

군사용 섬유소재와 관련된 선진연구동향

- 미, Institute for Soldier Nanotechnologies의 연구동향 -

박윤철, 박영환

한국생산기술연구원 섬유소재본부

1. 서 론

국내에서 국방, 군사와 관련된 연구개발은 무기체계, 비무기체계로 나누어 진행되고 있다. 대한민국 육군 군수사령부에서 정의한 바에 의하면 무기체계는 무기류, 군사작전에 직접 운용되는 주요장비 및 물자를 말하며, 비무기체계는 무기체계이외의 장비, 물자, 시설, 소프트웨어 등을 의미한다. 여기서 비무기체계는 다시 주요 비무기체계와 기타 비무기체계 두 가지로 구분된다. 주요 비무기체계는 무기체계로 분류하기 곤란한 장비, 물자, 주요 전술훈련장비와 전투력에 직접 영향을 끼치는 전투근무 지원장비, 물자를 말하고, 기타 비무기체계는 병력운영, 시설유지, 장비유지 및 운영에 필요한 물자, 개인의 기본적인 생존방호 장구류, 전력화 장비의 운영유지에 필요한 수리부속 및 유지물자, 무기체계와 주요 비무기체계로 구분하기 어려운 장비, 물자, 시설 등을 모두 포함한다. 국내에서 무기체계와 주요 비무기체계의 연구개발은 국방부산하 연구기관, 육군본부 전력개발단 등에서 담당하고 있으며, 기타 비무기체계는 군수사령부(물자, 일반장비), 교육사(장비) 등에서 맡고 있다. 비무기체계는 무기체계분야의 연구개발과 비교하여 너무 뒤떨어져 있다는 지적에 의하여 최근 발전방안에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있다. 비무기체계는 기동장비, 일반장비, 물자류, 피복류, 장구류, 천막류 등의 연구개발이 진행되고 있다. 이중 일반장비, 물자류, 피

복류, 장구류, 천막류 등에서 섬유소재가 많이 이용되고 있으며 주로 경량화, 다기능화, 신소재 적용 등에 대한 연구가 주류를 이루고 있다. 이상과 같이 간략하게 국내동향을 살펴보고, 이후부터 미국 육군의 연구개발동향을 알아보려고 한다.

여기서는 미국 MIT(Massachusetts Institute of Technology) 내의 ISN(Institute for Soldier Nanotechnologies)의 연구동향에 대하여 중점적으로 알아보려고 하겠다. ISN은 MIT 내에 있는 학제간(interdepartmental) 연구센터중의 하나로 2002년에 설립되었고 미국 육군에서 5년간 5,000만불(US \$)을, 관련 기업체들로부터 추가로 4,000만불 상당의 현금/현물을 지원받을 예정이다. 2002년 당시 North Carolina 주립대학도 프로젝트 제안서를 제출하였으나 미국 육군은 MIT를 선정하였다. ISN은 현재 공학, 자연과학 등 9개 학부의 교수 35명, 80여명의 석박사과정 학생, 20여명의 post-doctor, 10여명의 지원인력 등 150여명으로 이루어져 있으며, 군연구기관 전문가, 듀폰 등의 대기업체, 병원 등이 참여하고 있다.

현재 연구방향 및 목적은 미래 병사체계(future soldier system)의 피복류나 장비류 개발에 나노기술/나노과학을 접목하는 것이며, 생화학전에 대비하여 병사를 보호하고 부상을 당했을 때는 치유가능한 품목(피복류, 전투복, 의무장비류 등) 또는 시스템을 개발하는 것이며, 나노기술/나노과학을 접목하려는 이유는 부품이나 소재에 무게경감, 부피축소의 가능성이 있기 때문이다. 예를 들면, poncho 우

의에 나노 두께로 발수제를 코팅하면 부피가 감소되며, 천막 등 모든 물자류에도 적용가능하다. 먼 나일론 혼방 군복 개량, 부피가 나가는 장구류 벨트 등의 단순화, 방탄성능, 부상치유기능, 통신기능 등이 일체형으로 된 경량화전투복 등도 개발하려는 품목에 포함되어 있다. 흥미를 끄는 것은 나노소재, 나노장비를 미래 병사형 전투복, 헬멧, 장갑 등에 적용하려는 연구과제들이며, 육안으로 거의 보이지 않는 군복, 평상 시에는 유연하지만 부상을 입었을 때는 딱딱한(rigid) 부목형태로 고정될 수 있는 기능복, 특수소재로 만들어진 종이무게와 두께의 갑옷류 등이다. 또한 총알을 맞아도 생존할 수 있게 설계된 전투복과 갑옷, 20 피트(약 6.1미터)를 뛰어넘는 것이 가능한 전투화 등도 연구개발 중에 있다. MIT 연구진에 의하여 “world-record actuator material”와 같은 소재가 최근 개발되었다고 하니 첨단 전투화가 곧 상용화될 것으로 예상된다.

