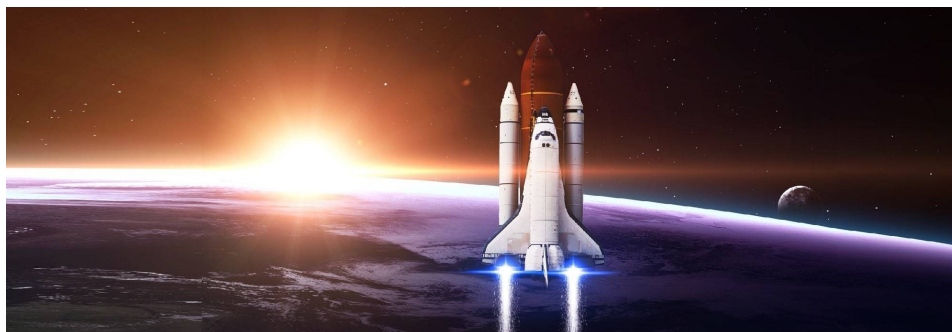


## Aprobate de Elon Musk: oțelul și alte metale în construcția de rachete

„Zenit este probabil cel mai bun, după al nostru”, a spus Elon Musk, unul dintre cei mai mari antreprenori ai timpurilor noastre, despre vehiculul de lansare spațială ucrainean în vara anului 2017.



Omul de afaceri american este cunoscut nu numai pentru vehiculele electrice Tesla, ci și ca fondator al companiei SpaceX care se ocupă de programe spațiale, proiectează lansatoare și care intenționează să ducă primul om pe Marte încă din 2002. Vehiculele spațiale Zenit sunt fabricate la uzina Yuzhmash din Dnipro, care este, printre altele, un oraș siderurgic. Rachetele moderne sunt construite dintr-o varietate de materiale, oțelul fiind unul dintre materialele utilizate în spațiu.

### Evoluția tehnologiei spațiale

Industria aerospațială modernă începe la sfârșitul anilor 1930. Oamenii de știință și oamenii de afaceri germani au fost printre primii care au proiectat și fabricat fuzee cu combustibil lichid. Oponenții Germaniei au recunoscut potențialul acestei tehnologii militare, care puteau atinge ținte la o distanță de 200 până la 250 de kilometri. Aceștia și-au dat seama că invenția oamenilor de știință germani ar putea servi unei cauze mai mari. La mijlocul anilor 1940, URSS, Statele Unite și Regatul Unit s-au întrecut în a pune mâna pe unul dintre secretele Germaniei naziste: planurile și experții care au fost angajați în proiectarea rachetei V-2. Designerul german Wernher Von Braun a decis să se stabilească în Statele Unite. S-a mutat pe un alt continent cu toate modelele sale de rachete rămase, care au constituit baza programului spațial american. Uniunea Sovietică nu a fost atât de norocoasă. Țara a rămas doar cu piese individuale și cu elemente de structură. Conduși de Serhiy Korolyov, născut în Zhytomyr, designerii sovietici au reconstruit cu migală și au îmbunătățit V-2, creându-și astfel propria rachetă, R-1. Racheta a fost lansată pentru prima dată în octombrie 1948.

Racheta sovietică era semnificativ diferită față de prototipul german, datorită capacității de proiectare, condițiilor de lucru și disponibilității materialelor. Racheta germană fusese construită în plin apogeu al războiului. Au fost chiar nevoiți să folosească alcool ca propulsor, deoarece țara lupta pe două fronturi și nu dispunea de suficient combustibil.

Drept urmare, racheta R-1 conținea un set oarecum diferit de materiale, inclusiv metale. Pentru V-2 s-au utilizat aproximativ 87 de tipuri de oțel și 59 de metale neferoase, comparativ cu cele 32 și respectiv 21 din racheta sovietică. Rezervoarele de combustibil și oxidanți, de exemplu, erau fabricate dintr-un aliaj de aluminiu și magneziu. Corpul rachetei, care conținea toate componentele sale importante, era construit din plăci de oțel.

Trebuie remarcat faptul că Yuzhmash a fost cel care s-a ocupat de producția succesivilor rachetei V-2. Acestea au fost primele încercări de utilizare a oțelului în tehnologia spațială.

### Ce fel de metale sunt utilizate la fabricarea rachetelor



Coloana vertebrală a vehiculelor spațiale moderne este alcătuită din diferite metale. Alumiuniul, metalul de bază al unei aeronave, a migrat de la aviație la construcția rachetelor. Cu toate acestea, s-a dovedit că proprietățile sale nu satisfac pe deplin nevoile designerilor. Deși ușor și ductil, nu era suficient de rezistent. Prin urmare, duralumiuniul (numit și duralumiuniu), dezvoltat în Germania la începutul secolului al XX-lea, este mai des utilizat. Acest aliaj sau, mai precis, acest grup de aliaje, conține nu numai alumiuniu, ci și o cantitate însemnată de cupru și mangan, ceea ce îl face mai rezistent și mai dur. Cu toate acestea, acest material are un grad redus de sudabilitate. Părțile din duralumiuniu sunt de obicei nituite sau înșurubate, ceea ce le garantează etanșeitatea. Ca atare, duralumiuniul este utilizat în așa-numitele compartimente „uscate” ale rachetelor.

Aliajele de alumiuniu deformabile și sudabile cu conținut de magneziu (de până la 6%) sunt mai des utilizate în industria aerospațială. Corpul primului satelit artificial din lume, aceeași sferă care a fost plasată cu succes pe orbita Pământului în octombrie 1957, a fost realizat dintr-un aliaj similar. Rezervoarele rachetei balistice cu două trepte R-7, care a devenit primul lansator sovietic, au fost, de asemenea, fabricate din aliaj de alumiuniu-magneziu.

