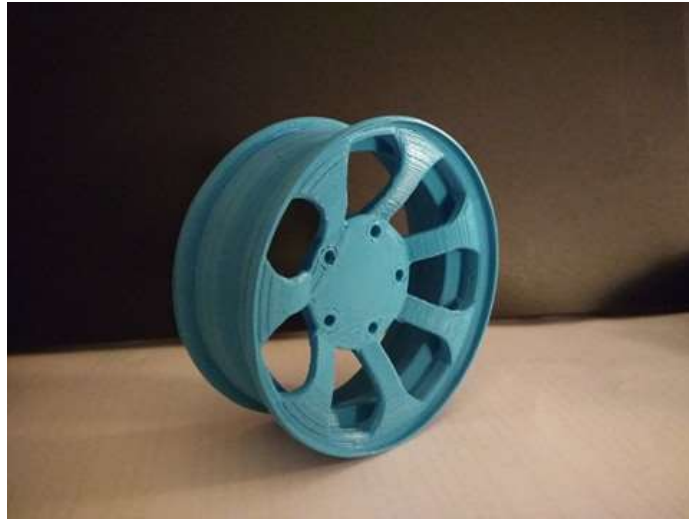


Εικόνα 63: raft και αντικείμενο πριν την αφαίρεση στηρίγματος



Εικόνα 64: τελικό αντικείμενο με αφαιρεμένα στηρίγματα από εκτύπωση με raft

Βάσει αυτής της μεθοδολογίας εκτύπωσης προέκυψαν τα παρακάτω τελικά αντικείμενα :



Εικόνα 65: τελική εκτύπωση ζάντας 4x4

6.10 Αστοχίες και εμπόδια

Ο εκτυπωτής καθότι δεν είχε χρησιμοποιηθεί για κάποιο χρονικό διάστημα αντιμετώπιζε το πρόβλημα της στερεοποίησης του pla μέσα στην κεφαλή εξώθησης γεγονός το οποίο δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά με θέρμανση της κεφαλής εξώθησης ακόμα και αν η θερμοκρασία φτάσει πάνω από τη θερμοκρασία εξώθησης του pla. Επομένως η μονή αποτελεσματική μέθοδος είναι το λύσιμο της κεφαλής και η απομάκρυνση του υλικού από το εσωτερικό της. Η κεφαλή φαίνεται λυμένη στην Εικόνα 66 και για να αποφευχθεί κάτι παρόμοιο στην επόμενη χρήση προτιμήθηκε η μερική απομάκρυνση από την κεφαλή εξώθησης του pla ώστε να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί άμεσα χωρίς λύσιμο της κεφαλής.



Εικόνα 66: λύσιμο και καθαρισμός κεφαλής

7 Συμπεράσματα

7.1 Για το προϊόν :

Οι ζάντες αποδεικνύονται ένα εξάρτημα με μεγάλη καταπόνηση, καθοριστικό ρόλο στην οδική συμπεριφορά και τη χρήση του οχήματος επομένως απαιτείται υψηλός βαθμός εξειδίκευσης σε ένα εύρος παραμέτρων άμεσα εμπλεκόμενων με αυτές εξαρτημάτων καθώς τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους δεν έχουν εύρος ελάχιστης- μεγίστης τιμής αφού εξαρτώνται αυτές οι τιμές από τιμές άλλων εξαρτημάτων με τα οποία έρχονται σε αλληλεπίδραση.

Υπάρχουν χαρακτηριστικά τα οποία είναι συγκρίσιμα και αλλά τα οποία δεν είναι μεταξύ διαφορετικών ζαντών γεγονός το οποίο υποχρεώνει το σχεδιαστή να γνωρίζει τη χρήση και την επίδραση του κάθε χαρακτηριστικού για τον αποτελεσματικό σχεδιασμό ενός νέου προϊόντος.

7.2 Για το λογισμικό σχεδίασης :

Ο σχεδιαστής όσο καλά και αν γνωρίζει το προϊόν καλείται να ξέρει τις ιδιαιτερότητες και την διαχείριση αυτών στο λογισμικό σχεδίασης πέρα από τις γενικές αρχές σχεδίασης ώστε να μπορεί να μεταφέρει μια ιδέα στο σχεδιαστικό περιβάλλον χωρίς σφάλματα.

7.3 Για την τρισδιάστατη εκτύπωση :

Ο βέλτιστος προσανατολισμός του μοντέλου καθώς ο προσανατολισμός αλλάζει το χρόνο, τον τύπο υποστήριξης και τα αναλώσιμα της εκάστοτε εκτύπωσης με αντίκρισμα στην τελική ποιότητα του προϊόντος είναι η πλέον σημαντική παράμετρος.

Η γεωμετρία του μοντέλου προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη ποιότητα στο τελικό προϊόν επιβάλλει στο χρήστη τους τύπους υποστήριξης που χρειάζεται το μοντέλο.

Τα προϊόντα της τρισδιάστατης εκτύπωσης δεν εκτυπώνονται με απόλυτη επιτυχία ακόμα και αν είναι παρεμφερή σε σχήμα, μικροδιαφοροποιήσεις στη γεωμετρία μπορεί να αναγκάζουν σε παραμετροποιήσεις με τον ίδιο προσανατολισμό και στήριξη χωρίς να εξασφαλίζεται η επιτυχής εκτύπωση με την μέγιστη αποδοτικότητα σε υλικό και χρόνο, αφού ίσως χρειαστούν περισσότερες από μία προσπάθειες εκτύπωσης.