ISN은 전투 시 병사들의 작전수행에 있어 적군에게 노출될 위험성, 공격/방어 효과(예: 방탄복), 매복 및 은닉, 인체 활동성, 부상 시 실시간 치료, 피복류와 장비류의 경량화(현재 125~145 pounds에서 45 pounds로 감소) 등 6가지에 초점을 맞추고 있다. 이러한 연구주제를 수행하기 위하여 에너지 흡수소재(energy absorbing materials), 장비와 외관에 적용 가능한 기계적 활성소재(mechanically active materials for devices and exoskeletons), 감지 및 신호전달체제(detection and signature management), 병사치유를 위한 생화학 소재 및 나노장비(biomaterials and nanodevices for soldier medical technology), 소재제조 공정시스템(process systems for manufacture and processing of materials), 모델링 및 모의시험(modeling and simulation), 통합시스템 구축(system integration) 등을 담당하는 7개의 연구팀을 구성하였고, 37개의 프로젝트가 진행중이다. 각팀 간에 협동연구시스템을 도입하여 시너지효과를 향상시키고 있다. 본 고에서는 섬유, 화학, 고분자 소재와 관한 프로젝트 위주로 간략히 소개하고자 하며, 각 주제별 연구내용,

목적, 방법, 현재 성과 등은 다음과 같다.

2. 에너지 흡수 소재

에너지 흡수 나노소재는 미래 병사형 전투복의 일부가 될 것이며 총탄, 열 등의 직접적인 에너지로부터 병사를 보호하고 생존 가능성을 향상시켜 주리라 예상된다. 총알이나 폭탄공격에도 견디는 강력하면서, 반면에 가볍고 유연한 전투복을 만들기 위한 복합소재를 개발하는 것이 목적이다.

연구목적: 1)방탄복에 적용가능한 나노구조물로 구성된 섬유고분자 개발 2)스파이더 실크와 유사한 공중합물의 합성 3)갑각류, 해양동물 등의 천연물질을 이용한 인체보호용 갑옷, 잠수복 등의 개발 4)복합소재에서 나노구조물의 설계원리 파악 및 에너지 흡수/분산 변형과정에 있어 나노구조물이 미치는 영향 5)다층막 구조의 소재특성 파악 및 모델링 6)방탄 성능을 보유한 경량성소재의 설계 및 최적화 7) 개별 소재와 소재집합체의 신속 평가 시스템 8)방탄 소재에 대한 시뮬레이션

2.1. 초강력/에너지흡수 고분자 설계

목적: 1)나노공학을 이용한 우수한 방탄 성능 메커니즘의 개발 2)고분자-고분자 블렌드간의 유기적인 조직구조원리 파악 3)에너지 흡수 및 분산이 가능

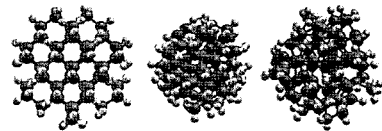


Figure 1. 에너지 흡수소재의 변형 모델.

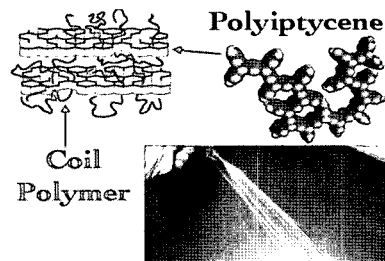


Figure 2. Polyiptycene을 이용한 interlocking 구조물.

