

# Roboti na Marsu



*V roce 2003 byli z rozmezí několika týdnů do vesmíru vypuštěni dva roboti směrem k planetě Mars. Jmenovali se Spirit a Opportunity, přičemž jejich úkolem bylo provést alespoň jedno vydařené přistání na povrchu čtvrté planety sluneční soustavy.*

NASA se totiž touto misí pokoušela o "reparát" za nezdar z roku 1999, kdy dvě sondy během krátké doby u Marsu ztroskotaly. Ač byly zcela rozdílné, příčina nezdaru byla stejná: úspěchanost a nedostatečné financování projektu. Americká kosmická agentura si další neúspěchy u rudé planety nemohla dovolit, proto se rozhodla totálně přepracovat další plány

jejího průzkumu. Mimo jiné zrušila výsadkovou sondu v roce 2001 - a nahradila ji dvojicí mobilních robotů vypuštěných v roce 2003 s přistáním v lednu 2004.

Tyto roboty MER (Mars Exploration Rovers), byly později překřtěny právě na Spirit a Opportunity, přičemž z technického hlediska byly od počátku navrhovány s ohledem na maximální spolehlivost. Tomu odpovídal třeba i systém přistání: roboty se sice snašely k povrchu planety na pádák, ale v závěrečné fázi se kolem nich nafouknuv hrozen airbagů, do nichž měkce dosedly. Pak ještě několikrát na povrchu podobně jako balón poskočily, než se zastavily. Po vypuštění airbagů došlo k rozložení schránky s roboty, přičemž tato byla vytvořena tak, aby mohla přistát na jakékoliv hraně a aby se následně překloupila do správné polohy. Podobně robustní konstrukce jsou z technického i technologického hlediska i oba roboti. To umožnilo řídicímu týmu značný stupeň improvizace, a to třeba při vyprošťování v písečné duně uvízlého stroje nebo ve chvíli, kdy

## ... stále „žijí“

bylo potřeba, aby roboti zhruba stejný úsek cesty jeli dopředu i "couvali" (kvůli rovnoměrné distribuci mazadla v pohonném systému). Právě proto, že jsou roboti "obousměrní", není pro ně problém polovinu cesty urazit "račím stylem". Ostatně, právě z toho důvodu, že si NASA nemohla dovolit neúspěch, vyslala dvojici automatů s tím, že alespoň jeden musí uspět. Situace ale nakonec byla úplně odlišná. Uspěly oba - alespoň co se přistání týká. Při samotné práci na povrchu planety doslova a do písmene triumfovaly. Přinesly nám neuvěřitelně detailní údaje, navíc z dlouhodobého pohledu a z velkého množství zajímavých lokalit.

### Původní záměr

Původní záměr NASA byl vytvořit roboty, které budou schopné se podívat "za roh": dosavadní sondy na Marsu nehnutě seděly a nebyly schopné se pohnout byt jen o kousek. Přitom jen pár metrů od nich vědci tušili zajímavé skutečnosti: stačilo, aby se na některé kameny nebo útvary podívaly z jiného úhlu pohledu nebo jiného směru. Právě toto měla umožnit dvojice MERů. Předpokládalo se, že každý by měl ujet tak tři sta metrů a jeden z nich snad dokonce šest set metrů. To vše v průběhu základní devadesátidenní mise, což byla plánovaná "životnost" strojů. Optimisté doufali, že by mohly fungovat snad až dvojnásobek této doby.

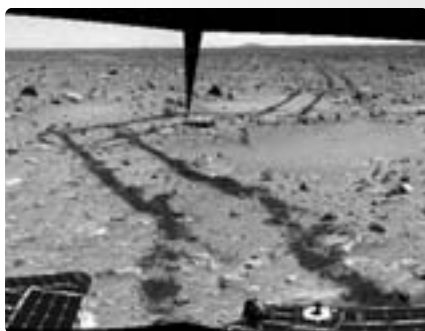
### A realita?

