TECHNOLOGY NEWS
기·술·뉴·스

철보다 10배 강한 탄소섬유복합재, 생기원이 가공 기술 개발해

한국생산기술연구원(이하 생기원) 생산시스템그룹 이석우 수석연구원이 이끄는 공동연구팀이 경량부품 생산을 위한 탄소섬유복합재 가공기술 개발에 성공했다. 개발에 성공한 기술은 탄소섬유복합재 가공에 필요한 각종 장비, 검사, 공정 및 모니터링 기술을 패키지화한 원천기술이다.

가볍고 강한 탄소섬유복합재는 경량화가 필요한 분야에서 매력이 큰 소재이지만, 원재료와 공정비용이 높은데다 항공기, 자동차 등 품질기준이 엄격한 최종제품에 사용되기 때문에 가공과정에서 품질 확보가 중요하다. 특히 적층구조로 이루어진 소재 특성상 절삭이 어렵고, 뜯기거나 갈라지는 결함이 자주 발생해 품질 및 생산성을 높일 수 있는 기술 개발이 절실한 상황이다.

공동연구팀은 이를 해결하기 위해 항공기용 대형부품에 적합한 대량생산방식과 다양한 차종부품 생산에 유리한 유연생산방식의 투트랙(Two-Track) 전략으로 기술 개발에 착수했다. 먼저, 워터젯(초고압으로 가압한 물에 고체 연마재를 첨가하여 그 에너지로 절단하는 방법)과 드릴링 절삭기능을 하나의 공구로 통합한 8 m × 4 m 급 복합가공장비를 개발, 2개의 공구를 사용하던 기존 장비보다 공간효율을 1.7배가량 높여 항공기용 대형부품의 생산성을 제고했다. 또 광학 스캐너를 활용해 가공된 부품 표면과 내부 불량을 1초 만에 파악하는 '3D 광학 고속 검사기술'을 세계 최초로 개발, 대형부품 품질검사의 속도를 높였다.

아울러 다양한 형태의 자동차 부품생산을 위해 워터젯·드릴링·분진흡입 등 각각의 기능을 전담하는 다관절 로봇을 최적의 위치에 배치, 부품의 형상 및 생산량을 조정가능한 유연가공시스템을 개발했다.

연구팀은 이러한 하드웨어를 기반으로, 극저온·초음파 가공과 같은 첨단 가공공정 및 모니터링 소프트웨어를 최적화함으로써 패키지형 탄소섬유복합재 가공기술을 완성했다.

생기원 주관으로 14개 기관이 참여한 이 과제는 2015년 시작돼 3년 만에 성과를 낸 것으로, 현재까지 총 53건의 특허를 출원해 10건(해외 2건)이 등록된 상태이다. 14개 기관은 한국정밀기계, 기가비스, 연세대학교, 중앙대학교, 한국기계연구원, 한국탄소융합기술원 등이다. 상용화될 경우 국내에도 탄소섬유복합소재를 부품으로 가공해 제품화하는 산업생태계가 조성될 전망이며, 2012년 12조 원 규모에서 2030년 100조 원 규모로 커질 것으로 전망되는 탄소섬유복합재 세계시장에서 미국, 일본, 독일 기업들과 경쟁이 가능해질 것으로 기대된다.

이석우 수석연구원은 "이번 기술 개발을 통해 국내 탄소섬유복합재 산업생태계 조성에 꼭 필요한 부품가공 역량을 갖추게 됐다"고 말하며, "앞으로 지속적인 성능 테스트를 거쳐 장비 성능을 안정화하고 연구데이터를 축적해 기술 완성도를 높이겠다."고 밝혔다.

<http://www.hellot.net/new_hellot/magazine/magazine_read.html?code=201&sub=004&idx=39701>

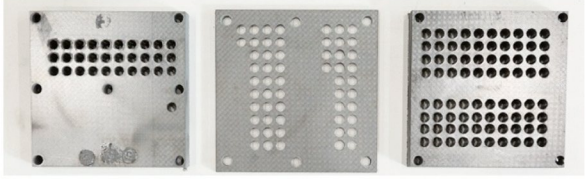

그림 1. 탄소섬유복합재 드릴링 가공 결과물.