한 고분자-고분자 블렌드 구조물 개발 및 상전이 모델링(Figure 1)

방법: 1)polyiptycene을 이용한 interlocking 구조물 제조 (Figure 2) 2)고분자쇄의 packing, deformation 메카니즘에 대한 이론적 접근 3)interwoven 구조물의 이용 4)복합구조물 설계를 용이하게 하는 소재의 개발
성과: 1)폴리에스터, 폴리우레탄, 폴리아마이드 내에서 iptycene 단량체 합성 2)iptycene polyester를 이용하여 필름, 원사 제조 3)제조된 필름, 원사의 열적, 기계적 특성 평가 4)iptycene을 함유하는 고분자의 특성파악을 위한 이론적 모델확립

2.2. 초경량 나노네트워크, 나노컴포지트

목적: 1)방탄성을 위한 나노스케일의 트러스(truss) 구조물, 세라믹 구조물 제조 2)트러스의 미세구조 모델 제시 3)기계적 물성을 위하여 구조물에 강화 충전재 혼입

방법 및 성과: 1)음/양각 효과를 주는 리쏘그래피 기법을 이용한 네트워크 구조물 제조(Figure 3) 2)Scaffold 구조로 이뤄진 생화학소재 내부로 고분자물질을 혼입 3)컴퓨터 모델링 4)실린더 형상의 홀안에 0.5 μm 2D 삼각형 격자를 적층 5)2D 삼각형 트러스의 변형모델 제안 6)2D 트러스 구조물의 인장거동 파악

2.3. 강도가 우수한 나노구조의 기능성 폴리우레탄

목적: 1)강도와 toughness가 우수하면서 유연하고 가벼운 에너지 흡수물질 개발 2)나노구조의 폴리우레탄의 기계적 toughness를 결정하는 소프트 세그먼트(soft segment)에 대한 연구 3)다각적인 변형모드

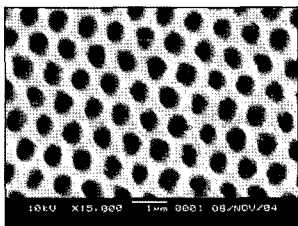


Figure 3. 리쏘그래피 기법을 이용한 네트워크 구조물.

가 가능한 탄성소재의 개발

방법 및 성과: 1)solvent exchange 기법을 이용하여 배향성이 있고 rigid한 나노미립자를 폴리우레탄에 함유시킴 2)PEO 함유 액정

또는 결정화된 폴리우레탄 세그먼트를 합성 3)폴리우레탄에 실록산계 나노화합물을 고르게 결합시킴 4)나노미립자를 고르게 분산시키는 방법 5)100 °C 이상에서도 열적 안정성이 있으며, 일반 폴리우레탄보다 10배 이상의 탄성계수를 갖는 고탄성/고기능성 나노컴포지트 개발 6)일반 폴리우레탄보다 3배 이상의 toughness를 갖는 PEO 함유 탄성소재 합성 7)silk-like 폴리우레탄 합성

3. 장비와 피부에 적용가능한 기계적 활성소재

기계적인 작동이나 압력에 의하여 stiffness 조절이 가능한 나노소재를 개발하는 중이며, 전투시 병사들의 생존 가능성을 개선하는 전투복에 이용되리라 예상된다. 작동 장치를 군복에 부착하게 되면 유연하고 신축성이 있던 군복이 딱딱하게 변형이 되어 갑옷과 같은 효과를 주게되어 병사들을 외부적인 충격으로부터 보호해 주는 역할을 하게 된다. 또한 전투중, 훈련중 골절상 등의 부상을 입게 되었을 때도 의복기능을 하던 직물형태의 섬유소재가 부목의 역할을 하게 되며 출혈이 있는 경우 부상부위에 대고 직접 압력을 가하면 압박붕대형태로 사용가능하도록 개발 중이다. 사용되는 섬유고분자 소재들은 기계적, 화학적 센서로 이용되어 압력, 인체의 동작뿐만 아니라 폭발, 신경가스, 질소화합물, 생화학물질 등의 인식이 가능하도록 고안 중이다.

연구목적: 1)자기조합이 가능한 나노구조의 블록 공중합체 개발 2)stiffness 조절이 가능한 소재선정 3)외부자극으로 형태변형이 가능하도록 하는 세그먼트간의 상호작용 연구 4)액정의 압전현상 연구 5)전투복내에 나노미립자로 구성된 자성물질을 함유시켜 화학적인 반응유발

3.1. 나노구조의 외부자극감응 고분자소재

목적: 1)나노스케일의 자기조합이 가능한 고분자소재 합성 및 개발 2)고분자간 블렌딩에 의한 신소재 개발

방법 및 성과: 1)전기적으로 활성화 가능한 블록 공중합체 합성 2)외부자극 감응거동 연구 3)전기전도도가 우수한 블록 공중합체 합성 4)X-ray를 이용한 고분자의 미세구조 파악 5)외부자극에 감응한 나노구조의 고분자소재에 대한 기계적 물성측정 장치개발 6)가교결합에 의한 고분자합성 7)신축성을 보유한 폴리피롤 합성

