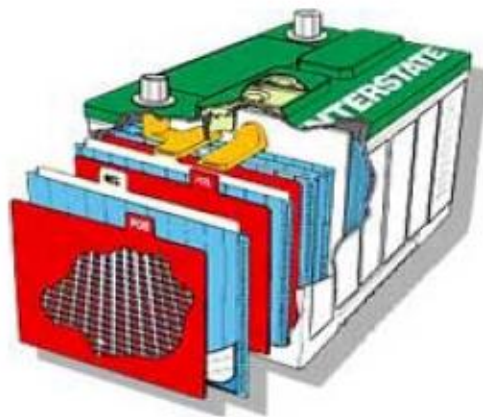


# OLOVĚNÉ AUTOMOBILOVÉ AKUMULÁTORY

## KONSTRUKCE



## 1 ÚVOD

Akumulátory jsou základním zdrojem elektrické energie u automobilů. Naprostá většina automobilů je vybavena jedním nebo dvěma akumulátory. S výjimkou vozidel s elektrickými nebo hybridními pohony jsou montovány téměř výhradně olověné akumulátory. Je-li ve vozidle více baterií, mohou být zapojeny společně nebo jsou jejich úkoly v provozu vozidla rozděleny. Ve všech případech dochází uvnitř akumulátorů při chemické reakci mezi kladnými a zápornými deskami a elektrolytem ke vzniku elektrického proudu.

## 2 ÚČEL AKUMULÁTORU

### 2.1 *Motor není v chodu.*

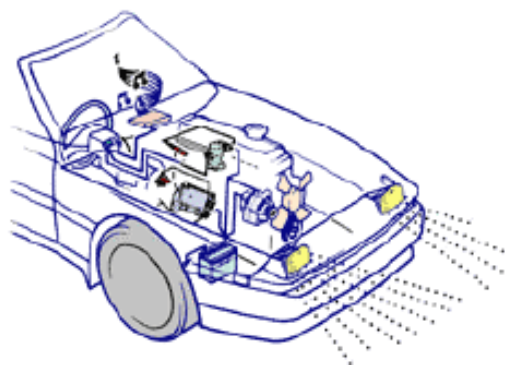
Akumulátor slouží jako zdroj energie pro osvětlení vozidla i pro další elektrické systémy.

### 2.2 *Start motoru.*

Energie akumulátoru je použita pro napájení startéru a současně po dobu startu i jako zdroj energie pro zapalovací systém a další systémy motoru a vozidla.

### 2.3 *Za chodu motoru.*

Energie akumulátoru je využívána, jestliže spotřeba proudu v daném režimu chodu motoru převyšuje množství elektrické energie dodávané nabíjecí soustavou vozidla. Akumulátor rovněž slouží jako stabilizátor napětí v elektrickém systému vozidla absorbující krátkodobé impulsy vyšších napětí. Bez této ochrany by vznikající napěťové špičky mohly poškodit součásti elektronických obvodů na vozidle.



Obrázek 1 Elektrická soustava automobilu.

## 3 TYPY ELEKTRICKÝCH ČLÁNKŮ

Podle principu a funkce se galvanické články dělí na články primární, články sekundární a články palivové. Běžně se setkáváme pouze s články primárními a sekundárními. Palivové články jsou charakterizovány kontinuální příváděním paliva a kysličovadla k elektrodám, na kterých dochází k elektrochemické reakci. Princip palivových článků je dlouho znám, avšak pro velké výrobní náklady se ve větším měřítku nepoužívají. Nevýhodou elektrických článků je jejich *samovybití*. Tato přirozená vlastnost chemických zdrojů elektrické energie způsobuje postupnou ztrátu elektrické kapacity článku aniž bychom z něho odebírali jakýkoliv proud. U některých článků to představuje ztrátu až 1% jejich elektrické kapacity za jeden den. Výrobci automobilových akumulátorů se všemi vhodnými způsoby snaží ztráty samovybitím minimalizovat.

### 3.1 *Primární články.*

Chemická reakce probíhající v průběhu vybití znehodnotí materiály článku. Elektrickou energii článku nelze, až na výjimky, dobíjením obnovit. Příkladem primárních článků jsou běžné baterie do svítilen, nebo do přenosných rozhlasových přijímačů.

### 3.2 Sekundární články.

Elektrickou energii těchto článků lze nabíjením obnovit. Při nabíjení se v nich energie akumuluje, odtud název akumulátory. Podle elektrolytu který články obsahují se dělí akumulátory na kyselinové a alkalické. Jejich kovové elektrody se mění při nabíjení článku na dvě rozdílné chemické sloučeniny a hustota elektrolytu vzrůstá. Při vybíjení článku se naopak rozdíl v chemickém složení elektrod stírají a hustota elektrolytu klesá. Automobilové olověné akumulátory patří pro svoji schopnost mnohonásobného vybití a nabití mezi kyselinové sekundární články. Jedno nabití a jedno vybití sekundárního článku tvoří jeden pracovní cyklus. Je-li při vybíjení odebráno více nežli 80% kapacity akumulátoru hovoříme o hlubokém vybití a o hlubokocyklovém provozu akumulátoru.

## 4 ROZDĚLENÍ OLOVĚNÝCH AKUMULÁTORŮ

Akumulátory lze rozdělit do skupin podle celé řady hledisek.

### 4.1 Podle účelu.

*Startovací akumulátory* mají největší podíl na trhu a jsou používány v automobilech. Hlavním účelem je dodat jednorázově velké množství energie pro start motoru. Za normálních provozních podmínek jsou v provozu zdrojovou soustavou vozidla trvale udržovány v nabitém stavu. Pouze výjimečně u nich dochází k hlubokému vybití. Jejich konstrukce je v porovnání s dalšími skupinami akumulátorů subtilnější, mají větší počet tenkých desek.

*Hlubokocyklové akumulátory* slouží jako hlavní zdroj energie pro mobilní zařízení. Mají robustní konstrukci desek a jsou určeny pro dlouhodobou dodávku určeného množství energie, jak je požadováno např. u lodí nebo u elektrických vozíků. Prioritou při jejich konstrukci je životnost, pokrývající velký počet cyklů vyznačujících se hlubokým vybitím a nabitím.

Slouží-li k pohonu dopravních prostředků jedná se o *akumulátory trakční*.

*HD akumulátory* jsou určeny pro trvale obtížné pracovní podmínky, (*Heavy Duty*) s velkými nároky na spotřebu elektřiny a zvýšené vibrace. Svoji konstrukci tvoří spojovací článek mezi oběma předešlými druhy akumulátorů.

*Staniční akumulátory* slouží obvykle k napájení důležitých spotřebičů v nouzovém režimu. Takové akumulátory jsou v provozu trvale připojeny k nabíjecímu zařízení a k jejich vybíjení dochází pouze ve výjimečných případech.

### 4.2 Podle způsobu uzavření akumulátorové nádoby.

Akumulátory s *otevřenými články* nemají články opatřené víkem a z pochopitelných důvodů se v automobilech nepoužívají.

*Uzavřené články* jsou opatřeny víčky s otvorem kterým mohou z článku unikát plyny. Těmito články jsou osazeny akumulátory tradiční konstrukce. Dolévání destilované vody je u těchto akumulátorů běžnou součástí jejich údržby.

*Ventilem řízené články* jsou za normálních pracovních podmínek uzavřeny a jsou vybaveny ventilem pro odpuštění plynů pro případ, že tlak uvnitř akumulátoru převyší stanovenou hodnotu. Jsou vyráběny akumulátory se zátkami článků i akumulátory bez zátek. Za normálních provozních podmínek se destilovaná voda dolévá v předepsaných intervalech, a v případě, že víka článků nejsou osazena zátkami se do článků elektrolyt vůbec nedoplňuje. U těchto baterií je plánováno, že původní náplň elektrolytu bude postačovat po celou dobu životnosti akumulátoru. Akumulátory bez zátek jsou obvykle vybaveny vestavěným indikátorem množství a hustoty elektrolytu

*Hermeticky uzavřené články* jsou zcela uzavřené a nemají žádné zařízení doplňování elektrolytu ani pro nouzové uvolnění tlaku.

