



금형 제작 리드타임 단축을 위한 CAD/CAM 분리 및 릴리프 모델링 방법에 대한 연구

A Study on Method of CAD/CAM Separate and Relief Modeling to Reduce Lead Time in Die Manufacturing

허 정 원* · 김 동 욱**

C.W. Hur · D.U. Kim

(1999년 10월 15일 접수, 1999년 12월 13일 채택)

ABSTRACT

A try was carried out to reduce lead time of die manufacturing. That is to make manual machining and finishing work time shorter by improving CAD/CAM modeling methods, so called with "separate modeling" and "relief modeling".

The manual machining and finishing manual work time were reduced adapting the novel CAD/CAM modeling methods. Ultimately we accomplished much reduction of the lead time of die manufacturing.

1. 서 론

자동차 신차종을 개발할 경우에 개발 기간 단축을 위해서 전체 개발 기간 중에 많은 부분을 소비하는 보닛(bonnet)의 금형 제작 리드타임(lead time) 단축은 대단히 중요한 과제이다^{1,2)}. 금형 제작 리드타임 단축이라는 목표를 달성하기 위해서 금형 제작 가공용 제품 모델링 및 NC 데이터 추출과 가공 프로그래밍을 수행하는

CAD/CAM 과정에서 데이터 품질 향상, 기계 가공 시간 단축, 마무리(finishing) 수작업 공수 절감을 고려한 설계가 필수적으로 요구된다^{1,2)}.

금형 제작 과정은 조립 라인 작업을 통해 생산되는 제조품과 동일하게 단품별 가공 능력, 조립 능력 등 공정간 연속 작업 시간 적용이 가능한 작업이다. 금형 제작 과정에서 형상 가공 후 공정인 마무리 공정은 수작업 공수가 많기 때문에 금형의 품질이 저하되며, 전체 개발 기간

* 안산공과대학 컴퓨터응용설계과

** 기아모텍(주) 기술연구소

에서 차지하는 비율이 높다. 따라서 금형 개발 기간을 단축하기 위해서는 마무리 수작업 공수를 줄이는 것이 중요한 과제이다.

수작업 공수를 줄이기 위해서는 해당 공정에 대한 CAD/CAM팀의 지원이 단시간에 이루어져야 하고, CAD/CAM 과정에서 마무리 수작업의 공수를 감소시키기 위한 방안이 반드시 마련되어야 한다. 또한, 금형 가공에서 형상 가공을 제외한 구조 가공은 수동 기계 가공 작업으로 수행되고 있어서 이로 인한 손실시간(loss time)은 공정 연속 작업 시간 증가의 원인이다. 기계 수동 작업으로 수행하고 있는 가공 작업을 CAD/CAM 프로그래밍 과정에서 NC 가공으로 자동화한다면, 수동 기계작업에 따른 손실시간 제거, No Paper 및 금형 제작 공정의 라인(Line)화 생산 실현으로 금형 제작 리드타임 단축의 성과를 달성할 것으로 기대된다.

본 논문에서는 수동 기계 가공 시간과 마무리 수작업 공수 단축을 통한 금형 제작 리드타임 단축을 목표로 CAD/CAM 프로그래밍 작업에서 분리 모델링과 릴리프 모델링을 표준화하고 적용함으로써 전체 금형 제작 리드타임에 미친 영향을 검토한다.

2. 본 론

2.1 분리 모델링(seperate modeling)

2.1.1 분리 모델링 목적

금형 CAD/CAM 모델링을 수행하는 경우, 마스터 다이(master die) 형상의 모델링을 완성시킨 후 CAM 프로그래밍으로 NC 데이터를 생성하는 경우 반대측 패시브 다이(passive die)에 대해서는 제품 두께를 고려하는 모델링 방법을 취하였다^{3,4)}.

이러한 방법으로 모델링한 경우에 패시브 다이 코너(corner)부 및 비드(bead)부에서 엔드밀 가공 데이터 누락과 끊어짐 현상이 발생하거나, 실제 코너부 반지름 크기보다 작은 공구의 NC 데이터를 얻을 수 없기 때문에 발생하는 코너부의 간섭을 제거하기 위하여 NC 가공 작업 후에 마무리(finishing) 수작업이 필요하다. 마무리 수작업 공수 증가는 결과적으로 금형 제작 기간을

연장시키므로 금형 제작 기간을 단축하기 위해서는 마무리 수작업 공수를 감소시키거나 완전히 제거하는 것이 중요한 현안 문제이다^{5~7)}.

