재료 및 파괴부문

이 글에서는 2005년도 한 해 동안 재료 및 파괴 분야의 연구 동향을 피로강도, 실험역학, 계산역학, 용접부평가, 원전기기평가, 복합재료, MEMS & NANO 신뢰성 분야 등으로 나누어 소개한다.

피로강도 분야

먼저, 춘계 및 추계 학술대회에서 발표된 관련 논문을 주제별로 분류해보면 피로현상과 산업응용에 관한 논문이 각각 7편, 9편으로 가장 많았다. '피로강도학' 자체가 이론보다는 관찰된 현상에 기반을 둔 것으로 각종 산업적응용 시 주요한 파손원인으로 고려대상이 되어 왔다는 점에서 이는 당연한 결과이며, 이 논문들은 우리 학회와 산업계를 통하여 널리 알려지고 축적되어야 할 귀중한 성과물이다. 그러나 학회의 정식 논문집에 출판된 논문 수는 피로현상과 산업응용 각각 4편, 3편에 불과하다. 이것은 현상학적인 발견 또는 응용 사례를 논리적이고 체계적으로 기술하는 데 실패한 경우가 많다는 것과 함께, 아직까지도 우리 학회 내부에 이론적이고 학구적인 논문을 선호하는 분위기가 팽배해 있는 데 원인이 있는 것은 아닌지 조심스럽게 추정한다.

춘계·추계학술대회에서 발표된 논문을 간추려보면 다음과 같다. 현상학적 관찰결과로서 부식피로(장성철, 배동호)의 2편, 현가장치 부식피로에 미치는 쇼트피닝의 영향(안대필, 박경동), 침탄처리가 피로강도에 미치는 영향(백운봉, 박종서, 박휘립, 김동진, 최병호), 스테인리스의 환경피로(정일석, 김상재, 홍승열), Inconel의 프레팅(박대규, 배용탁, 최성종, 권재도, 우승완), 크리프 피로에 의한 기계적 강도의 변화(김상태, 김재경, 이학선, 오상현, 권숙인, 김정석) 등의 논문이 발표되었다. 피로이론에 관한 내용으로서 2축피로하의 수명평가(박중철, 류근준, 권정락, 권재도), 반응표면 근사화(조성희, 백석흠, 이경영, 홍순혁, 주원식, 조석수, 장득열), 균열림하중 결정법(강재윤, 송지호, 구자석), 균열닫힘거동 예측(이학주, 강재윤, 송지호, 박정민), 손상역학에 의한 FRP 수명예측(임동민, 강기원, 김정규) 등의 논문이 발표

임 재 규 부문회장(전북대학교, 교수) _e-mail : jklim@chonbuk.ac.kr

되었다. 산업응용 사례에 대한 것으로서 용접대차프레임(한승호, 방제성, 임채환, 이광기, 이광순, 송시엽), 자동차용 베벨기어(김덕회, 김기광, 김재훈, 이영신) 2편, 틸팅대차프레임(김정석, 김남포, 신병천, 한정우), 가스터빈 컴프레셔 블래이드(윤기봉, 마영화, 김영일,차석주) 지역난방수 열배관(정성욱, 김형근, 장윤석, 최재붕, 김영진, 김상호, 김연홍, 선박용 디젤기관 크랭크 핀 볼트(김종호), 로커 암 축 파손(박인목, 이동우, 홍순혁, 조석수, 주원식), 중형엔진 일체형 피스톤(유재형, 손정호, 김응남), 고압포미장치(고승기, 이정준), 기어 피로수명 향상을 위한 쇼트피닝 최적화(이동선, 이국진, 이재헌, 김태형, 정성균, 황재희) 등의 논문이 발표되었다. 이 밖에 고무 부품의 피로수명 예측(우창수, 김완두, 권재도), 형상기억 복합재료(이진경, 박영철, 이상필, 이준현), 십자형 필렛 용접부 피로(김대진, 석창성, 구재민, 서정원, 구병춘), 면취각도와 미세기공에 따른 용접부 피로(홍춘희, 오세종, 이현우, 위창욱) 등의 논문이 발표되었다.