Întrecerea spațială dintre Uniunea Sovietică și Statele Unite a dus la dezvoltarea și apariția unor aliaje pe bază de alumiuniu mai robuste, ce erau alcătuite din până la zece componente. Cu toate acestea, aliajele de alumiuniu și litiu s-au dovedit a fi cele mai rezistente și mai ușoare.

Deși aliajele din „metale aeronautice” rămân prima alegere din punct de vedere al volumelor utilizate în tehnologia spațială, oțelul este un material indispensabil pentru industria aerospațială de astăzi, la fel ca și în trecut. După ce s-a început producerea rachetelor cu mai multe trepte, utilizarea celor din oțel într-o singură treaptă, precum cea a modelului V-2, a luat sfârșit. Cu toate acestea, oțelul aeronautic încă există: și anume diferitele clase ale oțelului inoxidabil.

Din punct de vedere al durității, acest metal este superior aliajelor de alumiuniu. Structurile din oțel inoxidabil, care trebuie să reziste la sarcini spațiale fără a suferi deformări, s-au dovedit a fi mai compacte și mai ușoare. În plus, oțelul, chiar și cele mai deosebite clase ale sale, este mai ieftin.



În prezent, tancurile de propulsie sunt construite din oțel inoxidabil. Trebuie remarcat faptul că aceste structuri uriașe au pereți foarte subțiri. De exemplu, propulsorul american Centaur are o grosime a peretelui de 0,51 milimetri. Pentru ca această structură, care măsoară 12,68 metri înălțime și 3,05 metri în diametru, să nu se prăbușească sub propria-i greutate, forma sa este menținută prin crearea artificială a unei presiuni interne. Este practic umflat ca un balon cu aer.

Al treilea metal cel mai frecvent utilizat la fabricarea rachetelor este cuprul. Acesta este greu și costisitor, dar are o conductivitate termică fantastică. Ca atare, peretele interior al motorului rachetei este realizat din aliaje de cupru (de obicei cupru-crom). Acesta poate rezista la temperatura de 3000°C dezvoltată de aeronavă în timpul lansării.

Alte metale notabile utilizate la rachete sunt titanul și argintul. Deși importante din punct de vedere tehnologic, ele sunt utilizate într-un volum nesemnificativ. La plasarea unei nave spațiale pe orbită, fiecare kilogram contează, iar greutatea unitară a titanului este de 1,6 ori mai mare decât a aluminiului. În plus, titanul și aliajele sale, asemenea argintului, sunt mult mai scumpe decât aliajele de oțel și aluminiu.



### Perspectivile oțelului în construcțiile aerospațiale

În lumea de astăzi, nu este neobișnuit ca metalele și aliajele (în special oțelul) să fie înlocuite cu sticlă și fibră de carbon. Industria spațială nu face nici ea excepție. Un exemplu este corpul navetelor spațiale americane reutilizabile care aveau un sistem de protecție termică realizat din șapte diferite fibre și materiale ceramice.

O altă inovație este utilizarea imprimantelor mari 3D, care pot crea elemente complexe ale navelor spațiale dintr-o singură bucată. Unele companii aeronautice private privesc cu interes această opțiune. Trebuie menționat, totuși, că materialele utilizate includ diverse aliaje metalice. Noua tehnologie face posibilă evitarea sudării, îndoirii și a altor operații, care, după cum știm, sunt imposibil de realizat pe anumite metale ușoare.

Ce crede Elon Musk despre viitorul explorării spațiului? Poate fi folosit oțelul la fabricarea navelor spațiale?



La sfârșitul anului 2018,

[acesta a spus în cadrul unui interviu](#)

că lansatorul super-greu Starship, capabil să transporte marfă pe Lună și Marte, va fi construit din oțel inoxidabil. Care este mai ușor, mai ieftin și mai rapid.

Potrivit lui Musk, un kg de fibră de carbon costă 135 USD, în timp ce, în lumina unor eșecuri, poate ajunge până la 200 USD. În plus, va fi necesar într-o cantitate însemnată. Pe de altă parte, un kg de oțel costă în jur de 3 USD. Nu ne confruntăm cu o

[lipsă de oțel](#)



, întrucât există mulți producători de table de oțel inoxidabil la nivel mondial. Aliaje speciale au fost dezvoltate și testate, care să reziste bine la scăderile bruște de temperatură. Ele sunt rezistente la factorii externi și nu sunt predispuse la micro-fisuri, ceea ce poate duce la avarii și defecțiuni. Oțelul inoxidabil care conține crom și nichel adăugat poate rezista la temperaturile ultra scăzute ale carburantului.

Elon Musk este convins că tehnologiile metalurgice moderne îl vor ajuta să facă față celor propuse. Oțelul nemagnetic AISI 301 de înaltă rezistență cu conținut de crom-nichel îl va putea ajuta în demersurile sale.



După cercetări, echipamente destinate fabricării corpurilor de rachete din fibră de carbon (materialul ales inițial) valorând milioane de dolari, au fost demontate la fabrica Musk în martie 2019. În timpul prezentării unui prototip complet al navei spațiale SpaceX pe 29 septembrie 2019, Musk a spus că, prin utilizarea oțelului, SpaceX va cheltui doar 10 milioane USD pentru materiale necesare fabricării unei rachete, în loc de 400-500 milioane USD. Urmând ca aceste nave spațiale să fie reutilizabile.

Prin urmare, oțelul rămâne un material cheie pentru industria spațială mult timp de aici încolo.