

# Batérie elektrických vozidiel Tesla

Pre študentov



Funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## STEP AHEAD II

The support of Professional development of VET teachers and  
trainers in following of New trends in Automotive Industry  
Automotive Innovation & Teacher training Academy  
2018-1-SK01-KA202-046334

# Batérie elektrických vozidiel Tesla

## Cieľ lekcie:

Získať vedomosti o zložení a funkcii batériových článkov elektrických vozidiel.

## PRÍLOHA 1

### Elektromobily Tesla



Obrázok je dostupný len pod licenciou [Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)  
(Zdroj 2019-11-15 [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Tesla\\_Model\\_S\\_\(Facelift\\_ab\\_04-2016\)\\_trimmed.jpg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Tesla_Model_S_(Facelift_ab_04-2016)_trimmed.jpg))

Juan Francisco Susarte Zamora  
Álvaro Doural  
Juanjo Martínez

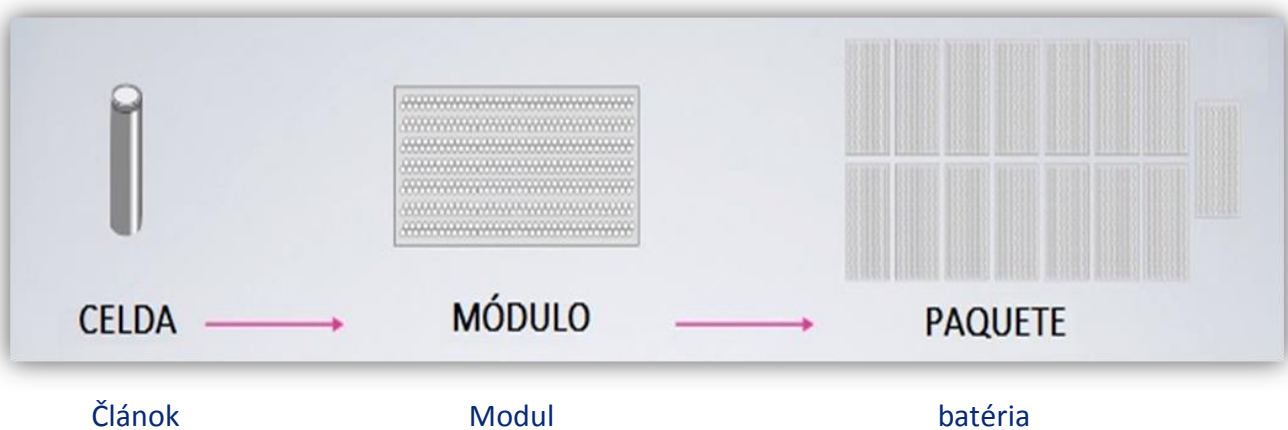
## Úvod

Tesla je severoamerická spoločnosť so sídlom v Silicon Valley v Kalifornii, pod vedením Elona Muska, ktorý navrhuje, vyrába a predáva elektrické vozidlá.

Spoločnosť Tesla bola založená s cieľom urýchliť prechod na udržateľnú dopravu s cieľom bojovať proti globálnemu otepľovaniu a znížiť počet úmrtí spôsobených znečistením.

Jadro spoločnosti je zamerané na inžinierstvo pohonných systémov pre elektrické vozidlá, ktoré zahŕňa: akumulátory, motor, výkonovú elektroniku a riadiaci softvér.

V tejto učebnej jednotke sa zameriame na batériu, kde sa dozvieme o troch častiach, z ktorých sa skladá. Preskúmame chémiu a formát buniek. Prezrieme si tiež model balenia modulov a ich dizajn. Na záver sa zameriame na to, ako sú tieto batérie zostavené.



Spoločnosť Tesla tvrdí, že má batériu s najvyššou hustotou energie na trhu, ale tiež s najnižšími nákladmi na kilowatt / hodinu (odteraz kwh).

Aby sme vyskúšali, do akej miery je to pravda, vysvetlíme rôzne časti batérie Tesla, ako aj jej vlastnosti a fungovanie.

