



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2019년 2월

석사학위 논문

자동차 브라켓 프레스
이형복합공법 및 CMT 용접
적용에 따른 품질 평가

조선대학교 대학원

용접·접합과학공학과

나 용 근

자동차 브라켓 프레스
이형복합공법 및 CMT 용접
적용에 따른 품질 평가

Quality evaluation of Press Multi-shape composite
Method and CMT welding process in application
of automobile bracket

2019년 02월 25일

조선대학교 대학원

용접·접합과학공학과

나 용 근

자동차 브라켓 프레스
이형복합공법 및 CMT 용접
적용에 따른 품질 평가

지도교수 방 희 선

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2018년 10월

조선대학교 대학원

용접·접합과학공학과

나 용 근

나용근의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 특임교수 방한서 (인)
위 원 조선대학교 교수 방희선 (인)
위 원 조선대학교 조교수 송국현 (인)

2018년 11월

조선대학교 대학원

CONTENTS

List of Figures	III
List of Tables	V
Abstract	VI
1장. 서론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 국내외 기술 동향	4
1.3 이형복합금형	10
1.3.1 이형복합금형의 원리	10
1.3.2 이형복합금형의 특징	12
1.4 CMT 용접	14
1.4.1 CMT 용접의 원리	14
1.4.1 CMT 용접의 특징	15
2장. 연구 방법	17
2.1 실험방법	17
2.1.1 사용소재	17
2.2 이형복합금형설계 및 품질 평가	19
2.2.1 이형복합금형 성형해석 및 금형설계	19
2.2.2 금형제작 및 형상 형합과정	20

2.3 이형복합금형 취출된 단품 CMT 용접 품질 평가	21
3장 . 결과 및 고찰	23
3.1 이형복합금형 설계 및 품질 평가	23
3.1.1 성형해석 및 설계	23
3.1.2 금형제작 및 형상 형합	32
3.2 이형복합금형 취출된 단품 CMT 용접 품질 평가	36
3.3 단발금형 취출된 단품 C02 용접 품질 평가	44
4장 . 결론	52
참고문헌	54

List of Figures

Fig. 1.1 Various types of press single mold	3
Fig. 1.2 Press single mold and multiple mold	3
Fig. 1.3 Example design of composite mold	11
Fig. 1.4 Production line of general press mold	11
Fig. 1.5 Products of progressive mold	11
Fig. 1.6 Design of composite mold	12
Fig. 1.7 Schematics of welding and wire feeding control in CMT process ..	14
Fig. 1.8 Welding waveform and high speed images in CMT process	20
Fig. 2.1 Summary and outline of body mountain form analysis	19
Fig. 2.2 Lower and upper assy jig	22
Fig. 2.3 CMT welding system	22
Fig. 3.1 Summary and analysis of OP10 process	24
Fig. 3.2 Formability distribution of OP10 process	24
Fig. 3.3 Thinning distribution of OP10 process	25
Fig. 3.4 Simulation result(Thinning) of OP10 process	25
Fig. 3.5 Summary and analysis of OP20 process	26
Fig. 3.6 Formability distribution of OP20 process	27
Fig. 3.7 Thinning distribution(7ST) of OP20 process	27
Fig. 3.8 Simulation result(Thinning) of OP20 process	28
Fig. 3.9 Press tonnage of OP10 and OP20 process	29
Fig. 3.10 FORAM design of OP10 process	30
Fig. 3.11 FL/RES design of OP20 process	31
Fig. 3.12 CAM/PIE/CU design of OP20 process	31
Fig. 3.13 Shape process using CNC machining center	32
Fig. 3.14 Mold production of OP10 process	33
Fig. 3.15 Mold production of OP20 process	33
Fig. 3.16 Mold production of OP30 process	34
Fig. 3.17 Assembly of press Multi-shape composite mold(1)	35

Fig. 3.18 Assembly of press Multi-shape composite mold(2) 35
 Fig. 3.19 Measured location of welded joint in Multi-shape composite mold(LH) for the inspection 36
 Fig. 3.20 Cross section of LH 1-2 welded joint (Multi-shape composite mold) 37
 Fig. 3.21 Cross section of LH 3-4 welded joint (Multi-shape composite mold) 38
 Fig. 3.22 Cross section of LH 5-6 welded joint (Multi-shape composite mold) 39
 Fig. 3.23 Measured location of welded joint in Multi-shape composite mold(RH) for the inspection 40
 Fig. 3.24 Cross section in RH 1-2 welded joint (Multi-shape composite mold) 41
 Fig. 3.25 Cross section in RH 3-4 welded joint (Multi-shape composite mold) 42
 Fig. 3.26 Cross section in RH 5-6 welded joint (Multi-shape composite mold) 43
 Fig. 3.27 Measured location of welded joint in single mold(LH) for the inspection 44
 Fig. 3.28 Cross section in LH 1-2 welded joint(single mold) 45
 Fig. 3.29 Cross section in LH 3-4 welded joint(single mold) 46
 Fig. 3.30 Cross section in LH 5-6 welded joint(single mold) 47
 Fig. 3.31 Measured location of welded joint in single mold(RH) for the inspection 48
 Fig. 3.32 Cross section in RH 1-2 welded joint(single mold) 49
 Fig. 3.33 Cross section in RH 3-4 welded joint(single mold) 50
 Fig. 3.34 Cross section in RH 5-6 welded joint(single mold) 51

List of Table

Table. 1.1 NET analysis of preform tandem	5
Table. 1.2 Development status of mold product	8
Table. 1.3 Production process of press mold	9
Table. 1.4 Production process of general mold and composite mold	10
Table. 1.5 Process chart of single mold	13
Table. 1.6 Process chart of composite mold	13
Table. 1.7 Process chart of Multi-shape composite mold	13
Table. 2.1 The chemical composition of materials (Wt%)	17
Table. 2.2 The mechanical properties of materials	18

ABSTRACT

Quality evaluation of press multi-shape composite method and CMT welding applied to automobile bracket

Na Yong Geun

Advisor : Prof. Bang, Hee-Seon, Ph.D.

Department of Welding and Joining Science
Engineering,

Graduate School of Chosun University

In this study, weldability of CMT process applied automobile bracket with press multi composite method have been evaluated for productivity improvement. Since there is no case of applying multiple shapes into one press mold, applying multi-shape composite method with guaranteed weldability would contribute to the improvement of productivity responding to the 4th industrial period. This research is focused on automobile sash production process.

The purpose of this study is to evaluate welding quality of CMT welding process and composite mold for automotive bracket parts. Newly designed mold model has been analyzed and fabricated. The weldability of CMT process has been evaluated by comparing the process with CO2 welding.

From the result of the molding analysis of mold release mold, cracks were occurred due to the fatigue in the corner R part in OP10 and OP20 process. However, the quality was secured by using CAM CUT in OP30 process.

From the result of the stiffness evaluation of the die casting mold, the MAX FORCE of each section in the OP10 process was 94.5 tf, 218.3 tf , 11.2 tf, 133.3 tf in die, pinch, blanking holder, pad, respectively. In addition, gross weight was 20N. In the OP20 process, the MAX FORCE of each zone was 60.3tf in pinch, 132.4tf in pad, 192.8tf in die, and the total weight was analyzed as 20N. Strength and stiffness were considered as sound values in both processes.

From the result of evaluation of weldability of molds for single mold and single mold, bead profiles of LH / RH CMT welded mold of mold release mold did not show sagging and humping on the bead surface. Cross section of bead profiles showed no defect such as undercut, porosity, cracks, etc. Bead profiles of LH / RH CO2 welded part of single mold, no sagging and humping was observed on the top bead, and cross sectional inspection satisfied penetration depth, undercut, linear step, pore and cracks.

Consequently, fabricated molds based on molding and its stiffness have been secured the excellent welding characteristics. The result satisfied the standard of welding quality evaluation. Compared to past production system which produces 4 parts in separate process, this study combined them in to one process. Moreover, the molding process has been reduced to 3 parts from 6. This result can be expected to reduce labor cost through the simplification of production process.

제 1 장 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

프레스 가공은 넓은 의미로 소성가공 대부분을 포함하는 의미로 사용되며, 좁은 범위의 의미로는 프레스기기로 냉간 가공을 하여 소성변형 시키는 가공방법으로 특수가공을 제외한 금형을 이용한 금속평단가공을 말하는 것이 일반적이다.[1] 이러한 금형을 이용하여 자동차부품에 많은 소성가공들이 현재 이루어져 있으며 다양한 금형을 만들어 현장에 실질적으로 사용되고 있다.

일반적인 금형은 2차원적인 형상의 제품을 생산하고 있으며, 제품의 정밀도가 높고 생산속도가 빠르기 때문에 금형을 정밀하게 제작하는 것이 중요하다. 프레스 금형은 생산수량이 많고 제품의 정밀도가 높기 때문에 연삭공정과 와이어커팅가공 공정이 많이 사용 되어 지고, 수명을 향상시키기 위해 열처리공정이 중요하게 작용되고 있으며, 연속 이송작업을 많이 하기 때문에 다이, 스트리퍼 및 압축판을 조립할 때 조합되어 조립되는 각부품의 누적 공차를 어떻게 잘 정리하느냐 하는 것이 조립 정밀도의 포인트가 되어 진다. 제품의 품질을 향상시키고 생산성을 높이기 위해서는 조립할 때 펀치와 다이의 간격을 일정하게 유지시킨 상태에서 최종 조립이 되어져 사용된다.

근래 프레스 가공은 프레스기계의 가공속도 향상으로 단순단발형(piercing die, blanking die)에서 순차이송형 금형(progressive die) 또는 트랜스퍼 금형(transfer die) 등으로 사용되어지고 있다. 다수의 기업들은 단발 금형을 제작하여 프레스를 이용한 대량작업과 프로그레시브 금형을 적용하는 대량생산하는 방식을 적용하고 있다. 중대형금형들은 트랜스퍼금형을 이용한 자동화 생산을 구축하여 생산하는 고도화된 산업화에 대응을 하고 있으며 소형 부품들은 단발금형에서 프로그레시브 금형으로 지속적으로 방향이 바뀌어 가고 있다. 자동차, 가전제품

및 통신기기 등 제품 모델의 수명은 고객들의 구매욕구 다변화로 짧아지게 되면서 금형도 제품의 다품종 소량생산방식에 맞추는 추세가 급속도로 빨라졌다.[2,3] 금형산업들도 이러한 방식에 대응하여, 개발 및 제작기간의 단축, 원가절감을 위한 공정개선 등을 실현시키고 있으나 현재의 프레스 생산방식으로는 한계에 이르고 있다.[4] 또한 자동차의 경량화추세와 더불어 재질의 강도가 높아짐으로써 성형성은 현저히 떨어지는 추세이며 이를 보완하기 위해 오히려 공정을 늘려 제작하는 추세이다.[5-6]

본 연구에서는 자동차 브라켓 부품에 프레스 이형복합금형 적용 및 CMT 용접 공정 적용에 따른 생산성 향상 및 용접품질을 평가하고자 한다. 프레스 금형에서 여러 형태의 모양을 하나의 금형에 복합 적용하여 생산한 사례 전무하며, 복합성형 금형을 적용함으로써 4차 산업의 다변화와 생산성향상을 도모하고 자동차 특정부품의 성형공정을 달리 해석함으로써 시장의 새로운 방향성을 제시하고자 한다.[7] 또한 이 연구를 통해 자동차의 특정 부품의 샷시 프로세스가 대폭적으로 줄어드는 혁신적이고 창의적인 연구를 하고자 한다.

