

# 환경친화를 고려한 엔진의 디지털 분해 기술 현황



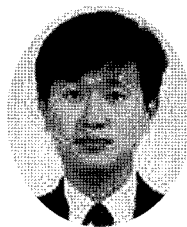
이현웅

한국기계연구원  
지능형생산시스템연구본부



강재훈

한국기계연구원  
지능형생산시스템연구본부



이승우

한국기계연구원  
지능형생산시스템연구본부



임선종

한국기계연구원  
지능형생산시스템연구본부

## 1. 서론

국제적으로 자원고갈과 환경오염 문제에 대응하기 위해 과거의 사후처리 개념에서 벗어나 근본적으로 환경영향의 원인을 감축하기 위한 각종 다자간 환경협약과 국가단위의 오염예방정책들이 급속히 도입되고 있다. 특히 2000년 들어서 부터 무역과 환경규제는 가장 중요한 문제로 부각되고 있다. 그중 가장 중요한 것 중 하나가 기후변화 협약이고 다른 하나가 유럽의 환경규제인 폐자동차의 처리에 관한 규정(ELV), 폐가전 전자 제품 처리에 대한 법 (WEEE), 전기전자 제품 제조시 유해물질 사용 금지 지침(RoHS)이라고 할 수 있다.

ELV, WEEE등 제품에 관한 법령의 특징은 폐제품에 대한 회수 처리 및 처리비용을 제조업체가 부담하여야 하며 제품의 재활용율을 달성하도록 명문화하고 있다. 제품의 재활용은 재질의 재사용과 부품의 재사용으로 크게 대분할 수 있으며 재활용율을 높이기 위해 가장 중요한 기술은 분

해 기술이다. 여기에서는 자동차 엔진에 대한 디지털 분해 기술에 대하여 논하고자 한다.

## 2. 자동차 재활용 기술

최근 자동차산업은 국민의 생활수준의 향상과 더불어 국가기간산업으로서 성장을 계속하여 2007년에는 520만대(해의 현지생산 115만대 포함)를 생산하여 세계 자동차생산 점유율이 7.2%의 생산국으로 발돋움했으며 전체 국내 생산량의 69.7%인 284만대를 수출하여 명실상부한 국가수출주력산업의 일원으로 큰 역할을 담당하고 있다.

또한 국내 자동차보유대수는 1997년 천만대를 돌파하였고 2008년 7월 31일 현재 16,735,747대에 이르고 있다. 이러한 보유대수의 대폭적인 증가와 더불어 폐기되는 자동차의 수도 날로 급증하고 있다. 2007년 기준 폐차대수는 570,721대로 향후 급증할 추세를 보이고 있다. 따라서 폐

차시 발생될 수 있는 환경오염과 유해물질로부터 폐차처리 전과정에서 친환경적인 처리방법이 요구되고 있다.

## 2.1 국내 자동차 리사이클링 기술

2007년도 우리나라의 폐차처리 대수는 570,721대로 396개의 폐차처리업체에서 처리하고 있다. 자동차의 재활용율은 80% 수준으로 선진국에 비해 낮다. 또한 폐차처리 시 발생하는 슈레더 더스트는 현재 대부분 매립하고 있는 실정이다. 그러나 매립지의 부족으로 매립비용은 점차 증가하고 있으며, 향후 몇 년 안에 매립지 부족, 환경위해 등의 문제가 심각하게 대두될 전망이다. 여기에서는 자동차 리사이클에 관한 국내 법규, 업체현황, 기술동향등에 대해 기술하고자 한다.

### 1) 국내의 폐차처리제도

우리나라는 1982년 12월 도로운송차량법에 폐차제도를 도입하여 폐차업을 허가제로 규정한 것이 최초이다. 현재는 자동차 리사이클을 향상이 중요한 사항이지만 당시에는 주로 자동차 리사이클링을 규제하기 위해서 제정된 측면이 많다. 폐차의 처리·리사이클에 관한 구체적인 법률은 「자동차관리법」이다. 초기에는 폐자동차 부품을 모두 사용하지 못하도록 법으로 규제하였으나 점차 완화되어 현재에는 조종장치 및 제동장치를 제외하고는 모두 재활용 가능하도록 개정되었다.