### 4.3 Podle elektrolytu.

Nejrozšířenější jsou akumulátory tradiční konstrukce s *tekutým elektrolytem*. Elektrolytem olověných akumulátorů je zředěná kyselina sírová. Přítomnost kyseliny zásadním způsobem komplikuje pracovní i servisní podmínky automobilových akumulátorů, proto jsou stále hledána jiná vhodná řešení. Zásadního vylepšení se v tomto směru podařilo dosáhnout ztužením elektrolytu. Z akumulátorů potom neuniká aerosol  $H_2SO_4$  a úbytek plynů pojistnými ventily je zanedbatelný.

Jedním z možných řešení je *elektrolyt vázaný v tixotropním gelu*. Významným způsobem se tím zjednodušuje údržba a zlepšují pracovní podmínky. Mimo celé řady předností však tyto baterie mají některé nevýhody a zejména vyšší pořizovací cenu.

Jiným, častěji vyráběným typem jsou akumulátory s *elektrolytem nasáklým do masivních separátorů ze skelné tkaniny*. Této technologii používají firmy Optima, Lifeline i další, pod názvem AGM (Absorbed Glass Material).

Separátory jsou vyrobeny ze skelných vláken s vysokou absorpční schopností. Prostor mezi deskami je touto separační hmotou zcela vyplněn a její vysoká kapilarita umožňuje neustálý kontakt elektrolytu s činnou hmotou desek. Materiál je navržen tak, že 90% jeho objemu je nasyceno elektrolytem a zbývajících 10% může být vyplněno plynem. V této části se vytváří plynové kanály, ve kterých se vodík a kyslík vznikající při elektrochemických reakcích spojují v atomárním stavu zpět na vodu.

Tato skutečnost, spolu s velkým množstvím aktivní hmoty na kladných deskách, vysokou chemickou čistotou této hmoty i hmoty mřížek, zajišťuje větší množství proudu které je článek schopen uvolnit a současně kratší dobu obnovení jeho kapacity při nabíjení. Mechanicky pevnější výplň mezi deskami také zvyšuje odolnost akumulátoru proti nárazům a vibracím.

Elektrolyt neuniká z akumulátoru ani v případě poškození jeho obalu. Zkoušky prokázaly funkčnost baterie i v případě prostřelení. Elektrické vlastnosti akumulátoru jsou srovnatelné s nikl-kadmiovými články s výhodou nižší ceny a jednodušší údržby. Z bezpečnostního hlediska jsou baterie se ztuženým elektrolytem považovány za nerizikové výrobky a mohou být na rozdíl od běžných akumulátorů u většiny společností přepravovány i letcky.

#### 4.4 Podle způsobu údržby.

Jak již bylo výše uvedeno klasické akumulátory s víčky a s tekutým elektrolytem vyžadují pravidelnou údržbu ve které je nejdůležitějším úkolem doplnění elektrolytu do předepsané úrovně dolitím destilované vody. Úbytek elektrolytu závisí jak na konstrukci akumulátoru, tak i na konkrétních provozních podmínkách.

Mezi konstrukční opatření omezující dolévání elektrolytu patří vhodné složení aktivních hmot na elektrodách, konstrukce víček a vytvoření dostatečného prostoru pro náplň elektrolytu tak, aby byla postačující pro deklarovaný provozní interval.

Z provozních podmínek má zásadní vliv teplota pracovního prostředí a čas působení plynovacího napětí při nabíjení.

Podle míry uplatnění konstrukčních opatření je potom akumulátor deklarován jako *nizkoúdržbový*, neboli *akumulátor s prodlouženým intervalem údržby* nebo dokonce *akumulátor bezúdržbový*. Skutečně bezúdržbové jsou však v zásadě pouze akumulátory bez víček a akumulátory se ztuženým elektrolytem.

#### 4.5 Podle stavu při dodání.

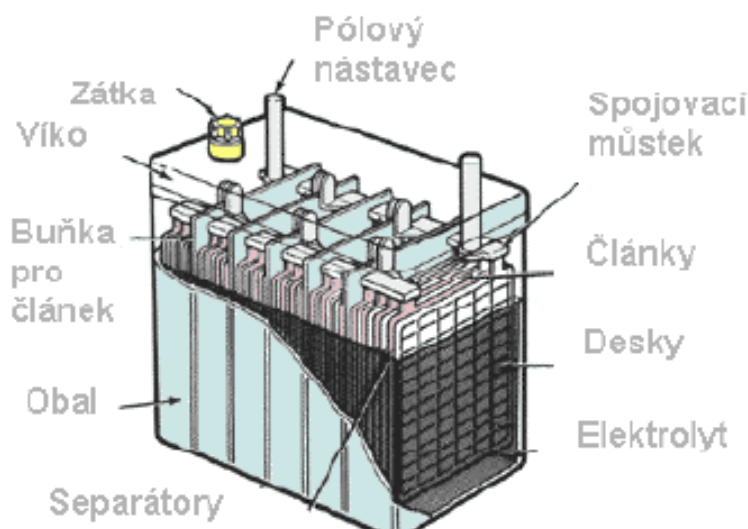
*Akumulátory suché, nenabité* – dodávány bez elektrolytu, aktivní hmota desek je v nenabitém stavu.

*Akumulátory suché, nabité* - Akumulátor je vyroben, nabit, omyt a osušen, neprodyšně uzavřen a expedován bez elektrolytu.

*Akumulátory suché, nabité, aktivované vodou* – Jako předešlý typ, navíc obsahuje každý článek pouzdro s kyselinou sírovou. Po proražení nebo po rozpuštění pouzdra stačí při uvedení do provozu články doplnit destilovanou vodou. Toto provedení bylo vyvinuto zejména pro vojenské účely.

*Mokrý, nabitý, uzavřený* - v této podobě je dosud dodávána většina vyráběných automobilových akumulátorů.

*Mokrý nabitý, uzavřený, plynotěsný* - akumulátory vyráběné bez zátek článků. V režimech teplot stanovených výrobcem zůstávají uzavřené a neuniká z nich elektrolyt ani plyn. Pro případ nouze jsou obvykle vybaveny bezpečnostním ventilem proti vnitřnímu přetlaku.



## 5 KONSTRUKCE AKUMULÁTORU – KLASICKÉ PROVEDENÍ

### 5.1 Nádoba akumulátoru.

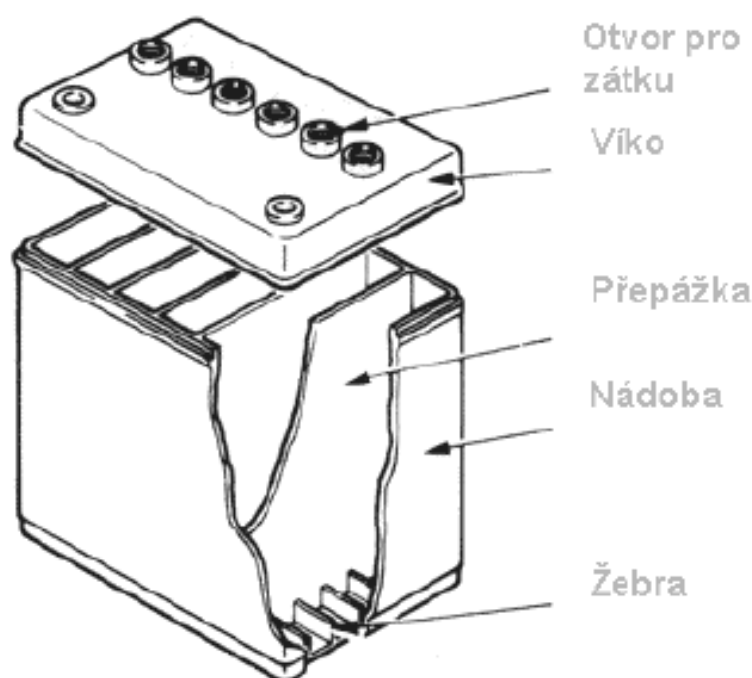
Nádoba akumulátoru slouží jako ochranný obal a současně jako nádržka na elektrolyt. Sestává z několika oddělených buněk obsahujících jednotlivé články. Desky článků jsou upevněny v dostatečné vzdálenosti ode dna nádoby čímž je vytvořen prostor pro části desek které se uvolní a odpadnou z jejich povrchu v průběhu životnosti akumulátoru. Žebry u dna nádoby jsou vyztuženy a současně je zabráněno možnému zkratu způsobenému olovem odpadlým od desek. Nádoba je vyrobena z tvrdé pryže, polypropylenu nebo z jiných plastických hmot. Průhledné plasty umožňují kontrolu hladiny elektrolytu v nádobě bez nutnosti demontáže víček jednotlivých článků. Nádoby mají obvykle značky minimální a maximální hladiny elektrolytu, vyrobené uvnitř, nebo vně nádoby.

