

Παραγωγή BMW i8. Περιεχόμενα.



1. Φιλοσοφία παραγωγής BMW i.	2
2. Μονάδα Life: πλήρης ενσωμάτωση παραγωγής του CFRP στη διαδικασία παραγωγής των αυτοκινήτων.....	3
3. Ελαφρύ και ανθεκτικό: Θερμοπλαστικά πάνελ αμαξώματος.	5
4. Μονάδα Drive: ελαφριά δομή για τα δομικά στοιχεία του πλαισίου, τον ηλεκτροκινητήρα και τη μπαταρία υψηλής τάσης.	6
5. Παράλληλες διαδικασίες: συναρμολόγηση.	8

1. BMW i8. Φιλοσοφία Παραγωγής BMW i.



Καινοτόμες τεχνολογίες παραγωγής και η χρήση νέων υλικών χαρακτηρίζουν τη διαδικασία παραγωγής των αυτοκινήτων BMW i. Η παραγωγή τους βρίσκεται στην αρχή μιας αλυσίδας αξιών που είναι πλήρως ευθυγραμμισμένη με τα κριτήρια βιωσιμότητας. Από την παραγωγή πρώτων υλών μέχρι τις ενεργειακά αποδοτικές λειτουργίες των οχημάτων και το στάδιο της ανακύκλωσης, η μέθοδος αυτή συμβάλλει σημαντικά στην καλή βιωσιμότητα ολόκληρου του κύκλου ζωής του plug-in υβριδικού σπορ BMW i8. Τόσο κατά την εξέλιξη όσο και κατά την παραγωγή του BMW i8, επιβεβαιώνεται η εξαιρετική τεχνογνωσία του BMW Group.

Η παγκόσμια υπεροχή του BMW Group καταδεικνύεται, μεταξύ άλλων στη βιομηχανική παραγωγή των εξαρτημάτων που κατασκευάζονται από πλαστικά ενισχυμένα με ανθρακονήματα (CFRP). Την εξέλιξη και παραγωγή τόσο του κινητήρα καύσης όσο και του ηλεκτροκινητήρα του υβριδικού σπορ αυτοκινήτου υπογράφει το BMW Group.

Η καινοτόμος αρχιτεκτονική οχήματος του BMW i8 αποτελείται από δύο στοιχεία: τη μονάδα Life, δηλαδή τον κλωβό επιβατών από πλαστικό ενισχυμένο με ανθρακονήματα (CFRP), και την αλουμινένια μονάδα Drive, που ενσωματώνει την τεχνολογία των συστημάτων κίνησης και πλαισίου. Η φιλοσοφία LifeDrive και η χρήση CFRP επιτρέπει τη μείωση των χρόνων παραγωγής στο μισό συγκριτικά με ενός αντίστοιχου, συμβατικού αυτοκινήτου. Η διαδικασία δεν προϋποθέτει μεγάλη επένδυση καθώς τα υψηλά κόστη που απαιτούνται για ένα συμβατικό τμήμα πρεσών και βαφείο δεν υφίστανται, ενώ οι μονάδες Life και Drive μπορούν να κατασκευάζονται παράλληλα.

Το δίκτυο παραγωγής BMW i περιλαμβάνει ένα εργοστάσιο στο Moses Lake, Washington State, για την παραγωγή του ανθρακονήματος και ένα ακόμα στο Wackersdorf για την διαμόρφωση σε φύλλα ανθρακονημάτων. Και τις δύο εγκαταστάσεις διαχειρίζεται η SGL Automotive Carbon Fibers (ACF), μία κοινοπραξία των BMW Group και SGL Group. Το δίκτυο πλαισιώνουν τα εργοστάσια του BMW Group σε Dingolfing, Landshut και Λειψία.



2. Μονάδα Life: Πλήρης ενσωμάτωση παραγωγής του CFRP στη διαδικασία παραγωγής των αυτοκινήτων.

Για την δημιουργία του BMW i8, το BMW Group βασίστηκε στην πολυετή εμπειρία του στη χρήση πλαστικών ενισχυμένων με ανθρακονήματα (CFRP). Η παραγωγή του κλωβού επιβατών από CFRP για το plug-in υβριδικό σπορ αυτοκίνητο είναι πλήρως ενσωματωμένη στη διαδικασία παραγωγής των αυτοκινήτων BMW i.

Παραγωγή ανθρακονημάτων με χρήση υδροηλεκτρικής ενέργειας/ Moses Lake, Ουάσιγκτον/ΗΠΑ.