최근에는 전기·전자제품 및 자동차의 재활용을 촉진하기 위하여 유해물질의 사용을 억제하고 재활용이 쉽도록 제조하며 그 폐기물을 적정하게 재활용하도록 하여 자원을 효율적으로 이용하는 자원순환체계를 구축함으로써 국내의 환경을 보호하며 국제적으로 강화되고 있는 환경규제에 능동적으로 대응하기 위해 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」(2007. 4. 27 공포, 2008. 1. 1 시행)과 같은 법 시행령이 제정되었으며 주요 내용은 다음과 같다.

- 유해물질 사용제한과 재활용가능률 등의 준수 : 자동차의 제조단계에서 유해물질의 사용을 제한하고, 재활용가능률을 지키도록 하며, 재활용이 쉬운 재질의 사용 등으

로 재질·구조를 개선하도록 하고, 유해물질의 함유기준 등을 스스로 확인·평가하여 공표하도록 함.

- 재활용정보 제공의무의 부여 : 자동차 제조·수입업자가 재활용사업자에게 제품의 구성재질, 유해물질정보 및 해체방법 등 재활용정보를 제공하도록 하여 재활용사업자가 그에 맞추어 재활용하도록 함.
- 자동차 제조·수입업자 등의 역할 분담과 재활용 기준 : 자동차 제조·수입업자는 재활용기술개발 및 보급과 재정적·기술적 지원을 하도록 하고, 자동차폐차업자·파쇄재활용업자는 재활용가능자원을 최대한 회수하여 재활용하도록 한다. 자동차의 연차별 재활용가능률을 2009년 12월 31일까지는 85%로, 2010년 1월 1일부터는 95%이상으로 설정함
- 폐자동차 재활용 결과 제출의무 부여 : 관련업자는 매분기 재사용 또는 재활용실적을 제출하도록 함

### 2) 폐차처리의 기술 현황

해체업자에 의한 폐차처리의 공정(Fig.1 참조)은, 먼저 휘발유 및 오일 등이 회수된 다음 부품이 회수된다. 중고부품으로서 재활용 하고자 하는 부품의 해체는 1차 해체로 불리고 있다. 기타 제거되는 배터리 등은 회수업자에게 보내서 리사이클된다. 현재 국내 폐자동차 처리과정은 수거된

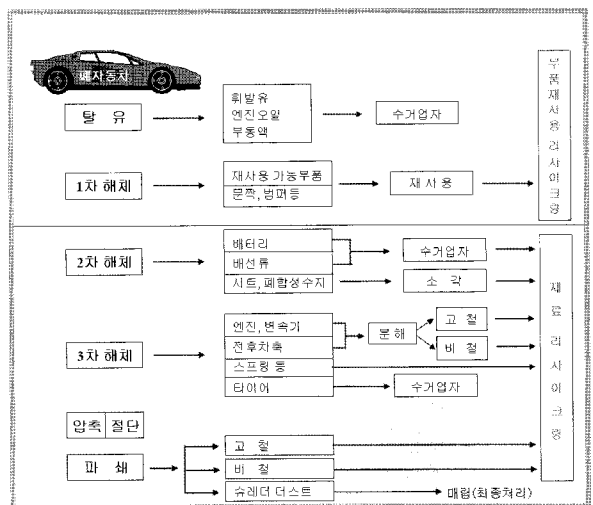


Fig. 1 Disassembly process of ELV

폐차에서 액상윤활유물질, 부동액, 연료 등을 제거한후 1차 해체(재사용 가능부품), 2차해체(배터리, 시트, 플라스틱부품 등), 3차해체(원동기, 조향장치, 제동장치, 타이어, 유리 등)를 거쳐 압축·파쇄시키고 금속 및 비금속회수후 ASR은 매립되거나 소각에 의해 처리되는 과정을 갖고 있다.

해체업체에서의 폐차처리 프로세스중 해체업체들의 설비 및 해체수준의 차이는 전처리 공정과 해체 공정이다. 전처리 공정에서는 연료, 엔진 오일, 변속기 오일, 파워스티어링 오일, 브레이크 액, 냉매, 냉각수 및 워셔 액 등을 제거 한다. 이 공정은 모든 것들을 One Station에서 처리하는 방법과 2~3 Station에서 처리하는 방법으로 나눌 수 있다. One Station방법은 이들 처리를 한꺼번에 할 수 있도록 고가의 설비를 집합적으로 설치하는 방법과 원시적으로 폐차를 리프트 등에 올려 놓고 순차적으로 하나씩 제거하는 방법이 있다.