## Články

Články možno nájsť v troch rôznych formátoch: valcovité, hranolové a kazetové



Valcové články. Tesla Model S

Valcové články:

Tieto články sa vyrábajú navíjaním materiálov elektród a ich vložením na hliníkovú valcovú kapsulu. Cylindrické (valcové) články sú v porovnaní s tými hranolovými alebo patrónovými článkami najlacnejšou možnosťou, pretože sa dajú vyrobiť v obrovských množstvách v štandardných veľkostiach. Pretože existuje niekoľko spoločností vyrábajúcich tento typ článkov so štandardnou veľkosťou od prvého okamihu komerčnej aplikácie lítium-iónových batérií (v roku 1991 spoločnosť Sony), bol výrobný proces a vnútorný dizajn týchto článkov vysoko optimalizovaný. Tento výrazne vylepšený dizajn redukuje neaktívne komponenty, to znamená tie, ktoré priamo nekombinujú akumuláciu energie so zmenšením priestoru, ktorý sa na jej uskladnenie nepoužíva. Preto majú valcové články zvyčajne najvyššiu objemovú hustotu výkonu.

Nie všetko je však pozitívne, pretože tieto články sa ochladzujú veľmi ťažko a tento problém znamená zníženie účinnosti a skrátenie života článkov. Ďalšou nevýhodou je problém optimálneho uloženia valcového článku do hranolovitých kaziet modulov.

Prizmatické články: môžu byť prezentované s niekoľkými nastaveniami. Automobilové prizmatické články majú však kvádrové tvary, aby lepšie zapadli do modulu.



94Ah and 37Ah Samsung prizmatické články

Vnútorne majú podobné množstvo vinutí ako valcové články, ktoré sú potom stlačené tak, aby zodpovedali vnútornému objemu bunky. Prizmatické články môžu pre ich výrobcu predstavovať určitú zložitosť návrhu, ale uľahčujú montážnikom automobilov jednoduché prispôbenie sa modulom a vďaka svojej vnútornej alebo vonkajšej geometrii, ktorá pomáha prenosu tepla, sa dajú ľahko ochladiť. Výrobcovia ako BMW ich zhromažďujú do vysoko automatizovaných batérií v modeloch ako i3.

Aj keď svorky článkov väčšej veľkosti pomáhajú znižovať odpor a umožňujú väčší prenos tepla, obidve zvyšujú obsah vlhkosti, čo súčasne znižuje hustotu energie v bunkách. Pretože navyše stláčame valce okolo dvoch elektród, kompresia nie je vo všetkých bodoch rovnaká. To znamená určité problémy s životnosťou po opakovaných cykloch nabíjania a vybíjania.

Prizmatické bunky majú tiež tendenciu ponúkať veľkú kapacitu na udržanie minima neaktívneho materiálu. Preto BMW i3 z roku 2016 používa hranolové články s výkonom 94 Ah alebo Volkswagen e-Golf z roku 2017 montuje prizmatické články s výkonom 37 Ah. Tieto údaje vynikajú, ak ich porovnáme s prizmatickými bunkami 3,4 Ah, ktoré používa Tesla. Celá táto situácia obmedzuje konečnú kapacitu výrobcov ponúkať batérie v rôznych veľkostiach.

Kazetové články:

Tieto články používajú naskladané elektródy a separátory, ktoré sa potom vložia do polymérnej fólie.






Kazetové články

Článkové kazety ponúkajú maximálnu flexibilitu pri ich návrhu, pretože je možné ich zväčšiť na rôzne veľkosti a výrobca môže ľahko upraviť ich kapacitu pridaním alebo odstránením vrstiev.

Značný počet výrobcov batérií ponúka tento typ článkov, pretože ich gravimetrická hustota energie je v porovnaní s valcovými článkami veľmi konkurenčná. Gravimetrická energia je množstvo energie uloženej v batérii na kilogram. To znamená, čím vyššia je táto hodnota, tým vyššiu kapacitu, autonómiu a výkon získame. Dá sa tiež povedať, že v batérii s rovnakou kapacitou dostaneme nižšiu hmotnosť a to je tiež veľmi dôležité.

