



Výroba BMW i8.

Obsah.

1.	Výrobní koncept BMW i8.	2
2.	Modul Life: plně integrovaný výrobní proces uhlíkových kompozitů.	3
3.	Lehký a robustní: povrchové díly z termoplastu.	5
4.	Modul Drive: lehká konstrukce pro podvozek, elektromotor a vysokonapěťový akumulátor.	6
5.	Paralelní výrobní proces: montáž.	8



1. Výrobní koncept BMW i8.

Pro produkci vozů BMW i je typické použití nejmodernějších materiálů a pokrokových výrobních technologií. Celý výrobní řetězec těchto vozů je navržen s důrazem na odpovědný přístup k životnímu prostředí. To platí jak pro získávání základních surovin pro výrobu, tak pro produkci energií potřebných pro jejich výrobu, stejně tak jako pro hospodárny provoz BMW i8 jako takového a jeho recyklaci na konci životního cyklu. V procesu vývoje a výroby BMW i8 se do popředí dostávají mimořádné technologické zkušenosti BMW Group.

BMW Group je dlouholetým technologickým lídrem v oblasti automobilového průmyslu. To platí v mnoha oblastech, ale především v průmyslové výrobě komponentů z kompozitů vyztužených uhlíkovými vlákny. Také vývoj a výroba spalovacího motoru a elektromotoru je zcela v režii BMW Group.

Pokroková architektura BMW i8 se skládá ze dvou hlavních částí: modulu Life, určeného pro cestující a vyrobeného z uhlíkových kompozitů, a hliníkového modulu Drive, který je základem pro celou hnací soustavu a komponenty podvozku. Právě aplikace koncepce LifeDrive a použití uhlíkových kompozitů umožnily zkrátit čas potřebný pro výrobu o polovinu ve srovnání s konvenčně pojatými výrobními postupy u vozů stejné kategorie. Pro výrobu automobilů postavených na základě architektury LifeDrive nejsou zapotřebí tak vysoké investice do konvenčních lisovacích strojů, stejně tak jako lakoven. Moduly Life a Drive se vyrábějí samostatně bok po boku.

Součástí výrobního řetězce BMW i je továrna Moses Lake v americkém státě Washington vyrábějící uhlíková vlákna, dále potom závod v německém Wackersdorfu, kde se vyrábějí prepregy z uhlíkových vláken. Oba tyto výrobní závody patří společnosti SGL Automotive Carbon Fibers (ACF), která je společným podnikem mezi BMW Group a SGL Group. V procesu uhlíkových kompozitů následují výrobní závody BMW Group v Dingolfingu, Landshutu a Lipsku.



2. Modul Life: plně integrovaný výrobní proces uhlíkových kompozitů.

BMW Group se při výrobě BMW i8 spoléhá na své rozsáhlé a dlouhodobé zkušenosti s výrobou kompozitů vyztužených uhlíkovými vlákny (též uhlíkových kompozitů, plastů vyztužených uhlíkovými vlákny, CFRP – Carbon Fibre Reinforced Plastics, „karbon“). Produkce dílů z uhlíkových kompozitů, z nichž je vyrobena skořepina prostoru pro posádku plug-in hybridního BMW i8, je zcela integrovaná do výrobního procesu BMW i.

Výroba uhlíkových vláken za pomoci energie z vodní elektrárny Moses Lake, USA.

V továrně na uhlíková vlákna, situované v americkém Moses Lake, se tato vlákna vyrábějí z termoplastového prekurzoru na bázi polyakrylonitrilu. V komplexním několikastupňovém procesu dochází k postupnému odstraňování elementů, až na konci zbude pouze uhlík s pevnou krystalickou strukturou. Toto vlákno je silné pouhých sedm mikronů (0,007 mm). Jen pro srovnání: lidský vlas má průměr 50 mikronů. Pro použití v automobilovém průmyslu jsou tato vlákna spojována po přibližně 50 000 kusech do velkých svazků a jsou tak připravena pro další použití. Veškerá energie potřebná k výrobě uhlíkových vláken v Moses Lake se získává z obnovitelných zdrojů.