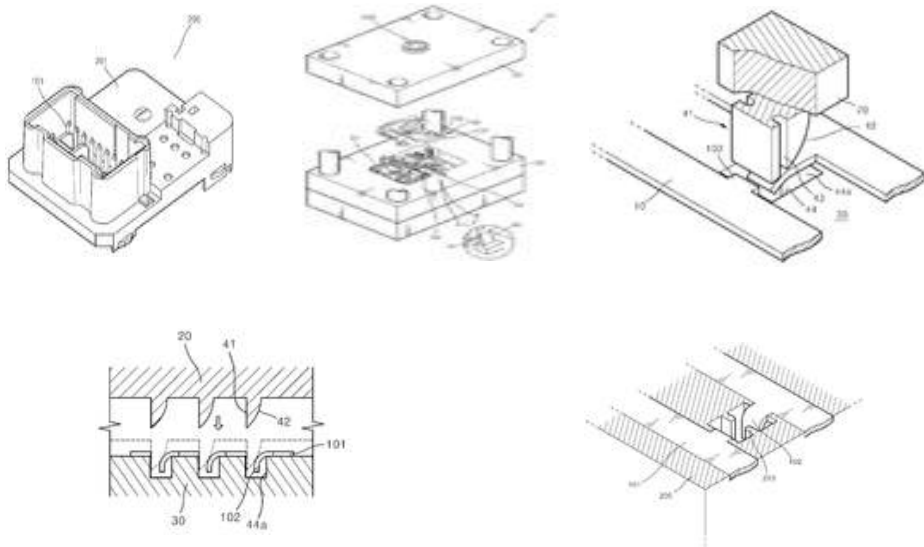


Fig. 1.1 Various types of press single mold



Fig. 1.2 Press single mold and multiple mold

1.2 국내·외 기술 동향

국가주력 산업의 지속적인 성장 및 글로벌 경쟁력 확보로 자동차, IT제품, 가전 및 생활용품에서 금형의 수요가 발생될 것으로 예상되며 사출금형분야에서 복합부분이 더 많이 개발되고 활용되고 있는 실정이다. 현재 플라스틱 금형분야인 펄트관련 포장용기의 세계시장규모(미국과 유럽)는 약 5% 정도 성장 추세이며, 2012년 약 12,600만톤 소비가 예상되고 있다. 국내에서는 1,545만톤 소비가 예상되고 있으며, 품목별로는 청량음료 용기가 약 50%, 생수 및 주류 포장용기가 38% 정도 차지한다. 프리폼 탠덤 금형 개발 시 프리폼 성형시간, 하트러너 기술 및 에너지 소모량 저감을 위한 설계기술에 중점을 두고 있으며, 시간당 생산 능력을 극대화하기 위한 멀티 캐비티 금형을 적용하고 있다.

가. 시장 수요 조사

경량화 소재를 이용한 제품의 경량화

→ 시장 수요 1 : 소재 특성에 맞는 탠덤 금형개발

Steel 및 비철금속을 소재로 한 국가 주력산업군(자동차, 휴대폰 및 가전)의 제품 경량화 추세로 인한 플라스틱 제품 및 금형에 대한 수요가 지속적으로 증가할 것이다. 기존 제품과의 기능성을 차별화 시키며 후방산업을 지원하고, 전방산업의 경쟁력을 높일 수 있는 프리폼 탠덤 금형의 수요는 꾸준히 증가할 것으로 분석되었다.

금형의 고효율, 에너지 절감 및 성능 향상이 필요

→ 시장 수요 2 : 고성능, 고효율, 고생산성 플라스틱 제품군을 확대하기 위하여 고효율, 에너지 효율극대화, 고생산성, 초정밀 금형에 대한 수요가 증가되고 있는 추세임. 국가 주력제품의 부품은 점차 경량화 되는 추세로 금형분야는 다양한 특성과 이와 관련된 초정밀, 고효율 요구조건이 증가될 것으로 보인다. 최적의 탠덤 금형 시스템 제작기술 개발을 통하여 초정밀, 단납기 및 에너지 저감형 금형설계 및 생산기술을 확보하여 선진국 및 중국대비 우위확보와 더불어 고부가가치 창출을 위한 독자적인 기술 확보가 절대적으로 필요하며 이를 선행하여 분석해보고자 한다.

Table. 1.1 NET analysis of preform tandem

구분 촉진요인	내용
수요	<ul style="list-style-type: none"> - 자동차, IT제품, 백색가전 및 생활용품 등 국가주력산업군의 지속적 성장 및 수요가 급증 - 제품의 특성상 크기가 소형화 추세이며, 경량화 및 기능 강화가 요구되는 추세 - 경량화 소재 응용 부품의 고생산성 및 소요 에너지효율을 극대화 할 수 있는 기반 기술의 수요가 증가됨 - 주문형 생산 산업으로 수요파악이 어려움 - 공급망 구조상 최하단에 위치하여 수요기업과 동반성장이 어려운 산업구조 - 세계 경기 침체에 따른 소비 위축 가능성 - 제품과 관련하여 병행 기술개발이 이루어짐으로 기술력확보가 어려움
환경	<ul style="list-style-type: none"> - 교토의정서의 공식적인 발효로 이산화탄소 배출을 절감할 수 있는 대체 소재의 사용이 증가할 것으로 예상 - 플라스틱 소재를 이용한 산업에 대한 관심 고조 - 사회여건상 업종에 대한 인식이 부정적임에 따른 고급기술인력 기피 - 단시간 내에 기술력 확보가 어려운 기술집약적 산업 - 경기침체로 인한 기술력에 대한 투자 축소
기술	<ul style="list-style-type: none"> - 자동차, IT제품, 가전 및 생활용품 산업 등의 제품생산, 제조에 있어 높은 금형기술 비중(22.7%) - 고정밀, 고생산성을 기반을 둔 금형 기술력 성장 확대 추세 - 금형제조기술과 금형관련 유틸리티 기술이 접목되어 시너지 효과를 창출 - 선진국 보유기술에 대한 원천기술에 대한 확보가 매우 어려운 실정 - 연구개발에 대한 투자비 구성비가 취약함 - 금형 및 유틸리티 등 요소기술에 대한 융합화 및 국산기술 대체화가 미비함 - 경량화, 초정밀, 대량생산이 가능하며, 이산화탄소 배출을 줄일 수 있는 초정밀 고부가가치 금형의 수요가 확대 - 자동차, IT제품, 가전 및 생활용품의 국가주력 산업의 지속적인 성장 및 글로벌 경쟁력 확보로 플라스틱 금형의 수요가 지속적으로 발생될 것으로 예상 - 플라스틱을 기반으로 한 제품의 확대로 금형 및 그와 관련된 유틸리티 기술개발이 활성화 될 것으로 기대

나. 산업특징 및 구조

자동차, 가전제품, IT제품 등 제품의 모델수명이 고객의 구매요구의 다변화로 짧아지게 되면서 금형도 다품종 소량생산 방식에 맞추어 개발되며, 개발기간의 단축, 원가절감을 위한 공정개선 등을 실현하기 위한 노력이 필요하다. 국내 플라스틱 금형과 관련된 기술은 전반적으로 미국, 일본 등 선진국에 비하여 출발은 늦었지만, 지속적인 벤치마킹과 T 분석하여 짧은 시간에 기술의 차이를 극복하였고, 특히 탠덤 금형 및 포장용기 등에 있어서는 선진국과 근접한 기술을 보유하고 있다.

세계적으로 600억개/년 이상의 플라스틱 병을 생산하는 고분자 포장용기 산업 분야에서는 생산효율, 원료 절감에 대한 패키징 용기의 디자인, 패키징 용기의 제조 프로세스 및 자동화 기술 등의 기술 개발이 진행 중이며, 전 세계적으로 포장용기에 대한 사용량은 증가되고 있으며, 해외기준 9십 9만톤, 국내기준 9만 4천톤(2008년 기준) 사용되고 있다. 석유를 자원으로 하는 제품이기 때문에 제한된 자원이라는 점 때문에 리카이클(병의 회수율을 향상시키기 위해, 자원으로써 재이용하는 것)과, 리듀스(페트 수지 사용률을 삭감하는 것 : 경량화)를 추구하는 것이 큰 이슈가 되고 있다. 단시간 내에 기술력 확보가 어렵고, 생산성 향상과 품질 경쟁력을 좌우하는 기술선도 산업으로 부품소재의 품질과 성능이 생산제품을 좌우된다.

다. 시장현황/전망분석

플라스틱을 이용한 고분자 성형관련 기술(자동차, 모바일 포장용기)은 전반적으로 스테인리스 및 유리 재질을 이용하여 제작하였으나 이를 고분자 재료를 적용함으로써 경량화, 원재료의 절감, 물류에 필요한 연료 사용량 및 이산화탄소 배출량도 크게 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다.

독일, 캐나다, 스위스, 오스트리아 등 세계 포장용기 금형업계 동향은 신흥시장으로 부각되고 있는 중국, 인도를 중심으로 아시아 시장 선점에 주력하고 있으며, 이는 아시아의 인구밀도가 높아 플라스틱 음료수용 병, 플라스틱 캡(CAP) 등 일회용 용기 수요가 급증하고 있는 추세이다.

페트 관련 포장용기의 세계시장규모(미국과 유럽)는 약 5%정도 성장하는 추세이며, 2012년 약 12,600만톤 소비가 예상되고 있으며, 국내에서는 1,545만톤 소비가 예상되고 있다. 품목별로는 청량음료 용기가 약 50%, 생수 및 주류 포장용기가 38% 정도 차지하고 있다.