Hlavnou nevýhodou tohto typu je, že sú omnoho zložitejšie na to, aby ich bolo možné integrovať do

## FORMATO DE LAS CELDAS

Cilíndricas	Prismáticas	Cartucho
		
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Opción de menor coste</li><li>✓ Proceso de fabricación altamente optimizado</li><li>✓ Máximo nivel de eficiencia</li><li>✗ Difícil de refrigerar</li><li>✗ Eficiencia de empaquetado en módulos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Proceso de fabricación simple y de menor costo</li><li>✓ Fácil de refrigerar</li><li>✗ Densidad de energía pobre</li><li>✗ Retos en el ciclo de vida</li><li>✗ Tamaños limitados y con poca flexibilidad</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Mayor flexibilidad de diseño</li><li>✓ Mayor flexibilidad en la capacidad</li><li>✓ Amplia selección de proveedores</li><li>✗ Pobre contención mecánica</li><li>✗ Buen control de compresión requerido</li></ul>
<p><b>Usadas por:</b> Tesla, Lucid, Faraday</p>	<p><b>Usadas por:</b> BMW, Volkswagen</p>	<p><b>Usadas por:</b> Chevrolet, Nissan, Renault</p>

---

modulov. Ich chladiaci proces tiež vyžaduje veľmi starostlivú kontrolu.

Ktoré typy článkov používa tesla?



*Tesla Model S.*

Spoločnosť Tesla používa valcové články a otázkou je, prečo sa rozhodli ich zhromaždiť v batérii modelu S? Odpoveď je ľahká.

Cylindrické články ponúkajú väčšiu hustotu energie na článok. Malo by sa tiež zdôrazniť, že v tom čase sa valcové články vyrábali v obrovských množstvách pre prenosnú elektroniku. To znamenalo, že tieto bunky mali nižšiu cenu za kWh, čo implikovalo zníženie počiatkovej kapitálovej investície, čo bolo nevyhnutné pre novú spoločnosť s obmedzeným kapitálom.

Pretože náklady na tieto články sú stále najnižšie používajú sa v nových modeloch Tesla, ako je Model 3, alebo dokonca dnes v megatovárni.

Pred uvedením modelu S na výrobu obrovského množstva energie sa používali veľké akumulátory. Boli však veľmi drahé a potrebovali, aby boli elektromobily dostupnejšie pre väčšinu zákazníkov.

Na výrobu akumulátora s možnosťou rozšírenia na väčšiu kapacitu je potrebné mať články s malou kapacitou a pripojiť veľké množstvo paralelne zapojených článkov.



*BMW i3 s 94 Ah prizmatickými článkami*

Uvažujme napríklad o BMW i3. Tento automobil využíva veľmi veľké prizmatické články od spoločnosti Samsung, ktoré sú všetky zapojené do série a zostavujú batériu s hmotnosťou 33 kWh. Aby bolo možné ponúknuť 45 kWh, nie je možné jednoducho pridávať články do série, pretože by sa zmenilo napätie.

Mali by ste tiež zmeniť systém správy batérií (BMS) a striedač. Ak však pridáme reťaz paralelne zapojených článkov, počet buniek sa zdvojnásobí, čo povedie k zvýšeniu kapacity balenia na 66 kWh, aj keď do podvozku automobilu to nebude možné.

Keď použijeme články s malou kapacitou a zmeníme počet paralelne zapojených článkov, získa Tesla väčšiu flexibilitu: batéria 100kWh obsahuje 96 článkov zapojených do série a 86 paralelne, batéria 75kWh má 86 článkov zapojených do série a 63 paralelne.

Medzi valcovými článkami používanými spoločnosťou Tesla sú dva typy: typ 18 650, používaný v modeloch ako Model S a Model X; a model 21 700 používaný v modeli 3. Oba typy vyrába spoločnosť Panasonic.

Články veľkosti 18 650 a 21 700:

Názov 18 650 súvisí s rozmermi článkov, pretože ich priemer je 18 mm a dĺžka 65 mm. Rovnakým spôsobom je odvodený aj názov 21 700, priemer 21 mm a je 70 mm dlhý. Táto ďalšia dĺžka, okrem väčšieho priemeru, ponúka zvýšenie o 33% aktívneho materiálu na ukladanie energie do bunky.