대한기계학회논문집에 출판된 논문을 간추려 보면 다음과 같다. 현상학적 관찰결과로서 프레팅 피로에 미치는 표면 잔류응력 등 여러 인자의 영향(서정원, 허현무, 구병춘, 최재붕, 김영진) 2편, Ti-6Al-4V 합금의 프레팅 피로(배용탁, 최성종, 권재도), 형상기억 복합재료의 피로강도에 미치는 냉간압연효과 등 4편의 논문만이 발표되었다. 신소재의 피로강도평가 결과로서 ECAP가공에 의한 초미세립 순수티타늄(이영인, 박진호, 최덕호, 최명길, 김호경), 다층박막(박준협) 등에 대한 논문이 있었다. 산업응용 사례로서 선박엔진용 연료펌프 블록(김태규, 최성종, 강창원), 가전제품용 경첩의 내구성(문지섭, 김진우, 신재철, 김명수), 지역난방 열배관(장윤석, 정성욱, 김형근, 최재붕, 김영진, 김상호, 김연홍) 등의 논문이, 용접부 피로에 관한 논문으로서 확률적 특성을 고려한 수명평가(한정우, 한승호), 십자형 필렛 용접재(석창성, 김대진, 구재민, 서정원, 구병춘), 점용접부 모델링(주병현, 변형배, 이병채) 등의 논문이 있었다. 이 밖에 되풀이 소성역이 피로균열 열림현상에 미치는 영향(최현창), OHT 차량 고무벨트 피로수명(정일호, 박태원, 김창수, 조동협, 박중경), 고무의 찢김 에너지(김호, 김헌영) 등의 논문이 발표되었다. [강기주, 전남대학교]

실험역학 분야

실험은 기계공학 연구의 기본으로서, 넓은 의미에서 순수이론 및 순수해석을 제외한 대부분의 논문의 바탕이 되므로, 본 실험역학 파트에서는 그 중에서도 기존의 실험방법 및 측정방법을 개선하였거나, 실험의 비중이 큰 경우로 한정하여 살펴보기로 한다. 2005년도의 실험역학 분야에서의 연구활동을 살펴보면, 배관의 물성평가와 관련된 연구가 활발하였으며, 그 다음으로 복합재료, 피로, 열화평가 분야 등에서 다양한 실험적인 연구가 시도되었다. 그 중 대표적인 논문을 아래에 정리하였다.

배관과 관련하여 실배관 파괴특성 평가(박재실, 석창성, 김영진), 제하 컴플라이언스법 및 직류전위차법을 이용한 휘어진 CT시편의 균열시작 평가(김영석, 정현철, 안상복), 두 개의 균열이 존재하는 증기발생기 세관의 평가(문성인, 장윤석, 김영진, 이진호, 송명호, 최영환, 김정수), 링 시험편을 이용한 압력관의 인장 및 크리프 특성 평가(배봉국, 구재민, 석창성) 등의 연구가 있었다.

복합재료와 관련하여 유리섬유/알루미늄 혼성 적층판의 인장 특성과 파괴인성 평가(우성충, 최낙삼), 초음파를 이용한 금속기지 복합재료의 열충격 손상 평가(강문필, 이민래, 이준현)가 있었고, 피로와 관련하여 6061 알루미늄의 피로 균열 성장과 관통에 따른 탄성파의 응력비 영향(안석환, 김진욱, 남기우), 초기 잔류응력과 접촉표면 제거가 접촉피로수명에 미치는 영향(서정원, 허현무, 구병춘, 최재붕, 김영진)이 있었으며, 열화와 관련하여 볼 압입시험을 이용한 2상 주조 스테인리스강의 열화 평가(김진원)가 있었다.