3.2. 전도성 고분자 actuator의 최적화

목적: 1)새로운 분자구조 설계 2)actuator 고분자소재에 의하여 stiffness 조절이 가능하도록 설계 3)형태변형(신장-수축)에 대응 가능한 세그먼트간의 상호작용 연구(Figure 4)

방법: 1)Hinge (경첩) 구조를 갖는 새로운 전도성 고분자의 합성 2)세그먼트간 상호작용의 모델링 3)고수축성 섬유소재 이용 4)전도성 고분자의 연속제조공정 개발 5)성능 평가방법 정립

3.3. 액정고분자 구조의 열가소성 탄성소재

목적: 1)전기적 신호에 신속한 감응이 가능한 압전형의 (piezoelectric) 액정고분자 소재 활용 2)기능성을 보유하는 열가소성 나노탄성 소재 활용 3)actuator로 활용 가능한 섬유나 멤브레인의 활용

방법 및 성과: 1)이관능기(bi-functional)의 개시제를 이용한 블록공중합체 합성 2)strain 감지가 우수한 중합체 설계 3)스판텍스와 같이 반응하는 섬유소재 이용 4)개시제를 이용하여 일부 블록공중합체 합성 5)archiral mesogens 또는 chiral smetic mesogens를 이용한 블록공중합체 합성 6)anionic coupling법을 이용한 블록공중합체 합성

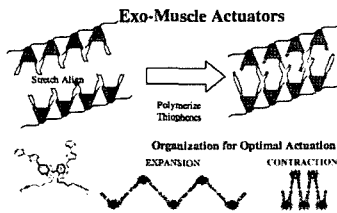


Figure 4. 세그먼트간의 상호작용의 예.

4. 센싱과 감응

생화학적인 위험(위협)을 감지하고 신속하게 감응할 수 있는 시스템을 전투복에 적용하기 위하여 필요한 기술을 개발 중이다. 이런 기술은 병사들에게 외부환경으로부터의 독소, 즉 생화학적 무기들에 대하여 빠르게 대처하는데 도움을 줄 것이다. 그리고 섬유 또는 직물을 코팅하는 새로운 기술을 적용한 전투복 제조에 대한 연구도 진행 중이다. 개발 전투복의 코팅된 표면은 신경가스나 화학무기 등의 공격에 화학적으로 빠르게 반응하며, 박테리아에 대한 오염을 현저히 감소시킨다. 소재측면에서는 유-무기복합 나노컴포지트를 활용하려고 있으며, 더불어 센싱 및 감지장치 등을 전투복에 결합하는 최적공정을 검토 중이다. 또한 생화학적 무기들을 감지하기 위한 방법으로 IR monitoring에 대하여 연구가 진행 중인데, 이때 중공사형태의 photonic band gap fiber(Figure 5)가 이용된다고 한다. 이것은 공기를 매개체로 하며 광케이블에 비하여 전송속도가 2만배 정도 빠른 것으로 알려져 있다.

연구목적: 1)전도성, 반도체성을 갖는 유기물과 고분자를 이용한 고감도 센싱기술개발 2)생화학적 센싱의 실시간 모니터링 기법 개발 3)코팅표면에서 화학적 독극물의 활성을 방지하는 기술 개발 4)인체보호가 가능하도록 원사나 직물표면에 외부환경 감응 코팅기법 개발 5)센싱감도를 향상시킬수 있는 photonic band gap fiber의 구조연구 6)적외선 감지장치에 나노결정을 이용하는 방법 7)하이브리드 유기화합물/나노소재의 구조결정 8)생화학무기에 노출

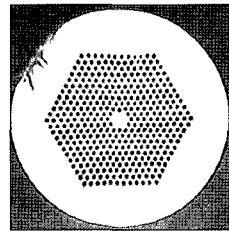


Figure 5. Hollow photonic band gap fiber의 단면 (dark circle: air hole, bright region: sili).