라. 공급망(분류)에 따른 분석

프리폼 금형 분야에서는 프리폼 금형 개발 시 프리폼 성형시간, 하트러너 기술 및 에너지 소모량 저감을 위한 설계기술에 중점을 두고 있으며, 시간당 생산 능력을 극대화하기 위하여 멀티 캐비티 금형을 적용하고 있다. (현재 144 캐비티 금형 설계 및 제조 기술 보유)자동차 부품 분야의 탠덤 금형은 생산성 및 에너지 효율을 증대 시킬 수 있는 고생산성, 고효율, 고에너지 절감형 금형의 장점과 더불어 기존의 사출성형 장비에 적용할 수 있어 설비 변경 없이 적용가능하다는 장점이 있어 적용 분야가 확대되고 있는 실정이다.

특히 자동차 산업분야에서는 최우선 과제인 경량화를 실현하기 위해 내 외장 부품, 전장부품 및 구동부품에 이르기까지 고생산성 및 고효율 사출금형기술에 대한 원천기술이 필요하다. 모바일 분야의 탠덤 금형은 생산할 수 없는 수준의 복잡형상의 소형재, 다색다중 사출성형품, 멀티 캐비티 및 짧은 사이클 타임을 이용한 대량의 생산이 필요한 성형품 등을 생산하는 금형을 중심으로 제품을 특화시키고 있다. 선진국의 경우 단위기술이 아닌 시스템 위주의 기술개발 및 공정 개발을 Tunkey 방식으로 하여 보급함으로써 시너지 효과 및 시장성 및 기술력 선점에 우위에 있다. 포장용기 분야에서는 페트 용기는 유리병이나 캔 그리고 기타 플라스틱보다 훨씬 투명하고 내용물을 돋보이게 할 뿐 아니라 인체에 무해하고 재활용이 용이한 환경 친화적 용기라는 특성을 가지고 있기 때문에 지속적인 성장이 예상된다.

Table. 1.2 Development status of mold product

업체명	제품 현황
HUSKY(캐나다)	- 멀티 캐비티 프리폼 금형 제작(144 cavity 까지 제조능력보유) - 페트 전용 하트러너, 콘트롤러 및 자동화 로봇 제작
SIG Blowtec 社 (독일)	- 독일 블로우 성형기 제작업체중 최고수준의 기술을 보유 - 블로우 성형기 제작 및 제품 성형까지의 공정을 통합 운용
SIDEL 社(프랑스)	- 로터리 타입의 페트 전용 블로우 성형기 제작 및 페트 전용 사출기 제작 - 페트 포장용기 전용 라벨링 공정 등 페트 용기를 제조하는 일련의 공정과 관련된 유틸리티를 설계및 제작할 수 있는 기술력 보유
미쓰비시화학 (주)	- 페트 포장용기 전용 친환경 소재개발 - 친환경 페트 포장 용기 제조
(주) 유도	- 핫런너 시스템, 히터 & 써모커플, 취출 로봇트, 공장 자동화 (플라스틱)
동아정밀공업	- 멀티 캐비티 프리폼 금형, 1-Stage 파트 금형 및 하트러너 제작 - 페트 포장용기 블롱 성형
효성	- 가스 배리어 파트 수지, 청량음료 전용 내압 및 내열 포장용기
덕양산업	- Crash Pad, Cockpit Module, Door Trim
신한금형	- 현대자동차에 납품하는 투산 금형과 일본 도요타자동차에의 금형매출 확대로 2009년 매출 200억원을 달성하였으며, 투산 금형은 차량 계기판, 에어백 등 자동차 실내 앞부분을 한 번에 찍어낼 수 있는 일체형으로 기술력이나 공정단축 등에서 자동차부품 금형의 최고기술력을 나타냄

Table. 1.3 Production process of press mold

설비	공정명	금형	공정제품
	<p>OP01 Cutting</p>		
	<p>OP02 Drawing LH/RH 2SET</p>	 	
	<p>OP03 Trimming LH/RH 2SET</p>	 	

1.3 이형복합 금형

1.3.1 이형복합금형의 원리

이형복합금형은 서로 다른 두 가지 이상의 부품공정을 결합하여 각 금형 공정 간의 시너지 효과를 유도 및 극대화하여 생산하는 방법이다. 일반적으로 스틸금형은 하나의 부품을 만들어내는데 부품형상에 따라 공정을 결정하여 설계하지만 이형복합금형은 서로 다른 형상의 부품을 결합시켜 생산할 수 있도록 결합시키는데, 그 가장 큰 이유로는 생산성향상에 있으며 여기에는 단순한 금형기술만 접목되는 것이 아니라 기술 아이디어 및 응용아이디어와 함께 더불어 금형설계기술이 동반되며 기계기술과 전기/전자 기술이 접목이 되어 프레스 기술에 응용이 되어서 프레스 이송장치 기술이 수반된 금형을 이형복합금형이라고 한다.[8] 주로 사출금형 및 다이캐스팅에는 복합금형으로만 접목하여 사용하고 있으며, 프레스 스틸금형에서는 연구 사례가 전무한 실정이다.

일반금형과 복합금형 기술의 차이점은 일반금형은 프레스 자동화 (Transfer Unit, Robot)장치를 사용하지 않고 가공하는 금형이며, 복합금형기술은 금형기술, 전자제어 기술, 프레스 기술 등을 접목시킨 금형이다.[9] 현재 복합금형은 다양하게 접목이 되어 프로그레시브 금형으로 발전되어 가고 있으며 여기에서는 복합금형에 형상이 다른 각각의 형상을 하나의 금형에 성형이 되는 금형기술로서 아직까지 이 분야를 선도적으로 개척한 회사는 극히 적은 것으로 판단된다.[10]

Table. 1.4 Production process of general mold and Multi-shape composite mold

일반금형의 기존생산공정
1차BLK => 2차FORM => 3차FL/RES => 4차TRIM/PIE => 5차CAM/CUT => 6차CAM/CUT => 7차PI/CAM-CUT
이형복합금형의 생산공정
1차 BLK => 2차FORM => 3차FORM => 4CAM/CUT/PIE/CUT

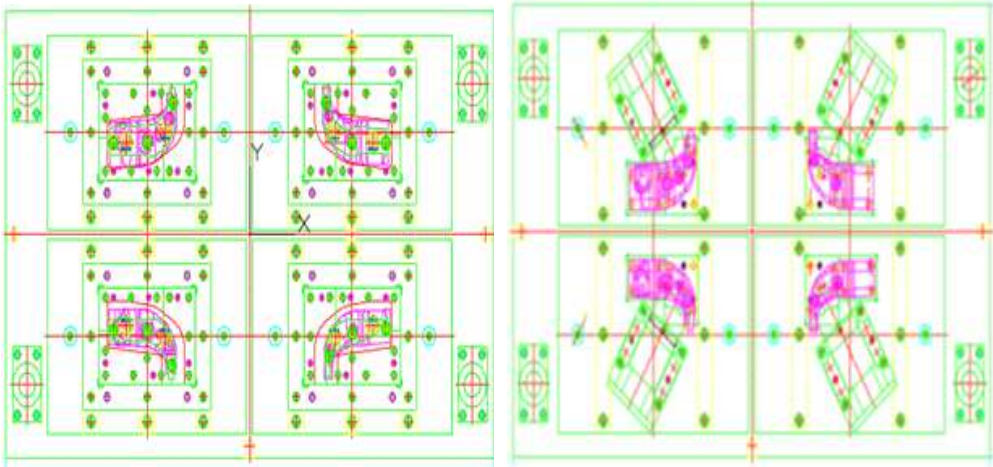


Fig. 1.3 Example design of Multi-shape composite mold



Fig. 1.4 Production line of general press mold



Fig. 1.5 Products of progressive mold

1.3.2 이형복합금형의 특징

일반적인 자동차부품의 금형은 단발 또는 프로그시브 금형으로 단품을 생산하여 서브용접을 하여 납품을 하며, 용입성에 영향을 주는 단품과 단품의 맞새이 작업시에 플랜지 겹과 트림라인의 정도에 따라 용접품질이 좌우된다. 이 때 차별화 된 성형성 해석을 적용하여 형상이 다른 4개의 제품을 1개의 금형에 이형복합으로 통합시키고 이로 인해 공정단축을 실현하였을 때 단품의 품질과 용접품질을 비교하여 공정단축에 따른 용접의 품질조건을 확보하는 것과 공정단축에 목적이 있다.

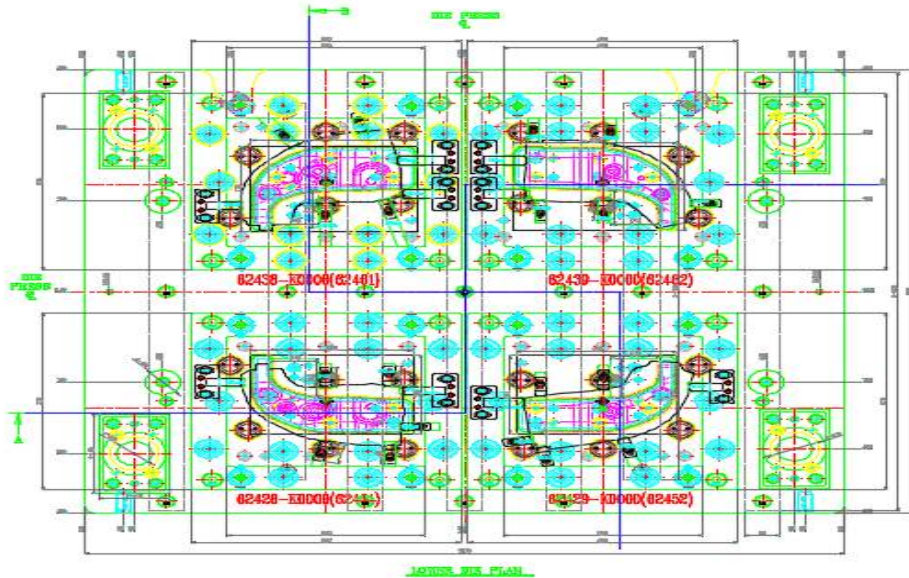


Fig. 1.6 Design of Multi-shape composite mold

본 연구에서는 기본적인 단발프레스 자동차 금형을 차별화 된 성형성 해석 통해 형상이 다른 4개의 제품을 1개의 금형에 통합하여 공정단축을 실현하고자 한다. (DRAW 공법을 BLANK 공법으로 변경) 또한 하나의 공정에 형상이 다른 4개의 제품을 성형하여, 생산성향상을 최소2배에서 4배 이상 향상하고자 한다. 세 번째는 기존 작업자 투입인원이 7명이 하던 작업을 3P 자동화 장치를 이용하여 자동으로 공정을 이송하여 2명이 작업이 가능하도록 하는 것이며 이에 대한 인원 감축의 효과는 다음 표에 나타내었다.