금형의 상·하 다이 합형 시 발생하는 코너 간섭 제거를 위하여 코너 미세가공, 즉 잔삭에 의한 잔류량 제거 방법을 현재 일반적으로 적용하고 있으나, 모델링 시에 상·하 다이 분리 모델링을 적용하여 상대 코너부 반지름을 제거하여 직각 처리 방법을 적용함으로써 마무리 수작업 공수 절감 효과가 클 것으로 생각된다. 이 방법을 적용할 경우, 모델링 시간 증가에 따른 제작 기간 증가 및 필요 이상의 엔드밀 가공 데이터 생성과 가공 시간 증가 등의 문제점은 있으나, 전체 금형 제작 리드타임 단축을 위한 방법으로 분리 모델링이 요구된다.

2.1.2 기존 모델링 방법에 따른 문제점

Fig. 1은 코너부와 비드부에서 기존 적용하고 있던 일반적인 모델링 방법으로 상·하 다이의 간섭이 발생함을 예시하고 있다.

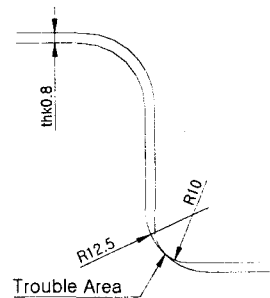


Fig. 1 Interferences between up and low dies

마스터 다이 측의 모서리부 기준이 R10mm (이하 모든 길이 단위는 mm임)인 경우 패시브 다이 측의 코너부는 제품의 두께를 고려하여 R10보다 커야하며, 가공 공구가 R12.5 즉 $\phi 25$ 공구로 가공하면 간섭이 발생하는 현상을 보여 준다. 따라서 간섭부 제거에 마무리 공수가 필요하다.

Fig. 2는 마스터 측 코너부가 R3으로 가공되고 패시브 측 코너부는 제품 두께에 의한 오프셋(offset)량(0.7)을 고려하여 R4 즉 $\phi 8$ 공구 가

공으로 간섭이 발생되며, 동시에 매스터 측에서 엔드밀 가공 사이에 발생하는 돌기부(cusp)에 의해서 간섭이 발생함을 보여주고 있다. 따라서 이들 간섭부를 제거하기 위해서 마무리 수작업 공수가 필요하다.

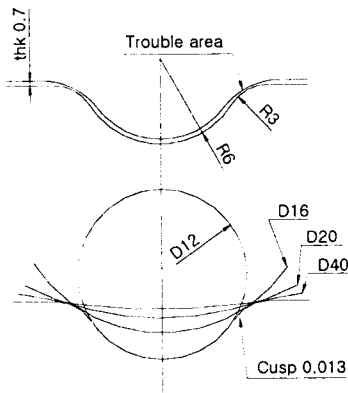


Fig. 2 Interferences in bead area

Fig. 3은 가공 중인 모서리부의 공구 크기와 동일한 반지름 크기를 갖는 코너를 만나거나 혹은 반지름이 완만하게 변하는 코너부에서 고선 유실에 의한 미가공 구간 발생을 보여주고 있다. 역시 마무리 수작업 공수가 필요하다.

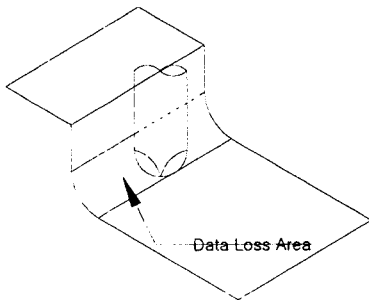


Fig. 3 Not machined area by loss of pencil data

2.1.3 분리 모델링 적용

기계 수동 가공과 마무리 수작업 공수가 많이 필요하였던 기존 모델링 방법을 개선하여, 불필요한 가공 시간을 절감함으로써 전체 금형 제작 시간 단축이 가능한 분리 모델링 방안을

제시한다.

먼저, 바깥쪽(outer) 패널 모델링 방법을 Fig. 4에 표시하였다. 전체 모델링은 ① 기존 방법과 동일한 형태의 전체 모델링 ② 하형 측 전체 모델링 ③ 상형 측 전체 모델링 순서로 진행한다. 세부적인 모델링 적용 방법은 ① 과도한 엔드밀 가공 데이터 생성 방지를 위해서 기준 R값에 대하여 2 개 엔드밀 가공이 추가 생성될 수 있도록 고려한 R을 처리하고, ② 5R 이하 코너부는 직각 처리하고, ③ 패시브 측 비드부 오목 바닥면을 매스터 측에 대하여 1mm 낮춘다.