된 병사들의 보호시스템 개발 및 전투복에 적용

4.1. 항미생물성 섬유소재

목적: 1)인체에 유해한 박테리아, 곰팡이, 바이러스, 포자(spore) 등이 접촉하거나 침투하면 제균/살균기능을 하는 전투복표면 코팅기술 개

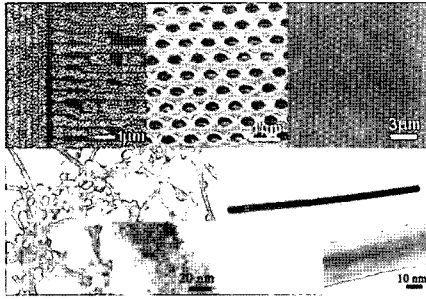


Figure 6. 나노패턴 viral array의 전자현미경 사진.

발 2)코팅표면에서의 살균 메커니즘 규명 3)인체에 무해한 항미생물코팅기법 개발

방법 및 성과: 1)비교적 분자쇄가 긴 고분자를 이용하여 코팅하며 소재표면에 항미생물 가공제를 공유결합시키고 있음 2)독성 균류, 박테리아 등의 세포막을 포위하여 살균하며 N-알킬-폴리에틸렌이민을 적용중 3)N-알킬-폴리에틸렌이민의 인체유해성(군견 포함) 검토 4)코팅내구성 증진방안 검토중

4.2. Viral/peptide bio array sensing systems

목적: 1)생화학물질의 감지 및 상해시 치유가능한 viral array 개발(Figure 6) 2)전해물질, 고분자 박막을 이용한 나노패턴 표면구조를 array에 적용 3) virus-base의 나노튜브 제작

방법: 1)새로운 리소그래피기법(예: 엠보싱, 스탬핑 등)을 이용한 나노패턴표면 활용 2)전해물질, 생화학적으로 결합가능한 물질을 부착하여 나노패턴표면을 선택적으로 활성화 3)유전공학, 생물학 등의 접목

성과: 1)전해질 스탬핑기법을 이용하여 입자크기 80 nm 이하의 나노패턴 제작 2)생화학물질표면에 나노프린팅 방법을 이용하여 고분자 전이 3)유연한 소재로 된 기질(substrate)위에 viral array 장착 4)바이러스 템플릿상에 단결정 은(silver) 나노튜브를 성장 시킴 5)바이러스 템플릿을 이용하여 산화코발트(cobalt oxide) 나노튜브 제작

4.3. 화학 독극물을 활성을 억제하는 덴드리머/나노미립자 어셈블리

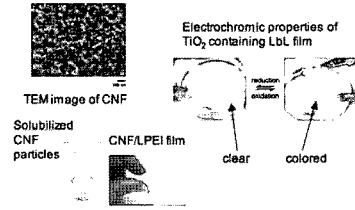


Figure 7. 카본나노섬유(CNF)의 용해 미립자, TEM 사진과 electrochromic LbL film.

감지하는 optical indicator의 개발

방법 및 성과: 1)덴드리머 형태의 고분자를 이용하며 고밀도의 표면을 갖으면서 비표면적이 큰 반도체 나노미립자 합성 2)박막위에 덴드리머와 흡수성이 우수하거나 촉매활성이 있는 미립자를 적층 3)electrochromic 성능이 있는 film 제조하여 이용 4)이산화티타늄을 함유하는 electrochromic 성능을 갖는 필름제조 5)카본나노섬유의 합성 및 LbL(layer-by-layer) film 제조에 이용(Figure 7) 6)필름시료에 대하여 수분이나 특정물질의 투과도 측정

4.4. 대칭구조의 Photonic band gap fiber

목적: 1)저격수의 위치를 음파에 의하여 감지하는 다기능성 섬유, 직물 개발 2)레이다 등의 장치에서 주파수의 갑작스런 변동을 감지하는 섬유 개발

방법 및 성과: 1)photonic bandgap(PBG) fiber 구조에서 음파의 전파과정 파악 2)직접 음파감지가 가능한 섬유 설계 3)PBG fiber에 압전성 물질 적용 4)충격이 가해진 photonic 결정구조에서 변칙적인 도플러 시프트에 대한 이론적 예측 5)PBG fiber의 air hole 구조 검토 6)기능성섬유 구조내에 금속-절연체-반도체 적층

5. 병사치유용 바이오소재와 나노디바이스

병사들이 뇌출혈, 골절, 감염 등 치명적인 부상을 당했을 때 이를 감지하고 치유하는 방법, 부상당한 병사들의 등급분류체계에 대하여 중점적으로 연구하고 있다. 실제 전투 시 병사가 부상을 당하면 후송순