Table. 1.5 Process chart of single mold

공정	OP01	OP02	OP03	OP04	OP05	OP06	OP07	비고
공정명	Blanking 재료 절단	Forming	FL/ Restriking	TRIM/PI	CAM/CUT	CAM/CUT	PI/ CAM-CUT	단발
인원	1명	1명	1명	1명	1명	1명	1명	7명

Table. 1.6 Process chart of composite mold

공정	OP01	OP02	OP03	OP04	OP05	OP06	OP07	비고
공정명	Blanking 재료 절단	Forming	FL/ Restriking	TRIM/PI	CAM/CUT	CAM/CUT	PI/ CAM-CUT	
인원	1명	1명						2명

Table. 1.7 Process chart of the Multi-shape composite mold

공정	OP01	OP02*4개형상금형	OP03*4개형상금형	OP04*4개형상금형	비고
공정명	Blanking 재료 절단	Forming FL/Restriking	TRIM/PI CAM/CUT	CAM/CUT PI/CAM-CUT	4개 형상
인원	1명	1명			2명

1.4 CMT 용접

1.4.1 CMT 용접의 원리

CMT는 Cold Metal Transfer의 약자이며 딥아크 프로세스이다. CMT 프로세스에서 용적이행은 완전히 새로운 방식으로 제어되며 특히, 기존의 MIG에 비해 상대적으로 낮은 온도에서 금속이행(Zero current)이 이루어진다.[11]

CMT 공정은 전류 0으로 단락해소를 한다는 의미이며, 전류 파형제어와 와이어의 진동제어를 동시에 수행한다. 아크열에 의해 와이어 선단과 모재가 용융되어 용적, 용융지가 형성되면, 와이어는 용융지 방향으로 전진 송급된다.[12] 단락 직전, 단락이 유지되는 동안 전류는 0A에 맞추어, 단락 시 아크 반발력에 의한 순간 단락의 발생을 억제하고 0A에서 단락이행이 될 수 있도록 한다. 그리고 와이어가 모재 반대 방향으로 후진되어 강제적으로 단락을 해소시킨다. 이 때, 저 전류에서 아크가 재생될 수 있으므로 아크 폭발력을 최소화할 수 있다.

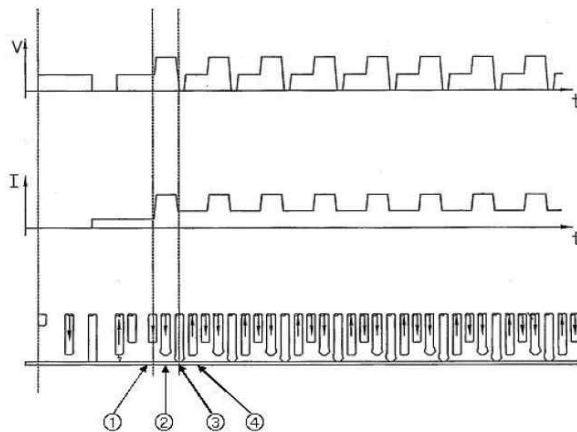


Fig. 1.7 Schematics of welding waveform and wire feeding control in CMT process

CMT 프로세스는 와이어의 전진과 후퇴작용으로 아크기간과 단락기간을 제어함으로써 입열량을 적게 유지할 수 있다. 즉 아크기간에 와이어를 전진시키면서 와이어 선단을 가열하고 와이어 선단이 모재와의 접촉이 일어나 단락이 발생하여 아크가 끊어짐과 동시에 용접전류를 낮춘다. 다음단계에서 용접와이어를 후퇴시켜 다시 아크를 발생시켜 같은 공정이 반복됨으로서 용입깊이와 희석률, 입열량을 모두 낮게 유지할 수 있다.[13] CMT 용접기의 경우 용접토치에서 보모터를 장착하여 와이어에 대한 기계적인 제어를 통해 단락이행 모드가 일어날 수 있게 기존 용접기를 개선한 저 입열 용접기이다.[14]

1.4.2 CMT 용접의 특징

CMT 용접은 기존 용접보다 효율적인 용융용접이 가능하며, GMAW에 비해 낮은 입열량을 가지는 특징이 있다. 이는 용접시 입열로 인한 변형을 최소화 가능하게 한다.[15] 이외에도 알루미늄 용융용접은 이외에도 TIG 용접 및 레이저 용융 용접등이 가능하지만, TIG 용접의 경우 생산성이 매우 낮아 경쟁력이 저하되고, 레이저 용융 용접의 경우 초기 장비 투자비가 고가이며, 정밀한 갭 관리가 필요한 반면, CMT의 경우 갭이 있는 접합부의 용접시 쉽게 접합이 가능하다.[16]

CMT 용접은 로봇을 통한 자동화 작업 시, 굴곡 부분 같은 용접부에서도 불량으로 인해 발생하는 벌어짐이나 휘어짐, 크랙의 불량률을 줄일 수 있다. 금속 와이어와 아크를 이용한 적층 공정(Wire-Arc Additive Manufacturing)에 CMT를 적용하여 일반적인 적층 공정에 비해 빠른 생산속도를 가질 수 있다.[17]

자동차 부품용 알루미늄 강판에 실시하던 spot 용접대신 CMT를 적용시 벌어짐, 휘어짐, 크랙의 불량률을 줄일 수 있다. 또한 본래의 소재 경도값보다 85% 향상된 경도값을 가져 spot용접 대비 재료의 강성이 더 좋아진 것으로 나타났다.[18] 또한 높은 생산성 확보와 경량화 소재 적용을 위한 기술개발이 필요한 시점에 새로운 제어 방식을 적용한 기계적 제어 시스템인 CMT용접 산업에서 각광받는 공정이

다. 그러나 용접 후 냉각속도가 너무 빠를시 용융이 되는 과정에서 탈가스 진행이 나 용접이 제대로 되지 않아 기공이 발생될 수 있기에 유의해야 한다.

CMT 프로세스의 주기는 평균 63Hz, 최대 70Hz이고, 그 주기는 용접조건에 따라 다르게 제어된다. Fig. 29는 CMT 프로세스에 의해 실제 용접 시의 용접 파형과 고속영상이다. 그림에서 보듯이 스파터가 거의 발생하지 않음을 볼 수 있다.[19] CMT 공정에서는 입열량 제어가 용이하여 높은 용착속도를 유지하면서도 액화균열의 발생 없이 엔진 밸브의 보수 또는 표면 개질 목적으로 시공이 가능하다. 또한 보수 용접에서는 초내열 합금제 엔진 부품의 오버레이 보수목적으로 이용되고 있다.[20]

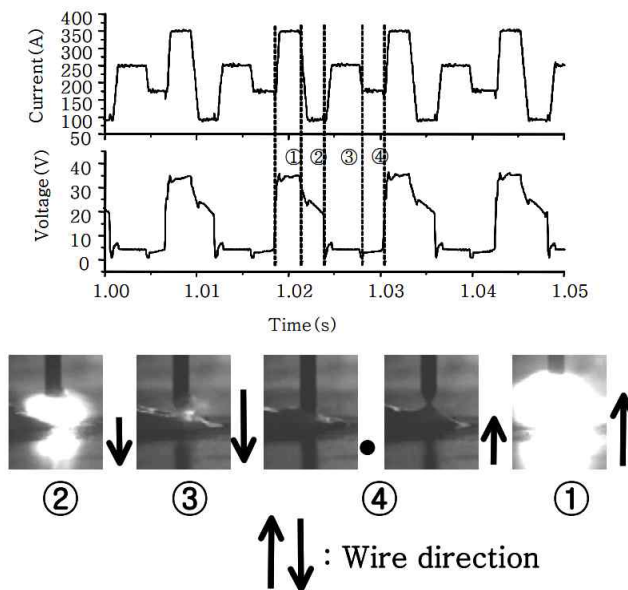


Fig. 1.8 Welding waveform and high speed images in CMT process

제 2 장 연구 방법

2.1 실험방법

2.1.1 사용소재 및 금형제작조건

본 연구에서 사용한 강재는 냉간금형용 합금공구강인 SKD11과 기계구조용 탄소강재 S45C 및 SS400 자재를 사용하여 금형을 제작하였으며 또한 실험에 사용된 원자재 자재는 SGAF590DP60/60 방청자재와 SPFH590DP-P 비방청자재의 두께 2.3mm를 사용하였다. 실험에 사용한 강재의 화학적 조성은 Table. 2.1에 기계적 물성은 Table. 2.2에 각각 나타내었다.

Table. 2.1 The chemical composition of materials (Wt%)

Composition Material	C	Si	Mn	P	Cr	Ni	Mo
SKD11	1.485	0.207	0.323	0.025	11.259	0.47	0.816
S45C	0.450	0.248	0.719	0.013	0.028	0.011	-
SS400	0.2	0.012	0.26	0.008	0.01	-	0.003
SGAF590DP	0.0666	0.193	1.989	0.015	-	-	-
SPFH590DP	0.073	0.144	1.492	0.014	-	-	-

Table. 2.2 The mechanical properties of materials

Material	Mechanical properties		
	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)
SKD11	1009	1254	15.6
S45C	343	569	20
SS400	243	429	35
SGAFC590DP	369	595	30
SPFH590DP	532	643	25

2.2 이형복합금형 설계 및 품질 평가

2.2.1 이형복합금형 성형해석 및 금형설계

이형복합금형 제작 및 품질 평가를 위해 이형복합금형 성형해석 및 금형설계를 실시하였다. 자동차용 샷시 부품의 바디마운팅의 성형해석은 Fig. 2.1과 같이 형상이 다른 4개의 성형해석을 실시하였다.

본 연구에서 사용된 성형해석 장비는 AUTOFORM KOREA社 AUTOFORM 소프트웨어를 사용하였으며 화천기계에서 제작한 머시닝센터10.5호기를 통해 가공 제작하였다. 제품의 신뢰성을 확보를 위해 성형해석 프로그램 오토폼(Autoform)을 사용하였으며 R6데이터 레벨로 적용하였고 세부조건은 SPFH590-0P 소재 2.3T, 블랭킹 사이즈 525*227, 가압력 10ton의 조건을 부여하였다. 분석모델 및 결과는 4개의 제품 형상 사이즈를 산출하였고 성형해석을 기반으로 하여 오토캐드(Auto CAD)를 이용한 금형 설계를 실시하였다.