Drain의 방법은 크게 자유낙하 방법, 가압 및 진공을 부하 하는 방법들이 있다. 이는 해체업체의 작업량과 관계가 있고 설비투자와도 관계가 있다. 국내 폐차업체는 규모가 영세하기 때문에 고가의 액상류 회수처리 시스템은 구축되어 있지 않다. 최근에는 자동차 메이커인 H사가 액상류를 One Station에서 일괄 처리할 수 있는 시설을 구축하여 운영하고 있다.

해체작업은 크게 2가지 타입으로 나타난다. 해체 작업을 연속적으로 하는 연속해체라인 시스템과 필요에 따라 몇몇의 지점에서 작업을 하는 Island 시스템으로 나눌 수 있다. 연속해체라인은 대량 해체시에 유리하며, 아일랜드 타입은 소량 해체시 유리하다. 폐자동차의 해체를 체계적으로 하기 위해서는 연속해체라인이 필요하다. 연속해체라인 시스템도 작업의 효율성을 높이기 위해 해체 업체들마다 해체작업 순서나 설비가 조금씩 다른 형태로 개발 되어 왔다.

국내 해체업체는 대부분 자동차관리법시행규칙 제139조(폐차업 등록기준)에 의거한 시설만을 갖추고 있는 실정이다. 일부 업체에서 액상류 회수장치, 회전 폐차보관랙, 엔진 보관랙, 엔진세정장치, 간이 대차 등을 이용하고 있으나 라인방식의 해체는 하지 못하고 있다. 최근 H사가 6개 공정으로 구성된 폐자동차 해체시스템을 구축하여 운영중에

있다. 구축된 시스템은 대차를 이용하여 공정간의 이동을 하며, 해체공정은 에어백제거, 액상류회수, 외장품 해체, 내장품해체, 하체부 해체, 압축의 공정으로 구성되어 있다.

## 2.2 외국의 자동차 리사이클링 기술

EU에서는 오염자의 부담원칙에 따라 생산자 책임원칙의 이행을 위해 폐차의 수거, 회수 및 처리 문제는 국가의 책임일 수 없으며, 생산자가 책임을 져야한다는 대명제하에 “폐차의 환경친화적 처리에 관한 지침”을 2002년 4월부터 시행하고 있다. 주요내용은 2002년 7월 이후 생산하는 새차와 2007년부터는 운행하던 모든 차에 대해 제조회사는 폐차를 무상회수해 재활용해야 한다. 재활용률은 2006년까지 90%, 2015년까지는 95%까지 높여야 한다. 또한 2003년 7월부터는 납, 카드뮴, 6가크롬, 수은 등 중금속은 자동차에 일절 쓰지 못하도록 하고 있다.

독일에서는 폐기물의 생성을 막고 경제적으로 재활용될 수 있는 제품을 생산하여야할 의무가 있는 순환경제 및 폐기물처리법(KrW-AbfG)을 1994년 9월에 제정하였으며, 1996년 2월 독일자동차공업협회와 14개의 관련협회는 이에 따르는 폐차의 환경친화적인 처리와 재활용에 대한 자발적의무공약을 맺었다. 독일은 폐차처리를 위한 시행령인 폐차처리규정과 도로교통법규를 1997년 7월 10일 공포하였으며, 유예기간을 거쳐 1998년 4월부터 시행하고 있다.

일본은 현재 약 7,500만대의 자동차를 보유하고 있는 세계 제2위의 자동차 보유국이다. 자동차 보유대수의 증가는 폐차발생을 증가시키는 요인이 되고 있으며 현재 연간 약 400 만대의 폐자동차가 리사이클 되고 있다. 폐자동차의 해체를 위한 해체업체는 약 5,000사이며, 슈레딩업체는 약 140사 정도가 있다. 폐자동차는 원래 중고부품이나 금속자원으로서 이용가치가 높은 상품으로 해체에서 슈레딩까지의 과정을 통해 리사이클율은 약80%에 달하고 있으며 나머지는 ASR(Automobile Shredder Residue)로서 매년 55만톤에서 75만톤 발생하고 있으며 주로 매립 처리를 하고 있으나 최근 매립장이 부족하여 ASR 처리에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제 해결을 위해서는 일본에서는 2005년 1월 1일부터 자동차 리사이클법을 시행하고 있다.