Το εργοστάσιο ανθρακονημάτων στο Moses Lake (ΗΠΑ) παράγει ανθρακονήματα από θερμοπλαστικό νήμα βασισμένο σε πολυακρυλονιτρίλιο. Μετά από μία περίπλοκη διαδικασία πολλαπλών σταδίων απομένει ένα νήμα που αποτελείται από σχεδόν καθαρό άνθρακα με σταθερή κρυσταλλική δομή. Αυτό το νήμα έχει πάχος μόλις επτά microns (0,007 mm). Μία ανθρώπινη τρίχα έχει διάμετρο 50 microns. Για χρήση σε αυτοκίνητο, σχεδόν 50.000 τέτοια ατομικά νήματα πλέκονται πριν από οποιαδήποτε περαιτέρω επεξεργασία. Ακόμα και σ' αυτό το πρώτο στάδιο της παραγωγής ανθρακονημάτων στο εργοστάσιο του Moses Lake, WA, η απαιτούμενη ισχύς προέρχεται αποκλειστικά από πλήρως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Διαμόρφωση σε φύλλα ανθρακονημάτων στο Wackersdorf.

Οι ανθρακονημάτινες πλεξούδες που παράγονται στο Moses Lake στέλνονται στο Wackersdorf Innovation Park, για βιομηχανική επεξεργασία σε ελαφρά φύλλα ανθρακονημάτων. Ανθρακονήματα με διαφορετικές ευθυγραμμίσεις ινών τοποθετούνται σε στοίβες που αποτελούνται από αρκετά στρώματα με διάφορες κατευθύνσεις, πριν κοπούν ώστε να αποκτήσουν το επιθυμητό σχήμα.

Παραγωγή εξαρτημάτων CFRP σε Landshut και Λειψία.

Οι στοίβες από το Wackersdorf μετατρέπονται σε εξαρτήματα αμαξώματος από CFRP στις εγκαταστάσεις καινοτομίας και παραγωγής των εργοστασίων της BMW σε Landshut και Λειψία. Τα εξαρτήματα που προορίζονται για το BMW i8 κατασκευάζονται στο Landshut, ενώ στο εργοστάσιο της Λειψίας κατασκευάζονται τα εξαρτήματα του BMW i3. Ένα καλούπι δίνει μία σταθερή, τρισδιάστατη μορφή στις προδιαμορφωμένες στοίβες από ανθρακονήματα. Αρκετά από αυτά τα προδιαμορφωμένα πάνελ ενώνονται για τη δημιουργία ενός μεγαλύτερου εξαρτήματος.

Με αυτό τον τρόπο, το CFRP μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα, για την παραγωγή εξαρτημάτων αμαξώματος με μεγάλη επιφάνεια που θα ήταν δύσκολο –ή πολύ πιο ακριβό– να κατασκευαστεί από αλουμίνιο ή φύλλο ατσαλιού. Ακολουθεί το επόμενο στάδιο της διαδικασίας: ψεκασμός ρητίνης υπό υψηλή πίεση με χρήση Resin Transfer Molding (RTM). Εδώ, υγρή ρητίνη ψεκάζεται στα προδιαμορφωμένα πάνελ, υπό υψηλή πίεση. Καθώς τα νήματα και η ρητίνη συγκολλούνται (και μέσω της διαδικασία σκλήρυνσης που ακολουθεί), το υλικό αποκτά την ακαμψία που είναι απαραίτητη για τα εξαιρετικά χαρακτηριστικά του. Οι πρέσες CFRP ακολουθούν ακριβώς καθορισμένες παραμέτρους χρόνου, πίεσης και θερμοκρασίας μέχρι την πλήρη διασπορά και ένωση της ρητίνης και του σκληρυντικού, αλλά και την πλήρη σκλήρυνση της ρητίνης. Αυτή η αυτοματοποιημένη διαδικασία παραγωγής καταργεί την ανάγκη για τη χρονοβόρο διαδικασία σκλήρυνσης σε φούρνο που συνήθως απαιτείται στις διαδικασίες μηχανικής παραγωγής του CFRP. Η διαδικασία παραγωγής CFRP δεν είναι πλέον ‘συγκρίσιμη’ της συμβατικής διαδικασίας παραγωγής με φύλλα ατσαλιού. Αυτή η βιομηχανοποιημένη παραγωγή του CFRP είναι πολύ οικονομική και κάνει την παραγωγή μεγάλων συνθετικών εξαρτημάτων από CFRP για τη βιομηχανία αυτοκινήτου μία εφικτή πρόταση για πρώτη φορά.