Purpose		Reliable for production								Using S/W		Autoform	
Process		OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	Data Level		R6	
Process Name										Friction coeff.		0.15	
PRESS TYPE										Blank		Material	SPFH590-0P
Slide velocity	Hold											Thk.	2.3mm
	Fom												
Set-up										Blank Size		525X227	
Analysis Model & Results										Binder force		10ton	
													

Fig. 2.1 Summary and outline of body mountain form analysis

2.2.2 이형복합금형설계 기준 금형제작 및 형상 형합

본 연구에서는 성형해석을 통해 확보된 데이터를 기반으로 금형을 설계 및 제작을 실시하였으며, 레디알기계와 CNC 머시닝센터를 사용하여 형상가공 및 조립을 하였고 마이다에서 제작한 300톤 프레스에서 성형성을 테스트하였다.

성형해석에서 오차가 발생한 부분은 OP30공정에서 CAM CUT를 적용하여 OP05공정의 블랭킹 제품에서 R구간의 사이즈를 키우고 OP30공정에 CUTTING으로 제품라인을 확보하였다. 1공정부터 3공정까지 성형조건을 맞추어 현장에서 품질을 확보하였으며 형압을 마무리하여 제품TRYOUT을 하여 제품검사구에서 치수에 대한 정합성을 확인하였다.

2.3 이형복합금형 취출된 단품 CMT 용접 품질 평가

이형복합금형 취출된 단품 소재는 같은 두께인 2.3mm의 SPFH591DP-P 아연도금강판을 사용하였고 이형복합금형에서 취출된 부품 중 단품상치수가 검사구에 합격된 부품을 용접하였다. 용접기는 베스트에프에이(Best Easy Simply Technology Factory Automation) 사가 공급하는 Fronius TrausPuls Synergic4000 CMT(Cold Metal Transfer) 용접기와 CO₂ 용접를 사용하였으며, YASKAWA MOTOMAN-AR1440 로봇과 결합하여 용접을 실시하였다.

용접지그에 삽입하여 클램프를 한 후 YASKAWA ROBOT을 이용하여 CMT용접과 일반 CO₂용접을 갭이 없이 용접을 실시하였다. 깊은 용입 특성을 보이는 CO₂용접과 저열발열을 통한 COLD METAL TRANSFER 용접방식을 사용하였다. 용접 공정변수는 CO₂ 용접은 용접전류 235A, 용접전압 17V를 와이어송급속도 6.0m/min이며 CMT용접은 용접전류 205A, 용접전압 14.7V 와이어송급속도 6.0m/min 보호가스는 Ar 90% + CO₂ 10% 혼합가스를 25L/min의 유량 조건으로 용접을 실시하였다. 또한 각각의 단품이 완료가 된 것을 Fig. 2.2, Fig. 2.3에 나타낸 바와 같이 로어단품과 어퍼단품을 맞세이 하도록 전용지그를 사용하여 고정하였고 CMT용접을 실시하였다.



Fig. 2.2 Lower and upper assy jig



Fig. 2.3 CMT welding system

제 3 장 결과 및 고찰

3.1 이형복합금형 설계 및 품질 평가

3.1.1 성형해석 및 설계

Fig. 3.1은 OP10공정의 성형해석을 나타낸 것으로 블랭킹에서 나온 제품 (SPFH590-DP 2.3T) 4개를 오토폼에서 하형을 마스터로 하였다. 또한 마찰조건은 0.15으로 성형 하였으며 다이와 펀치, 페드, 블랭킹 홀더가 각각 분리되도록 실시 하였다.

DIE성형성분포의 분석조건은 4개의 다이에 229.5톤의 힘이 들어갔으며 마찰조건 은 0.15조건으로 코너부위 R구간에 파단되는 조건이 발생하였으며 현장맞춤으로 실시였다.

BANKHOLDER 간략한 분포를 보면 4개의 홀더에 10톤의 힘이 들어갔으며 마찰조건 은 0.15조건으로 성형하였으며, 간헐적분포를 보면 파단구간이 동일하게 발생하였 다.

OP10공정의 최종 시뮬레이션은 Fig. 3.4에 나타낸 바와 같이 실시하였으며 시뮬레이션 결과, 4개의 제품은 그림과 같이 블랭킹 제품을 성형하여 최종 버튼마크 하사점까지 내려온 과정을 확인하였다.