그 외에도 실험방법의 개선에서

고분자 파이프의 저속 균열 성장 저항성 측정을 위한 노치 링 시험 방법의 개발(표수호, 서영성, 최선웅)과 균열 열림 하중 결정을 위한 ASTM 오프셋 방법의 수정(강재윤, 송지호, 구자석)이 있었고, 측정장치 개발에서 저온 인장시험용 고정도 extensometer의 설계(김기현, 최호현, 신형섭, 이해부)가 있었다.

실험은 해석과 이론의 바탕이 되며, 실험역학은 신뢰성 있는 시험 결과를 효과적으로 얻기 위한 중요한 분야이므로, 2006년도에는 더 많은 연구가 이루어지기를 기대한다. [석창성, 성균관대학교]

계산역학 분야

예년의 경우 복소응력함수나 적분방정식 등 해석적인 방법으로 균열문제를 해석한 논문들이 몇 편씩은 있었으나 2005년도에는 보이지 않고 대부분 유한요소법 등의 수치적인 방법을 이용하여 해석한 논문들이었다. 또한 균열문제와 함께 감육된 배관이나 균열이 존재하는 튜브 등이 많은 관심의 대상이 되었고 확률적인 해석을 다룬 논문이 많이 증가되었다. 또한 나노 관련 해석으로 분자 동역학 및 분자 정역학을 이용한 원자모사에 의한 해석들이 새로이 소개되고 있다.

우선 감육된 배관에 대한 해석이 많았는데, 복합하중 하의 국부 감육배관(심도준, 김윤재, 김영진, 박치용), 감육 엘보의 붕괴거동(김진원, 나연수), 감육배관의 한계하중식(박보규, 김영일, 김윤재), 고온 배관 T-부 잔여수명(신규인, 윤기봉, 김윤재) 등의 논문이 여기에 속한다. 또한 증기발생기 세관에 대한 해석으로는 평행한 두 개의 균열에 대한 파손 예측모델 개발 및 두 개의 비대칭 축방향 관통균열에 대한 소성붕괴압력 평가(문성인, 장윤석, 김영진, 이진호, 송명호, 최영환 등), 관통균열 세관의 파열압력 예측(장윤석, 문성인, 김영진, 황성식, 김정수, 김윤재), 내압이 작용하는 증기발생기 균열 세관의 탄소성 파괴역학해석(김형근, 안민용, 문성인, 장윤석, 김영진, 황성식, 김정수) 등이 있다.

압입시험의 시뮬레이션을 통하여 재료의 특성을 살펴본 논문들이 있는데, 볼 압입시험을 이용한 2상 주조 스테인리스강의 열화 평가(김진원), 유한요소해에 기초한 양축등가 잔류응력 평가 압입이론(이진행, 이형일), 나노압입과 유한요소법을 이용한 단결정 실리콘의 파괴특성 평가(백승, 석창성, 구재민) 등이다.

그 밖의 유한요소법을 이용한 해석으로는 통합형 점소성구성식을 이용한 손상재료 거동(하상렬, 김기태), 프레팅 피로를 받는 Ti-6Al-4V의 결정소성 시뮬레이션(고준빈, 고충현, 이기석), 피로균열 열림현상 해석(최현창), 플라스틱 파이프의 모드 I 응력확대계수(서영성, 최선웅, 박영주), 용접부 잔류응력에 기인한 경로 의존성 J-적분(강선예, 유완, 박성호, 윤기석, 최택상, 이봉상), API X65 강의 연성파괴 모사를 위한 손상매개변수결정(오창균, 김윤재, 박진무, 백종현, 김우), 경수로용 핵연료집합체의 낙하충격 해석(윤경호, 이강희, 송기남, 안창기) 등이 있다.