### 5.2 Víko akumulátoru.

Víko akumulátoru je pevně spojeno s nádobou akumulátoru. U pryžových nádob je zalito asfaltem u plastových nádob je k nádobě zataveno nebo přilepeno. Jsou v něm otvory pro pólové nástavce k připojení kladného i záporného vodiče k akumulátoru, někdy též pro kladné i záporné vývody jednotlivých článků. U většiny akumulátorů jsou ve víku zašroubované, nebo těsně vsazené zátky jednotlivých článků. Tyto zátky slouží ke kontrole stavu akumulátoru a k doplnění destilované vody do jednotlivých článků. Součástí víka jsou u některých baterií i centrální pojistné ventily dovolující únik přetlaku plynů při zvýšené činnosti baterie. Jsou vyrobeny na vhodném místě a jsou osazeny proti-zážehovou keramickou vložkou. Tato vložka zabráňuje šlehnutí plamene do článku z vnějšího prostředí a chrání současně vnitřní prostor proti prachu. Nejsou-li ve víku baterie víčka, jedná se o bezobslužný akumulátor u kterého není možné elektrolyt doplňovat. Většina dnes vyráběných akumulátorů má ve víku rovněž integrováno sklopné držadlo pro snadné uchopení a přenášení baterie.

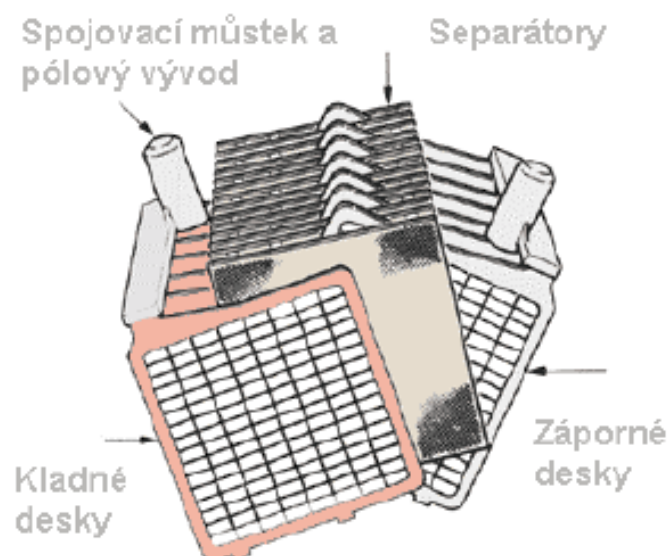
### 5.3 Separátory.

Vytvářejí porézní izolační vrstvu mezi kladnou a zápornou deskou článku akumulátoru. Jsou vyráběny z impregnovaného papíru, skelných vláken nebo plastických hmot odolných vůči kyselině sírové. Umožňují průchod elektrolytu, ale musí zabránit přímému kontaktu kladných a záporných desek, (t.j. zkratu mezi deskami). Je-li separátor opatřen žebry, montují se na stranu kladné elektrody. Tzv. kapsové separátory jsou dole a ze stran uzavřené a zabráňují tím elektrickému zkratu způsobenému uvolněnou hmotou desek. Opět jsou jimi obaleny kladné elektrody.



## 5.4 Články.

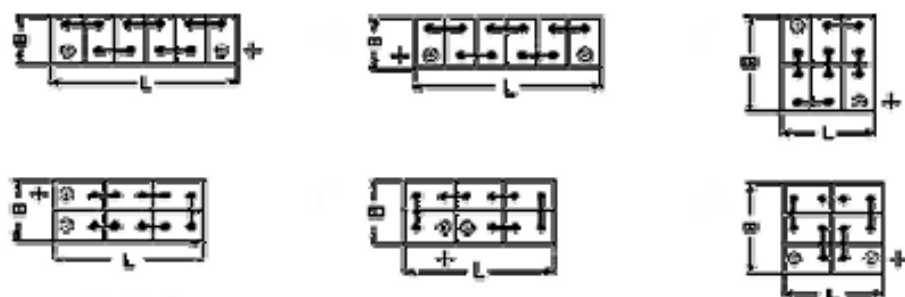
Paralelně spojené skupiny kladných a záporných elektrod oddělené separátory, sestavené jako části zipu, tvoří článek akumulátoru. Jednotlivé články jsou umístěny v oddělených buňkách nádoby akumulátoru.



Obrázek 4 Konstrukce článku akumulátoru. Montáž a spojení desek.

## 5.5 Článkové a spojovací můstky.

Článkové můstky ze slitin olova propojují všechny kladné a všechny záporné desky ve článku. Každý článkový můstek článku je vybaven příslušným článkovým vývodem. Články akumulátoru jsou potom propojeny do série pomocí spojovacích můstků. U nádob z tvrdené pryže jsou spojovací můstky nad víčky článků a jsou snadno přístupné. U nádob z plastů jsou spojovací můstky vedeny otvory ve stěnách pod víkem a z vnějšího prostoru k nim není přístup.



Obrázek 5 Různé způsoby umístění a propojení článků spojovacími můstky u 12V akumulátorů.

## 5.6 Zátky článků.

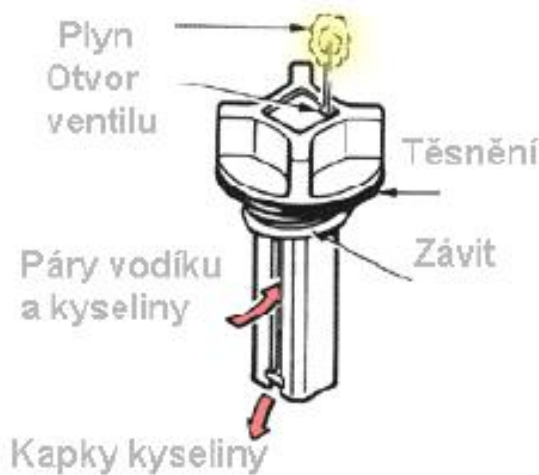
Vyrábí se v mnoha provedeních, jednotlivé zátky těsně vsazené, s bajonetovým uzávěrem, šroubované, případně několik zátek propojených do pásu. Jsou navrženy tak, aby oddělily výpary kyseliny sírové od plynů které se uvolňují z článků jako vedlejší produkt probíhajících chemických reakcí. Kyselinové páry na zátce kondenzují a odkapávají zpět do vnitřního prostoru baterie, zatímco vodík a kyslík otvory v zátce mohou unikat do okolní atmosféry.

Některé akumulátory mají prostor pod zátkami jednotlivých článků propojen hadičkami které vedou kyselinové výpary mimo karosérii vozidla nebo do zvláštní odplyňovací nádržky. Toto řešení se používá zejména

## Akumulátory motorových vozidel – Konstrukce.

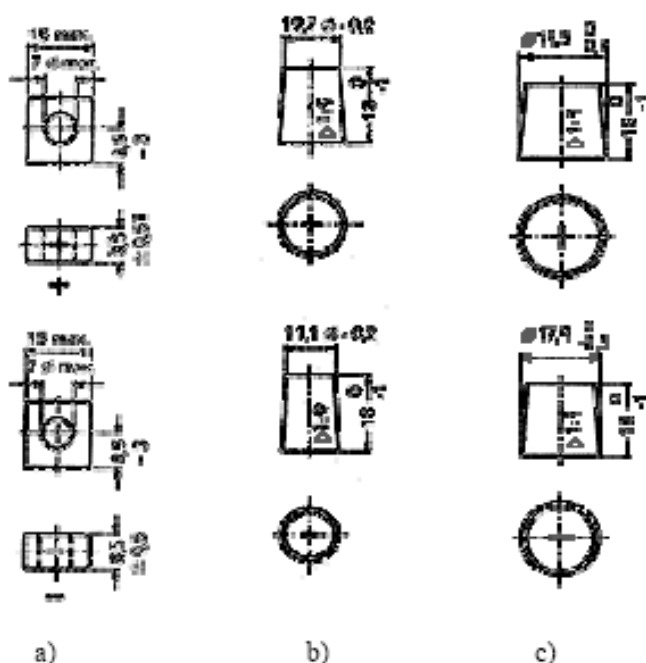
v případech, kdy je akumulátor umístěn v zavazadlovém prostoru nebo uvnitř vozidla pod prostorem pro cestující.