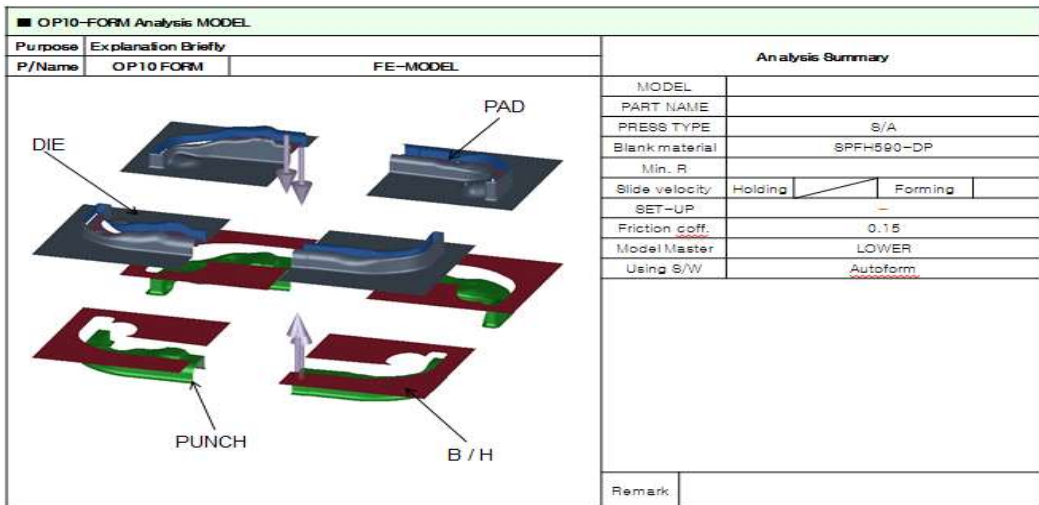


Fig. 3.1 Summary and analysis of OP10 process

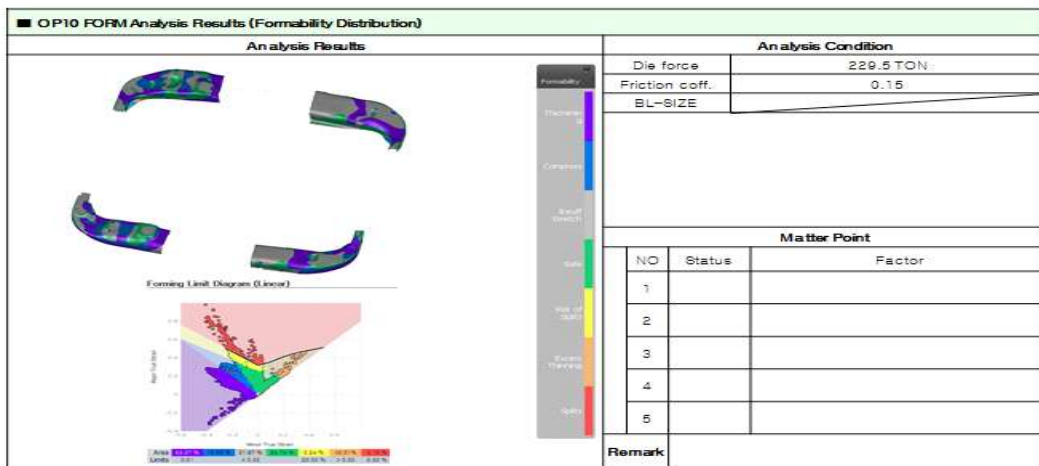


Fig. 3.2 Formability distribution of OP10 process

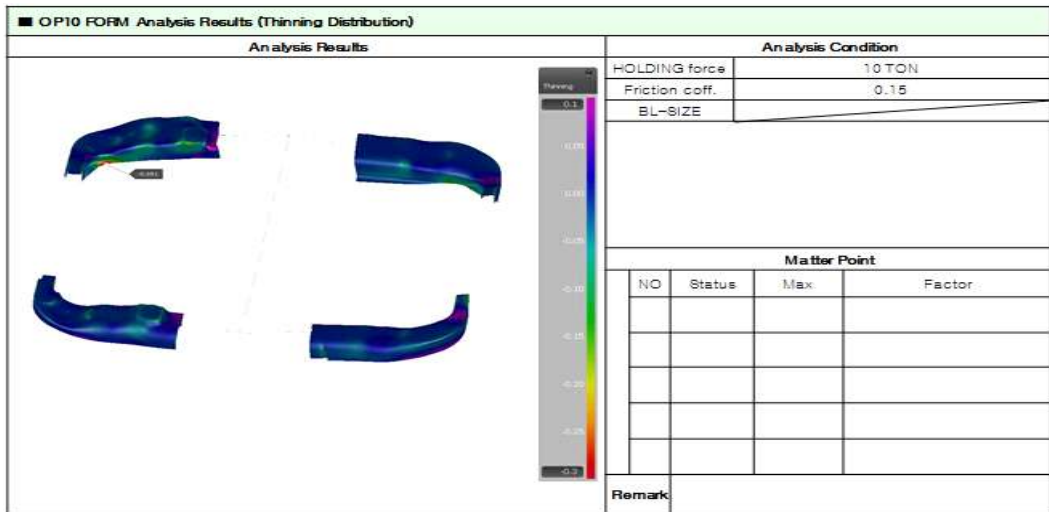


Fig. 3.3 Thinning distribution of OP10 process

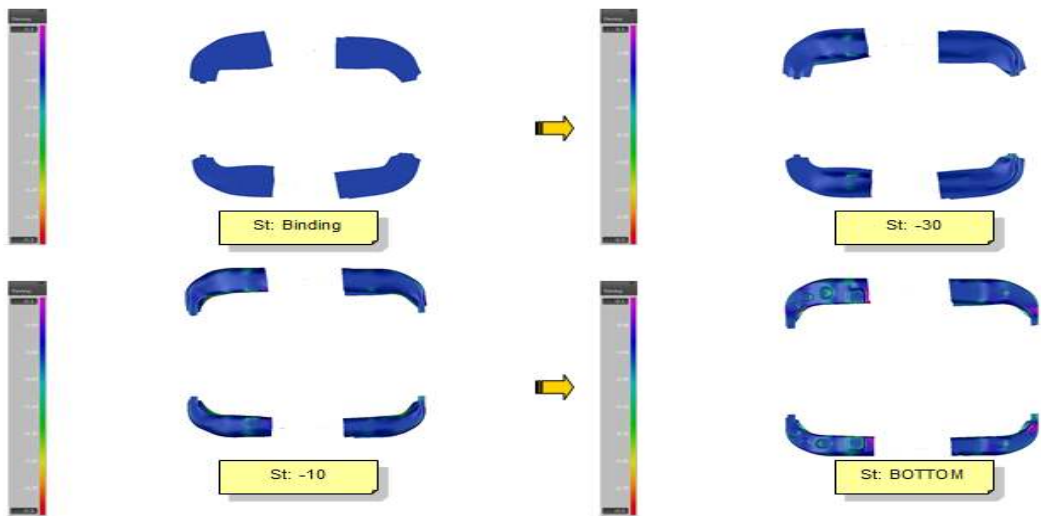


Fig. 3.4 Simulation result(Thinning) of OP10 process

Fig. 3.5는 OP20공정의 성형해석을 나타낸 것으로 블랭킹에서 나온 제품 (SPFH590-DP 2.3T) 4개를 오토폼에서 하형을 마스터로 하였다. 또한 마찰조건은 0.15으로 성형 하였으며 다이와 펀치, 페드, 블랭킹 홀더가 각각 분리되도록 하였으며 플랜지리스트라이크 공정에서 하형을 기준으로 실시하였다.

OP20공정의 성형성분포 결과를 Fig. 3.6에 나타내었으며 다이에 가한 힘은 192.8톤의 힘이 가해졌고 마찰힘은 0.15로 실시하였다. 앞선 OP10공정에서의 성형 성분포 해석 결과과 동일하게 코너R구간에서 파단되는 경향을 확인하였다. 또한 Fig. 3.7에 나타낸바와 같이 홀더에 가해진 힘은 10톤의 힘으로 가해졌으며 마찰힘은 0.15이다.

OP20공정의 4개의 최종 시뮬레이션은 Fig. 3.8에 나타낸바와 같이 포밍공정에서 백이 나온 플랜지부분을 리스트라이크로 다시 다져주면서 최종적으로 하사점까지 힘을 가해서 성형이 되어지도록 하였다.

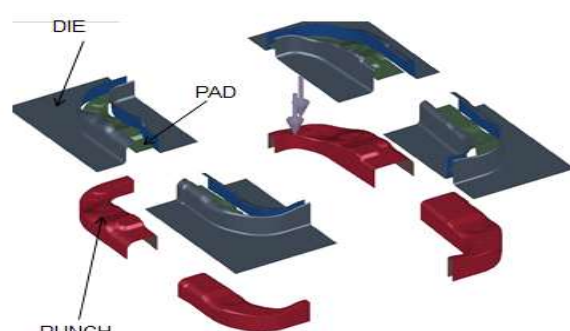
■ OP20-FL/RE Analysis MODEL				
Purpose	Explanation Briefly			
P/Name	OP20 FL/RE	FE-MODEL		
			Analysis Summary	
MODEL				
PART NAME				
PRESS TYPE			S/A	
Blank material			SPFH590-DP	
Min. R				
Slide velocity			Holding	Forming
SET-UP				
Friction coeff.			0.15	
Model Master			LOWER	
Using S/W			Autoform	
Remark				

Fig. 3.5 Summary and analysis of OP20 process

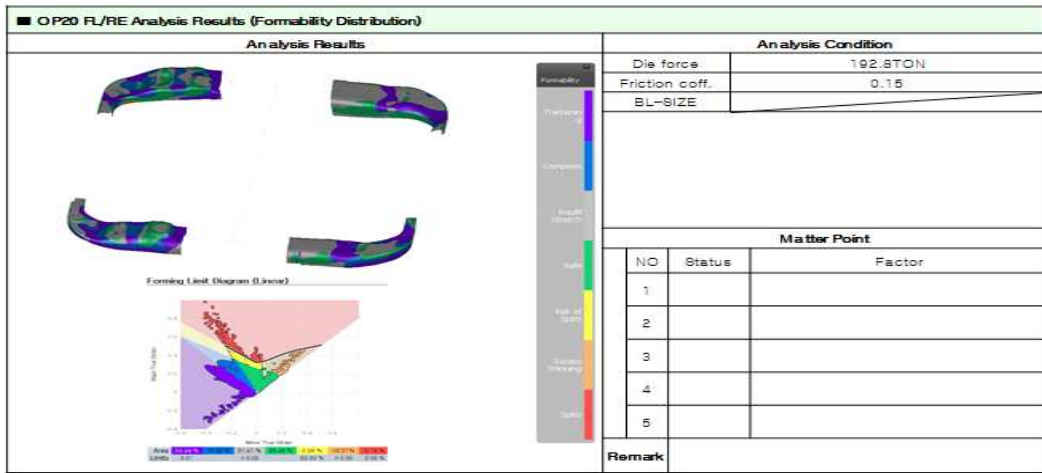


Fig. 3.6 Formability distribution of OP20 process

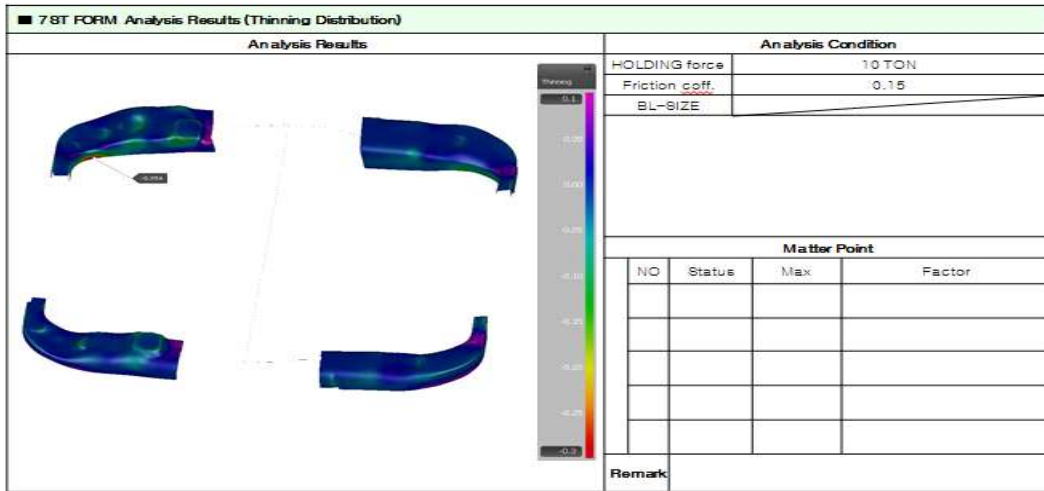


Fig. 3.7 Thinning distribution(7ST) of OP20 process

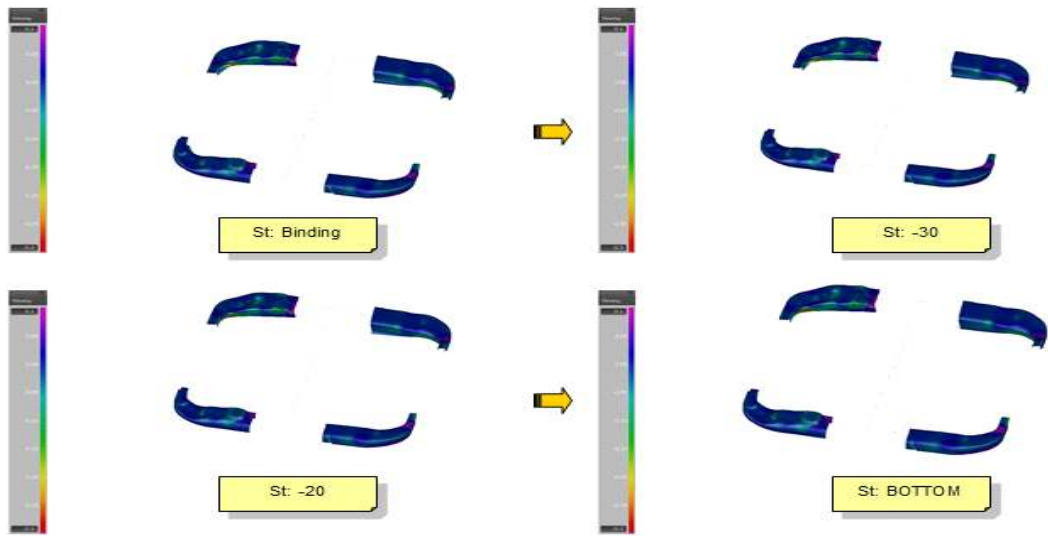


Fig. 3.8 Simulation result(Thinning) of OP20 process

OP10공정과 OP20공정의 강성평가 결과, OP10공정에 DIE에 MAX FORCE 는 94.5 tf 이며 PUNCH의 MAX FORCE는 218.3tf이고 BANK HOLDER는 11.2tf이며 UPR PAD는 133.3tf이다. 총중량은 20N으로 확인 되었으며 OP20공정은 PUNCH 에 MAX FORCE 60.3tf, PAD에 걸린 MAX FORCE는 132.4tf이며 DIE에 걸린 MAX FORCE는 192.8tf이며 총중량은 20N으로 분석되었다.

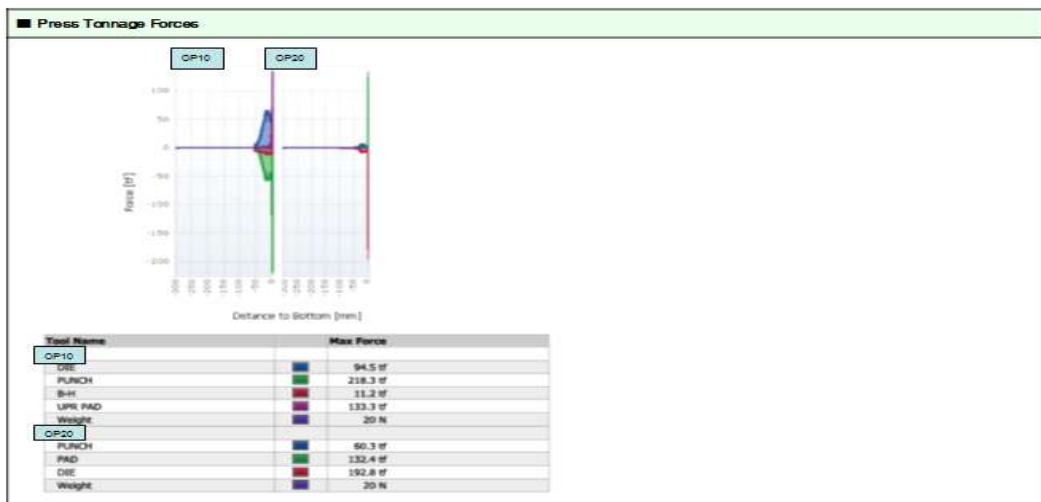


Fig. 3.9 Press tonnage of OP10 and OP20 process

다음은 성형해석을 기반으로 공정별 설계도면을 작성한 결과이다. Fig. 3.10 은 OP10공정의 FORAM 설계도면이고, Fig. 3.11은 OP20공정의 FL/RES 설계도면이고, Fig. 3.12는 OP30공정의 CAM/PIE/CUT 설계도면이다.