휘어지는 투명 고감도 터치센서 개발

손가락으로 누르는 힘의 세기에 따라 대소문자를 구별하는 고감도 3D터치 키보드에 투명함과 유연함이 더해졌다. 연세대학교 심우영 교수 연구팀이 나노입자를 활용하여 고감도 투명 플렉시블 압력센서를 개발했다.

유리처럼 투명하고 종이처럼 휘어지는 웨어러블 기기에 대한 관심이 증가하고 있지만, 기술적인 한계로 인해 대중화되지

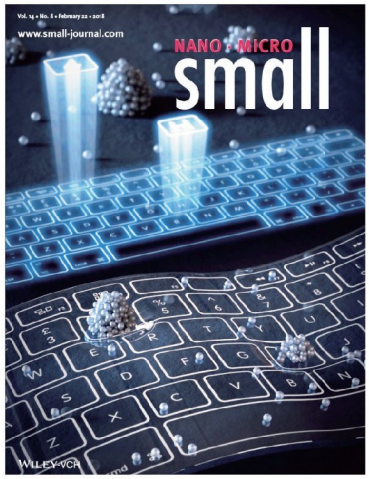

그림 2. 국제학술지 스몰(*Small*) 표지논문 선정(출처: 한국연구재단).

못하고 있다. 복잡한 고비용 표면처리 공정이 필요하고, 터치센서의 민감도를 높이기 위한 표면의 미세구조로 인해 투명도가 저하되기 때문에 민감도와 투명도를 동시에 향상시키는 일이 불가능했다.

연구팀은 빛이 잘 투과하는 실리카 나노입자가 터치센서 표면에 돌출되도록 제작했다. 거친 표면을 이용해 압력감지 성능을 극대화했고, 터치센서를 투과해도 색깔의 변화 없이 선명하게 보일 정도로 투명도도 우수하다.

개발된 터치센서는 공정이 간단할 뿐만 아니라 주방에서 사용하는 랩, OHP 필름 등 다양한 일상적인 재료 위에 제작할 수 있어 매우 경제적인 장점이 있다.

심우영 교수는 "이 연구는 트레이드오프 관계로 여겨지던 민감도와 투명성을 동시에 구현한 압력센서를 개발한 것"이라며, "혈압측정 헬스케어 기기와 3D터치 키보드에 기술을 적용하는 데에 성공했으며, 향후 고성능 사용자 터치 인터페이스와 웨어러블 기기 등으로 널리 활용될 것으로 기대된다."라고 연구의 의의를 설명했다.

이 연구는 과학기술정보통신부·한국연구재단 기초연구사업(중견연구, 선도연구센터) 등의 지원으로 수행됐다. 국제학술지에 2월 22일 게재돼 표지논문으로 선정됐다.

<http://www.astronomer.rocks/news/articleView.html?idxno=85278>

긁혀도 찢어져도… 스스로 원래 형태로

국내 연구진이 긁히거나 찢어져도 스스로 원래 형태로 돌아오는 폴리우레탄 신소재를 개발했다. 향후 얇은 필름 제품으로 상용화할 경우 자동차 외부 보호재나 스마트폰 보호 필름, 첨단 센서 소재 등 다양한 산업 분야에 활용될 것으로 보인다. 한국화학연구원은 "상온에서 자가 치유가 되면서 기존 소재에 비해 강도가 2배 높은 신소재 원천 기술을 개발했다"고 10일 발표했다. 자가 치유는 절단된 물질이 상온에서 열이나 화학 물질의 도움 없이 재결합해 원래 모습으로 돌아오는 성질을 말한다. 지금까지 개발된 자가 치유 소재는 별도로 열을 가해야 하거나, 열을 가하지 않으면 강도가 약해 상용화에 한계가 있었다.

연구진은 운동화나 옷에 쓰이는 플라스틱의 일종인 폴리우레탄을 개량해 상온에서 쉽게 다시 붙으면서 강도가 높은 신소재를 개발했다. 연구진은 폴리우레탄의 단단한 부분 사이에 특수 제작한 황화합물을 촘촘히 집어넣었다. 황은 다른 물질보다 상대적으로 낮은 온도에서도 쉽게 다른 물질과 반응해 결합하는 성질이 있다. 연구진은 고분자 화합물을 폴리우레탄에 섞으면 단단함을 유지하면서도 상처가 생겨도 쉽게 재결합한다고 설명했다.