Spirit už má za sebou skoro sedm kilometrů, Opportunity dokonce útočí na hranici ujetých deseti kilometrů. Což jsou výkony, které tvůrce těchto automatů nenapadly ani v nejdivočejších snech. A doba práce na povrchu Marsu? Oproti původním plánům "snad devadesát dní plus možná dalších devadesát" oslavili roboti v listopadu 2006 každý svých tisíc dní práce na planetě s tím, že v lednu 2007 uplynou od výsadku už tři roky.

Ještě dlužíme technické parametry obou robotů: každý váží cca 180 kilogramů, má výšku 180 cm (včetně "periskopu", jinak zhruba poloviční) a nese pětici přístrojů. Část z nich je umístěna na výklonném rameni vpředu, kde je zároveň umístěna i malá kotoučová fréza - jakési "geologické kladívko" umožňující odstranit svrchní



Přistávací plošina robota Opportunity, všimněte si složených airbagů.



„Kličkování“ robota Spirit - stopy jasné ukazují, jak se cestou vyhýbal překážkám.



Takto vypadá práce brusky z robotů MER na kamenech Marsu.

zvětralé a nanesené vrstvy na zkoumaných horninách. Pohon mu zajišťuje šest kol, přední a zadní páry jsou samostatně říditelné. A přehled o okolí osm různých kamer.

Díky značné míře autonomnosti je stroj schopen pohybovat se v terénu samostatně. To je nesmírně důležité, protože rádiový signál mezi Zemí a Marsem letí jedním směrem podle vzájemné polohy obou planet od 180 do 1340 sekund! Jakékoliv ovládní v reálném čase je tedy zcela nemožné. Robot tak má vždy obecně naplánovanou trasu s tím, že při cestě (za den to může být až dvě stě metrů) se podle aktuální situace (náklon, prokluzování kol apod.) rozhoduje, kudy cíle dosáhne. Jen v případě mimořádné situace zastavuje a žádá Zemi o radu.

Mise Spirit & Opportunity ale není pouze úspěchem z technického hlediska, ale také z vědeckého. Díky nim jsme na Marsu našli stopy dávného působení tekoucí vody, museli trochu poopravit své představy o geologickém vývoji planety, o atmosférických či meteorologických jevech... Zatímco Spirit zkoumal pohoří Columbia Hills, Opportunity se zaměřil na studium několika kráterů (které nám poskytují nádherný pohled do geologické minulosti Marsu).

Věřme, že třetí narozeniny, které oba roboti na Marsu v lednu 2007 oslavíme, nebudou zároveň i jejich posledními. Na druhé straně: i kdyby se oba třeba právě dnes definitivně odmlčeli, navždy jim patří čestné místo v kronice kosmonautiky.

### Pohony Roverů

Na světě existuje řada výrobců elektrických pohonů, které by svým výkonem splnily požadavky mechanismů kosmické

aplikace. NASA vybrala a použila stejnosměrné pohony švýcarského výrobce maxon, protože motory, převodovky a snímače vynikají vlastnostmi, které jsou pro konstrukci a funkci kosmické sondy rozhodující.

### Požadavky na pohony

Základním parametrem pohonu pro kosmické aplikace je hmotnost pohonu při požadovaném výkonu. Vlastnost je možno vyjádřit hustotou výkonu ve Watech na 1 gram nebo na 1 cm<sup>3</sup> pohonu. Hustota výkonu použitých pohonů ovlivňuje hmotnost celé sondy a projevuje se například na spotřebě raketového paliva.

Aplikace vyžaduje řízení rychlosti v obou směrech v širokém rozsahu.

Energetická síť sondy i Roverů pro napájení motorů je stejnosměrná s nízkým napětím.

Omezená kapacita napájecích zdrojů vyžaduje pohony s vysokou energetickou účinností.

Požaduje se krátkodobě vyvinout několikrát vyšší sílu k překonání zvýšených mechanických odporů. Nutný je spolehlivý rozběh i po dlouhé době nečinnosti ve specifické atmosféře a teplotách na Marsu.