Ακόμα και περίπλοκες μονάδες με πολλά δομικά στοιχεία ήδη ενσωματωμένα, όπως ολόκληρο το πλαϊνό πλαίσιο για τη μονάδα Life του BMW i8, παράγονται στο εργοστάσιο με υψηλό επίπεδο αυτοματισμού. Πρόσθετες διαδικασίες επεξεργασίας περιλαμβάνουν το φινίρισμα, όπως η ακριβής κοπή περιγράμματος και των υπολοίπων ανοιγμάτων. Αυτή η εργασία εκτελείται χρησιμοποιώντας ένα ειδικό σύστημα κοπής με μπεκ νερού και αμμοβολή των επιφανειών συγκόλλησης πριν από οποιαδήποτε περαιτέρω επεξεργασία. Αντίθετα, ένα πλαϊνό πλαίσιο από συμβατικό φύλλο ατσαλιού θα έπρεπε να κατασκευάζεται διαδοχικά από αρκετά διαφορετικά εσωτερικά και εξωτερικά εξαρτήματα.

Συγκόλληση εξαρτημάτων CFRP στο φανοποιείο της Λειψίας.

Τα συνθετικά εξαρτήματα από CFRP συγκολλούνται στο νέο φανοποιείο της Λειψίας. Εδώ παίρνει σχήμα η βασική δομή της μονάδας Life για τα BMW i3 και BMW i8. Δεν παράγονται θόρυβοι από το βίδωμα ή το τρύπημα, αλλά ούτε και σπινθήρες από τη συγκόλληση στη διαδικασία παραγωγής ενός αμαξώματος από CFRP. Το αντίθετο, χρησιμοποιείται μόνον η πιο προηγμένη τεχνολογία συγκόλλησης (με κόλλα) που είναι 100% αυτοματοποιημένη.

Σε αυτή τη μοναδική διαδικασία συναρμολόγησης της BMW, τα ατομικά εξαρτήματα τοποθετούνται σε προκαθορισμένο με ακρίβεια αρμό για να διασφαλίζεται η κατά το δυνατόν πιο ισχυρή συγκόλληση.

3. Ελαφρύ και ανθεκτικό: Θερμοπλαστικά πάνελ αμαξώματος.



Τα εξωτερικά πάνελ του the BMW i8 κατασκευάζονται αποκλειστικά από θερμοπλαστικό υλικό, που παράγεται στο εργοστάσιο της BMW στο Landshut. Το βάρος των πλαστικών υλικών είναι περίπου το μισό από αυτό των ατσάλινων εξαρτημάτων. Το πλαστικό παρέχει επίσης εξωτερική αντιδιαβρωτική προστασία και απαιτεί λιγότερη ενέργεια για να παραχθεί, ενώ παράλληλα είναι ανθεκτικό στις μικροζημιές.

Το φουτουριστικό σχήμα του BMW i8 προέτρεψε τους ειδικούς στον τομέα παραγωγής Εξωτερικών Πλαστικών Πάνελ να ευθυγραμμίσουν ανάλογα την τεχνολογία παραγωγής. Το μέγεθος των εξαρτημάτων και η περίπλοκη σχεδιαστική γλώσσα σε συνδυασμό με τις διαστασιακές απαιτήσεις των αρμών του αμαξώματος, οδήγησαν στην εξέλιξη των ειδικών συνθετικών εξαρτημάτων, καθώς και σε μία ευθυγράμμιση της παραγωγής που είναι ειδικά προσαρμοσμένη ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του BMW i8. Οι προφυλακτήρες, για παράδειγμα, αποκτούν το πολυχρωματικό στρώμα βαφής τους σε μία πολύ εξειδικευμένη εγκατάσταση. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται διχρωμία και ταυτόχρονα βελτιστοποιείται σημαντικά το βάρος. Αντίθετα με τα συμβατικά μοντέλα, δεν βάφεται όλο το αμάξωμα των μοντέλων BMW i μέσω μιας διαδικασίας πολλαπλών σταδίων. Συγκεκριμένα, οι εμπρός και πίσω προφυλακτήρες και τα πλαϊνά εξαρτήματα βάφονται ξεχωριστά, κάτι που περιορίζει την κατανάλωση πόρων. Στο πρώτο βήμα της διαδικασίας βαφής, ολόκληροι οι προφυλακτήρες βάφονται μαύροι. Στη συνέχεια, οι ειδικοί βαφής της μονάδας του Landshut καλύπτουν τμήματα του εξαρτήματος με ταινία για να ξεχωρίσουν τα διαφορετικά στρώματα βαφής. Ακολουθώντας μία σχολαστική, πολύ λεπτή διαδικασία, καλύπτουν τις περιοχές που θα παραμείνουν μαύρες.

