

Anders Callenås

Årsrapport 2002 för FoT-området

Materialteknik

Utgivare Totalförsvarets forskningsinstitut - FOI Marknadsenheten SE-172 90 STOCKHOLM	Rapportnummer, ISRN FOI-R--0781--SE	Klassificering Användarrapport
	Forskningsområde 7. Farkoster	
	Månad, år Februari 2003	Projektnummer
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 74 Materialteknik	
Författare/redaktör Anders Callenås	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarmakten	
	Projektledare	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig	
Rapportens titel Årsrapport 2002 för FoT-området Materialteknik		
Sammanfattning (högst 200 ord) Rapporten sammanfattar översiktligt FOIs forskningen under 2002 inom FoT-området Materialteknik.		
Nyckelord Materialteknik, nanostrukturella material		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 11 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista Sekretess	

Issuing organization FOI – Swedish Defense Research Agency Programme Office SE-172 90 STOCKHOLM SWEDEN	Report number, ISRN FOI-R--0781--SE	Report type User report
	Research area code 7. Vehicles	
	Month year February 2003	Project no.
	Customers code 5. Commissioned Research	
	Sub area code 74 Material science	
Author/s (editor/s) Anders Callenås	Sponsoring agency Swedish Armed Forces	
	Project manager	
	Scientifically and technically responsible	
Report title (In translation) Annual report 2002 on Material Science and Technology		
Abstract (not more than 200 words) This report summarises briefly research conducted at FOI under the Material science and technology program during 2002		
Keywords		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 11 p.	
	Price acc. to pricelist Security classification	

1	FORSKNINGSOMRÅDETS OMFATTNING OCH INRIKTNING	7
2	SAMMANFATTNING AV FORSKNINGENS RESULTATEN	7
3	DEN NATIONELLA OCH INTERNATIONELLA UTVECKLINGEN INOM OMRÅDET	7
4	PROJEKTVISA BESKRIVNINGAR AV GENOMFÖRD VERKSAMHET	9
4.1	NANOKOMPOSITMATERIAL	9
5	RAPPORTER OCH ANNAN KUNSKAPSÖVERFÖRING	11

1 Forskningsområdets omfattning och inriktning

Beskrivningen under kapitlet 1 till och med 3 överensstämmer med den text som finns i rapporten från 2001.

Forskningen inom Fotoområdet avser nya/förbättrade material och materialkombinationer för försvarstillämpningar. Den syftar till att identifiera, utveckla och värdera sådana material som kommer att få avgörande betydelse för Sveriges försvarsmakt. Den materialforskning som enkelt kan knytas till något annat Fotoområde redovisas, behandlas och finansieras där. Inom Fotoområdet behandlas flerfunktionella material där kombinationen av egenskaper är viktigare än exempelvis enskilda SAF-egenskaper eller ballistiska skyddsegenskaper.

Under 2002 har verksamheten begränsats till kompetensuppbyggnad inom nanostrukturella material och förberedelser inför ett särskilt nanoteknik program till en kostnad av: 1,3 Mkr

2 Sammanfattning av forskningsresultaten

Verksamheten innehåller ett projekt som startades under 2000. Inom projektet har kompetensuppbyggnad inom nanostrukturella material genomförts. Detta har givit FOI en uppfattning om vilka egenskaper hos nanostrukturella material som kan tänkas ha betydelse i försvarstillämpningar. Speciellt lovande verkar polymerbaserade nanokompositer vara. Dessa kan framställas med bl a flera funktioner samtidigt t ex både med låg signatur och hög hållfastighet.

3 Den nationella och internationella utvecklingen inom området

Materialtekniken utvecklas med hög hastighet och utgör en förutsättning för utvecklingen inom de flesta andra områden.

Under senare år har egenskaper hos inhomogena material och egenskaper som beror av materialens makro/mikroskopiska struktur rönt ökat intresse. Geometriska strukturer och kompositer av både ordnat och oordnat slag är idag en av de mest betydelsefulla utvecklingstendenserna speciellt för signaturmaterial.