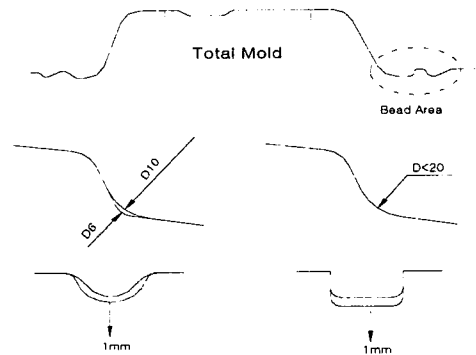


Fig. 4 Methods of the separate modeling in the outer panel

다음, 안쪽(inner) 패널 모델링 방법을 Fig. 5에 예시하였다. 전체 모델링은 ① 제품 형상면 및

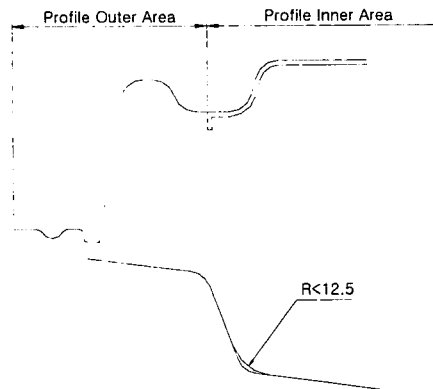


Fig. 5 Methods of the separate modeling in the inner panel

가형상 전체 모델링 ②가형상부 하형 분리 모델링 ③가형상부 상형 분리 모델링 순서로 수행한다. 세부적인 모델링 적용 방법은 ①형상 가공 공구 기준 R12.5 즉 $\phi 25$ 이하인 경우에 적용하고, ②5R 이하 직각 처리하고, ③패시브 측 비드 하형 바닥면을 마스터 측에 대해 Imm 낮추고, ④패시브 측 코너 R값 적용 시 제품 두께의 오프셋량을 고려하여 처리한다.

2.2 릴리프 모델링

2.2.1 릴리프 모델링 목적

후공정 데이터 생성 시 선행 공정을 최대한 이용하여 릴리프 데이터를 작성하는데 기존의 방법에는 여러 가지 문제점이 있었다. 기존 모델링 방법을 적용하면, 가공 영역 증가, NC 데이터 생성 시간의 증가, 가공 효율 감소, 식입 관련 불량 발생 및 과도한 마무리 수작업 공수 필요 등 많은 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 릴리프 모델링이 필요하다. 그러나 금형별 릴리프 처리가 적용 방법 기준이 무분별하여 공정 중 애로사항이 발생하고, 이로 인한 공정 흐름의 정체가 제품 생산의 라인(line)화에 저해 요인이 된다. 따라서 여기서는 릴리프 모델링 시 금형별 모델링 표준을 설정하고 효율화함으로써 불필요한 작업 공수를 절감하여 금형 제작 리드타임을 단축시키는데 목적이 있다.

2.2.2 드로우(draw) 공정

드로우 공정에서 세부적인 모델링 방안을 Fig.6에 예시하였다.

①A의 릴리프 구간은 레이아웃상의 성형성을 고려하여 도면 사양서에 의거하여 패턴에서 릴리프를 적용하고, ②B부위는 패턴에서 릴리프 처리하는 것을 원칙으로 하지만, 적용이 곤란한 경우는 모델링에서 적용하고, ③제품 형상부 및 가형상 코너부 릴리프 적용 시, 엔드밀 가공 데이터($\phi 10$ 이하인 경우는 Z방향으로 0.3 릴리프 적용함)로 처리할 수 있는 부분은 엔드밀 가공으로 처리하고, NC 데이터에서 모서리부 릴리프가 곤란할 경우는 분리 모델링에서 적용하고, ④바깥쪽 패턴의 제품 형상부 쪽은 직

힘 현상이 발생할 수 있으므로 릴리프 적용을 신중하게 검토하여 적용한다.