### 3. 디지털 생산기술

디지털 생산이란 제조업의 전 과정에 포함된 설계·생산·엔지니어링 정보, 노하우 등 생산시스템의 물리적, 논리적 구성요소와 구성요소의 동작을 정확하고 세밀하게 모델링하여 통합된 디지털모델을 구성하고 3차원 CAD, 시뮬레이션, 가상현실(virtual reality), 데이터 베이스등 다양한 IT 기술들을 활용하여 생산의 전 과정(PLM, Product Life Management)에 걸쳐 관련된 여러 부문에서의 의사결정과 제어를 수행하는 기술이다.

디지털 제조 기술은 Fig. 2에 나타낸 것 같이 생산시스템을 구성하는 생산 resource를 3D 모델링하여 이를 기반으로 디지털 component로 구성하여 factory 구성 혹은 실제 product를 생산하는 핵심 기반 기술이다. 또한 Fig.

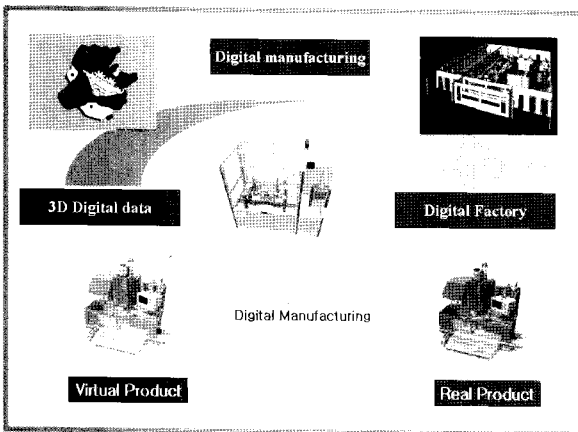


Fig. 2 Concept of digital manufacturing

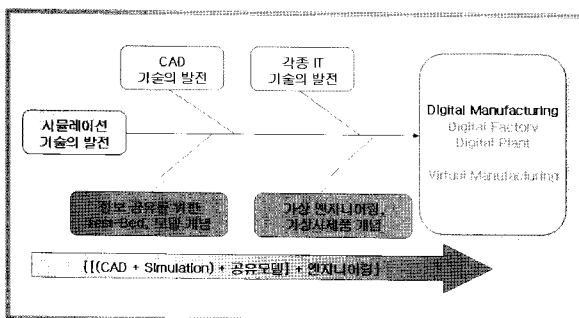


Fig. 3 Base technology of digital manufacturing

3과 같이 생산시스템을 구성하는 제품, 제조공정, 제조자원 및 환경, 엔지니어링 정보 및 컴퓨터 통합 기술 등이 포함된다.

디지털 생산기술은 실제 생산 전에 생산 및 가공공정을 미리 시뮬레이션 해 봄으로써 실제 생산에 발생할 수 있는 현상을 미리 분석하고 예측하여 수정해 나갈 수 있는 특징이 있다. 이를 통해 실제 생산에 적용하는 단계 이전에 발생할 수 있는 설계 오류나 제조/공정상의 문제점을 미리 파악하여 비용과 시간의 낭비를 최소화 할 수 있다.

디지털 생산 기술의 범위는 제품설계 검증, 조립 및 분해성 확인, 장비·시설, 각종 치/공구설계, 공장과 설비들의 배치 (layout), 각종 장비들의 OLP(off-line programming) 수행, 조립/분해순서 및 방법결정 등을 최적화 할 수 있고, 기업 간의 협업을 디지털화 할 수 있으며, 이러한 기술 들은 자동차, 항공, 조선 산업 등 제조업 등에 적용할 수 있다. 각 산업별 치/공구 설계시간 및 공수절감, 설계오류 감소, 제품 개발 기간 단축 등의 효과가 있으며 Table 1은 자동차 회사에서 적용할 수 있는 디지털 제