확률적인 방법에 의한 해석 논문들이 다수 발표되었는데, 복수 표면균열의 확률적 특성을 고려한 용접부 피로수명 평가(한정우, 한승호), 원전 감육배관의 파괴역학적 신뢰성 평가(장윤석, 이상민, 최재붕, 김영진), 타원형 표면균열에 대한 확률론적 크리프 균열성장 수명평가 및 몬테카를로 모사에 의한 고온 요소의 크리프 균열성장 파손확률 평가(이진상, 윤기봉), 원전 감육배관의 확률론적 손상역학 평가(이상민, 윤강옥, 장윤석, 최재붕, 김영진), Type 316LN 강의 크리프 수명 예측(김우곤, 윤송남, 류우석, 이원), 증기터빈 블레이드재의 신뢰도 평가(황진호, 김정규, 정화영, 김철수), 증기발생기 전열관 AVB 마모의 성장 및 생성 예측(이재봉, 박재학, 김홍덕, 정한섭, 김태룡) 등이다.

분자 동역학 및 분자 정역학을 이용한 원자모사에 의한 해석으로는 압축 응력 하에서의 금 나노와이어 안정성(임영태, 엄윤용), 나노압입 전산모사에서의 서모스탯 연구(이영민, 김성엽, 박종연, 권성진, 임세영), 나노튜브 굽힘

전산모사(박종연, 김성엽, 이영민, 권성진, 임세영) 등이 발표되었다.

[박재학, 충북대학교]

용접부 평가 분야

2005년도 용접 연구는 산업의 발전과 더불어 기존의 연구와 다른 연구가 실시되었다. 먼저 솔더 관련 연구결과는 void가 무연솔더 접합부의 피로수명에 미치는 영향(김도섭, Qiang YU, 조순옥, 노석홍, 전두환), 솔더합금의 일렉트로케미컬 마이그레이션 특성 분석(이신복, 주영창, 유영란, 정자영, 박영배, 김영식), FORM을 이용한 솔더조인트의 신뢰성(이억섭, 허만재, 명노훈, 김동혁) 등이 있다.

기계구조물의 피로에 관련된 연구는 오랫동안 많이 실시되어 왔으나, 여전히 해결해야 하는 많은 문제가 남아 있는 분야이다. Hot-spot 응력을 이용한 십자형 필렛 용접재의 피로강도 평가(김대진, 석창성, 구재민, 서정원, 구병춘), 철도차량 차체 필렛 용접이음재의 피로설계(김영신, 배동호, 박근수), Fillet 용접시편의 일축인장 및 굽힘 피로수명과 용접부 피로파단시 스트레인 변화(김재훈, 구병춘), 복수 표면균열의 확률적 특성을 고려한 용접부 피로수명 평가(한정우, 한승호), 피로해석을 고려한 점용접부 모델링 기법의 성능 평가(주병현, 변형배, 이병채) 등의 것이 있다.

또한 구조물 용접부에 존재하는 잔류응력은 기기 건전성에 영향을 미치므로 이에 대한 연구도 실시되었다. 용접부 잔류응력에 기인한 경로 의존성 J-적분 측정(강선예, 유완, 박성호, 윤기석, 최택상, 이봉상), 용접구조물의 잔류응력 분포(허선철, 박원조, 이광영, 김병화, 정군석) 등이 있다.

유한요소 해석으로는 FEM을 이용한 용접형 금속 벨로우즈의 스프링 상수 해석(박창호, 허준용, 조종두, 김명구, 이재한), 레벨셋을 이용한 용접공정의 유한요소해석(임재혁, 조영삼, 임세영) 등이 있다.

용접 관련 기기의 개발을 위한 연구로는 위빙 용접 로봇 제어기 개발(조병만, 이승태, 임충혁 장동영, 김영수, 임자경), 한용섭), 용접 공정변수 예측시스템 개발(이정익), 고주파 유도용접의 용접 변수(김현중, 윤성기), 곡주판 자동용접을 위한 레이저 비전 시스템 개발(이정환, 전완열, 김세환), 용접변형을 고려한 효율적 공차해석 기법 개발(임현준, 이동열, 이재열, 권기억, 신종계) 등이 있으며, 용접부의 크리프 관련 연구는 구조물의 형상이 용접부 균열의 크리프 C*-적분에 미치는 영향(오창균, 김윤재, 박진무), 초초임계압 보일러 헤더용 P92강 용접부의 크리프 특성 평가(백승세, 김회현, 박정훈, 권일현, 유효선)가 있다.

