



BEVINGAT

Flygtekniska föreningens tidskrift • Nr 3/2006

Månlandningen - en svensk teknologisk framgång

SMART-1 avslutade sin tre år långa rymdfärd genom att den 3 september göra en kontrollerad kraschlandning på månen. Satelliten, som utvecklats och tillverkats under ledning av Rymdbolaget i Solna var den första europeiska rymdfarkost som nått månen.

SMART-1 (Small Mission for Advanced Research and Technology) har utvecklats på uppdrag av den europeiska rymdorganisationen **ESA** (European Space Agency) och har haft som främsta uppgift att prova ut en ny typ av raketmotor (s.k. elektrisk framdrivning) inför framtida interplanetära rymdprojekt. SMART-1 sändes upp med Ariane 5 i september 2003 och påbörjade då sin långa färd till månen. Drygt ett år senare, i november 2004 gick SMART-1 in i omloppsbanan runt månen och hade därmed bevisat att det är möjligt att ta sig till andra himlakroppar med hjälp av elektrisk framdrivning. Sedan dess har SMART-1 framförallt ägnat sig åt en noggrann kartläggning av månyttans mineralinnehåll, en kunskap som är helt avgörande för att förstå hur månen en gång bildades och vilken roll jorden spelade i den processen.

Nedslagshastigheten var ca 2 km/sekund när SMART-1 slog ner i månområdet "Lake of Excellence", som är ett flackt, vulkaniskt område med stor variation när det gäller mineraler.

"For ESA's Science Programme, SMART-1 represents a great success and a very good return on investment, both from the technological and the scientific point of view" sade **Professor Southwood**, ESA's Director of Science.

SMART-1 var en relativt liten satellit på 366 kg som förutom de 14 m långa solpanelerna rymdes i en kub med sidor på 1 meter. Rymdbolagets Projektledare **Peter Rathsman** ledde ett team på mer än 20 europeiska underleverantörer, däribland **Saab Ericsson Space**. Han presenterade projektet på



SMART-1 på väg mot månen



Krater i landningsområdet

kongressen FLYGTEKNIK 2004. En summering av den presentationen finns i Bevingat Nr 4-2004.

Läs mer på www.ssc.se

Lars Anderson (Källa: Rymdbolaget och ESA)

Gröna drivämnena till robotar och rymdfarkoster

FOIs forskningscenter Grindsjön, söder om Stockholm, är ett av världens ledande laboratorier för forskning på energetiska material, d.v.s. spräng- och drivämnena. De drivämnena som utvecklas på FOI ger helt nya möjligheter till högre prestanda och lägre miljöpåverkan och ger därmed svensk industri en förbättrad utvecklingspotential.

På FOA (numera FOI) har man forskat på drivämnena till raketer sedan mitten av 40-talet. Anledningen var att komma i kapp den snabba utveckling som framförallt skett i Tyskland under kriget. Raketforskningen visade sig bli mycket viktig vid utvecklingen av vapen för att bl.a. bekämpa stridsvagnar. Andra intressanta områden var utvecklingen av starthjälsraketer till flygplan och raketstolar till stridsflygplan.

döljaskytten och medger styrning m.h.a. optiska metoder. En rökfri robot är också svårare för motståndaren att upptäcka och blir därmed svårare att bekämpa.

Idag används krut baserade på nitrocellulosa (NC) för dessa tillämpningar. Ett problem med denna typ av krut är att de har måttliga prestanda och dåliga lågtemperaturegenskaper (en PV-robot bör kunna



Raketmotorprovning på FOI Grindsjön

Drivämnesforskningen har genom åren spänt över ett mycket stort område inom både fasta, och flytande drivämnena. För fasta drivämnena, d.v.s. krut, var forskningen tidigare inriktad på att studera lämpliga bindemedel (polymerer) för att få fram drivämnena med bra mekaniska egenskaper. När det gäller flytande drivämnena var arbetet inriktat på att studera olika bränslen som kunde användas i kombination med väteperoxid.

Rökfria krut till PV-robotar

De senaste tio åren har forskningen fokuserat på att hitta nya molekyler som kan ge drivämnena med väsentligt högre prestanda. När det gäller PV-robotar är rökfriheten även av stor betydelse. Rökfriheten gör det lättare att

användas ned till -40 grader). INC-krut använder man även giftiga blytillsatser för att få önskade brinnegenskaper. Utvecklingen av rökfria kompositkrut har på FOI i huvudsak varit inriktad på den nya oxidatorn ammoniumdinitramid, ADN. ADN är ett relativt nytt oorganiskt salt med hög syrehalt. På FOI har man lyckats ta fram en tillverkningsmetod som är lämplig för industriell produktion. Tillverkningsmetoden har patenterats och tekniken har överförts till **Eurengo Bofors** i Karlskoga (f.d. Bofors Explosives), där tillverkningen nu sker. En trevlig "spin-off"-effekt av arbetet med ADN är ett ämne som i dag används i krockkuddar till bilar. Detta är något som blivit en viktig nisch för företaget **Bofors Bepab**.