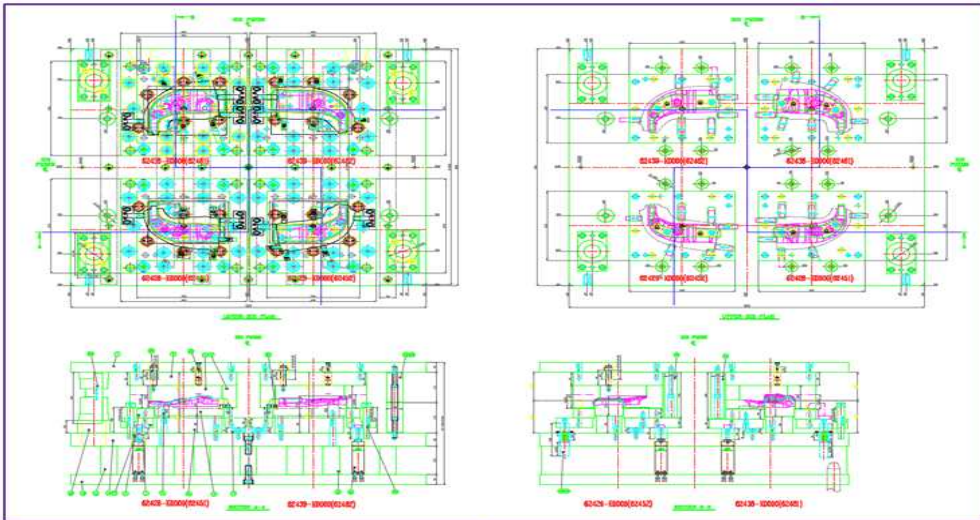


Fig. 3.10 FORAM design of OP10 process

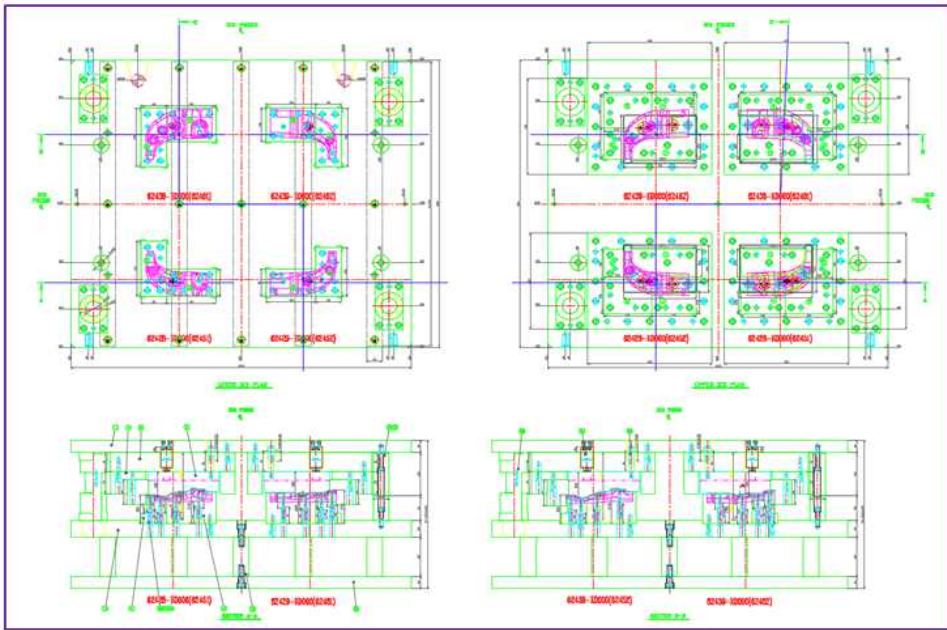


Fig. 3.11 FL/RES design of OP20 process

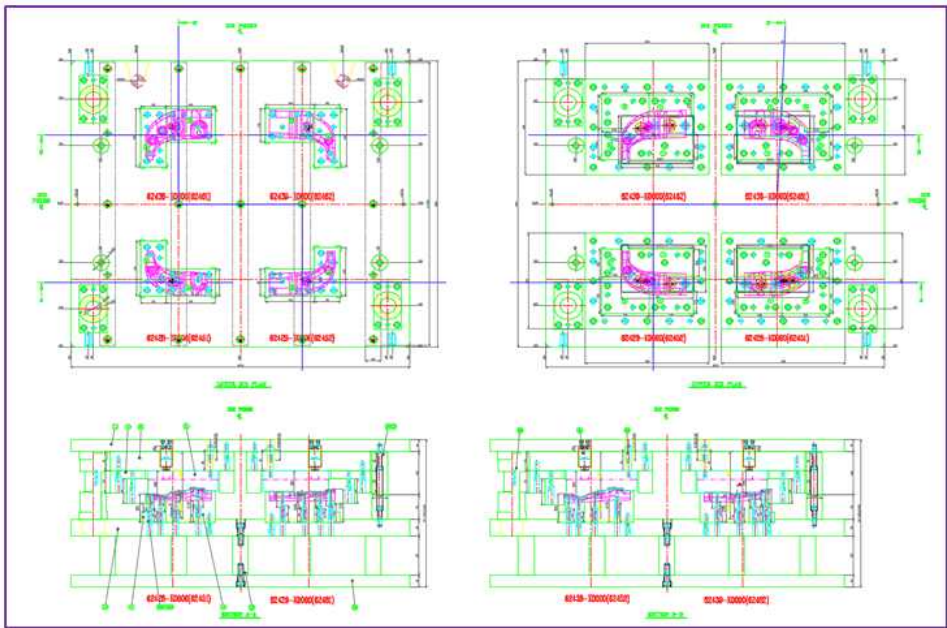


Fig. 3.12 CAM/PIE/CU design of OP20 process

3.1.2 금형제작 및 형상 형합

본 연구에서는 성형해석을 통해 나온 데이터를 이용하여 금형설계를 바탕으로 금형제작을 실시하였다. 레디알기계와 CNC 머시닝센터를 사용하여 형상가공 및 조립을 하였으며 마이다에서 제작한 300톤 프레스에서 성형성을 테스트하였다. 성형 해석시 발생하였던 크랙이 발생한 코너R구간은 OP30공정에서 CAM CUT를 사용하여 크랙이 발생하였던 구간을 OP05공정의 블랭킹 제품에서 R구간을 키우고 OP30공정에 CUTTING으로 제품라인을 확보하였으며 1공정부터 3공정까지 성형조건을 맞추었다. 또한 형압을 마무리하여 제품TRYOUT을 하여 제품검사구에서 치수에 대한 정합성이 육안으로 확인하였다.

CNC머시닝 센터를 이용하여 각 파트별 부품을 가공하였으며 가공조건은 육면가공을 통해 면조도를 마무리하고 레디얼기계에서 설계치수대로 구멍가공을 하였고 조립을 시행한 후 형상가공을 실시하였다.