기타로는 저강도 접합 인장시편의 한계해석과 알루미늄 용접부의 적용(오창식, 이아미, 김윤재), 벌크 유리상 금속(BMG)의 마찰접합 및 특성 평가(신형섭, 정영진), 감육 저항 및 비저항성 재료 용접부에서 가속 두께 감소 분석(박치용, 이성호, 김태룡, 이상열, 류인근), 굽힘하중을 받는 배관의 파손에 미치는 감육의 영향(남기우, 안석환) 등이 있다.

[남기우, 부경대학교]

원전기기 평가 분야

원전기기 평가 분야의 분석 대상은 원전에서의 배관, 압력용기 및 압력관, 증기발생기 세관, 기타 원전기기 등이며, 기기별로 분석해 보면 배관이 50% 정도를 점유하고 있고, 증기발생기 세관에 관한 평가가 20%를 차지하고 있다. 주 수행기관 측면에서는 학계에서 90%, 연구소 및 산업계에서 각각 5%를 발표하여, 2004년보다 학계에서 활발한 발표를 하였다. 특히 산·학 또는 학·연이 연계된 논문이 전체의 50%로서 2004년의 75%에 비하여 축소되었다. 원전기기 평가 분야 연구는 산업계 및 연구계에서의 문제 정의와 함께 이를 해결하려는 학계의 시도로 인한 지난해의 발표 주류가 2005년에는 학계에서 물성 특성 실험에 대한 연구가 이루어져 깊이를 더 해 가는 경향으로 분석된다. 발표된 내용 중 중요한 것을 요약해 보면 다음과 같다. 원자력발전소의 2차계통에서 두께

감소된 배관에 대한 이론적 모델 제안 및 실험적 연구로 굽힘하중을 받는 경우에 대한 감육배관의 파손연구(안석환, 남기우), 직관에서의 국부감육결함에 대한 건전성 평가 모델 제안(김진원, 박치용) 및 감육배관의 손상압력 평가모델 개발(김진원, 나만균, 박치용), 복합하중이 작용하는 경우에서의 감육배관 평가법 연구(심도준, 김윤재, 김영진, 박치용) 및 확률론적인 감육손상 평가(이상민, 윤강옥, 장윤석, 최재붕, 김영진) 등이 수행되어 원전 배관의 감육에 대한 연구가 활발히 진행됨을 알 수 있다. 또한, 증기발생기 세관에 대한 연구로 축방향 관통균열이 존재하는 경우에 최적 광범위파손 예측 모델과 소성붕괴 압력의 평가(문성인 외 6명)하여 건전성 평가 기법을 한 단계 향상시켰고, 원자력 재료특성 평가에 관한 연구로는 피복관의 고온인장 특성 평가 및 피복관의 크리프 특성 평가를 링 시험편으로 사용하는 방법(배봉국, 구재민, 석창성)이 각기 제안되었으며, 주조 스테인리스강의 2축 피로시험 파라미터 제안(박중철, 권재도) 및 압력관 CT시편의 균열시작점이 평가(김영석, 정현철, 안상복)되기도 하였으며, 볼압입 시험에 의한 주조 스테인리스강의 열화 평가 방법(김진원)이 제안되었으며, 파괴특성 평가에 대한 실배관 연구(박재실, 석창성, 김영진)는 원전배관의 파괴실험 수준을 한 단계 진전시키기도 하였다. 원전 구조물에 대한 응력분포 특성을 분석하여 변형에 대한 손상해석(부명환, 박치용, 김진원)이 수행되기도 하였다. 춘·추계 학술대회를 통한 분석에서도 배관에 관한 연구가 50%를 점하고 있고, 특히 감육배관에 대해 많은 연구가 활발히 진행되고 있으며, 증기발생기 세관(10%) 및 압력관 및 핵연료 지지대(20%) 등의 연구가 주류를 이루고 있는 점은 원자로 용기 및 기타 기기에 대한 연구가 약세현상을 보이는 논문 분석과 동일한 경향을 보이고 있다.