8 Βιβλιογραφία

- [1] Design and Analysis of Wheel Rim using CATIA & ANSYS , International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM) , ISSN 2319 –4847 ,Volume 2, Issue 8, August 2013
<http://www.ijaiem.org/volume2issue8/IJAIEM-2013-08-09-017.pdf>
- [2] DESIGN AND ANALYSIS OF ALLOY WHEEL RIM , International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET) , ISSN 2319-8153 , Volume 3, Special Issue 2, April 2014
(<http://www.kresttechnology.com/krest-academic-projects/krest-mtech-projects/Mechanical/Mech%20Mechanical%202016-2017%20abstract%20base%20paper/base%20papers/14.design%20and%20analysis%20of%20an%20alloy%20wheel.pdf>)
- [3] EFFECT OF WHEEL GEOMETRY PARAMETERS ON VEHICLE STEERING , M.S.Ramaiah School of Advanced Studies.
(<http://www.sastechjournal.com/pdf/Journals/Sept2010/2.pdf>)
- [4] STATIC ANALYSIS OF WHEEL RIM USING CATIA AND ANSYS16.0
https://www.researchgate.net/publication/309717567_STATIC_ANALYSIS_OF_WHEEL_RIM_USING_CATIA_AND_ANSYS160)
- [5] Computational Simulation of the Flow Around a Rim of Competition, Department of Mechanical Engineering, Lisboa, Portugal
<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142129660/Resumo.pdf>
- [6] THE TIRE AND RIM ASSOCIATION, INC (1996), “50 Drop Centre Rim Contours”, J (ISO) Contour for 14,15,16,18 and 20 diameter Designation pp7.05.
- [7] Ian Gibson, David Rosen, Brent Stucker (auth.)-Additive Manufacturing Technologies_ 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing- Springer-Verlag New York (2015)
- [8] Platform adhesion
<https://ultimaker.com/en/resources/20423-platform-adhesion-cura>
- [9] Συστήματα CAD/CAM & Τρισδιάστατη Μοντελοποίηση, Νικόλαος Μπιλάλης, Εμμανουήλ Μαραβελάκης
- [10] CAD/CAM/CAE
<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/>
- [11] Wheel Dimensions
<http://www.moderntiredealer.com/article/311190/wheel-dimensions>
- [12] Wheel Dimensions
http://arcc.ebscohost.com/ebsco_static/repairtips/8852CH24_Wheel_Dimensions.htm
- [13] Suspension design: definitions and effects on vehicle behavior
<http://www.car-engineer.com/suspension-design-definitions-and-effects-on-vehicle-behavior/>
- [14] Tyre sizes
<https://www.oponeo.co.uk/tyre-article/tyre-diameters-and-sizes>

- [15] Low profile tyres
<https://www.oponeo.co.uk/tyre-article/low-profile-tyres-pros-and-cons>
- [16] tyre sizes mean
<https://www.pirelli.com/global/en-ww/road/what-do-tires-sizes-mean-how-to-read-a-tyre-label>
- [17] Jeep Wrangler 2017 Alloy wheel fitment guide
<https://www.wheel-size.com/size/jeep/wrangler/2017/>
- [18] Audi TT 2019 Alloy wheel fitment guide
<https://www.wheel-size.com/size/audi/tt/2019/>
- [19] Opel Mokka 2016 Alloy wheel fitment guide
<https://www.wheel-size.com/size/opel/mokka/2016/>
- [20] SUVs Become the Largest and Fastest-Growing Automotive Segment in 2015
<https://blog.euromonitor.com/2016/09/suvs-become-largest-fastest-growing-automotive-segment-2015.html>
- [21] world best selling SUV ranking 2018
<https://focus2move.com/world-best-selling-suv/>
- [22] Why Wheel Offset Matters
<http://www.moderntiredealer.com/article/712036/helping-your-customer-understand-why-wheel-offset-matters>
- [23] wheels size
https://d2t1xqejoj9utc.cloudfront.net/files/15742/GLOBALWHEEL_SPECS.pdf?1352405135
- [24] Steering Axis Inclination
<http://www.kfz-tech.de/Engl/Biblio/Raeder/Spreizung.htm>
- [25] Wheel offset
<http://www.kfz-tech.de/Engl/Biblio/Raeder/Einpresstiefe.htm>
- [26] Rim Hump
<http://www.kfz-tech.de/Engl/Biblio/Raeder/Felgenhump.htm>
- [27] Alloy Rims
<http://www.kfz-tech.de/Engl/Biblio/Raeder/Leichtmetallfelge.htm>
- [28] Drop-center Rim
<http://www.kfz-tech.de/Engl/Biblio/Raeder/Tiefbettfelge.htm>
- [29] How Rims Work and Why They Matter
<https://www.yourmechanic.com/article/how-rims-work-and-why-they-matter>
- [30] What Difference Does Wheel Size Make
<https://www.cars.com/articles/what-difference-does-wheel-size-make-1420680318902/>
- [31] Wheel/Rim profiles of passenger cars
<https://www.tyresizecalculator.com/wheels/wheel-rim-profiles>
- [32] wheel markings
<https://www.oponeo.co.uk/tyre-article/how-to-read-the-wheel-markings>
- [33] How Suspension Affects Wheel Choice
<https://www.realtruck.com/how-suspension-affects-wheel-choice/>
- [34] Alloy Wheels
<https://www.tyresizecalculator.com/wheels/alloy-wheels>

- [35] Ελένη Κοκκινάκη, "Τρισδιάστατη εκτύπωση υπό κλίμακα συναρμολογούμενου προϊόντος", Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, Ελλάς, 2016
<http://purl.tuc.gr/dl/dias/492A59A1-04D3-4573-8052-5A07C9FE7226>