위가 상당히 중요하다고 한다. 상처치료를 도움이 되는 물질, 부상당한 병사들에 대한 모니터링 등도 연구되며 이 때 전투복 센서가 병사들의 위치, 신체상태 등을 감지하여 작전본부로 전달해 주는 역할을 하게 된다. 생화학 독극물질들을 감지하고 그 위협으로부터 병사들을 보호해 주는데 새로운 나노소재가 이용된다. 전투복은 병사가 골절상을 당했을 때 필요한 부목 등과 같은 의료장비로 활용된다. 나노소재 및 장비는 전기적신호에 의하여 성질이 즉시 바뀌게 되며, 해독제와 같은 약물투여 및 조절이 가능하여야 한다. 이 연구에는 기업, 병원, 군 연구소등이 참여하고 있으며 특히 척추교정판, 목 고정대, 부목, 깁스, 지혈대 등의 의무장비류에 나노기술을 접목하는 것은 실현 가능성이 있는 것으로 보인다. 이런 연구는 전쟁시 병사의 생존 가능성을 높여 주리라 예상되며 일반시민들에게도 많은 혜택을 줄 것이다.

연구목적: 1)생화학물질의 감지기능이 우수하고 치료약물의 투여량 및 속도조절이 가능하도록 하는 표면구조 개발 2)마이크로 채널, 섬유, 기포 패키지 내부에 자기장 감응 미립자가 함유될 수 있도록 하고, 이를 사용하여 부하를 제거 또는 완화하는 load transfer 장치 개발 3)부하를 덜 받고 무게를 최소화하고 동작을 원활하게 하며, 충격을 완화할 수 있는 소재를 인체공학적으로 개발 4)생의학 치료약제의 전달, 세포증식(재생)을 향상시킬 수 있는 다공성 표면활성 섬유매트릭스의 개발 5)생물학적 무기를 감지하거나 방어하는 고성능 직물 개발

5.1. Switchable surface

목적: 1)마이크로유체에 새로운 표면적용 2)세포 감지시스템에 적용 3)표면의 분자구조적 특성 파악 4)친수성-수수성 / 소수성-친수성으로 신속하게 변화/반복 가능한 표면구조 제조

방법: 분자설계(Figure 8), 화학분석, 합성, 리소그래피 기법

성과: 1)자기조합형 단층상에서 분자레벨에서 모델 정립 2)표면접촉각 측정 등 성능 평가 3)동물조직

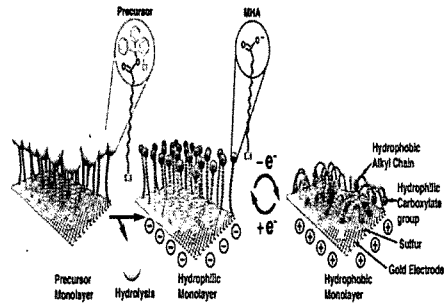


Figure 8. Switchable surface의 예.

중에 있는 산성 다당류인 하알루론산, 폴리에틸렌 글리콜 등과 같은 분자들을 패터닝하는 기법개발 4) 마이크로 패터닝 표면에 대한 기본연구 수행

5.2. 상처치유 및 인체공학적인 시스템

목적: 1)약제 감지, 상처부위보호제 전달에 대한 non-invasive 기법 개발 2)의복, 장비 등으로부터 받는 부하를 분산, 전달하는 인체공학적인 시스템 개발 3) 폭발, 충격, 진동 등을 완화하고 활동을 용이하게 하는 시스템 개발

방법 및 성과: 1)수학적 모델링 2)액정, 나노미립자, 자기장 감지유체 등을 컴포지트에 적층 3)나노 크기의 기공을 통한 이송시스템 연구수행 4)기공도, 비틀린정도를 예상하는 모델수립 5)모델구조내에서 확산거리, 비대칭성 등에 대한 연구

5.3. 나노구조의 생의학(biomedical)용 섬유구조물

목적: 1)생의학 치료약제의 전달이 용이하고, 상처치유에 도움을 줄 수 있는 다공성이고 표면활성이 우수한 섬유구조물의 개발 2)관절보호대, 외상치료용 붕대 등의 개발 3)생화학 독극물을 감지하고 중화시키는 방법개발

방법 및 성과: 1)나노섬유 구조물 제조를 위하여 전기방사시스템 이용(Figure 9) 2)생체적합성 소재를 선정하거나 modification 3)소재의 인체내 생분해성 고려 4)전기방사된 섬유직경범위 0.5~10 μm로 결정