### Výjimečné vlastnosti pohonů maxon

Výroba standardních motorů, převodovek a snímačů využívá nové materiály a technologie, z nichž některé vyvinul sám maxon. Maxon se zabývá vývojem a výrobou malých stejnosměrných motorů s perma-

netními magnety ve statoru několik desetiletí. Už od prvních typů komutátorových motorů požadoval od svých výrobců nadprůměrné vlastnosti a dobu života. Vyvinul a patentoval konstrukci a technologii výroby samonosného trubkovitého vinutí rotoru. Vývoj dokonalejších motorů i ostatních prvků pohonů probíhá nepřetržitě. Řadu obecně přijímaných nedokonalostí v pohonech vyřešil výzkumem nových materiálů a vývojem technologií.

### Motory

Použité motory mají mechanickou komutaci. Komutace ve stejnosměrných motorech je přepínání proudu do sekcí vinutí na základě informace o úhlu natočení rotoru. Zajišťuje optimální úhel 90° magnetických polí statoru a rotoru v celém rozsahu rychlostí a zatížení. Motor má vysoký mechanický moment v celém širokém rozmezí rychlosti, a tak vyniká nad indukčními a krokovými motory.

Komutátorové motory maxon se liší od konvenčních stejnosměrných motorů v prvé řadě odlišnou konstrukcí vinutí rotoru. Závit vinutí nejsou vloženy obvyklým způsobem do drážek na povrchu jádra z transformátorových plechů, ale jsou vytvářeny a uspořádány do tvaru tenké trubky. Větší pracnost a technologická náročnost samonosného vinutí je vyvážena vynikajícími vlastnostmi motorů.

### Hlavní výhody samonosného vinutí

- Jiskření kartáčů na komutátoru, které je obvyklou příčinou konce života motoru, je silně potlačeno. Jiskry jsou elektrické oblouky, které vznikají indukovaným napětím při zániku magnetického pole přepojovaného segmentu cívky kartáčem. Indukované napětí udržuje proud i při vzdalování lamely od kartáče a vytáhne za odcházející lamelou jiskru. Jiskření se zesiluje s rychlostí otáčení. Energie magnetického pole samonosného vinutí je podstatně menší než energie vinutí s otáčejícím se feromagnetickým jádrem. Výsledkem je vysoká životnost komutátoru a kartáčů i při vysoké rychlosti kolem 10 000 ot/min. Pro





Konstrukce planetové převodovky s keramickými čepy.

aplikaci v kosmickém robotu není doba života motorů kritickým parametrem, ale nízké jiskření se projevuje malým opotřebením a vysokou spolehlivostí.

Motory maxon se vyrábějí s grafitovými nebo s kovovými kartáči z drahých kovů. Kovové kartáče mají nižší a stálejší přechodový odpor na komutátor. Pro další snížení jiskření kovových kartáčů jsou mezi lamelami rotoru zapojeny kondenzátory, které pohltí indukovanou energii a sníží napětí vytvářející a udržující jiskru. Je to maxonova technologie CLL, "capacity long life".

- Další důsledek odstraněného železného jádra je vysoká účinnost motoru 80-92% a nízká energetická náročnost.
- Vysoká rychlost přináší zmenšení rozměrů motoru daného výkonu.
- Motor zabere malý objem, neboť dutina v samonosném vinutí je využita pro permanentní magnet. Hmotnost je dále snížena použitím motorů řady RE s permanentním magnetem na bázi vzácných zemin NdFeB s vysokým energetickým součinem.
- Rotor má velmi nízký moment setrvačnosti, který se projevuje v krátké mechanické časové konstantě 5 až 10 ms.



Samonosné vinutí podle patentu maxon®

### Převodovky

Planetové převodovky, které jsou připojeny k motorům, používají speciálně vyvinuté čepy planet z keramiky na bázi ZrO<sub>2</sub>, které umožňují použít vysokou vstupní rychlost motoru a zmenšují rozměry převodovky.

### Snímače

Miniaturní magnetické inkrementální snímače MR, které využívají vliv směru magnetického pole, vytvářejí na výstupu až 1,024 impulzů na jednu otáčku, mají malou citlivost na otřesy a zaujímají velmi malý prostor.

[www.uzimex.cz](http://www.uzimex.cz)