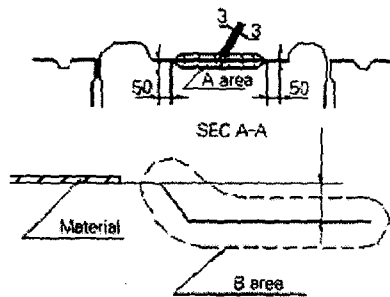
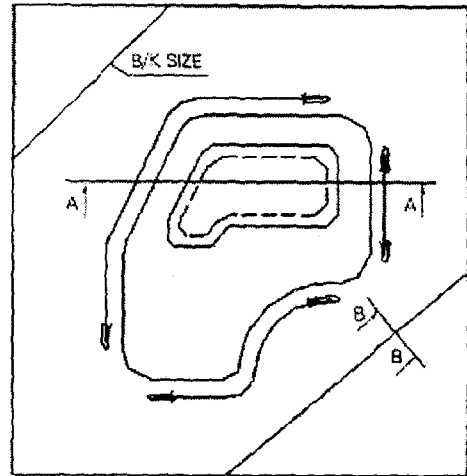


Fig. 6 A method of the relief modeling

2.2.3 트림(trim) 공정

트림 공정에서 분리 모델링 시에 적용해야 할 일반적인 형상을 Fig.7, Fig.8 및 Fig.9에 예시하였다.

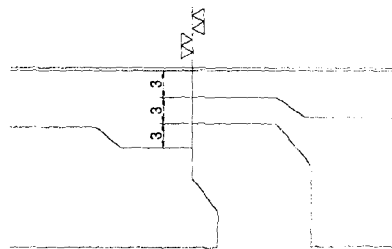


Fig. 7 A method of modeling for scrap cutter

스크랩 카터(scrap cutter) 및 트림 다이 릴리프 모델링은 일반 트림 식입 및 스크랩 카터 식입량을 고려하여 모델링 시에 적용한다.

Fig. 10에서 상세한 모델링 방법을 예시하였다. 여기서 모델링 과정은 ① 스크랩 카터부 최종 식입을 고려하여 면을 오프셋하고, ② 스크랩 카터부 선을 기준으로 15mm만큼 면 연장하고, ③ 선을 기준 45° 면을 형성하고, ④ 트림부 일반 식입을 고려하여 면 오프셋하고, ⑤ 스크랩 카터부 절인부 선을 기준으로 3mm면 연장하고, ⑥ 상형 트림 펀치를 모델링하고, ⑦ 측벽 구간 식입 적용은 Angle<15°인 경우는 측벽부 일반 식입량만큼 적용하고, Angle>15°인 경우는 측벽부 일반 식입+2mm 식입량으로 적용한다.

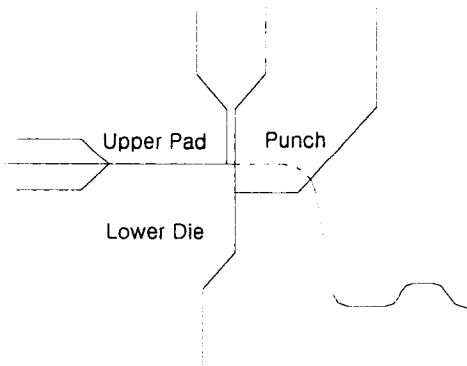


Fig. 8 A method of modeling for trim

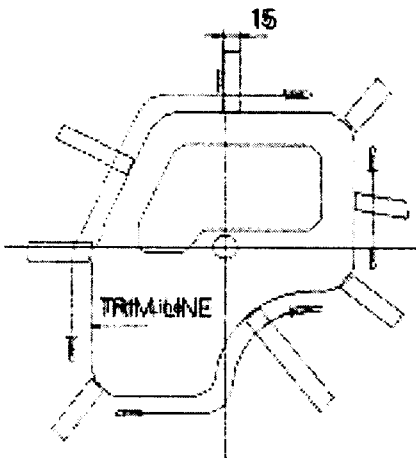


Fig. 9 A layout of scrap cutter area

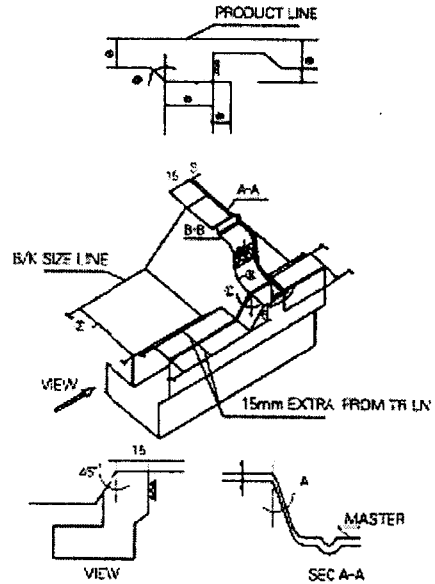


Fig. 10 A method of modeling for scrap cutter

트림 절인부에 대한 모델링 방법을 Fig. 11과 Fig. 12에 예시하였다.