Pro tzv. bezúdržbové akumulátory jsou vyráběny zátky s katalyzátorem pro rekombinaci unikajícího kyslíku a vodíku na vodu. V zátku článku jsou granule na jejichž povrchu je nanášeno paládium. Na katalyzátoru se molekuly plynů štěpí a slučují na vodu, která stéká zpátky do článků. U trakčních baterií se používají také zátky s plovákovým ventilem pro automatické dolévání destilované vody v provozu.



Obrázek 6 Zátka akumulátoru se závitem.





Obrázek 8 Rozměry pólových vývodů akumulátoru.

- a) Ploché pólové vývody s otvorem.
- b) Slabší kuželové vývody japonských výrobců.
- c) Kuželové vývody dle ČSN, DIN a SAE.

### 5.7 Pólové vývody akumulátoru.

Vyrábí se celá řada provedení pólových vývodů. U startovacích baterií jsou to nejčastěji vývody kuželové, umístěné na horní straně víka akumulátoru. Kladný pól rozeznáme dle symbolu "+", nebo "POS", červené barvy a většího průměru. Záporný pól je označen symbolem "-", nebo "NEG", barvou modrou a jeho průměr je menší. K obou pólům jsou svorkami nebo šrouby připojeny vodiče velkých průřezů, záporný pól je obvykle přímo nebo přes odpojovač propojen na hmotu vozidla, kladný vodič vede ke startéru a dále k elektrickému systému vozidla. Barevné označení pólů může být provedeno barevným provedením symbolu, nebo montáží barevných kroužků na spodní část pólových vývodů baterie. Toto barevné rozlišení dodržujeme i při označení připojovaných vodičů jak na akumulátor, tak i na nabíjecí zařízení.



Obrázek 9 Tvary pólových vývodů akumulátoru.

Vyrábějí se i další typy pólových vývodů. Tzv. boční (postranní) vývod a tzv. "L" vývod. Nejvíce je rozšířeno provedení s horním vývodem pro připojení svorkami, ostatní zobrazená provedení mají připojku s vnitřním závitem.



## 5.8 Svorky pro připojení vodičů.

Svorky pro připojení vodičů jsou vyrobeny z olova, oceli, nebo z mědi. Vodič je ke svorce upevněn lisovaným spojem, zalitím, nebo šroubovým spojem, svorka k pólovému vývodu šroubovým spojem.



OCELOVÁ SVORKA

OLOVĚNÁ SVORKA

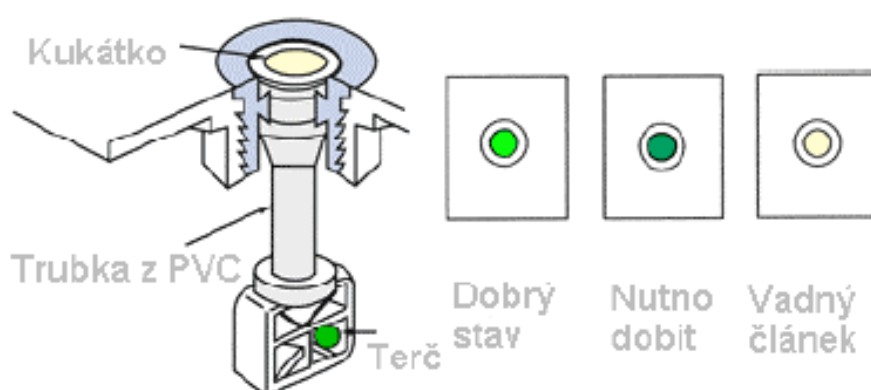
Obrázek 10 Svorky pro připojení vodičů k akumulátoru.

## 5.9 Elektrolyt.

Elektrolyt je látka schopná vytvářet kladné a záporné ionty, umožnit vedení proudu a podílet se na chemických reakcích v článku. U plně nabitého olověného akumulátoru je elektrolyt tvořen roztokem 64% kyseliny sírové a 36% destilované vody. Hustota elektrolytu pro startovací akumulátory je 1,285 kg/l při teplotě 20°C a při úplném nabití. Mezi elektrolytem a aktivní hmotou desek probíhají chemické reakce které spotřebují ( při nabíjení ) a vytvářejí ( při vybití ) elektrický proud. Kyselina sírová zůstává v akumulátoru po celou dobu jeho životnosti, doplňuje se pouze při prokazatelném úniku např. vylitím. Při úbytku elektrolytu v provozu doplňujeme pouze destilovanou vodu.

## 5.10 Indikátor hustoty elektrolytu

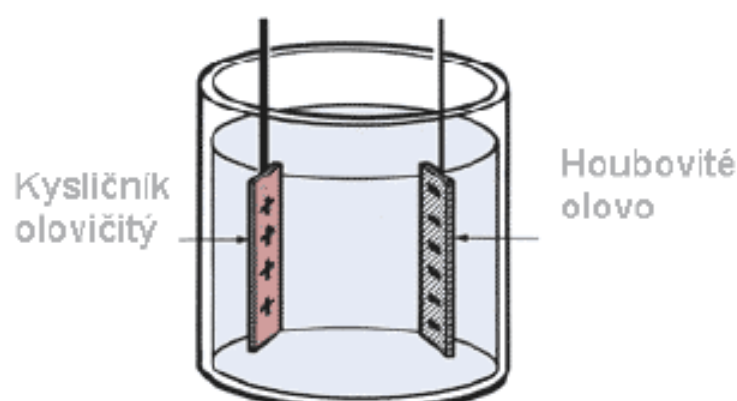
Některé akumulátory jsou vybaveny zabudovaným indikátorem hustoty elektrolytu. Barva terče indikátoru sděluje informaci o hustotě elektrolytu v daném článku. Poloha terče informuje o výšce hladiny elektrolytu.



## 6 ČLÁNEK AKUMULÁTORU

### 6.1 Elektrody

U startovacích akumulátorů se používají zejména mřížkové elektrody ve tvaru desek. Desky jsou vyrobeny z olověné slitiny obsahující určité množství antimonu, vápníku a dalších legujících prvků. Desky mají podobu tenké ploché mřížky, jejíž prvky se kříží v pravém úhlu (viz obr. 13), nebo úhlopříčně v různých úhlech, což snižuje mechanické pnutí uvnitř desek. Mřížka slouží jako nosná část pro aktivní materiál desek tvořící kladnou nebo zápornou desku. Přesné složení aktivního materiálu je obvykle výrobním tajemstvím jednotlivých výrobců.



Obrázek 12 Schéma článku akumulátoru.

#### 6.1.1 Kladné elektrody

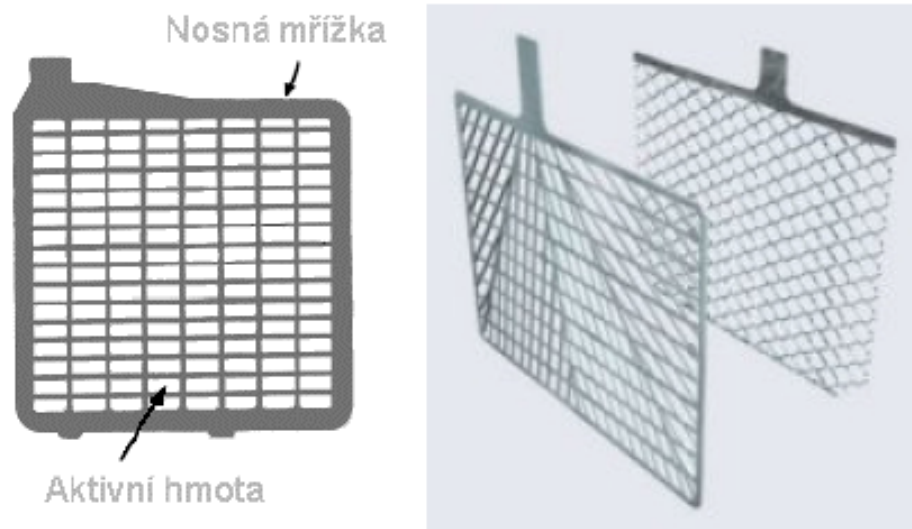
U klasického provedení kladných desek se používala slitina s obsahem 5-7 % antimonu. Výhodou jsou příznivé ličí vlastnosti, relativně nízká cena, dobrá mechanická pevnost a životnost desek. Nevýhodou těchto desek je značné samovybíjení.