Table 1. Digital technology of automobile industry

응용분야	내용
가상 엔지니어링	<ul style="list-style-type: none"> <li>CAD 시스템과 연계, 건축물/설비/기계와 각종 부속물의 합리적 모델링</li> <li>제품/부품 모델, DMU를 통한 설계해석 및 평가 환경 제공</li> </ul>
플랜트 설계 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>건축/시설/장비 모델링, 정보 관리</li> <li>공정계획/일정계획 작성, 운영 시뮬레이션을 통한 최적화</li> <li>공장 레이아웃 결정</li> <li>정비, 시설보수 지원, 교육, 설명서</li> </ul>
공정검증 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>NC 프로그램 작성, 검증 및 최적화</li> <li>각종 치/공구 설계, 검증 수행</li> <li>조립품 시각화, 부품, 치/공구들 간의 간섭확인 및 조립작업 최적화</li> <li>인간모델고려 작업자 작업성 평가</li> </ul>
분석/검사/품질관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>자재흐름 분석, 대체수 단 평가 등</li> <li>측정장비 OLP, 허용한계 분석</li> <li>품질예측, 불량요인 도출 및 대안 검토</li> </ul>
제품/설비/공정 시각화	<ul style="list-style-type: none"> <li>제품/설비/공정의 시각화에 따른 작업자의 이해 증진</li> <li>작업오류 방지와 개선안 도출</li> </ul>

조기술 분야를 나타낸 것이다.

### 3.1 세계기술동향

일부 유럽업체들을 중심으로 디지털 생산기술에 대한 표준화, 정보교환에 대한 시도와 적용이 진행 중이며, 현재 세계적 PLM 기술을 보유·선도하고 있는 업체로는 IBM/Dassault System, Siemens UGS PLM, PTC, SAP, Autodesk, MatrixOne 등이 있다.

자동차 산업분야에서는 미국의 Daimler Chrysler는 1989년부터 신차 개발에 디지털 가상생산기술을 적극 활용하여 소위 “designed, tested, tooled, and built on computer”를 실현하였으며, 모든 정보를 단일한 제품/프로세스 데이터베이스에서 관리하고 있다. GM은 1990년대 중반에 시작된 제조 각 부문의 Math-based Manufacturing의 일환으로 “모든 담당 엔지니어들이 실물을 만들기 전에 제조 및 조립시스템의 생성, 설계, 검증 및 운영을 컴퓨터의 수학적인 모델을 이용하여 사전에 수행해 본다.”라는 목표로 디지털 생산기술의 활용과 적용을 추진하고 있다.

일본의 Toyota 자동차는 신차의 디자인 결정에서 양산까지 소요되는 시간을 18개월에서 12개월, 10개월로 단축하기 위해 디지털 생산 기술을 핵심 추진 전략으로 진행하고 있다. 즉 자동차에 들어가는 모든 부품을 DMU (digital mockup unit), DPA(digital pre-assembly)를 통해 가상으로 모델링하여, 데이터베이스화 하고 각종부품, 제품의 조립성/작업성 검토 및 성형 해석을 수행하면서 실제 생산라인과 동일하게 자동차를 조립을 하고 있다.

조선 산업분야에서는 미국은 NIDDESC, MARITECH 등의 프로젝트, 유럽의 NEURTABAS, MARITIME 등의 조선 관련 프로젝트 등을 통해 국가적 차원에서 자원을 투자하여 새로운 조선 산업의 정보 인프라 구축을 위해 십 수년 전부터 노력하고 있으며, 조선연구센터인 NSRP (national ship research program)를 통해 디지털조선소 구축을 지원하고 있다. 유럽은 고부가가치선인 cruise 선박 등의 효율적 건조를 위해 조선소간 공동 프로젝트를 통해 디지털 생산 기술을 선박생산에 적용시키고 있다.

### 3.2 국내기술동향

국내 제조업체들이 제조기술의 혁신과 경쟁력 강화의 중요한 기반으로 디지털 생산기술의 도입과 적용에 주력하고 있다. 그러나 국내의 디지털 생산기술 구현을 위한 솔루션 provider는 주로 IBM/Dassault System, Siemens UGS PLM, PTC, SAP, Autodesk, MatrixOne 등 외국 업체에 의해 주도되고 있는 실정이며 국내의 연구는 이러한 솔루션 기반 위에 진행되고 있다.