Zpracování do funkčních celků ve Wackersdorfu.

Svazky uhlíkových vláken se z Moses Lake dopravují do německého Wackersdorfu, kde je výrobní závod, v němž z jednotlivých vláken vznikají uhlíkové tkaniny. Textilie z uhlíkových vláken se vyznačují různým uspořádáním vláken, stejně tak jako vrstvením podle zamýšleného způsobu použití. Potřebný tvar je vystřížen až následně.

Zpracování do podoby dílů z uhlíkových kompozitů v Landshutu a Lipsku.

Tkaniny z uhlíkových vláken dodávané z Wackersdorfu se dále zpracovávají na karosářské díly v lisovnách továren BMW v Landshutu a Lipsku. Zatímco v Landshutu vznikají karoserie BMW i8, v Lipsku probíhá výroba karoserií BMW i3.

Aby textilie lépe udržela požadovaný trojrozměrný tvar, zahřívá se a tvaruje. Větší díly jsou tvořené tak, že dojde ke spojení jednotlivých menších částí. Díky tomu je možné z uhlíkových kompozitů vyrábět i extrémně velké díly,



kteé by bylo možné z hliníku nebo oceli vytvořit jen obtížně anebo s výrazně většími náklady. Spojené a předtvarované díly jsou nyní připraveny pro další část výrobního postupu: vysokotlaké vstřikování pryskyřice RTM (Resin Transfer Moulding). Pryskyřice v kapalně formě se v tomto procesu pod vysokým tlakem vstřikuje do formy s textilií. Pryskyřice se přilepí na uhlíková vlákna a v následném kroku dojde k vytvrzení celého dílu, které mu zajistí výslednou pevnost, jež je základem jeho mimořádných vlastností.

Celá výroba dílů z uhlíkových kompozitů se musí provádět na základě speciálně vyvinutých výrobních postupů. Závisí na správném čase vstřikování, tlaku i teplotě. Je totiž důležité, aby se pryskyřice s vytvrzovacím materiálem dokonale promísila. Nově vyvinutý výrobní proces eliminuje konvenční vytvrzování uhlíkových kompozitů v autoklávech, které je časově velmi náročné.

Výrobu dílů z uhlíkových kompozitů nelze srovnávat s výrobou běžných ocelových součástí. Industrializaci výroby uhlíkových kompozitů se dosáhlo jejich značného zlevnění a umožnilo se jejich použití v mnohem větším měřítku, které bylo dosud v automobilovém průmyslu nemyslitelné.

Součástí jednotlivých dílů z uhlíkových kompozitů je již od počátku celá řada strukturálních prvků. Například celá boční část modulu Life BMW i8 je jeden celek, který se vyrábí s vysokou mírou automatizace. Mezi další pracovní úkony patří začištění hran, případně vytvoření dalších potřebných otvorů. K těmto pracím se používá tlakový vodní paprsek. Povrchy, které se budou lepit, jsou pro zdrsnění a lepší přilnutí lepidla opískovány. Konvenční boční část automobilu z oceli by oproti tomu musela být vyrobena postupně z několika vnitřních a vnějších komponentů.

Spojování dílů z uhlíkových kompozitů v karosárně továrny v Lipsku.

Jednotlivé díly z uhlíkových kompozitů se slepují v nové karosárně v Lipsku. Právě zde dostávají moduly Life vozů BMW i3 a BMW i8 svůj tvar. Při výrobě karoserie z uhlíkových kompozitů není slyšet žádný hluk od nýtování nebo sváření, nejsou zřejmé ani žádné odlétající jiskry. Pro výrobu se používají výhradně nejnovější technologie lepení, které jsou 100procentně automatizované. Proces lepení dílů z uhlíkových kompozitů je další unikátní technologií vyvinutou BMW. Při lepení se totiž striktně dodržují předem dané šířky spár, jež se vyplňují lepidlem. Tím se dosahuje maximální pevnosti spojů.