전체적으로 원전기기 평가의 방향은 해석적 연구와 실험적 연구가 각각 50%씩으로 분포되고 있어 균형을 이룬 반면, 해석 평가 대상이 원전 배관에 관련된 해석 및 실험 분야가 50%를 상회하여 집중된 경향을 보이고 있는 점은 아쉬운 대목이다. 그럼에도 불구하고, 실험적으로 새로운 재료 특성 방법론의 정립으로 원전기기 특성을 이해하고자 하는 창의적인 연구들을 수행한 점은 국내 원전 기기평가 분야 연구의 내용이 한 층 깊은 방향으로 나아가고 있음을 암시하고 있어 기대되는 바이다. 또한, 2004년에는 산업계 문제를 근원적으로 해결하고자 시도하는 산·학·연 연계 연구가 주류를 이루었으나, 2005년에는 학계를 중심으로 한 연구가 예년에 비해 상당히 두드러진 한 해였다.

[박치용, 한전전력연구원]

복합재료 분야

복합재료 분야는 기계시스템의 경량화 및 고효율화 확보를 위해 복합재료의 해석, 제작 및 시험, 평가의 차원뿐만이 아니라 재료설계의 고도화, 기계구조물에의 응용설계와 관련한 우수한 연구결과가 활발히 발표되었다.

복합재료의 기계적 물성에 대한 역학적 해석에 대해서는, 복합재 물성학의 기초이론을 개선하는 것을 목적으로 한 단섬유 복합재료의 탄성계수 예측, 이종재료 보의 유한요소 고유치 해석, 불규칙 섬유배열을 가진 일방향 복합재료의 미시역학적 해석, 횡방향 하중을 받는 일방향 탄소섬유/에폭시 복합재료의 미시역학 해석, 섬유강화 폴리머 복합재료의 굽힘강도 특성, 조합하중을 받는 섬유복합재료의 파손기준, 엑체열 노화조건에 따른 단섬유 강화 나일론의 기계적 성질 변화, 평직 CFRP 적층판의 층간파괴인성 및 AE 평가의 논문이 발표되었다. 또한 하이브리드 복합재료의 물성 연구를 위해 유리섬유/알루미늄 혼성 적층판의 인장 특성과 파괴인성 평가, 구조부재용 알루미늄 CFRP 혼성사각부재의 축 압궤특성, 복합재료로 보강한 알루미늄 사각관보의 굽힘 성능평가, 유리섬유/알루미늄 혼성 적층판의 파괴특성 평가, 발포재가 내장된 직조 탄소섬유 샌드위치 구조의 미소 유한요소 모델링의 논문 등이 보고되

었다. 세라믹 모재의 복합재료에 대해서도 피로손상 모니터링의 연구가 보고되었다.

섬유강화금속 복합재료에 대해서는, 연결이음 접합된 섬유금속 적층판의 하중전달 거동, 단일재 알루미늄과 알루미늄/유리섬유 적층재의 결함 위치에 따른 응력분포 및 균열발생 거동, Al-SiC 금속기 복합재료의 충진거동 해석, 충진공정에 따른 티타늄금속기 복합재료의 조직변화 기구 고찰, 벌크 유리상 금속(BMG)의 마찰접합 및 특성 평가, 알루미나 입자강화 알루미늄 복합재료의 마찰압접조건이 파단강도에 미치는 영향, 비정질 금속층과 결정질 금속층으로 구성된 다층 복합재의 충격 파괴 거동 등이 다양한 관점에서 연구되었다.