서울대학교의 디지털선박신기술센터와 삼성중공업을 중심으로 디지털 생산기술을 조선공정 및 조선소 구축에 활용할 수 있는 디지털 통합 선박건조 공법 개발에 대한 연구를 수행하고 있으며, 아주대학교에서는 BK21 사업의 일환으로 제조업 생산현장의 통합 IT 기술을 지능형 디지털 제조시스템 기술에 축적하는 연구를 수행하고 있다.

GM대우자동차는 1996년부터 신차개발과 생산준비의 여러 업무들에 대한 디지털 가상생산 기술의 적용을 추진하였으며, Fig. 4와 같이 1999년부터 3D CAD 모델을 기반으로한 디지털 가상공장을 구축하여 프레스, 차체, 도장, 조립공장에 대한 생산준비업무에 적용하고 있으며, 쌍용자동차는 PDM과의 연동과 프로세스 표준화를 위해 생산하고 있는 RV 자동차의 dash board 설계 및 조립 장비에 디지털 생산기술을 이용하고 있다.

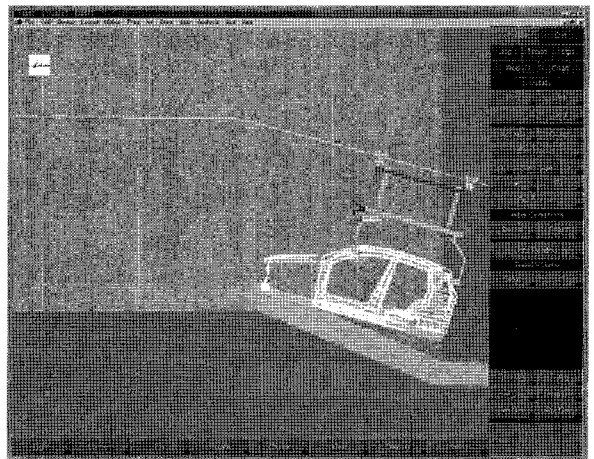


Fig. 4 Product-equipment simulation (paint)

## 4. 디지털 기술과의 연계

외국에서는 폐자동차의 환경친화적 처리와 자원 재활용을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 폐자동차의 재활용율을 높이기 위한 재활용을 위한 설계(DfR : Design for Recycling), 중고부품의 재사용성을 향상시키기 위한 재제조(Remufacturing) 기술, 설계단계에서 해체를 고려하여 추후 발생하는 시간 및 비용을 줄이기 위한 해체용이 설계(DfD : Design for Disassembly), 환경을 고려한 설계(DfE : Design for Environment), 정비성을 위한 설계(DfS : Design for Service)등에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 재활용, 재제조, 정비 등을 위해서는 반드시 해체공정이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 효율적인 해체를 위해 디지털 생산기술을 이용한 엔진 해체기술을 개발하고자 한다. 엔진을 대상으로 선택한 것은 폐자동차중에서 엔진의 재사용율(20%, 외국 수출 포함)이 가장 높았기 때문이다.

엔진해체시의 주안점은 환경을 오염시킬수 있는 엔진오일, 부동액등의 액상류 회수와 엔진부품을 재사용 할 수 있도록 부품을 체계적으로 해체하는 것이다. 본 연구에서는 이러한 목적을 달성하기 위해 디지털 기술을 활용하여 폐자동차 엔진의 분해기술을 개발하고자 한다. 일반적으로 해체는 조립의 역순이라고 생각하기 쉬우나 분해 대상품의 상태에 따라 분해방식이 변화 될 수 있다. 예를 들면 사고차등은 비교적 엔진상태가 양호한 편이나 10년 이상을 운행한후 폐차하는 엔진의 경우는 상태가 매우 나쁘다. 또한 그동안 정비를 어떻게 하였느냐에 따라 상태가 다르고 대상엔진과 차종에 따라 다르기 때문에 엔진 해체시에는 이러한 모든 사항을 고려하여야 한다.