① Fig. 11 같은 형태에서 여유 구간의 모델링 방법은 트림 선을 기준으로 여유 형상까지 간격을 1mm 고려한 면을 확보한다. 여유 최종면에서 3mm Z 방향으로 이동시킨 후 면에서 30mm 연장 면을 생성하고, ② Fig. 12 같은 형태에서 모델링 방법은 트림 선을 기준 10~15mm 연장 면 생성 후 릴리프를 적용한다.

상형 패드(pad)에서 릴리프 모델링 방법을 Fig. 13에 예시하였다.

패드에서 릴리프 적용은 패턴 가공 시 적용하

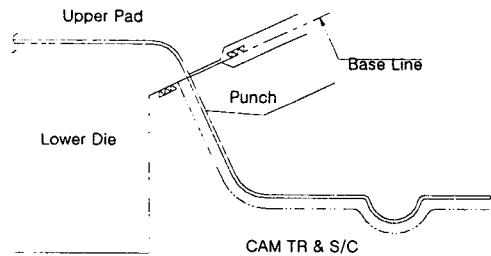


Fig. 11 A method of modeling for scrap cutter

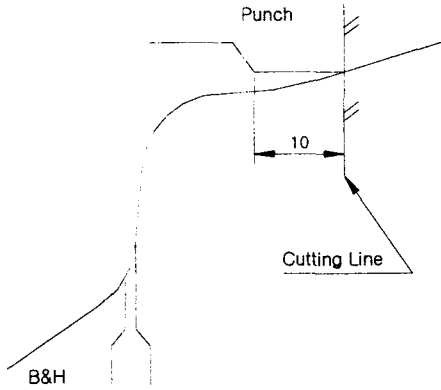


Fig. 12 A method of modeling for scrap cutter

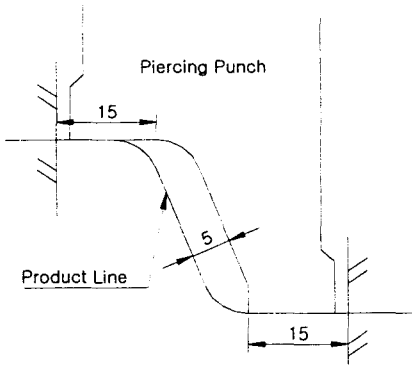


Fig. 13 A method of modeling in pierce area

는 것을 원칙으로 한다. 여기서 모델링 방법은 ① 트림 선을 기준으로 15mm 면 형성하고, ② 트림 선을 기준으로 10~15mm 커브 이동 후 기존 제품면에 합하고, ③ 형상면을 기준으로 5mm 면 오프셋한다.

2.2.4 플랜지(flange) 공정

플랜지 공정의 펀치 모델링에는 직각 플랜지 Fig. 14 및 각도 플랜지 Fig. 15 같은 2 종류 형상이 있다.

먼저, Fig. 14에 예시한 직각 플랜지의 릴리프 모델링 방법은 ① 플랜지 선 기준 20mm 면 연장하고, ② 플랜지 선 기준 15mm 면 연장하고, ③ a, b 끝 경계부에서 45° 각으로 30mm 면 연장하고, ④ 20mm 면 연장한다.

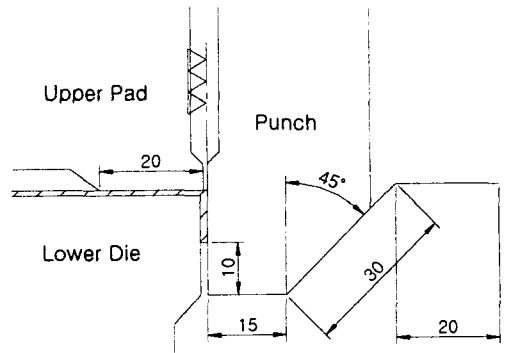


Fig. 14 A method of modeling in right angle area

Fig. 15에 예시한 각도 플랜지의 릴리프 모델링 방법은 ① 제품 끝 선을 기준 10mm 면 연장하고, ② 2D 윤곽 선을 기준 20mm 면 연장하고, ③ 10mm 면 연장하고, ④ 45° 각으로 30mm 면 연장하고, ⑤ 20mm 면 연장한다.