Zejména proto byl podíl antimonu postupně snižován (na 2,4 až 1,8%), nebo nahrazen vápníkem. Tyto akumulátory mají přibližně pětkrát nižší samovybíjení nežli akumulátory v klasickém provedení, jsou však choulostivější na přebíjení a hluboké vybíjení. Životnost kladných desek je nižší nežli životnost desek záporných, jejich provedení a kvalita je tedy rozhodující pro životnost celého akumulátoru. Kladné desky mají na připojených ilustracích hnědou barvu.

Poslední novinkou jsou desky ze slitiny olova, vápníku a stříbra. Akumulátory s těmito elektrodami se vyznačují velkým startovacím proudem, odolností proti hlubokému vybití, větší životností i lepší odolností proti vysokým teplotám. Snášejí rovněž dobře vyšší nabíjecí proudy.

#### 6.1.2 Záporné elektrody

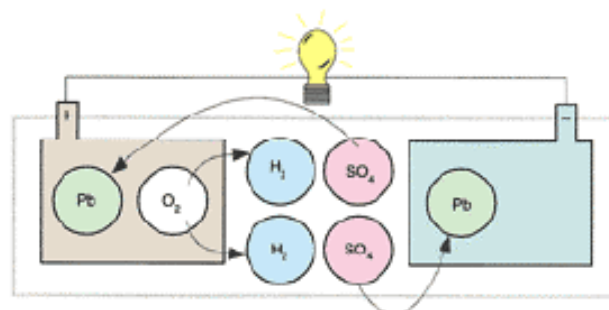
Jsou odlévány ze slitin olova stejně jako desky kladné. Vyformované záporné desky akumulátoru mají tmavě šedou barvu. Během provozu se méně opotřebují nežli kladné elektrody.



Obrázek 13 Mřížky desek akumulátoru.

### 6.1.3 Opatření desek

Opakovaná změna kysličníku olovičitého na síran olovnatý a naopak, má za následek nepatrné, ale neustálé roztahování mřížky kladné desky. Zhoršuje se spojení aktivní hmoty s mřížkou a dochází ke zmenšení mechanické pevnosti aktivní hmoty, jejímu uvolňování z mřížky a klesání ke dnu nádoby. Olověná mřížka se obnažuje a dochází k chemickým reakcím mezi mřížkou a aktivní hmotou. Olovo mřížky se mění na síran olovnatý který má podstatně menší mechanickou pevnost a mřížka se postupně rozpadá. Záporné desky z houbovitého olova zase v průběhu činnosti baterie ztrácejí svoji pórovitost, a tím i schopnost zúčastňovat se chemických reakcí. Dochází k tzv. zaolovnatění záporné desky .

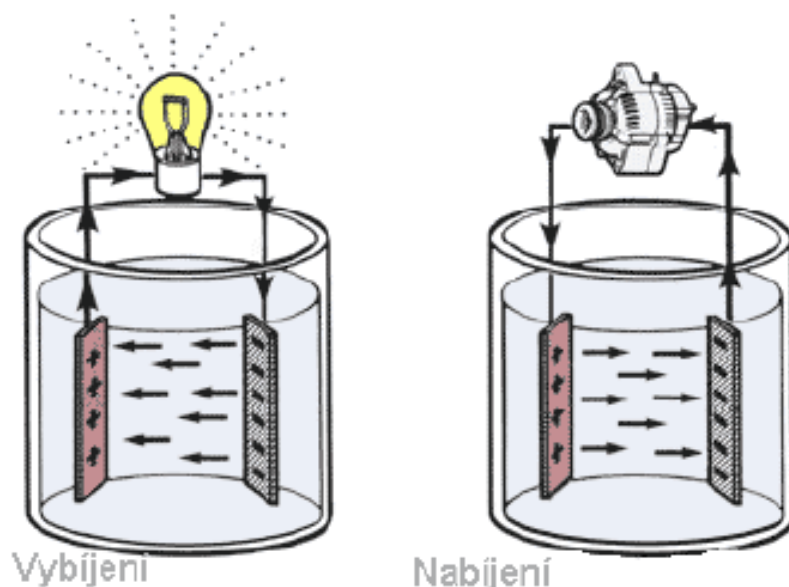


Obrázek 14 Chemické reakce v akumulátoru.

## 6.2 Činnost článku akumulátoru

Dva rozdílné kovy ponořené do elektrolytu vytvářejí na pólech článku akumulátoru elektrické napětí. Článek vyrábí elektrický proud jako produkt chemické reakce probíhající mezi deskami a elektrolytem. Hmoty které jsou na deskách nabitého akumulátoru a které vstupují do chemických reakcí při vybíjení nazýváme aktivní hmoty.

Aktivní materiál kladných desek v nabitém stavu tvoří červenohnědě zbarvený kysličník olovičitý ( $\text{PbO}_2$ ) a záporné desky jsou vytvořeny z šedého houbovitého olova. Ve vybitém stavu tvoří jak kladné, tak i záporné desky síran olovnatý ( $\text{PbSO}_4$ ). Při nabíjení se hustota elektrolytu zvětšuje, při vybíjení naopak elektrolyt řídne. Aktivní hmota je zalisována do mechanicky pevnějších olověných mřížek které tvoří její nosič. Elektrolyt je roztokem kyseliny sírové zředěné destilovanou vodou. Tyto materiály společně vytvářejí elektrochemický článek. Zapojíme-li do obvodu článku akumulátoru elektrický spotřebič, začne obvodem procházet elektrický proud. Článek akumulátoru je vybíjen. Připojíme-li naopak článek ke zdroji el. proudu o dostatečném napětí, dochází k opačnému procesu, článek je nabíjen. Oba tyto stavy akumulátoru se opakují a vytvářejí tzv. "pracovní cyklus akumulátoru".



Obrázek 15 Vybití a nabíjení článku.

### 6.2.1 Úplné vybití

Ačkoliv pracovní cyklus akumulátoru probíhá nepřetržitě, akumulátor není v motorovém vozidle úplně vybitý. Automobilové akumulátory nejsou konstruovány k úplnému vybití. Vybití startovacího akumulátoru je nutno ukončit jakmile napětí na článku klesne na 1,75 V. Takový článek je již považován za zcela vybitý. Samozřejmě je žádoucí, aby před startem motoru vozidla byl akumulátor naopak plně nabitý a po nastartování motoru má být spotřebovaná energie co nejdříve alternátorem doplněna. Úplné vybití u automobilových akumulátorů způsobuje poškození desek tzv. sulfataci a zkracuje významně jejich životnost.

Naopak, některé akumulátory používané u lodí nebo elektricky poháněných vozidel jsou konstruovány pro hlubokocyklový provoz, pro pracovní cykly probíhající mezi téměř úplným vybitím a nabitím. Při nabíjení vznikající teplo má snahu deformovat desky a články těchto akumulátorů jsou proto vytvořeny silnějšími deskami s dostatečně mechanicky pevnými mřížkami. Automobilové akumulátory pro vozidla se spalovacími motory nemají ve většině případů pro tento pracovní režim desky článků dostatečně pevné a nemají ostatně ani příslušné pracovní podmínky.



2,1 Voltů x 6 článků = 12,6 V

## 6.2.2 Napětí článku

*Klidové napětí* je rozdíl potenciálů kladné a záporné desky článku kterým neprochází proud. Toto napětí je zpravidla vyšší nežli *pracovní napětí* což je napětí na článku kterým proud protéká. Jedná-li se o vybíjení článku měříme *vybíjecí proud* a analogicky při nabíjení *nabíjecí proud*. Všechna tato napětí se v průběhu pracovního cyklu akumulátoru obvykle mění. Důležité je *plynovací napětí* t.j. napětí při kterém v člancích nabíjeného akumulátoru nastává rozklad vody na kyslík a vodík. Každý článek olověného akumulátoru má *jmenovité napětí* dvou voltů. Podle počtu sériově zapojených článků v akumulátorech potom mluvíme o jmenovitém napětí elektrické instalace ve vozidle. Toto napětí je potom uvedeno na spotřebičích do soustavy zapojených. V současnosti se používají soustavy o jmenovitém napětí 12V pro osobní a lehké užitkové automobily a 24V pro těžké automobily a autobusy. V minulosti byla používána rovněž soustava o jmenovitém napětí 6V a další vývoj v elektrotechnice motorových vozidel je spojován se soustavou o jmenovitém napětí 36V.