Článok 18 650 má kapacitu 3,4Ah alebo 12,4Wh a menovité napätie 3,66V. Odpor sa mení podľa stavu nabitia batérie a jeho teploty, aj keď vo všeobecnosti je to viac ako 30 mΩ.

Vďaka bunke s objemom 16 ml a hmotnosťou 49 g dosiahne bunka pôsobivú hustotu energie 254 Wh na kg alebo 755 Wh por L.

Zloženie NCA článku



Ak sa pozrieme do 18 6500 článku, môžeme pozorovať rôzne vrstvy batérie, ktorá má katódu zloženú z 80% niklu (Ni), 15% kobaltu (Co), približne 4% hliníka (Al) a menej ako 1% lítia (Li). Na druhej strane zloženie anódy obsahuje grafit, hoci existuje tendencia nahradiť ho kremíkom. Elektrolyt je roztokom Li a ostatné súčasti sú vyrobené z Al a medi (odteraz Cu).

Anóda aj katóda sú dva valcované plechy, ktoré majú zabráť čo najmenší objem. Tesla to nazýva Jelly Roll.

Na pozitívnej Jelly Roll je zlúčenina vyrobená z uhlíkových vlákien, ktoré udržiavajú gél vo valci. Skutočnosť, že je vyrobená z uhlíkových vlákien, súvisí so zámerom znížiť hmotnosť buniek. Keď vezmeme do úvahy obrovské množstvo článkov, ktoré nájdeme v kompletnej batérii, je dôležité znižovanie hmotnosti, ktorá zároveň pomáha zvyšovať hustotu energie batérie.

---

Pozitívna strana má tiež tri ventilačné otvory, ktoré pomáhajú uvoľniť tlak pri zmene nadmorskej výšky alebo pri vnútornej chybe v bunke. Má tiež O-krúžok, ktorý zaisťuje utesnenie.

Ak by sme rozvinuli Jelly Roll, boli by sme schopní pozorovať už spomenuté anódové a katódové pláty, oddelené ďalším plastovým plátom, ktorý medzi nimi slúžil ako izolátor. Ich rozmery sú približne 1 m dlhé a 60 mm široké.

Mali by sme zdôrazniť, že lišta Li obsahuje vrstvu potenciálu batérií, ale tiež predstavuje problém, pretože je vysoko horľavá. Na vyriešenie tohto problému používajú niektorí výrobcovia medzi vrstvami retardér horenia. To spôsobuje ďalšie nepríjemnosti, pretože zvyšuje neaktívny materiál v bunke, práve čo sa týka Tesly spolu so spoločnosťou Panasonic zamerali svoj výskum na výrobu čo najtenších plechov pri zachovaní svojej schopnosti skladovať energiu s materiálmi, ako je grafén.

Ak budeme držať krok s chémiou v bunke, mali by sme spomenúť, že hlavní výrobcovia v súčasnosti používajú katódy z oxidu kobaltu a nikel-mangán alebo NMC

Spoločnosť Tesla však používa články  $\text{LiNi}_x\text{Co}_x\text{Al}_x\text{O}_2$ , ako sme už povedali, nazývané tiež NCA. Sú podobné článkom NMC, ale na stabilizáciu kryštalickej štruktúry oxidu lítneho používajú namiesto mangánu Al.

NCA články majú väčšiu energetickú kapacitu, budú však pri nižšej teplote spôsobovať tepelné vyčerpanie. Preto sa považujú za vhodné pre malé 6A články ako maximálny výkon. To vysvetľuje, prečo vozidlá ako Nissan Leaf, Renault Zoe alebo BMW i3 používajú NMC.

Ako sme už uviedli, anóda takmer v lítium-iónových batériách je vyrobená z grafitu, sú však kvôli svojej väčšej skladovacej kapacite ochotní ju zmeniť na Si.

V každej novej generácii článkov Tesla zvýšila množstvo Si v anóde, čo zaisťuje, že 21 700 článok pre Model 3 bude mať väčšie množstvo Si ako súčasný článok 18 650.



Názory prezentované v tomto dokumente sú názormi partnerstva projektu STEP AHEAD II a nemusia vyjadrovať názory EÚ.