복합재료의 충격해석에 대해서는, 충격내압을 받는 복합적층 중공구의 수치해석, 세라믹/섬유강화복합재 적층판의 고속관통 해석, 필리멘트 와인딩 고압압력용기의 충격저항성 해석, 곡률을 갖는 복합재 적층셸의 적층구성에 따른 경사관통 특성이 실용적 측면을 고려하여 해석되었다.

복합재료의 비파괴해석에 대해서는, 초음파를이용한 금속기지 복합재료의 열충격 손상 평가, 기공을 포함한 이방성 판재의 성형한계 예측, ESPI에 의한 CFRP의 섬유 방향에 따른 진동모드 해석을 통해서 결함과 내부구조의 건전성 진단기술을 보다 업그레이드 시켰다.

복합재 설계의 설계와 제조에 관한 논문으로는, LCD 유리 이송용 복합재료 로봇 핸드의 식스 시그마 강건설계, 불확실한 하중을 받는 복합재 적층판의 최적설계, 저압 함침법에 의한 경합금 복합재료의 최적설계와 개발, 섬유 종횡비와 계면상 조건이 단섬유 강화고무의 파열 특성에 미치는 영향, graphite/epoxy 적층복합재의 층간파괴 향상을 위한 프리프레그의 전처리, 반구형 금형으로의 드레이핑에 의한 탄소섬유/에폭시 직물 복합재료 미세 토 구조의 변형, 수지 이송성형공정에서 주름, 에지 찢김, 섬유층 결함이 유체흐름에 미치는 효과가 발표되었으며, 통계적 설계기법뿐만이 아니라 복합재료의 제조조건과 내부구조변화에 따른 파괴특성의 변화를 복합재물성의 개선에 반영하는 시도를 하였다.

그린 복합재료에 대해서는, 사이잘 섬유 강화 복합재료의 기계적 특성에 미치는 흡습의 영향, 단일 겹침 접착제 접합된 자연섬유강화 복합재료의 파괴강도 특성, 왕겨분말 복합재료의 기계적 특성에 미치는 제조인자의 영향을 검토함으로써 환경친화적인 복합재료를 개발하였다.

지능형 복합재에 대해서는, TiNi/Al6061 형상기억 복합재료의 피로균열 진전에 대한 냉간압연효과, 형상기억 복합재료의 피로균열 진전 특성, 인공근육용 압전복합재료 작동기의 섬유배향각이 총유효모멘트에 미치는 영향, 유한요소해석에 의한 비대칭 압전복합재료 작동기의 작동성능 평가, 유한요소해석을 이용한 표면적용을 위한 자기 복합재료의 설계, 동시경화 금속/복합재료 하이브리드 구조의 잔류 열응력 감소를 위한 지능형 경화 사이클 등이 있다. 이는 전년도에 비해 지능형 복합재에 대한 내구성 연구의 활성화와 함께 미시적 내부구조변화가 미치는 성능해석에 연구목표가 모아졌다고 볼 수 있다.

복합재료의 응용과 평가에 대해서는 복합재료 공구의 개발과 향후 전망, 오토클레이브 성형된 길이 23m 복합재 철도차량 차체의 구조적 특성평가, 하이브리드 복합재 철도차량 차체 적용 적층판의 충격특성, 틸팅 열차(TTX)차체 구조용 샌드위치 복합소재의 단열특성평가가 있었다. 또한 단층 및 복층재료의 열전도 측정에 광열편향법을 이용한 사례가 보이고 적층단열재의 단열성능에 대한 실험적 연구결과가 보고되어 향후 산업구조물에 복합재료의 활발한 응용이 예고되고 있다.