Pokud jde o skutečné pracovní napětí potom každý článek akumulátoru vytváří napětí přibližně 2,1 voltu nezávisle na počtu a velikosti desek které jej vytvářejí. Automobilové akumulátory mají zpravidla šest sériově zapojených článků, které vydávají celkové napětí přibližně 12,6V.

## 6.3 Stav akumulátoru

Akumulátor s olověnými elektrodami a kyselinou jako elektrolytem může být mnohokrát částečně vybit a nabit. V tomto procesu mohou nastat čtyři možné situace.

### 6.3.1 Akumulátor je plně nabit.

Plně nabitý akumulátor má na záporných deskách houbovitě olovo a na kladných deskách kysličník olovičitý. Elektrolyt je roztokem kyseliny sírové a destilované vody o hustotě 1,28 kg/l.

### 6.3.2 Akumulátor dodává elektrický proud.

Při vybíjení akumulátoru elektrolyt řídne a aktivní hmota desek se mění na síran olovnatý. Elektrolyt se rozkládá na vodík  $H_2$  a síran  $SO_4$ . Vodík se slučuje s kyslíkem z kladných desek a vytváří vodu. Síran se spojuje s olovem na obou deskách a vytváří síran olovnatý  $PbSO_4$ . V průběhu vybíjení se hustota elektrolytu snižuje.

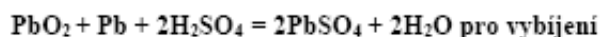
### 6.3.3 Akumulátor je zcela vybit.

U skutečně plně vybitého akumulátoru, který již nevykazuje žádné napětí jsou obě desky pokryty síranem olovnatým a elektrolyt tvoří téměř výhradně samotná voda.

### 6.3.4 Akumulátor je nabíjen.

Při nabíjení probíhají chemické reakce v opačném směru. Síran se přemísťuje z desek a slučuje se s vodíkem elektrolytu na kyselinu sírovou. Volný kyslík vytváří s olovem na kladných deskách kysličník olovičitý. Dodávaný elektrický proud ke konci procesu nabíjení rozkládá vodu na vodík který se uvolňuje ve formě bublin u záporných desek a kyslík u desek kladných.

Elektrochemické pochody probíhající v akumulátoru lze vyjádřit – nepřihlížíme-li k dílčím reakcím - rovnicí :



a po záměně stran rovněž pro nabíjení. V průběhu nabíjení se hustota elektrolytu zvyšuje.

## 7 KAPACITA AKUMULÁTORU

Kapacita akumulátoru představuje jeho elektrický náboj. Je to hodnota udávající množství elektrické energie kterou je schopna dodat úplně nabitá baterie. Kapacitu označujeme písmenem C. Je v podstatě určena množstvím činným hmot, t.j. velikostí a počtem desek článků, stavem a objemem elektrolytu. Horní hranici hustoty elektrolytu je hodnota 1,28 kg/l. Při větší hustotě již kapacita klesá a navíc roste náchylnost desek k sulfataci. Kapacita závisí rovněž na teplotě článků, je uváděn pokles kapacity v hodnotě 1% při poklesu teploty o 1°C, a to především jako důsledek zhoršení vodivosti elektrolytu a na velikosti vybíjecího proudu. Se stoupající velikostí vybíjecího proudu se kapacita zmenšuje. Doba dodávky vybíjecího proudu při hodnocení kapacity je potom udávána číselným indexem připojeným k písmenu C. Tomuto údaji se říká jmenovitá kapacita akumulátoru. Nejčastěji se u startovacích akumulátorů setkáváme s vybíjecím proudem čerpaným po dobu 20 hodin.

Kapacita akumulátoru se zvětšuje zvětšením povrchu aktivní hmoty desek která je v kontaktu s elektrolytem. V praxi se dosahuje větší kapacity zvětšením plochy desek, což ovšem znamená větší rozměry akumulátoru, nebo zvětšením počtu desek v článku při zachování jeho vnějších rozměrů. Tenčí desky samozřejmě znamenají zvýšené nároky na kvalitu materiálu desek.

V praxi se používá řada různých způsobů definování kapacity akumulátorové baterie.

### 7.1 Jmenovitá kapacita v ampérhodinách ( $C_{20}$ ).

V tuzemsku je udávána jmenovitá kapacita akumulátoru v ampérhodinách [Ah], ačkoliv pro startovací baterie není tato vypovídací hodnota nejvhodnější. U kapacity  $C_{20}$  je to množství proudu které je plně nabitý akumulátor schopen dodávat po dobu 20 hodin, aniž by napětí pokleslo pod 1,75V na článek a 10,5V na jeho svorkách. Tato zkouška probíhá dle EN za teploty  $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Dodává-li např. baterie za těchto podmínek proud o velikosti 4A má jmenovitou kapacitu 80 Ah. Dodává-li baterie za stejných podmínek proud 6A má kapacitu  $20 \times 6 = 120$  Ah atd.. Kapacita se u akumulátorů různé velikosti pohybuje v rozmezí od 35 do 220 Ah.

### 7.2 Kapacita pro studený start motoru (ICC, CCA)

Ve světě nejvíce rozšířeným způsobem pro stanovení možnosti startovacích akumulátorů je velikost startovacího proudu za nízkých teplot. Tato vlastnost je pojmenována jako kapacita pro studený start (Cold Cranking Amps Capacity).

Dle standardu EN je stanovena jako množství proudu v ampérech, které je plně nabitý akumulátor schopen dodat po dobu 10 sekund při teplotě  $-18^{\circ}\text{C}$ , aniž by napětí na jeho svorkách pokleslo pod 1,25 voltu na článek, t.j. pod hodnotu 7,5 V u dvanácti-voltové baterie. Podmínky pro měření CCA kapacity jsou s výjimkou teploty u různých standardů rozdílné, proto je důležité v technických údajích zjistit nejen číselnou hodnotu, ale i příslušnou normu. V následující tabulce jsou uvedeny způsoby určení CCA kapacity dle nejvíce používaných norem.

Standard	Teplota	Čas zatížení	Min.napětí na svorkách
EN	$-18^{\circ}\text{C}$	10 s	7,5 V
DIN	$-18^{\circ}\text{C}$	30 s	9 V
BS	$-18^{\circ}\text{C}$	60 s	8,4 V
SAE, BCI	$-18^{\circ}\text{C}$	30 s	7,2 V
ČSN	$-18^{\circ}\text{C}$	60 s	6 V

Tabulka 1 Několik standardů pro určení CCA kapacity

Uváděné zkratky zahraničních norem mají následující význam: Evropská norma, Deutsche Industrie Norme, British Standards, Society of Automotive Engineers, Battery Council International, International Electrotechnical Commission.

Kapacita CCA dle SAE se u běžných akumulátorů do různých vozidel pohybuje v rozmezí 350 až 1400 A. Kapacity uváděné dle různých norem lze porovnat podle následující tabulky.

SAE	EN	IEC	DIN	SAE	EN	IEC	DIN
155	145	100	90	800	760	515	450
200	180	130	110	850	790	550	480
250	230	160	140	900	860	580	505
300	280	185	170	950	900	615	535
350	330	225	200	1000	940	6445	560
400	360	260	225	1050	1000	680	590
450	420	290	255	1100	1040	710	620
500	480	325	280	1150	1080	745	645
550	520	355	310	1200	1150	775	675
600	540	390	335	1250	1170	810	700
650	600	420	365	1300	1220	840	730
700	640	450	395	1350	1270	870	760
750	680	485	420	1400	1320	905	790

Tabulka 2 Převodní tabulka hodnot CCA kapacity dle různých standardů

### 7.3 Kapacita pro start motoru (IC, CA, HCA).

Jiným způsobem stanovení kapacity je kapacita pro start motoru za běžných teplot (CA – Cranking Amps Capacity). Tato je stanovena stejným způsobem jako kapacita pro "studený start", pouze je měřeno při teplotě 0°C. Mezi oběma kapacitami platí dle SAE převodní vztah :  $CCA = CA/1,25$  . Další uváděnou kapacitou dle SAE je kapacita pro start motoru za tepla HCA (Hot Cranking Amps Capacity) s teplotou měření 26,7°C. Převodní vztah  $CCA=HCA * 0,69$ .