Den starka utvecklingen inom mikroelektronikindustrin har byggt på teknik som även lämpar sig för miniatyrisering av mekaniska funktioner. Mikrosystemteknik (MST) är den europeiska beteckningen på den kombination av i första hand mekaniska och elektroniska funktioner som kan åstadkommas. I USA används beteckningarna MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) och även MOEMS där O:et står för Optical. Typiska detaljstorlekar i MST-sammanhang är 10-talet μm . Materialet är ofta kisel eller någon annan halvledare eftersom tillverkningsprocesserna för dessa material delvis är väl etablerade. Tekniken kan användas för så vitt skilda tillämpningar som trycksensorer, navigation, kemisk analys, strålstyrning och mikrovågsomkopplare (RF-MEMS). MOEMS i form av matriser av mikrospeglar kan placeras i ett fokalplan och nyttjas som spatiella ljusmodulatorer (SLM) för signalbehandling, displayteknik eller skydd mot laser.

Material helt eller delvis uppbyggda av homogena beståndsdelar med typiska korn/fiber/skikt-dimensioner mindre än 100 nm benämnes nanostrukturella material. Inom detta område görs idag mycket stora forskningssatsningar i synnerhet i USA. Dock är nanoteknik ett område som prioriteras

inom EU:s sjätte ramprogram (start 2003). Genom massivt stöd till forskning förväntas man nå genombrott i flera teknikutvecklingsområden. Den nanostrukturella revolutionen förväntas på sikt ge mer genomgripande resultat i samhället än halvledarutvecklingen åstadkommit under de senaste 50 åren. Ett materials egenskaper i ytskiktet skiljer sig ofta dramatiskt från egenskaperna i det inre av materialet. Förklaringen till de nanostrukturella materialens speciella egenskaper är bland annat att andelen atomer/molekyler i partiklarnas ytskikt ökar markant när partikelstorleken minskar. Inom ramen för WEAG CEPA II har ett antal preliminära möten hållits och det finns ett stort intresse för att initiera verksamhet inom området.

Det är inte trivialt att styra den exakta geometriska utformningen i nm-skala. Även om det idag går att använda litografi-besläktade metoder för att rita upp strukturer med dimensioner så små som 10 nm riktas intresset i stor utsträckning mot slumpmässigt, men jämt fördelade nanopartiklar i en matris av exempelvis polymerer eller porösa glaser. Nanostrukturella materialkombinationer kan ge mycket intressanta materialegenskaper. Ur elektromagnetisk synvinkel blir egenskaper relaterade till kvantfysiska fenomen som beror av geometrisk storlek aktuella. Ingående molekylers och homogena materials egenskaper spelar dessutom en mycket viktig roll för nanomaterialets växelverkan med elektromagnetisk strålning.

Teknik med ledande polymerer kommer att möjliggöra billig tillverkning under mycket enkla förhållanden av elektronik med låga till måttliga prestanda. Bläckstråleskrivarliknande teknik eller tryckteknik kan exempelvis användas för att lägga polymer elektronik på plastbelagt papper. Organiska halvledare kommer att få ökad betydelse även i högpresterande detektorer och bildskärmar. För högpresterande elektronik i

allmänhet kommer emellertid tekniken med oorganiska halvledare att dominera ytterligare ett par decennier.

För fotoniktillämpningar kan utvecklingen ömsom baseras på organiska material som polymerer/dendrimerer och ömsom på dopade glaser och kristaller. Krökta grafitliknande strukturer som fullerener och nanotuber kan byggas upp av exempelvis kolatomer. Dessa klasser av material har ofta mycket intressanta elektroniska och optiskt icke linjära egenskaper.

I syfte att förutsäga och modellera materialens egenskaper och beteende har numeriska simuleringstekniker gjort stora framsteg de senaste åren. Av särskilt intresse för försvaret är att kunna förstå och förutsäga materialegenskaper vid de mycket snabba dynamiska deformationer som föreligger vid vapenverkan, både vad gäller att utveckla bättre vapen samt skydd. Eftersom deformationshastigheterna i försvarstillämpningar är mycket högre än de vid civila tillämpningar (bilkollisioner, etc.) är det viktigt att kunna karakterisera och förstå materialens egenskaper vid dessa höga töjningshastigheter, som t.ex. fenomenet "adiabatisk skjuvning", där konventionell hållfasthet inte längre gäller, utan en projektil kan orsaka lokal smältning och gå rakt igenom ett skydd. Dylika karakteriseringar genomförs t.ex. med s.k. hopkinskonutrustningar eller med planvågsförsök. Utvecklingen inom området karakterisering av materialmodeller och simulering av vapenverkan är intensiv runt om i världen.