6. 기능성 나노소재의 제조공정 및 특성평가

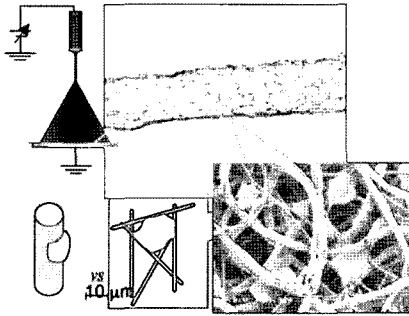


Figure 9. 전기방사에 의한 섬유 SEM 사진.

이 분야에서는 기능성 나노소재 제조에 필요한 장치개발과 공정을 개발 중에 있으며, 시험, 평가를 하고 있다. 나노섬유, 나노필름, 다층구조의 소재, 멤브레인, 마이크로디바이스, 마이크로유체 디바이스, 기능성 중공섬유, 자기장 감응 소재 등을 제조공정에 적용하는 연구, 각 소재들의 최적조합을 찾는 연구 등이 진행 중이다.

연구목적: 1) 새로운 나노섬유 제조가능성 제시 2) 다기능성 절연/전도 CVD(chemical vapor deposition) 코팅 3) CVD 장치 개발 4) 직물에 CVD 고분자 접합 5) 두께 10 nm~1 μm의 단층(monolayer)를 다층구조의 컴포지트로 제조 6) 마이크로채널안에서의 유체흐름 연구

6.1. 나노섬유소재의 제조

목적: 1) 나노섬유, 직물 등 나노섬유소재 제조 2) 최적 제조공정설계 3) 나노섬유소재와 센서 등의 부품의 최적 연결방법

방법 및 성과: 1) 전기방사, 수지(resin)방사, 기존방사 개량, 방사방법의 최적조합 2) Two-fluid 전기방사에 의한 나노 중공섬유, core/shell 구조의 섬유 개발(Figure 10) 3) 초상자(super-paramagnetic)성 섬유 개발 4) 수지방사 단섬유의 기계적물성 측정 5) 나노클레이로 충전된 고분자 컴포지트의 개발 6) 단층 CNT와 다층 CNT-폴리카보네이트 섬유의 구조파악, 물성측정

6.2. 나노 다층 필름의 제조, 물성, 형태

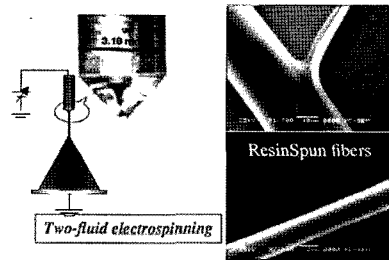


Figure 10. Two-fluid 전기방사 모식도와 수지방사 섬유의 전자현미경 사진.

목적: 1) 두께 10 nm~1 μm의 단층필름을 나노구조의 다층구조로 설계 2) 다층 나노소재의 층계구조에 의한 시너지효과의 모델링, 특성평가

방법 및 성과: 1) 2가지 단일 고분자를 co-extrusion 후, 다층 컴포지트 제조 2) 변형범위와 에너지 분산이 넓게 퍼질 수 있는 딱딱한 (brittle) 상태에서 부드러운(ductile) 상태로 또는 그 반대로 되는 소재를 이용 3) 다층구조 소재의 열적특성 파악 4) 기계적 변형거동 분석(예, PC/PMMA 마이크로층의 기계적 변형 분석) 5) 충격에 의한 crazing model 파악후 물성보완

6.3. CVD 고분자

목적: 1) 유연성을 갖는 CVD 고분자를 이용하여 군복(보호복)에 적용 2) 직물이나 장비에 CVD 고분자 코팅기술 개발

방법 및 성과: 1) 항 박테리아, 전도, 파장유도, 발수방수, 절연, 가스차단, anti-clogging, anti-biofouling 등의 성능을 갖도록 CVD 고분자를 코팅(Figure 11) 2) Roll-to-roll 파일럿 규모의 실험

7. 결 론

이상에서와 같이 주로 섬유소재와 관련된 연구과제들을 간략히 살펴보았으며, 소개하지 못한 부분은 나노소재 제조공정의 모델링, 시뮬레이션, 전반적인 시스템을 설계, 강화, 통합하는 프로젝트이다. ISN은 군의 보유 자원과 실제 병사들의 요구사항을 비교분

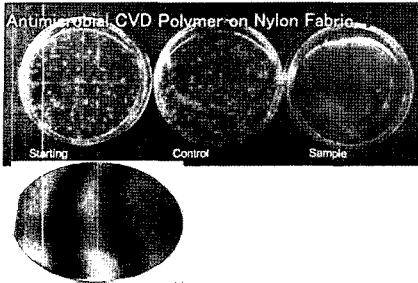


Figure 11. 나일론 직물을 이용한 CVD 항균 코팅.