Στη συνέχεια, ο προφυλακτήρας επιστρέφει πάλι στο βαφείο, αυτή τη φορά για το δεύτερο χρώμα, που εφαρμόζεται στις περιοχές που είναι ακάλυπτες. Αυτό το στάδιο της διαδικασίας βαφής πραγματοποιείται σε μία πρωτοποριακή, αυτοματοποιημένη, ρομποτική εγκατάσταση. Στον πίσω προφυλακτήρα, η τριχρωμία επιτυγχάνεται χάρη σε μία πρόσθετη τοποθέτηση ενός ανεξάρτητα βαμμένου εξαρτήματος. Το πρόσθετο χρώμα χαρίζει ένα εντυπωσιακό, οπτικό εφέ. Και ενώ η συμβατική διαδικασία βαφής εφαρμόζεται σε ολόκληρο το αμάξωμα, η συναρμολόγηση των ανεξάρτητα βαμμένων εξαρτημάτων δημιουργεί εντυπωσιακά οπτικά αποτελέσματα.



4. Μονάδα Drive: Ελαφριά δομή για τα δομικά στοιχεία του πλαισίου, τον ηλεκτροκινητήρα και τη μπαταρία υψηλής τάσης.

Τα δομικά στοιχεία της μονάδας Drive του BMW i8 που κατασκευάζονται στο εργοστάσιο της BMW στο Dingolfing – το υποπλαίσιο του εμπρός άξονα αλλά και τα εξαρτήματα του εμπρός και πίσω άξονα – αποτελούνται από αλουμινένια φύλλα και αλουμινένια χυτά τμήματα. Μία απaráμιλλη εγκατάσταση με ρομπότ συγκόλλησης σε ένα κινητό γραμμικό άξονα δημιουργήθηκε για να ανταπεξέλθει τις προκλήσεις της δομής αλλά και το μεγάλο αριθμό των άνω των 800 ραφών συγκόλλησης με συνολικό μήκος πάνω από 50 m. Η χρήση αλουμινίου συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της ελαφριάς δομής με καλή συμπεριφορά στις συγκρούσεις και επομένως συμβάλλει στη συνολική ασφάλεια των μοντέλων BMW i.

Ένα ακόμα σημαντικό εξάρτημα που παράγεται στο Dingolfing είναι η μπαταρία υψηλής τάσης. Η διαδικασία παραγωγής ξεκινά με μια δοκιμή, στην οποία οι κυψέλες των μπαταριών ιόντων λιθίου από εξωτερικό προμηθευτή υποβάλλονται σε έναν αρχικό έλεγχο απόδοσης. Στη συνέχεια οι κυψέλες της μπαταρίας καθαρίζονται με πλάσμα. Κατόπιν, οι ατομικές κυψέλες συνδέονται σε συστοιχίες και συνδέονται με μία πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία.

Η εκτενής εμπειρία της BMW επιβεβαιώνεται και στην ειδική συσκευασία και συναρμολόγηση της μπαταρίας. Συνολικά, η διαδικασία παραγωγής περιλαμβάνει 100 εργασίες. Αφού οι κυψέλες της μπαταρίας συσκευαστούν σε συστοιχίες, ξεκινά η διαδικασία συναρμολόγησης. Οι μονάδες ανυψώνονται σε έναν αλουμινένιο δίσκο και στη συνέχεια συνδέονται μηχανικά εν σειρά. Η μπαταρία είναι σχεδιασμένη με τρόπο που οι ατομικές μονάδες να αντικαθίστανται εύκολα για λόγους επισκευής.

Η σχεδίαση του συστήματος κίνησης ήταν ανέκαθεν βασικό στοιχείο διαφοροποίησης της μάρκας BMW. Γι' αυτό το BMW Group αποφάσισε να εξελίξει εσωτερικά τον κινητήρα καύσης και τον ηλεκτροκινητήρα του plug-in υβριδικού σπορ αυτοκινήτου. Ο 3-κύλινδρος βενζινοκινητήρας με τεχνολογία BMW TwinPower Turbo (231hp) παράγεται στο εργοστάσιο κινητήρων της BMW στο Hams Hall (UK).

Ο ηλεκτροκινητήρας του BMW i8 παράγεται στο εργοστάσιο της BMW στο Landshut. Το BMW Group εξέλιξε εσωτερικά τον ηλεκτροκινητήρα 96 kW και τα ηλεκτρονικά του συστήματος κίνησης. Τα εσωτερικά εξαρτήματα του ηλεκτροκινητήρα περιλαμβάνουν ένα κέλυφος, ένα στάτη και ένα ρότορα.