연구진은 지름 5 cm 원 형태의 폴리우레탄 신소재를 칼로 자른 뒤 다시 붙인 결과 상온에서 2시간 만에 원래 강도의 80% 이상으로 회복했고, 6시간 후에는 5 kg짜리 아령을 들어올릴 수 있을 정도로 돌아왔다고 설명했다. 황성연 박사는 "이번에 개발한 신소재는 기존 폴리우레탄 생산 공정을 그대로 이용할 수 있기 때문에 상용화 가능성이 높다"고 말했다. 이번 연구 결과는 국제학술지 '*Advanced Materials*' 올해 첫 표지 논문으로 실렸다.

<http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2018/01/11/2018011100102.html#csidxcae1489caf855b28a4e3025c9137e3e>

아디다스와 Carbon이 함께 만든 3D 프린팅 신발 – Futurecraft 4D

운동용품 제조 업체인 아디다스(Adidas)와 3D 프린터 제조 업체 Carbon(구. Carbon 3D)이 3D 프린팅을 이용하여 운동화를 '대량 제작'하겠다는 계획을 2017년에 발표했었는데, 얼마전 한 켤레에 $300인 스니커즈를 한정판으로 출시하였다. Futurecraft 4D라 이름붙인 3D 프린팅 스니커즈는, 신발에서 충격을 흡수하는 부분인 '미드솔(midsole)'만이 3D 프린팅으로 만들어졌다. 미드솔 이외의 부분은 고객 맞춤(customization)의 장점이 크지 않기에 미드솔부터 시작한 것으로 생각된다. 쉽게 예상할 수 있듯이, 미드솔을 3D 프린팅으로 만들면, 고객의 발모양이나 신발의 용도에 따라 디자인을 조금씩 바꾸어 제작할 수 있다는 장점이 있다. 예를 들어, 신발 사이즈가 같더라도 몸무게 50 kg인 고객과 90 kg인 고객에게 필요한 미드솔의 디자인은 다를 것이다. 또한, 달리기를 많이 하는 사람 혹은 가벼운 산책을 주로 하는 사람, 혹은 매장에서 오랜 시간 서 있어야 하는 고객의 필요에 따라 쿠션을 딱딱하거나 푹신하게 만들 수 있고, 앞부분은 딱딱하게하고 뒷부분은 푹신하게 하는 등 다양한 디자인의 미드솔 제작이 가능한 것이다. 미드솔 3D 프린팅 제조과정은 아래 영상에서 확인가능하다.

이러한 뚜렷한 장점에도 불구하고 3D 프린팅으로 과연 대량 제조가 가능할 것인가 하는 의문은 항상 있어왔다. 기존의 3D 프린터들은 대부분 디자인 아이디어를 싼 가격에 빨리 시제품화(prototyping)하는데는 유용하지만, 대량제조를 하게되면 소위 'Scale up'이 안되기 때문에 가격 경쟁력을 잃어버리게 되기 때문이다. 하지만, Carbon의 CLIP 기술은 기존의 3D 프린팅 방법에 비해 최소 10배 이상 프린팅 속도를 개선하여 아래 그림에서 보듯이 'design → prototyping → tooling → production'에서 prototyping과 tooling을 건너뛰고 design에서 바로 production이 가능한 workflow를 구현하려는 시도를 하고 있다. 그래서, 회사 홈페이지 첫화면에 나오는 모토도 'stop prototyping, start producing(시제품 만들지 말고 바로 생산하자)'이다. 즉

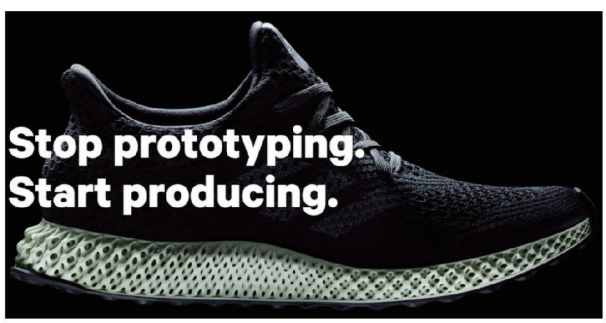

그림 3. 3D 프린팅으로 제조된 신발.

'다품종 소량생산'을 넘어 '다품종 대량생산'이 가능하게 되는 것이다.