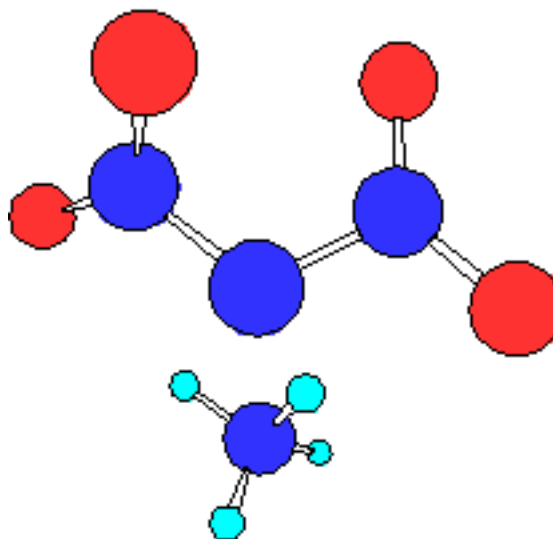
Krut baserat på ADN har en betydligt högre specifik impuls än NC-krut, samt en mycket högre brinnhastighet. I mars 2006 genomfördes de första lyckade motortesterna med ADN-krut där den förväntade rökfriheten tydligt kunde demonstreras. Den höga prestandan på ADN-krutet betyder att stridsdelen i en PV-robot väsentligt kan höjas, eller att vikten på roboten kan minskas. Det senare är särskilt viktigt när det gäller handburna system. Svensk försvarsindustri har redan visat stort intresse för detta och det är möjligt att nästa generations lätta PV-vapen kommer att drivas med ADN-krut.

Drivämnen till rymdfarkoster

FOIs verksamhet inom framdrivning av rymdfarkoster startade i början av 90-talet med att man utvecklade och tillverkade det drivämne och de raketmotorer som användes på de svenska satelliterna ASTRID och ASTRID 2. Arbetet skedde på uppdrag av Rymdbolaget, som byggde satelliterna, och de sköts upp 1995 respektive 1999.

FOI har även haft uppdrag från den europeiska rymdorganisationen, ESA, med att utvärdera nya ”gröna” drivämnen som väsentligt minskar utsläppen av miljöfarliga förbränningsprodukter. Även här har arbetet varit inriktat på oxidatorn ADN. Anledningen till att ESA är intresserad av detta är att dagens fasta drivämnen, som används i rymdraketer, producerar stora mängder saltsyra vid förbränningen. Vid en uppskjutning med Ariane 5 bildas 270 ton (!) koncentrerad saltsyra som sprids i atmosfären, och vid en uppskjutning av Rymdfärjan bildas det dubbelt så mycket. Detta beror på att det krut som används till stor del består av klor bundet i oxidatorn ammoniumperklorat. Om man istället använder ADN skulle dessa utsläpp upphöra. Att använda ADN-krut i rymdraketer är därför något man nu seriöst studerar i Frankrike.

Dagens satelliter och rymdfarkoster drivs med det flytande drivämnet hydrazin. Hydrazin är dock mycket giftigt, flyktigt, frätande och cancerogent. Hanteringen av hydrazin är därför väldigt kostsam. 1997 vände sig Rymdbolaget till FOI med en förfrågan om möjliga alternativ till hydrazin. FOI föreslog då att saltet ADN-löst i en vatten-bränsleblandning skulle kunna vara en lämplig ersättare. FOI hjälpte Rymdbolaget med underlag till ett projektförslag för att söka finansiering från ESA och året därpå kunde det experimentella arbetet påbörjas på FOI. Det lyckade forskningsarbetet ledde till en patentansökan som senare kom att lägga grunden till företaget **Ecaps**, som ägs av **Rymdbolaget** och **Volvo Aero**. Utvecklingen av framdrivningssystem med flytande ADN-drivämne har sedan pågått på Ecaps och 2008



Ammonium dinitramide (ADN)

skall denna typ av framdrivning demonstreras i rymden ombord på satelliten Prisma.