3. Lehký a robustní: povrchové díly z termoplastu.

Všechny vnější panely karoserie BMW i8 jsou z termoplastů vyráběných v továrně BMW Landshut. Hmotnost těchto dílů je ve srovnání s ocelovými přibližně poloviční. Plasty jsou navíc odolné vůči korozi, při výrobě vyžadují méně energie a současně jsou odolnější při malých poškozeních.

Specialisté sekce Plastics Exterior (Exteriérové plasty) přizpůsobili pro futuristicky navržené BMW i8 výrobní technologie. Rozměry jednotlivých komponentů, stejně tak jako jejich komplexnost a nároky kladené na minimální spáry si vynutily vývoj speciálního granulátu a odpovídajících výrobních metod. Příkladem je přední nárazník lakovaný různými barevnými odstíny, který vzniká ve specializovaném oddělení. Tento díl se vyznačuje nejen aplikací dvojice barev, ale také minimalizovanou hmotností. Na rozdíl od konvenčních automobilů není karoserie BMW i8 lakovaná v celku. Nárazníky, přední a zadní boční díly se lakují odděleně, což šetří zdroje. Na začátku lakovacího procesu se celý nárazník nalakuje černou barvou. Následně specialisté v továrně Landshut zakryjí maskovací páskou potřebné části nárazníku a připraví jej na lakování druhým odstínem. Toto zakrytí částí, které mají zůstat černé, vyžaduje velmi pečlivou ruční práci. Následně putuje nárazník opět do lakovacího boxu, kde se druhý odstín nanese na plochy, které nejsou zakryté. Celý proces lakování probíhá zcela automaticky pomocí robotů. Na zadním nárazníku jsou použity tři barevné odstíny, které jsou vytvořené tak, že komponenty s třetí barvou jsou lakované samostatně a jsou na nárazník připevněny. Tím se vytváří speciální vizuální efekt.



4. Modul Drive: lehká konstrukce pro podvozek, elektromotor a vysokonapěťový akumulátor.

Strukturální prvky modulu Drive BMW i8 vznikají v továrně BMW Dingolfing. Nosník přední nápravy, stejně tak jako jednotlivé komponenty předního a zadního zavěšení jsou vyrobené z hliníkových plechů nebo odlitků. Výrobní proces těchto komponentů vyžaduje provést více než 800 svarů na délce výrobní linky pouhých 50 metrů. Z tohoto důvodu vznikla jedinečná koncepce výroby, jejíž součástí jsou roboty umístěné na axiálně posuvných podstavcích, které jsou schopné vyjít vstříc specifickým konstrukčním požadavkům. Použití hliníku pro tyto struktury je výhodné nejen z pohledu nízké hmotnosti, ale také kvůli velmi dobrým vlastnostem v případě nárazu. Tím přispívají k vysokému bezpečnostnímu standardu modelů BMW i.

Dalším významným komponentem modulu Drive je také v Dingolfingu vyráběný vysokonapěťový akumulátor. Jednotlivé lithium-iontové články dodávané externí společnostmi jsou nejdříve testovány na správnou funkčnost. Následně dochází k jejich plazmovému čištění. Dále jsou jednotlivé články spojovány do modulů a následně lepeny a svařovány do potřebných celků. Vše probíhá v plně automatizovaných provozech.

Samotné uspořádání a montáž akumulátoru je výsledkem aplikace rozsáhlých zkušeností BMW v této oblasti. Tento výrobní proces je tvořen 100 operacemi. Jakmile se jednotlivé články spojí do modulů, začne samotný montážní proces. Jednotlivé moduly se samostatně vkládají do hliníkového nosníku a následně se zde manuálně sériově zapojují. Akumulátor je navržen tak, aby bylo v případě nutnosti možné jednotlivé moduly vyměnit.