2017년 12월에는 아디다스, GE 등으로부터 $200 million(한화 약 2천억원)의 시리즈 D 투자도 유치하였는데, 아디다스와 Carbon 은 올해 5천 켤레 생산에서(이미 이 단계는 넘은 것으로 알려져있다) 수십만 켤레의 3D 프린팅 신발을 생산하는 단계까지 도달한 후, 내년엔 백만개 이상까지 생산 가능하도록 스케일업하겠다는 계획을 세운 것으로 알려졌다. 조만간 $300 이하의 가격에 내 발에 꼭 맞는 3D 프린팅 신발을 살 수 있을지도 모르겠다.

<http://hub.zum.com/techneedle/19857>

스스로 제어하는 고분자 인공근육 개발

포스텍은 화학과 박문정 교수, 통합과정 김승제씨가 식물 뿌리나 잎이 보이는 자발적인 굽힘 및 부피변화를 모방해 전력공급 없이도 움직임을 유지할 수 있는 고분자 액츄에이터(유체에너지를 이용해 기계적인 작업을 하는 기기)를 개발했다고 밝혔다.

의수나 인공근육에는 움직임을 구동시킬 기계가 필요한데 이 기계를 액츄에이터라고 부른다. 몸에 부착해 환자들의 움직임을 돕는 웨어러블 기계나 인공근육, 섬세한 움직임이 요구되는 의료로봇 등에는 전력이 적게 소모되면서 전력이 공급되지 않는 상황에서도 움직임을 유지할 수 있는 기능이 필요하다.

연구팀은 식물 뿌리가 환경 변화에 맞추어 부피를 변화시키는 원리를 모방해 빛과 전기에 의해 활성화되는 이중층 구조의 고분자(LEAP)를 이용해 액츄에이터를 개발했다. 이 액츄에이터는 기존의 전기감응성 액츄에이터에 비해 변형률이 350%나 증가했으며, 기존 액츄에이터 보다 3배나 무거운 물체를 들어올릴 수도 있다. 무엇보다 이 액츄에이터는 전원을 공급하지 않을 때에도 파리지옥이 스스로 덫을 닫아 잠그는 것처럼 빛과 전기 신호를 받으면 자동으로 움직임이 작동된다는 점이다. 이에 이 액츄에이터는 전력이 없어도 물체를 잡은 채로 유지할 수 있으며, 소비전력도 수 mWh 수준으로 낮출 수 있다.

현재까지 개발된 전기감응성 액츄에이터의 소비전력이 수백 mWh이었던 점을 감안하면, 획기적인 변화라고 할 수 있다. 연구팀은 또 액츄에이터가 더욱 효율적으로 움직일 수 있도록 표면에 도마뱀 발바닥처럼 마이크로 패턴을 도입해 변형률을 2배나 늘리고, 물체의 표면에 잘 달라붙는 성질도 구현했다. 이 결과 액츄에이터가 더욱 다양한 동작을 할 수 있음은 물론 표면을 이용한 특성을 개발할 수 있는 길을 연 것으로 평가받고 있다.

이 연구 결과는 소재분야의 세계적 권위지인 *Advanced Materials*지 최근호 표지논문(Backcover)으로 발표됐다. 이번 연구는 삼성전자 미래기술육성센터의 지원으로 수행됐다. 연구를 주도한 박문정 교수는 "이번 연구에서 식물의 뿌리나 파리지옥의 이중층 구조를 모사함으로써 소비전력을 낮출 수 있었다"며 "이 연구는 마이크로 로봇은 물론 소프트 로봇과 의료 로봇, 웨어러블 로봇, 생체 모방형 기기 개발에 다양하게 응용될 수 있을 것으로 기대된다"고 말했다.

<http://www.newsis.com/view/?id=NISX20180225_0000236702&cID=10810&pID=10800>

화상 피부 재생 두 배 빠르게... 생분해성 붕대 개발

피부 재생 속도를 두 배 빠르게 돕고 피부가 정상적으로 재생하게 돕는 '생분해성(biodegradable) 붕대'가 개발됐다.

러시아 국립과학기술대학(NUST MISIS) 연구진은 최근 나노 섬유를 기반으로 한 붕대 형태 피부 치료제를 발표했다. 이 나노 섬유 치료제는 박막 항균 화합물과 인간 혈액의 혈장 성분이 결합된 폴리카프로락톤(PCL)으로 만들어졌다. PCL은 100% 생분해성 소재로 이미 유럽에선 다양한 제품에 상용화됐다.