Slutligen skall det sägas att framgången inom drivämneshforskningen inte skulle ha varit möjlig utan en långsiktig finansiering från Försvarsmakten och FMV. Förutom att kompetensen kommer Försvaret tillgodo, är det även glädjande att forskningsresultaten kommer till användning inom civila områden som krockkuddar och satelliter. Med hjälp av forskningen har FOI lyckats hjälpa företag som Eurenco Bofors, Bofors Bepab, Volvo Aero och Rymdbolaget med expertkunskap och nya produkter.

Niklas Wingborg, FOI

Rymdteknik vid Ångström Aerospace Corporation

Ett föredrag i det rubricerade ämnet hölls i början av året för FTFs medlemmar av Dr **Fredrik Bruhn** som är VD vid **Ångström Aerospace Corporation** i Uppsala.

Ångström Aerospace Corporation är ett nystartat bolag som utvecklar miniaturiserade system för flyg- och rymdindustrin. Bolaget startades i juni 2005 av Dr **Fredrik Bruhn** och Professor **Lars Stenmark** tillsammans med Kalogi AB och har fått en flygande start genom sin koppling till Ångström Space Technology Centre vid Uppsala Universitet. Grunden för AAC är det extremt miniaturiserade byggsätt för både mekaniska och elektroniska komponenter som utvecklats vid Ångströmlaboratoriets avdelning för rymdteknik, under ledning av professor Stenmark

Denna forskningsavdelning har studerat mikrosystem för rymdtillämpningar i 7 år, och majoriteten av de anställda i bolaget har en bakgrund inom denna avdelning.

Idag fokuserar bolaget främst på att miniaturisera rymdsystem genom att överföra existerande konstruktioner till bolagets kiselbaserade teknik. För närvarande utvecklar AAC bl.a. en ny klass av Nano- och Picosatelliter, vilka blir betydligt mindre, och därmed billigare, än existerande minisatelliter. Genom att använda kisel som substrat för elektroniksystem, i stället för klassiska kretskort, erhålls ett tätpackat och effektivt system. Denna unika lösning möjliggör även inkludering av mikromekaniska system, exempelvis fluidsyste-
m för kylning och små raketmotorer.

AAC expanderar och har idag cirka 20 personer aktivt involverade som anställda, konsulter eller examensarbetare. Bolaget har ett nära samarbete med universitetsvärlden och handleder ett flertal studenter i deras examensarbeten, främst från civilingenjörsutbildningarna.

Ångström Aerospace Corporation har vid årsskiftet 2005/2006 signerat ett intensionsavtal med en kanadensisk organisation CANEUS NPS (Nano Pico Satellites) i syfte att sätta upp ett produktionsbolag i Kanada för tillverkning av större modulerier. Det modulbaserade system som AAC företräder har resulterat i ett internationellt samarbete för att etablera en modulstandard för små satellitsystem, MicroLink.

Utprovning av de första modulerna kommer att ske på traditionella satelliter med start redan 2007.

Den första satelliten i detta



Fredrik Bruhn med nanosatellit

koncept, MikroLink-1, är helt baserad på detta modulsyste-
m och planeras att sändas upp 2009.

CANEUS och AAC har planer på att utveckla miniatyrsatelliter i 25 kg-klassen för massproduktion som bl.a kan användas för fjärrobservation och med prestanda som kan mäta sig med 10 gånger tyngre satelliter baserade på traditionell teknik.

Dessa mycket små och lätta satelliter skulle kunna sändas upp i rymden med hjälp av jaktplan och små raketer, vilket blir betydligt billigare och kan utföras mycket snabbare än med traditionella bärraketer. Med en sådan lösning kan man snabbt skicka upp fjärrobservationssatelliter när behov uppstår t.ex vid naturkatastrofer eller militära uppdrag.

Läs mer på www.aaerospace.com

Petrus Hyvonen, AAC

FTFs Hemsida på Internet

www.flygtekniskaforeningen.org

BEVINGAT finns också på Hemsidan under rubriken "FTFs Tidskrift" och kan laddas ned fr.o.m nr 4 1996.

BEVINGAT

*utkommer med 4 nr/år
och distribueras till FTFs
medlemmar*

Redaktör och ansvarig utgivare

Lars Anderson
Kammakargatan 52
111 60 Stockholm
Tel. 08-791 84 91
E-post: lars-e.anderson@telia.com

Lokalredaktörer

Mattias Mårtensson, Göteborg
031-735 00 00

Lars-Åke Holm, Linköping
013-18 00 00

Bengt Bengtsson, Malmö
046-29 19 08

Ulf Olsson, Trollhättan
0520-940 00

*Manuskript adresseras till
redaktör eller lokalredaktörer.
Manusstopp för nästa nummer:
den 1 december.*