### 7.4 Rezervní kapacita (RC).

Čtvrtý, v poslední době hodně používaný způsob stanovení kapacity baterie je založen na určení počtu minut po které je vozidlo pojízdné, po vyřazení nabíjecí soustavy vozidla z provozu. Předpokládané zatížení je v hodnotě 25A což odpovídá přibližně napájení hlavních světlometů a zapalovací soustavy. Tato rezervní kapacita dle SAE představuje čas v minutách, po který plně je nabitý akumulátor schopen dodávat proud o velikosti 25A při teplotě 26,7°C aniž dojde k poklesu napětí pod 1,75V na článek t.j. pod 10,5V na svorkách baterie. Průměrná hodnota rezervní kapacity je přibližně v rozmezí od 55 do 115 minut.

### 7.5 Výkon ve wattech.

Schopnost akumulátoru otáčet motorem může být také vyjádřena pomocí dodávaného výkonu. Výkon ve wattech je jednoduše vyjádřen součinem dodávaného napětí a proudu při teplotě -18°C. Výkon se pohybuje např. v rozmezí 2000 až 6000 W.

### 7.6 Watthodinová kapacita

Watthodinová kapacita  $C_{Wh}$  je násobek ampérhodinové kapacity průměrným vybíjecím napětím. Udává se ve Wh.

## 8 UPEVNĚNÍ AKUMULÁTORU

Existuje mnoho různých způsobů konstrukčních řešení upevnění akumulátoru ve vozidle. Jedná se o mnoho variant dolních upínacích ploch i o řadu konstrukcí využívajících horní část baterie. Účelem všech držáků je zabránit vibracím akumulátoru a jeho nežádoucímu pohybu v důsledku zrychlení či zpomalení automobilu až do hodnoty 5g. Vibrace mají za následek odpadání aktivní hmoty desek od nosných mřížek. Utržení akumulátoru může způsobit závažné problémy v případě kritické jízdní situace nebo dopravní nehody. Proto musí být upevnění akumulátoru dostatečně masivní a spolehlivé.



## 9 KÓD VÝROBCE A OZNAČENÍ DATA VÝROBY

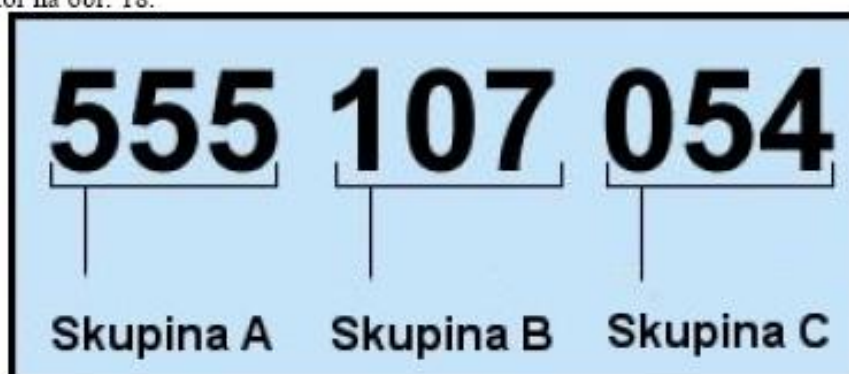
### 9.1 Kód výrobce.

Kódové označení baterie výrobcem je vyznačeno při výrobě akumulátoru. Obsahuje informace o výrobním závodě, datu výroby, typu akumulátoru atd.

Přibližně 85% evropských výrobců akumulátorů je sdruženo v organizaci EUROBAT. Podle platné dohody jsou v Evropě vyráběné akumulátory značeny dle standardu ETN (European Type Number). Unifikované značení bylo zavedeno za účelem :

- Vytvoření sjednoceného číselného značení pro evropské výrobce.
- Snadného zjištění elektrických vlastností baterie.
- Jednoduché identifikace baterie výrobcem, dodavatelem a koncovým uživatelem.
- Jasných definic elektrických a fyzikálních vlastností baterie.

Řada výrobců nicméně ještě toto označení nepoužívá, nebo se, (zejména mimo Evropu), řídí jinými standardy - viz např. akumulátor na obr. 18.



Typové číslo ETN sestává z devíti číslic rozdělených do tří skupin.

- **Skupina A**  
Napětí a nominální kapacita baterie  $C_{20}$ .  
Pro 6V baterie udává třímístné číslo přímo kapacitu baterie v Ah.

001.....499 >>>>>>> 1Ah.....499Ah

Pro 12V baterie udává třímístné číslo nominální kapacitu baterie zvýšenou o 500.

501.....799 >>>>>>> 1Ah.....299Ah

- **Skupina B**  
Udává rozměry nádoby akumulátoru, umístění pólových vývodů, typ víka nádoby, provedení držáků a rukojetí, způsob odvodu plynů, specifické požadavky na elektrické vlastnosti, úroveň odolnosti vůči silovému namáhání a vibracím.
- **Skupina C**  
Vynásobení třímístného čísla 10-ti dostaneme reálnou hodnotu startovacího proudu za studena (ICC).  
Reálná hodnota je naměřená hodnota zaokrouhlená dle další níže psané tabulky.

Skupina	$I_{CC}$ (A)
033	330 A
054	540 A
105	1050 A



• $I_{CC}$ (A)	<b>méně než</b>	200A	<b>po</b>	10 A
• $I_{CC}$ (A)		200 A ..... 300A		20 A
• $I_{CC}$ (A)		300 A ..... 600A		30 A
• $I_{CC}$ (A)		600 A ..... 800A		40 A
• $I_{CC}$ (A)	<b>více než</b>	800A		50 A

## 9.2 Označení data výroby

Pro zvýraznění informace o datu výroby opatřují někteří výrobci akumulátor nálepkou s dvouznakovým kódem. Např. označení "C1" oznamuje výrobu v březnu 2001, označení "B9" výrobu v únoru 1999. S délkou skladování užitečná hodnota akumulátoru samozřejmě klesá. Způsoby kódování se u jednotlivých výrobců liší, požadovanou informaci bychom měli obdržet od dodavatele akumulátoru.



Obrázek 18 Kód výrobce a nálepka s označením data výroby.

## 10 VÝROBA AKUMULÁTORŮ

Ve světě existují desítky, možná stovky výrobců produkujících olověné akumulátory pro použití v motorových vozidlech. Jako v případě ostatních výrobků i zde jsou výrobci tlačeni konkurenčním prostředím a požadavky zákazníků k neustálému vylepšování svých produktů. V zásadě je postupováno třemi vývojovými směry.

V prvním případě je stále vylepšována konstrukce klasického akumulátoru s tekutým elektrolytem. Jsou zaváděny nové materiály a nové výrobní postupy pro výrobu desek, důraz je kladen na vysokou kvalitu, spolehlivost a dlouhou životnost. Je zachován oddělený přístup ke kontrole, údržbě a opravám jednotlivých článků. Na tyto akumulátory je poskytována záruční lhůta až do deseti let.

V druhém případě, který pokrývá největší procentu trhu, je zachován tekutý elektrolyt, ale velký důraz je kladen na dobré provozní vlastnosti a současně na omezení, nebo úplné vyloučení nutné údržby v průběhu celé životnosti akumulátoru. Víko akumulátoru je tepelně spojeno s nádobou, k jednotlivým článkům není přístup, mnohdy nejsou ani opatřeny víčky. Záruční lhůta těchto výrobků je obvykle 1 rok, průměrná životnost v provozu do tří let. Důležitým kritériem v konkurenčním boji je u těchto výrobků cena.

Ve třetím případě se jedná o nové směry ve vývoji a výrobě akumulátorů. Mezi tyto výrobky patří akumulátory s elektrolytem ve formě gelu a akumulátory s absorbovaným elektrolytem, akumulátory se spirálovými články.

Vyšší cena je vyvážena vyšší užitečnou hodnotou a větší životností výrobku. Záruční lhůty obvykle v období do šesti let.

Konstrukci a výrobní postup akumulátoru fy Varta si prohlédněte na obrázku č. 19 na následující stránce.