Inom området sintring av fasta material har ett stort framsteg gjorts de senaste åren med den nya Spark Plasma Sintering-tekniken (SPS). Detta är en hypermodern teknik utvecklad i Japan och som hittills bara återfinns vid ett fåtal institut i världen, varav Europas första nyligen installerades i Sverige (Stockholms universitet). Förenklat baseras tekniken på att nya material

effektivt sintras samman genom att sända en pulsad likström genom en provblandning. Strömmen värmer snabbt upp materialet och leds framförallt över pulverpartiklarnas ytor, vilket resulterar i att kornen smälter samman i kontaktpunkterna via nackbildning. Resultatet blir ett välsintrat material i vilket storleken på kornen ej tillväxer såsom i andra typer av sintrade material, vilket öppnar möjligheter att inkludera nanostrukturella material. Tekniken har redan visat sig kunna producera nya revolutionerande typer av material, och torde ha en stor betydelse för framtidens försvar, som t.ex. vid utveckling av gradient- och matrismaterial där man kan blanda keramiska material med metaller. I dessa material kombineras olika egenskaper, så att de nya egenskaperna gör materialet tex. starkare, segare, lättare och/eller intelligentare, i och med att man kan skraddarsy dem till att optimalt passa den tillämpning man är intresserad av.

Den totala utvecklingen ger både förbättrad grundläggande förståelse av materialegenskaperna och förbättrade framställningsmetoder.

Den ökade förståelsen för vad som styr materialens egenskaper kan utnyttjas på två sätt.

- Optimering av en speciell materialegenskap.
- Flerfunktionella material.

Optimeringen av en speciell materialegenskap kan drivas mycket långt. Vi kommer därför att se en fortsatt snabb utveckling av ex.vis: ballistiska skydd, batterier, elektronik och sensorer. En annan trend är styrbara material vars egenskaper kan påverkas av exempelvis en elektrisk spänning. Det möjliggör en kontinuerlig anpassning av signalen till en föränderlig omvärld och till varierande taktiska systemkrav.

Utvecklingen av material med flera samtidiga funktioner kan utnyttjas för att reducera antalet komponenter och därmed minska kostnad och storlek för system. Exempelvis kan signaturanpassning, elektriska ledare och antennelement inkorporeras i den bärande strukturen. På så sätt kan systemens storlek och kostnad reduceras. Denna utveckling kommer att nyttiggöras i mikro-UAV:er och Unattended Ground Sensors (utvecklingen kan gå mot elektromekaniska "sensorinsekter" respektive "Smart dust").

Nya tillverkningsprocesser gör tidigare dyra material billiga. Det är redan idag billigare kilopris på syntetiska diamantskikt än på kisel för elektronikindustrin. Både gamla och nya organiska/biologiska material bli också billigare att tillverka. Syntetisk framställning kan vara aktuell men framställning med hjälp av genmanipulerade biologiska organismer är en fantastisk möjlighet.

4 Projektvisa beskrivningar av genomförd verksamhet

4.1 Nanokompositmaterial

Projektledare: Steven Savage,
FOI Sensorteknik

4.1.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Under året har verksamheten inriktats på fortsatt kunskapsuppbyggande inom tre områden inom nanomaterialteknik: framställningstekniker, potentiella militära tillämpningar samt kontaktskapande. Dock har en fokusering gjorts på framställning av radarabsorberande nanokompositer. Syftet har varit att kunna peka ut vilka(en) tillämpningar som finns inom försvarets materielsystem, att bygga en uppfattning om "state-of-the-art" när det gäller tänkbara framställningsmetoder, och att vet "vem gör vad" inom landet samt utom-

lands. Även under detta år har en del resurser avsatts för fortsatt beredning inför det planerade programmet "Nanoteknik i försvarstillämpningar".

4.1.2 Genomförda aktiviteter

Under året har litteratursökning och deltagande i vetenskapliga konferenser fortsatt tillsammans med ett doktorandarbete i samarbete med två institutioner på KTH. Doktoranden som anställdes 2001 har sagt upp sig från projektet varför en ny har anställts från september 2002. Inriktningen är fortfarande densamma dvs framställning av magnetiskförlust nanopartiklar och deras inblandning i polymerer. Kunskapsuppbyggandet av framställnings-metoder för nanopartiklar har avslutats. Tyngdpunkten i projektets verksamhet flyttas till val av, samt uppbyggnad av kunskap om polymermatriser och härdning av dessa. Förstudiegruppens aktiviteter för att planera "Nanoteknik i försvarstillämpningar" har fortsatt och gruppens arbete planeras att avslutas under första halvåret 2003.