하나의 제품은 다양한 부품들과 조립군들 그리고 체결요소들로 구성되어 있다. 이러한 구성요소들은 제품을 분해하는데 여러 가지의 영향을 미치게 된다. 분해 작업과 관련된 요소들은 분리대상물의 크기, 형상, 재질, 위치, 작업자 접근자세 등이 있는데 주로 인식성, 접근성, 분리성 등이 분해에 대한 평가항목으로 사용된다. 부품의 효율적 분해 작업 및 재사용성을 제고하기 위해서는 부품과 연관된 모든 제조정보를 효율적으로 관리, 활용하여야 한다. 이를

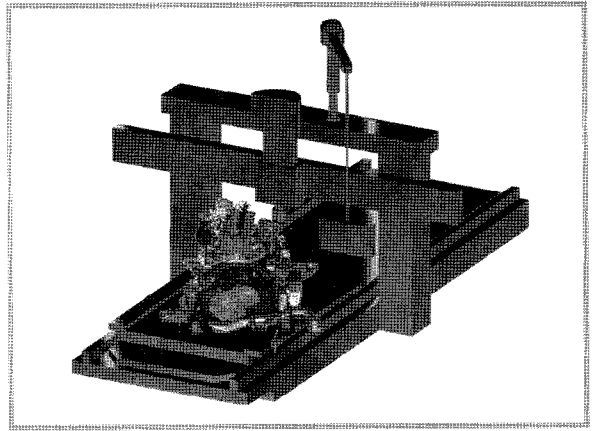


Fig. 5 Modeling of equipment for ELV engine's disassembly

위해서는 부품정보의 표준화, 공유 및 상호교환, 통합관리를 위한 제반기술들이 필요한데 이러한 정보들은 디지털 생산기술에서 관리하고 있는 정보들이다.

기존의 제품 생산을 위한 디지털 생산 기술을 분해기술에 적용하는 연구를 수행하고자 한다. 또한 액상류를 회수하기 위해서는 시뮬레이션을 통해 최적의 방법을 선택하고자 하며 필요시에는 전용기구도 개발하여 사용할 계획이다. 엔진의 해체는 모델링 기술을 이용하여 최적의 해체장비를 설계/제작하고 시스템 운영시에는 기존의 디지털 정보를 활용할 예정이다. Fig. 5는 디지털 생산기술에 의한 자동차 엔진 분해장비를 모델링한 것이다.

## 5. 결론

자동차 폐차대수의 증가에 따른 폐차처리가 심각한 환경유해 요인이 되고 있다. 국내 자동차 보유대수가 2008년 7월말 기준으로 1,670만대를 넘어섰고, 폐자동차 발생도 57만대로 증가되어 향후 몇 년 안에 매립지 부족, 환경위해 등의 문제가 심각하게 대두될 전망이다. 또한 국내 폐자동차 부품의 재사용율은 5% 정도로 선진국과 비교하면 매우 저조하다. 국내의 환경규제에 대응하기 위해서는 재활용율을 높이고 폐기물을 최소화 하여야 하며, 이를 위해서는 최적의 분해기술이 필요하다.

본 연구에서는 디지털 생산기술을 활용하여 폐자동차의 엔진부품 분해기술 개발과 이를 활용한 분해 장비의 제작에 대한 연구를 수행하고 있다. 디지털 생산기술의 3D 모델링 정보의 공유와 시뮬레이션에 의한 분해공정 수행과 각종 트러블 유형 원인에 대한 사전예측에 대한 연구를 수행하여 부품 재사용성 제고를 추진할 것이며, 환경오염물질 제거에 대한 인자를 추가하여 친환경성에 대한 연구를 수행할 예정이다.

---

참고 문헌

---

1. A. M. Akemark, 1997, "Design for Disassembly and Recycling", 4th International Seminar Life Cycle Engineering, 1, pp.327~338
2. H.Y.Lee, J.Y. Song, J.H. Yun, J.H. Hong, 2004, "Trends of Recycling Technology on End of Life Vehicle", KSPE Conference, pp. 1244~1247
3. L.H. Lee, 2007, "The Trends of International Environmental Regulation and Future Countermeasure", Machine & Materials Vol.19, No. 4, pp. 112~121
4. J.R. Cho, JS. Kwon, B.Y. Hong, J.H. Hong, M. S. Kwon, 2007, "Development of Integrated System for DfD of Automobile in Design Phase", Journal of KSPE, Vol. 24. No 8, pp 58~65
5. S .W. Lee, J. H Kang, H. Y. Lee, 2008, "Disassembly of scrapped car using Digital Manufacturing Technology", KSPE Conference, pp.591~592