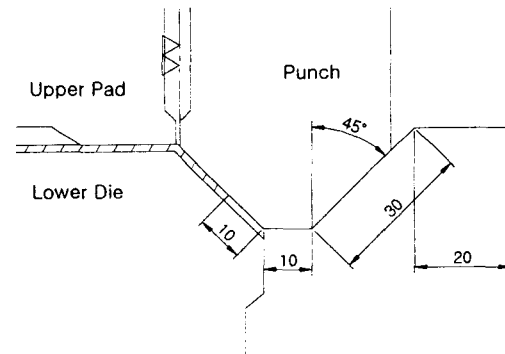


Fig. 15 Methods of modeling in angle flange

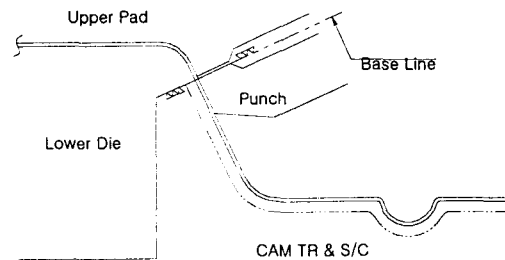


Fig. 16 A method of modeling in cam scrape cutter

2.2.5 캠(cam) 공정

Fig. 16 같이 캠 트림 및 스크랩 카터 구간의 모델링 적용은 캠 부분만 상기 트림 공정과 동일하다. 작도 기준은 캠 축에 기준한다.

2.3 결과 검토

기존에는 패시브(passive) 축에서 10mm 이하의 엔드밀 데이터 단락 및 누락 현상이 빈번하여 마무리 작업 시 코너부 작업 공수가 과다 소요 되었으나, 분리 모델링 방법을 적용하여 코너부를 직각 처리함으로써 코너부에 릴리프 적용이 가능하였으며, 마무리 공수가 30% 절감되었다.

펀치, 패드 및 다이 등의 분리 모델링을 통하여 금형의 공정간 이동 횟수 감소, 조립 손실 시간 감소 및 기계 가공 공수의 절감으로 기계 가공 생산 물량을 50% 증가시킬 수 있었다.

위의 분리 및 릴리프 모델링을 적용한 결과 T Project Bonnet Inner 경우, 후공정의 트림 다이에 비형상부 릴리프 처리를 수동 작업에서 NC 작업으로 전환하여, 기존 16 시간 기계 가공 공수를 9 시간으로 단축하였다.

3. 결 론

금형 제작에 필요한 리드타임을 단축하기 위해서는 정밀도를 가진 기계 가공에 부합하는 공구, 사용자의 요구에 부합하는 CAD/CAM Software, NC 가공 기계 발전을 포함하는 전체적인 금형 가공 기술의 발전이 수반되어야 할 것으로 생각된다.

현재 보유 중인 장비를 이용하여, 금형 제작에 소요되는 리드타임 단축을 목적으로 수동 기계가공 시간 및 마무리 수작업 공수를 감소시키기 위하여 CAD/CAM 작업에서 분리 모델링과 릴리프 모델링을 표준화하고 적용하였다. 이 결과로 수작업과 수동 기계 가공 시간을 단축하여 마무리 공수와 기계 가공 공수를 절감하였으며, 전체 기계 가공 생산 물량을 50% 증가시킬 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) 박종오, "최근 자동차 제조라인에서의 공정 자동화 문제", 한국자동차공학회지, 제19권, 제1호, 1997.
- 2) 강무진, "자동차 생산 시스템의 기술 현황- 사례를 중심으로-", 한국자동차공학회지, 제19권, 제1호, 1997.
- 3) Z-Master Manual(Ver. 3.2).
- 4) CATIA Manual(Ver.5.0).
- 5) 최병규, 전차수, 유우식, 편영식, "CAD/CAM 시스템과 CNC 절삭가공", 喜重堂, 1996.
- 6) 전형환, 안상훈, 윤정호, 조명철, "3차원 설계/RP/CAE/3차원 금형 설계/제작 정보일원화시스템 개발", 한국CAD/CAM학회논문집, 제2권, 제1호, 1997.
- 7) 이건우, 최인진, "자동차 외형설계곡면의 검사를 위한 효율적인 반사선의 생성", 한국 CAD/CAM학회논문집, 제2권, 제3호, 1997.