4.1.3 Framkomna resultat/slutsatser

En uppfattning om vilka egenskaper hos nanostrukturella material som har betydelse i försvarstillämpningar har erhållits. Dessa finns inom många områden, från signaturanpassning i radar och optiska våglängder, kemiska sensorer, elektrisk energi lagring och generering, stridsdelar (KE projektiler), energetiska material, etc. Speciellt lovande tycks polymerbaserade nanokompositer vara, där det finns stor potential att framställa material med funktioner som t ex låg signatur och hög hållfasthet.

4.1.4 Kunskapsspridning

En arbetsgrupp med deltagare från FM, FOI och FMV har bildats, och har träffats

ett flertal gånger under året. Dessutom har nya kontakter skapats med försvars-industrier och UoH. Med syfte att sprida kunskap om nanoteknik har en seminariedag och en workshop arrangerats under året.

4.1.5 Nytta/effekter för Försvarsmakten

Framförallt har ett nytt kunskapsområde skapats inom det "traditionella" materialteknik område. Via samtal och olika möten har försvarets intresse för de möjligheter nya material erbjuder förstärkts. Vidare har intresse för nanoteknik väckts inom ett antal tillämpningsnära projekt inklusive BC skydd och skydd mot laser.

4.1.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Ett projektsamarbete med Defence Science Organisation National Laboratories i Singapore har avslutats under nästa år.

4.1.7 Fortsättning

Under åren 2001-04 föreslås en fokusering på framställning, karakterisering och modellering av nanokompositmaterial. Syftet är att utveckla kunskaper om framställning av nanokompositer med tekniker som ev kan tillämpas inom industri. Tillämpningar som ses på sikt inkludera multifunktionella optisk genomskinliga polymerer (av typ polykarbonat) vilka är radarabsorberande och ballistisk skyddande, samt radarabsorberande (epoxi) polymermatriser som kan användas i samband med konventionella glas- och kolfiber kompositer. Förberedelser inför det aviserade särskilda nanoteknikprogrammet fortsätter med seminarier, planerings-workshop, studiebesök m. m. Under 2003 fastställs och levereras ett programförslag.

5 Rapporter och annan kunskapsöverföring

Rapporter

Övriga rapporter

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Callenäs Anders	Årsrapport 2002 för FoT-området Materialteknik.	IS102	FOI-R--0354--SE

Artiklar

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Blom A, Schön J	Fatigue life prediction and load cycle elimination during spectrum loading of composites.	HU4423, HU4480	FOI-S--0387--SE
Nyman T, Schön J, Melin L G	Fatigue testing and buckling characteristics of impacted composite specimens.	HU4423, HU4480	FOI-S--0385--SE
Nyman T, Schön J	Spectrum fatigue of composite bolted joints.	HU4423, HU4480	FOI-S--0386--SE

Konferensbidrag

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Benmoussa M, Levin K, Skontorp A	Surface-mounted optical strain sensors for structural health monitoring of composite structures.	E824662	FOI-S--0383--SE
Bergström H, Dahlman S, Ronsten G, Ganander H	Medium term evaluation of meteorological conditions, power performance and loads on the first Swedish offshore wind farm at Bockstigen.	E870324	FOI-S--0351--SE
Blom A F, Wang G S	Fracture mechanics evaluation of post yield fatigue crack initiation and propagation.	E824627	FOI-S--0427--SE

FOI Memo

Författare	Titel	Uppdr.nr	Dnr
Andersson Börje, Babuska Ivo, Falk Urban	A splitting method for solution of contact problems in bolted joints. Part A: Mathematical theory and system implementation.	E822413	02-2069
Horvath Andrew T, Olsson Richard T	Radar absorbing nanocomposites: Project status report	E3037	02-3137
Nilsson Sören	Four-point bending tests of repaired sandwich panels.	E824679	02-2401
Savage Steven J	A brief status report of the Swedish nanotechnology in defence applications programme.	E3037	02-1787