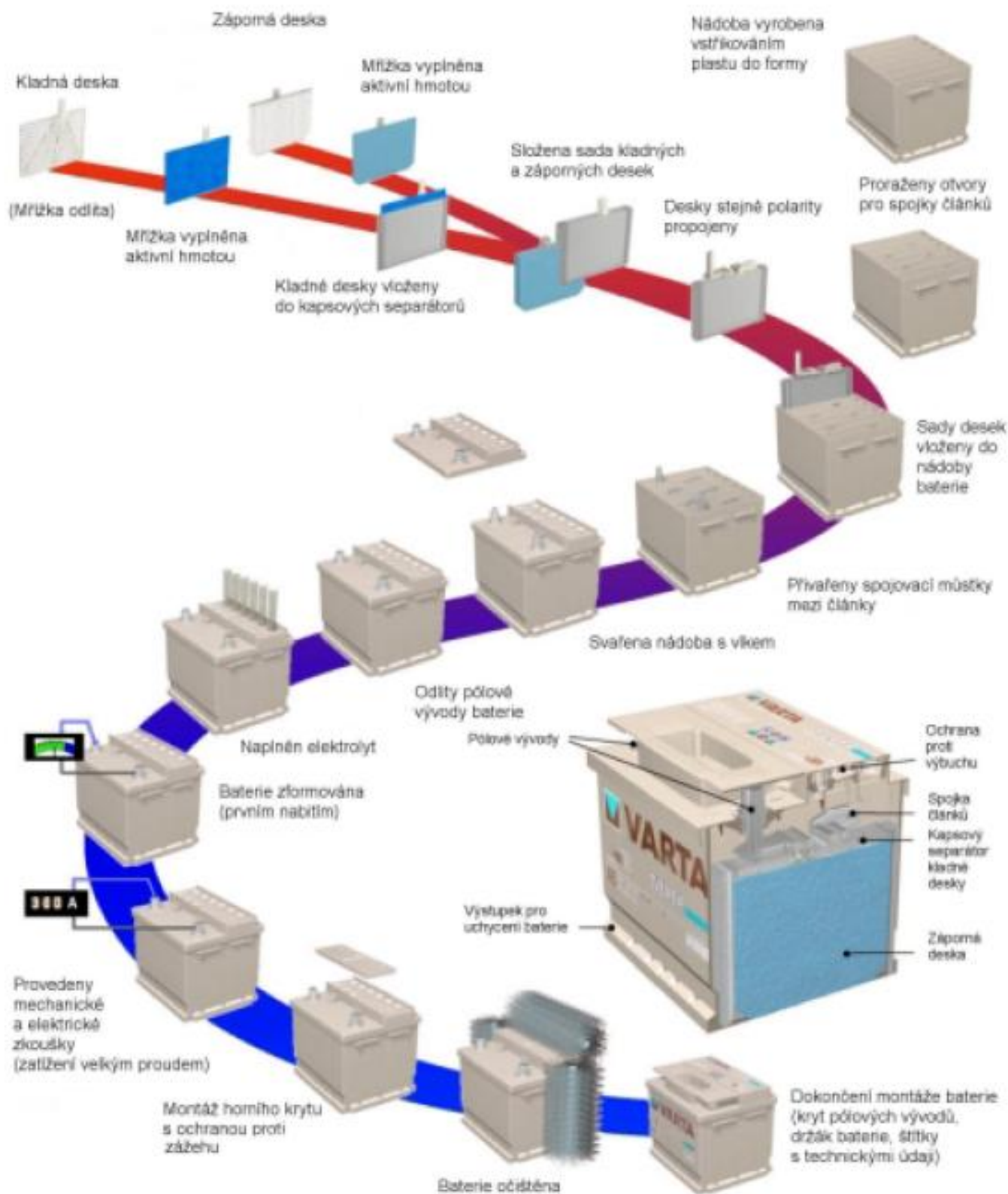
## 11 UMÍSTĚNÍ AKUMULÁTORŮ V AUTOMOBILECH

Nejčastěji je akumulátor umístěn pod kapotou v motorovém prostoru. V zimních měsících je akumulátor motorem zahříván, což je z provozního hlediska výhodné. Naopak v tropických podmínkách může ze stejných důvodů dojít k jeho nadměrnému zahřívání, zvýšenému odpařování elektrolytu a rychlému tepelnému stárnutí. Další výhodou tohoto umístění je relativně krátký spojovací vodič ke startéru a k alternátoru.

V některých případech může být akumulátor uložen v zavazadlovém prostoru, nebo dokonce uvnitř automobilu pod sedadly. Zde sice nedochází k velkým teplotním výkyvům, ale může nastat pronikání jedovatých výparů do vnitřního prostoru vozidla. Odizolování akumulátoru od vnitřního prostoru je potom často zapláceno obtížným přístupem pro jeho kontrolu a údržbu.

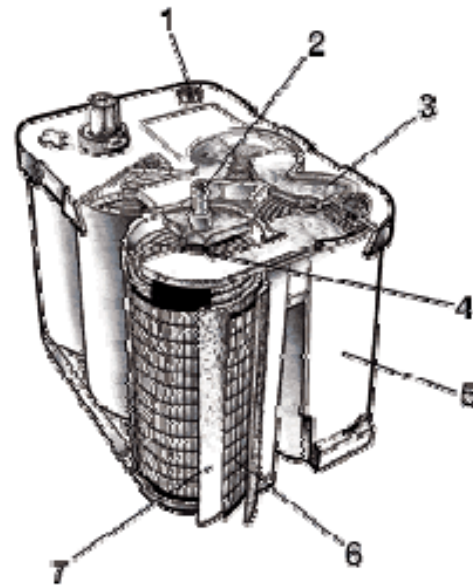
U užitkových vozidel jsou akumulátory situovány do vnějších skříněk které mohou být vybaveny výsuvnými rošty usnadňujícími potřebnou manipulaci. Nevýhodou je obvykle větší délka spojovacích vodičů, které proto musí mít dostatečný průřez aby nedocházelo k napěťovým ztrátám.

# Konstrukce a výroba akumulátoru



## 12 AKUMULÁTORY SE SPIRÁLOVOU KONSTRUKCÍ ČLÁNKŮ

1. Bezpečnostní ventily
2. Pólové nástavce
3. Odlévané spojky
4. Vínutý článek.
5. Hermeticky těsný obal
6. Desky z kvalitního čistého olova
7. Vlákna se vsáknutým elektrolytem.



Obrázek 20 Akumulátor fy Optima

Akumulátory firmy Optima i podobné výrobky dalších výrobců obsahují elektrolyt v pevném stavu a proto mohou být zcela uzavřené.

Pro jejich použití lze uvést tyto výhody:

1. Nehrozi únik elektrolytu z nádoby akumulátoru.
2. Mohou být několikrát úplně vybity bez významnějšího poškození.
3. Nevyžadují žádnou údržbu a nehrozi koroze pólových vývodů.
4. Mají až čtyřnásobnou životnost v porovnání s klasickými akumulátory.
5. Má menší samovolné vybíjení, ani po ročních skladování nevykazují podstatný úbytek kapacity.
6. Baterie je bezpečnější pro uživatele, méně ohrožuje životní prostředí.

Spirálová konstrukce článků představuje radikální změnu v provedení olověných baterií. Olověné desky jsou navinuty do spirály a vytvářejí kompaktní bateriové články. Těsně vlnutý článek s minimální vzdáleností desek dává velký činný povrch desek při malých vnějších rozměrech článku. Elektrolyt je nasáknut do skelných vláken tvořících tkanivo oddělující kladné a záporné desky. Takto vytvořený článek má extrémně nízký vnitřní odpor, proto může svými užitnými vlastnostmi nahradit mnohem větší klasicky provedený článek s plochými deskami. Elektrolyt je ve vláknech kompletně absorbován a nemůže dojít k jeho úniku ani v případě prasknutí obalu baterie.

## 13 AKUMULÁTORY PRO NAPĚTÍ 36V

V blízké budoucnosti bude zřejmě zvýšeno jmenovité napětí elektrických soustav motorových vozidel na hodnotu 36V. S rostoucím počtem elektrických a elektronických zařízení na vozidle rychle vzrůstá počet elektrických obvodů a s tím rostou i nároky na zdrojovou soustavu vozidel. Zvýšením napětí je umožněno snížení potřebné velikosti proudu při zachování výkonu. To umožňuje menší průřezy vodičů, a tím i menší hmotnost vodičů a elektrických přístrojů. Nabíjecí systém bude pracovat s napětím 42V. Průkopníky v této oblasti jsou firmy BOSCH, MERCEDES i další.