BMW šlo při vývoji hnacích ústrojí vždy svojí vlastní cestou. Z tohoto důvodu BMW Group rozhodla o vlastním vývoji spalovacího motoru i elektromotoru pro plug-in hybridní sportovní vůz. Zážehový tříválec s technologiemi BMW TwinPower Turbo (231 k) vzniká v britské továrně BMW ve městě Hams Hall.

Elektromotor pro BMW i8 vzniká v továrně BMW v německém Landshutu. Elektromotor s výkonem 96 kW a také jeho výkonovou elektroniku vyvinula BMW Group vlastními prostředky. Mezi hlavní součásti motoru patří vnitřní schránka, stator a rotor. Stator, který je vnitřním srdcem motoru, je tvořen



přibližně dvěma kilometry měděného drátu. Na rozdíl od ostatních elektromotorů dané výkonnostní třídy je motor BMW i8 velmi kompaktní, což je výsledkem speciálního vinutí měděného drátu. Tím se dosahuje další úspory hmotnosti. Před tím, než je do vnitřní schránky motoru vložen rotor, je potažen tenkou vrstvou pryskyřice. Aby bylo možné při finální montáži spojit stator, rotor, vnitřní část a vnější plášť, je třeba nejdříve vnitřní schránku zahřát na teplotu přibližně 150 stupňů Celsia, aby mírně zvětšila svůj objem. Tento úkon vyžaduje maximální preciznost. Aby motor běžel hladce, je třeba, aby stator a rotor měly vůči sobě dokonale přesnou polohu.



5. Paralelní výrobní proces: montáž.

Na rozdíl od automobilů se samonosnou karoserií je architektura LifeDrive tvořena horizontálně rozdělenými celky – nezávislými moduly. Továrna v Lipsku je vůbec prvním výrobním závodem BMW, který má dvě nezávislé, paralelní výrobní linky. To platí pro výrobu BMW i3, kde na jedné lince vzniká modul Life a na druhé modul Drive. Tímto řešením se dosahuje významných úspor zejména v oblasti ergonomie jednotlivých montážních stanovišť, kde je umožněn optimální přístup ke všem operacím.

BMW i8 oproti tomu vzniká na jedné výrobní lince. Během montáže modulu Drive v lipské továrně dochází ke spojení hliníkového podvozku s vysokonapěťovým akumulátorem. Dále je modul Drive doplněn hnacím ústrojím a převodovkou. Následně dochází k montáži modulu přední nápravy, který vzniká v továrně v Dingolfingu, a dalších strukturálních dílů. Až potom je celý modul Drive připraven k přesunu na finální montáž BMW i8.

Modul Life putuje na výrobní linku z karosárny. Na lince je doplněn výbavou podle přání jednotlivých zákazníků BMW i8. Současně dochází ke kompletaci komponentů spalovacího motoru na samostatné lince. To jsou poslední operace předcházející „svatbě“, při níž dojde ke slepení karoserie z uhlíkových kompozitů a hliníkového podvozku. Slepění obou částí se provádí na čtyřech místech navržených tak, aby bylo dosaženo optimální pevnosti spojení. Až následně získává BMW i8 své vnější karosářské díly. Výrobní linka pro BMW i8 je tvořena 14 pracovními cykly. Posledním krokem je cesta do závěrečného oddělení kontroly kvality, kde se BMW i8 setkává s BMW i3 a dalšími vozy BMW vyráběnými továrnou BMW v Lipsku.

Výroba BMW i8 trvá včetně produkce karoserie a montáže 20 hodin. To je pouhá polovina ve srovnání s časem potřebným pro výrobu konvenčními způsoby. Je to zásluhou použití paralelních výrobních procesů a současně díky skutečnosti, že struktura karoserie z uhlíkových kompozitů je tvořena menším počtem dílů.

Více informací o značkách BMW a MINI spolu s fotografiemi je k dispozici v českém jazyce na: www.press.bmwgroup.com/pressclub/p/cz/startpage.htm nebo na mezinárodních stránkách <https://www.press.bmwgroup.com>.