Ο στάτης, που αποτελεί τον πυρήνα του ηλεκτροκινητήρα, περιλαμβάνει περίπου δύο χλμ. σύρματος χαλκού.

Το στοιχείο που ξεχωρίζει τον ηλεκτροκινητήρα του BMW i8 είναι ότι, αντίθετα με άλλα μοτέρ της ίδιας κατηγορίας ισχύος, αυτός ο ηλεκτροκινητήρας είναι πολύ μικρός και συμπαγής λόγω ειδικής περιέλιξης του σύρματος χαλκού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα περαιτέρω μειώσεις βάρους και απαιτήσεις χώρου. Πριν τοποθετηθεί ο στάτης στο εσωτερικό κέλυφος, εφαρμόζεται ένα λεπτό στρώμα ρητίνης. Η συναρμολόγηση του στάτη, του ρότορα του εσωτερικού και του εξωτερικού κελύφους γίνεται τώρα, αφού πρώτα το εσωτερικό κέλυφος θερμανθεί στους 150 βαθμούς Κελσίου περίπου, ώστε να διασταλεί ελαφρώς. Η εργασία απαιτεί μέγιστη ακρίβεια. Ο στάτης και ο ρότορας πρέπει να εφαρμόζουν απόλυτα, ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα στη συνέχεια.

5. Παράλληλες διαδικασίες: Συναρμολόγηση.



Αντίθετα με τα οχήματα που έχουν ενιαία δομή αμαξώματος και πλαισίου, η οριζόντια διαιρούμενη αρχιτεκτονική LifeDrive αποτελείται από δύο ανεξάρτητες, ξεχωριστές μονάδες. Σαν αποτέλεσμα, το τμήμα συναρμολόγησης της Λειψίας είναι το πρώτο στην ιστορία της BMW που διαθέτει δύο ξεχωριστές, παράλληλες γραμμές παραγωγής για το BMW i3 – μία για τη μονάδα Life και μία για τη μονάδα Drive. Έτσι επιτεύχθηκε αξιοσημείωτη πρόοδος στον τομέα της εργονομικής σχεδίασης των σταθμών εργασίας που παρέχουν βέλτιστη προσβασιμότητα για όλες τις εργασίες συναρμολόγησης.

Το BMW i8 συναρμολογείται σε μία γραμμή. Κατά τη διάρκεια συναρμολόγησης της μονάδας Drive στη Λειψία, στο αλουμινένιο πλαίσιο τοποθετείται η μπαταρία. Στη συνέχεια, η μονάδα Drive συνδέεται με τις μονάδες των κινητήρων και του κιβωτίου. Αφού τοποθετηθεί το υποπλάσιο του εμπρός άξονα – που προ-συναρμολογείται στο Dingolfing – και τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία, η μονάδα Drive του BMW i8 Drive είναι έτοιμη να προχωρήσει στο τελικό στάδιο συναρμολόγησης.

Ο κλωβός επιβατών από CFRP μεταφέρεται από το βαφείο στη γραμμή συναρμολόγησης του BMW i8 όπου τοποθετείται ο εξοπλισμός τον οποίο έχει παραγγείλει ο πελάτης. Ταυτόχρονα, τα εξαρτήματα του κινητήρα προ-συναρμολογούνται στη γραμμή συστήματος κίνησης. Αυτό είναι το τελικό στάδιο πριν γίνει η συγκόλληση του κλωβού επιβατών από CFRP και του αλουμινένιου πλαισίου. Οι δύο μονάδες βιδώνονται επίσης σε τέσσερα σημεία. Το αποτέλεσμα είναι βέλτιστη ακαμψία και αντοχή. Μόνο τότε το BMW i8 αποκτά τα εξωτερικά του πάνελ. Η γραμμή συναρμολόγησης του BMW i8 αποτελείται από 14 κύκλους εργασίας συνολικά. Στο τελευταίο στάδιο, το σπορ μοντέλο επισκέπτεται το τμήμα φινιρίσματος μαζί με το i3 και άλλα οχήματα BMW που κατασκευάζονται στη Λειψία για τους ολοκληρωμένους ελέγχους ποιότητας.

Με 20 ώρες, ο συνολικός χρόνος επεξεργασίας στο φανοποιείο και τη γραμμή συναρμολόγησης είναι ο μισός από αυτόν που απαιτείται σε μία συμβατική διαδικασία παραγωγής. Αυτό οφείλεται στις παράλληλες διαδικασίες συναρμολόγησης και στο γεγονός ότι η δομή CFRP περιλαμβάνει λιγότερα εξαρτήματα.