재생 의학, 특히 화상 치료에서 피부조직 재생, 흉터 예방은 중요한 목표다. 피부 흉터는 상처, 화상, 여드름, 진균 감염 등을 통해 피부가 심하게 손상될 때 형성된다. 손상된 피부는 이전 피부조직과 크게 다른데, 자외선에 더 민감해지고 탄성이 없으며 땀샘이나 모낭이 생기지 않는 등 기능성이 떨어지게 된다.

연구진은 이런 문제를 해결하기 위해 생분해성 섬유와 다기능 생체활성 나노 필름으로 이뤄진 '다층 붕대'를 만들었다. 생체 활동 활성 효과에 은 나노 입자나 항생제를 통한 항균 효과를 더해 치유력을 높였다. 붕대는 치료 기간 제거되거나 바뀌지 않는다. 일정 시간이 지나면 부작용 없이 용해된다.

새로운 붕대는 손상된 조직이 정상 재생하도록 기여한다. 심한 화상을 입었을 때 흉터 형성을 예방하는 것뿐만 아니라 조직 세포 성장을 두 배 빠르게 촉진한다. 이 붕대는 전체 임상실험에서 피부재생 시간이 표준 붕대보다 두 배 빨랐다.

<http://www.etnews.com/20180218000042>

그림 4. 스스로 제어하는 고분자 인공근육 개발 모식도.

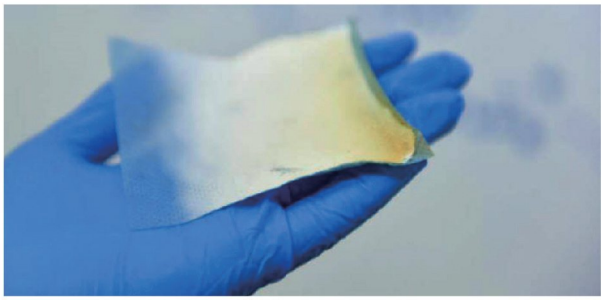

그림 5. 새로 개발된 화상용 생분해성 붕대.

3D 프린팅으로 진단·치료용 스마트 스텐트 개발

3D 프린팅 기술을 이용한 진단·치료용 스마트 스텐트를 국내 연구진이 개발했다. 대부분 수입에 의존해 온 우리나라의 의료기기 산업발전에도 크게 기여할 전망이다.

23일 포스텍에 따르면 신소재공학과 한세광 교수, 박사과정 금도희씨, 기계공학과 조동우 교수, 창의IT융합공학과 김철홍 교수팀은 3D 프린팅 기술을 이용한 진단·치료용 스마트 스텐트를 개발해 창업경진대회에서 연이은 대상을 수상했다. 스텐트는 좁아진 혈관·장기가 막히는 것을 방지하기 위해 인체에 삽입하는 일종의 지지대다. 국내 시장 규모가 1천300억원에 달하고 있지만 수입제품이 90%에 달하는 것으로 전해지고 있다.

연구팀은 소화제로 활용되는 탄산칼슘이 산을 만나면 이산화탄소를 발생시키는 성질과 혈관을 막는 지방성 플라그의 산도(pH)가 낮다는 점에 착안했다. 생분해성 고분자를 이용해 3D 프린터로 스텐트를 만들고 여기에 탄산칼슘을 코팅한 것. 이 스텐트를 막힌 혈관에 삽입하면 스텐트 주변을 둘러싼 지방성 플라그의 낮은 산도 때문에 이산화탄소 버블이 생겨난다. 연구팀은 이 버블은 자체적으로 조영효과가 있기 때문에 조영제를 투여하지 않고도 체외 초음파 기기를 이용해 혈관 내부를 모니터링 할 수 있다고 설명했다. 또 버블에 의해 지방성 플라그가 제거돼 스텐트 시술의 부작용으로 알려진 혈전 생성과 재협착을 예방할 수 있다고 덧붙였다.

이번 연구결과는 나노분야 권위지인 스몰(*Small*)지의 커버논문으로 게재돼 학술적인 우수성을 인정받았다. 또 중소벤처기업부·여성기업종합지원센터 주관 '여성창업경진대회'에서 박사과정 금도희씨가 대상인 중소벤처기업부 장관상을 수상한 데 이어 포스텍·카이스트·광주과학기술원·대구경북과학기술원·울산과학기술원 등 5개 특성화대학이 주관한 창업경진대회에서도 최우수상인 한국연구재단 이사장상을 받았다. 사업화 성공 가능성을 크게 인정받은 것이다.