석하고 각각의 연구진들과 정보를 공유하여 전반적인 시너지 효과를 얻고 있으며, 실제 전쟁터에서 성능을 유지하기 위하여 현장 적용성에 대하여 상당히 중요하게 생각하고 있다. 또한 ISN은 산-학-연-군(관)을 유기적 조직으로 구성하였고, 핵심역량을 갖춘 기업체, 병원, 군 연구소의 참여를 유도하였다.

총탄을 맞아도, 폭탄이 터져도 병사의 신체가 보호되며, 높은 장애물이 있어도 뛰어 넘을 수 있고, 비가 오고, 눈이 오고, 바람이 불어도 아무런 영향이 없는 첨단 나노섬유소재 및 장비의 개발, 부상을 당하여도 더 이상 악화되지 않으며 치료제를 바로 상처부위에 작용하게 하는 전투복 개발, 아주 가볍고 유연하지만 방탄/방검 성능이 있는 섬유소재 개발, 더우면 신선하고 쾌적해지고 추우면 보온기능이 작동하는 섬유소재, 생화학무기 또는 전자기적인 험등 외부환경에 감응하고 보호기능을 발휘하는 소재

및 장비의 개발 등은 SF적인 요소를 많이 가지고 있다. 그러나 과학, 공학, 기술의 발달과 함께 점점 현실화, 실용화 되는 부분도 있다. 이러한 연구들은 기업체나 연구기관에 새로운 도전 의식을 주고 있으며 연구수행중 여러 가지 새로운 개념들, 생각들은 관련 산업의 활성화에 기여할 것이다.

미래의 병사들은 머리부터 발끝까지 첨단소재와 장비를 갖추고 전투에 임할 것이며, 이런 미래병사 체계에 대한 연구는 공격개념이 아니고 방어개념의 관점에서 진행되고 있다. 그러나 총탄을 맞아도, 지뢰를 밟아도, 용제나 세균의 공격을 받아도 신체에 전혀 이상이 없는 병사들을 만난다면 상대방은 전투의지를 잃게 될 것이다. 나노기술을 접목하여 개발된 섬유소재들은 군사용 뿐만 아니라 민간용으로도 활용 가능한 소재이므로 우리나라에서도 활성화되리라 전망되며 연구의 필요성이 있다고 생각된다.

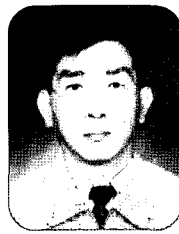
그러나 안타깝게도 우리나라 국방 연구개발비는 2000년에 국방비의 5.2%에서 2004년에 4.2%로 오히려 감소하였으며, 2001년 기준으로 미국 13.8%, 영국 12.2%, 프랑스 13.0%, 독일 6.4%, 러시아 10.0%로 선진국의 국방 연구개발비 비율에 비하여 상당히 낮은 수준이다. 국방연구개발 정책을 체계적으로 운영하고, 기술개발에 대한 투자를 점진적으로 증대하여 기술축적중심의 연구개발을 강화하는 것이 자주국방에도 도움이 될 것이다.

저자 프로필



박 윤 철

1989. 한양대학교 섬유공학과 졸업
 1997. 한양대학교 섬유공학과(박사)
 2001-2003. NCSU 섬유대학 방문연구
 2003-현재. 한국생산기술연구원 섬유소재
 본부 선임연구원
 (425-836)경기 안산시 단원구 성곡동
 시화공단 4마 203호
 전화: 031-496-6726, Fax: 031-496-6710
 e-mail: ycpark@kitech.re.kr



박 영 환

1981. 서울대학교 섬유공학과 졸업
 1983. 서울대학교 섬유공학과(석사)
 1991. 서울대학교 섬유공학과(박사)
 1984-1988. 1991-1994 (주)효성 중앙연구소
 1994-현재. 한국생산기술연구원 섬유
 청정센터 수석연구원