[최낙삼, 한양대학교]

MEMS & NANO 신뢰성 분야

1990년대 초반 국내에서 연구를 시작한 MEMS는 반도체 일괄공정으로 제작된 기계/전자 요소

를 하나의 chip에 집적시킨 복합 융합 기술이다. 그런데, 제2의 실리콘 혁명이라는 MEMS의 상용화에 있어 가장 큰 걸림돌 중의 하나가 신뢰성 기술이다. 반도체 등 전자제품에 이용되는 기술은 주로 전기공학 기술로서 평면적인 기술인데 비해서 MEMS는 전기, 기계, 광학 등 여러 가지 기술의 융합을 필요로 한다. 따라서 이미 확보된 전자제품 또는 기계 부품의 신뢰성 기술만으로는 MEMS 제품의 신뢰성을 확보할 수 없다. MEMS에서의 신뢰성은 단순히 전자제품과 기계부품의 산술적인 합보다 훨씬 다양하게 발생하는 특징이 있다.

이에 따라, 국내에서도 기업체, 국가 연구소, 대학 등에서 MEMS 및 NANO의 신뢰성 분야에 대한 연구가 점점 활발해지고 있는 추세이다. 이전까지는 한국기계연구원, 한국과학기술원, 서울대 등 국내 몇몇 기관에서만 논문을 발표하였으나 2005년도에는 한국기계연구원, 한국과학기술원, 서울대 등에서 활발하게 이루어진 것 외에 부산대, 서강대, 성균관대 등 여러 기관에서도 수행되었으며, 그 연구의 주제도 다양해졌다. 기계학회 전체 또는 부문 학술 대회에서 특별 세션이 계속 만들어져 결과의 발표를 유도한 결과, 연구의 수준 또한 세계적인 수준에 도달되어 가고 있다.

2005년도 MEMS & NANO 신뢰성 분야에 발표된 논문을 살펴보면 학회 논문집에 3편, 학술대회에 23편 등이었다. 구체적인 연구 분야를 살펴보면, 잔류응력, 나노압입, 재료 정적물성측정, 피로시험, 신뢰성 시험, 해석 등이다. 나노압입 분야에는 2편의 논문, 재료물성측정 분야에는 10편의 논문이 발표되었다. 특히 재료물성 측정 분야에서는 다양한 재료에 대해서, 다양한 시험 방법에 의한 연구 결과들을 발표하였다. 이에 따라 국내에서도 나노 또는 마이크로 인장시험 방법이 정착되어 좋은 연구결과를 보여주고 있다. 신뢰성 시험 분야에는 6편이, 해석 분야에는 1편의 논문이 발표되었다. 특히 올해에는 박막에 대한 피로 및 파괴 특성에 관한 논문도 4편이 발표되어 점점 연구 주제도 다양해지고 있음을 보여주고 있다. 즉 기존 박막의 정적 기계적 물성 측정 등에 관한 연구에 덧붙여 박막의 피로특성에 관한 연구, 나노 마찰특성 등에 관한 연구 결과도 발표되었다.

이와 같이 2005년도는 MEMS 및 나노 분야에서의 신뢰성 연구에 대한 여러 연구자들의 높은 관심과 더불어 다양한 분야, 연구의 질이 향상된 의미가 있는 한 해였다. [박준협, 동명정보대학]

기계용어해설

나선형운동(Spiral Motion)
기포가 상승할 때 나타나는 나선형 운동

스펙트럼 원격 측정((SRS : Spectral Remote Sensing)
고온의 화염 내에 존재하는 가스들이 방사하는 복사강도를 스펙트럼별로 원격 측정하는 것을 말함.

역계산(Inversion)
어떤 현사의 관심 있는 특성을 직접적으로 측정하는 것이 아니라 그와 관계된 다른 인자를 통해서 그 원인이 되는 특성을 역으로 알아내는 것

복사/난류 상호작용(Radiation/Turbulence Interaction)
복사에너지를 방출하는 방식에서 정상상태와 다르게 난류의 특성이 복사에 영향을 미치는 현상