한세광 교수는 "스텐트의 세계시장 규모가 12조원 이상으로 알려져 있으며 혈관뿐만 아니라 식도와 같은 다양한 소화기관 등으로 스텐트 시술 부위가 점차 확대되고 있어 투자자들의 관심이 높은 상황"이라며 "국가 정책자금은 물론 중국 자본 등을 유치해 스마트 스텐트의 성공적인 상용화를 통해 국내 의료기기 산업발전에 크게 기여할 것"이라고 전망했다.

<http://www.yeongnam.com/mnews/newsview.do?mode=newsView&newskey=20180124.010280821410001>

물로 움직이는 소프트 로봇 개발

서울대 연구팀이 물을 에너지로 이용해 움직이는 소프트 로봇을 개발했다. 서울대 공대는 기계항공공학부 김호영 교수 연구팀이 공기 중의 수분을 이용해 움직이는 소프트 로봇인 '하이그 로봇'을 개발했다고 1월 25일 밝혔다.

기존의 초소형 로봇은 작은 크기 때문에 배터리를 부착할 수 없어 외부 전선에서 에너지를 공급받았지만, 하이그 로봇은 스스로 에너지를 얻어 움직인다고 연구팀은 설명했다. 연구팀은 야생 밀의 씨앗이 건조한 땅에서 살아남기 위해 특수한 꼬리를 움직여 땅으로 파고들어 가는 원리를 로봇에 적용했다.

씨앗의 꼬리는 수분과 닿으면 부풀어 오르는 층과 부풀어 오르지 않는 층 등 2개의 층을 가지고 있다. 즉, 습도가 높으면 1개의 층이 부풀어 올라 꼬리가 한쪽으로 휘어진다. 습도가 낮으면 부풀어 오른 층이 줄어들면서 반대쪽으로 펴진다. 휘었다가 펴지는 것을 반복하면 씨앗을 수분이 많은 쪽으로 움직이게 된다.

연구팀은 이를 로봇에 적용해 나노 섬유를 한 방향으로 차곡차곡 쌓아 씨앗의 꼬리와 비슷한 구조를 갖는 로봇 몸통을 개발했다. 몸통에 특수 다리를 단 로봇은 습한 표면에 올려놓기만 하면 증발로 인한 공기 중의 습도 차이로 끊임없이 전진하게 된다.

로봇 몸통은 씨앗의 꼬리처럼 2개의 층으로 이뤄졌는데 한쪽 층은 수분을 흡수하면 부풀어 오르고, 다른 층은 수분에 전혀 반응하지 않는다. 표면으로부터 증발한 수분이 많으면 수분을 흡수하는 층이 부풀어 올라 몸통이 위로 휜다. 몸통이 위로 휘어져 표면과 멀어지면 수분 흡수가 줄어들게 되고 몸통은 다시 펴진다. 몸통이 휘었다가 펴지는 것을 반복하면 로봇은 앞으로 나가게 된다.

김 교수는 "하이그 로봇은 전장이나 환경오염 지역에 뿌려서 정보를 수집하는 '스마트 더스트' 분야나 사람 피부 위에 놓고 치료에 필요한 약물을 전달하는 의료 분야에 활용할 수 있을 것"이라고 전망했다. 이번 연구 결과는 로봇 학술지 '*Science Robotics*' 1월 25일자 온라인판에 게재됐다.

<http://www.scinews.kr/news/articleView.html?idxno=931>

<이제욱, e-mail: leeju@krict.re.kr>

그림 6. 진단 및 치료용 스마트 스텐트에 대한 모식도.

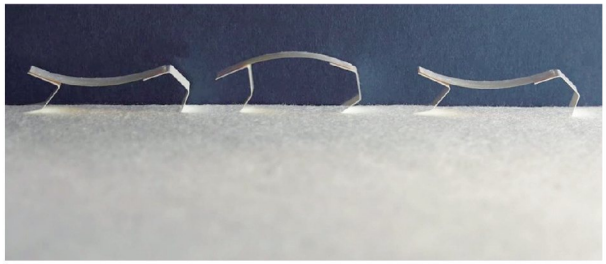

그림 7. 하이그 로봇의 걷는 모습.