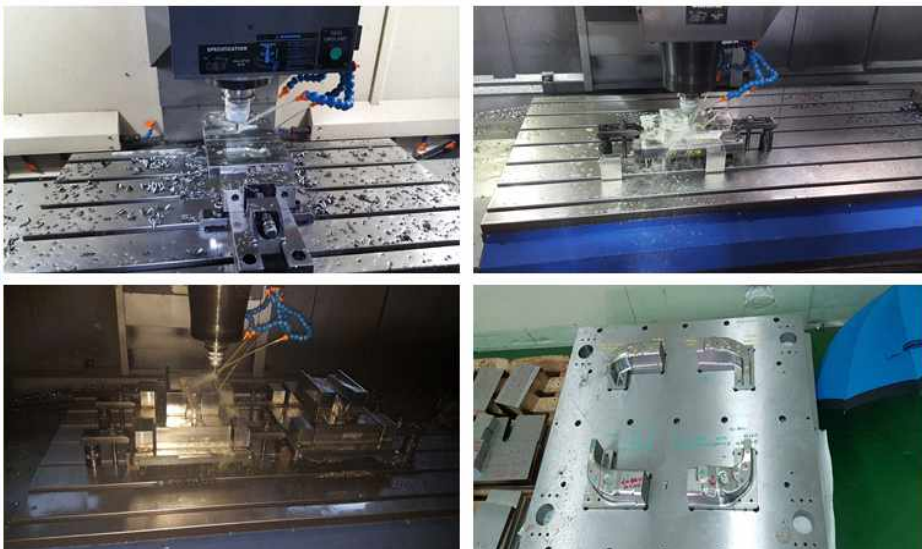


Fig. 3.13 Shape process using CNC machining center

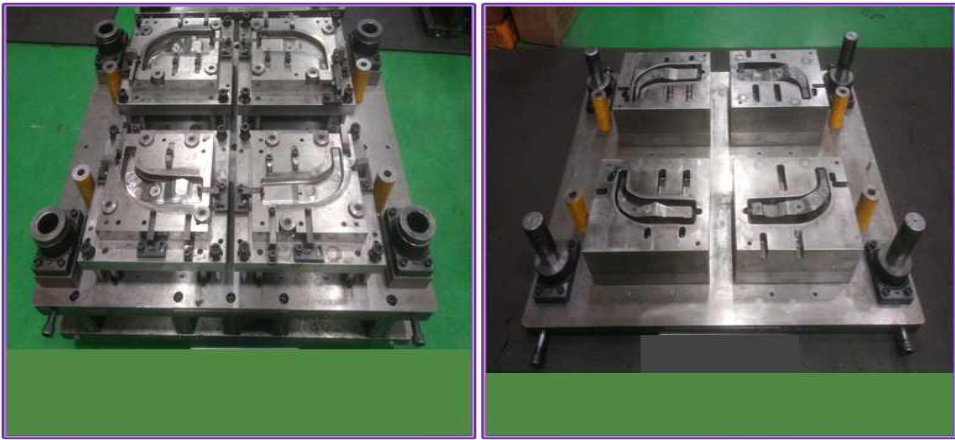


Fig. 3.14 Mold production of OP10 process

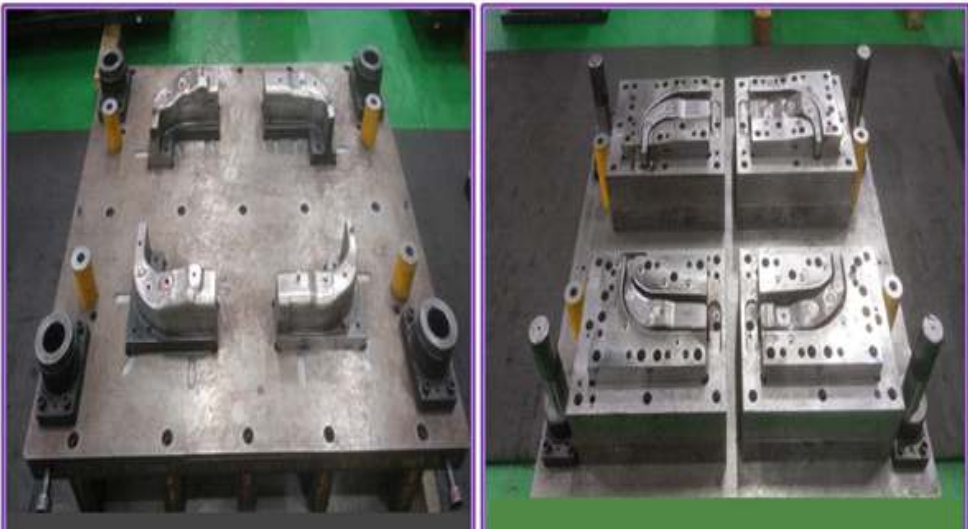


Fig. 3.15 Mold production of OP20 process

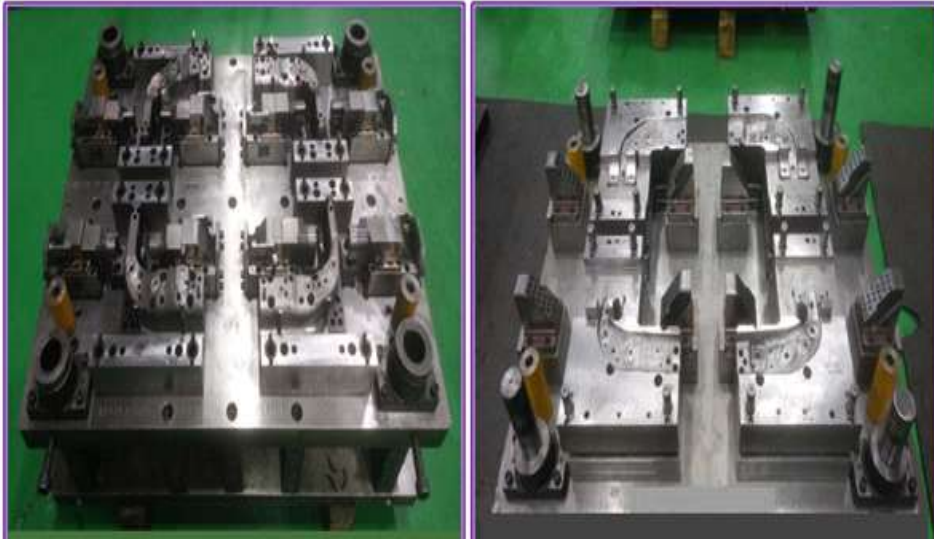


Fig. 3.16 Mold production of OP30 process

Fig. 3.17, Fig. 3.18에 나타낸바와 같이 CNC머시닝센터에서 형상가공이 완료된 금형들을 조립하여 공정별로 성형성을 프레스에서 TRY OUT을 하며 형합을 맞추었다.

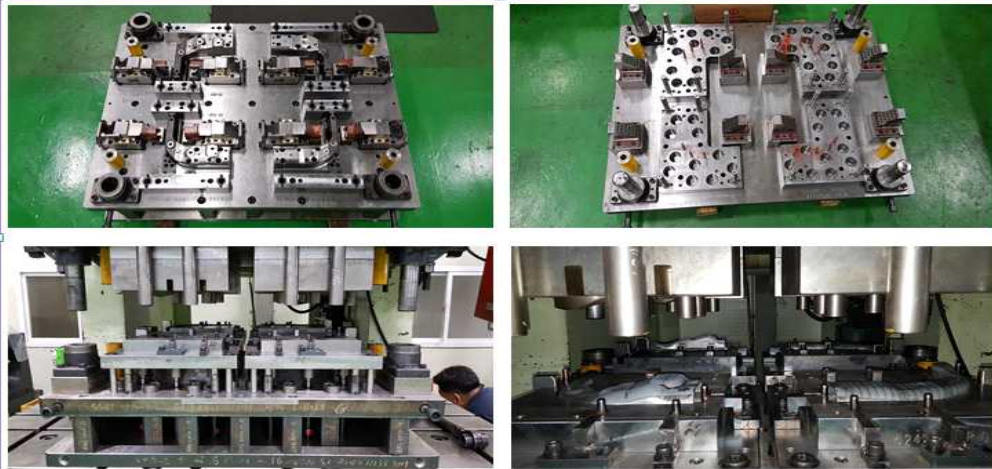


Fig. 3.17 Assembly of press Multi-shape composite mold(1)



Fig. 3.18 Assembly of press Multi-shape composite mold(2)

3.2 이형복합금형 취출된 단품 CMT 용접품질 검사

CMT 용접을 적용한 이형복합금형에서 취출된 단품에 대해 표면비드, 이면비드 등의 육안검사를 실시하였다. 주안점으로 표면 육안검사의 경우 이면비드의 유무와 표면비드의 처짐, 험핑비드 등을 확인하였다.

용접부의 품질검사를 위한 단면 시험은 MS181-13 규격본에 의거하여 실시하였다. 부품시험편에 대하여 용접선과 수직인 방향으로 절단하였으며 이를 연마, 부식시킨 후 NOVEL 전자현미경을 사용하여 용입깊이, 언더컷 유무, 선형 단차, 균열, 기공 등을 관찰하였다. MS181-13 규격은 용접검사기준서에 규격에 대하여 상세하게 기록하였으며 각 부품별 용접품질 검사기준서에 표기하였다.

이형복합금형을 적용한 제품의 용접부 검사위치는 LH 1-2 섹션, 3-4 섹션, 5-6 섹션에서 용접 품질을 평가하였으며 각각의 위치는 Fig.3.20과 같이 실시하였다.

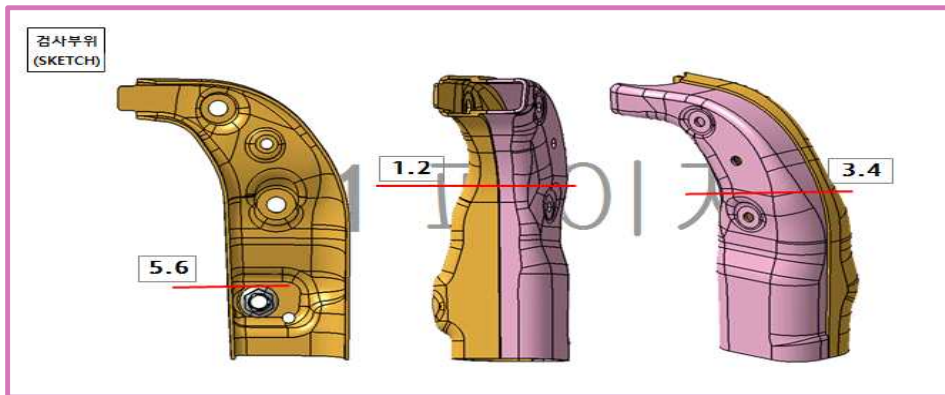


Fig. 3.19 Measured location of welded joint in Multi-shape composite mold(LH) for the inspection

1번과 2번의 섹션을 절단하여 용접부 검사를 실시한 결과, 1번 섹션의 각장 토우각은 $A = 140.273\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.406\text{mm}$ ($L=7.620\text{mm}$) 용입은 $L = 0.677\text{mm}$ ($L=6.170\text{mm}$)을 확보하였다. 2번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 136.005\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.068\text{mm}$ ($L=7.115\text{mm}$) 용입은 $L = 1.108\text{mm}$ ($L=6.058\text{mm}$)을 확보하였다. 1번, 2번 섹션에서 표면비드 처짐현상, 험핑비드가 발생하지 않았고, 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하는 결과를 도출하였다.


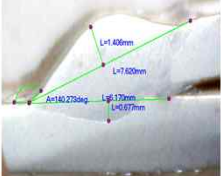
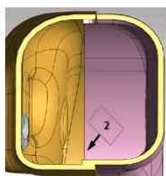
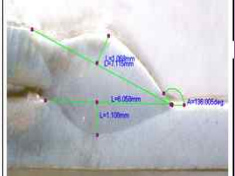
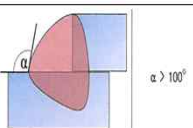
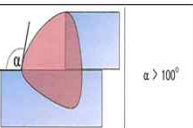
NO	품명	재질	판후	단면검사					NO	품명	재질	판후	단면검사																																																																										
				규격	t	d	용입	a1					규격	t	d	용입	a1																																																																						
1	BRKT-FR BODY MTG FR LH	SK-CFR/FR/AL-SP/00017	2.3	규격	2.30	-	0.23	100	1	BRKT-FR BODY MTG FR LH	SK-CFR/FR/AL-SP/00017	2.3	규격	2.30	-	0.23	100																																																																						
2	BRKT-FR BODY MTG RR LH	SK-CFR/FR/AL-SP/00017	2.3	측정치	6.17	-	0.67	140	2	BRKT-FR BODY MTG RR LH	SK-CFR/FR/AL-SP/00017	2.3	측정치	6.05	-	1.10	136																																																																						
																																																																																							
단면 형상				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">외관검사</th> </tr> <tr> <th>NO</th> <th>항목</th> <th>규격</th> <th colspan="2">확인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CRACK</td> <td>없을 것</td> <td colspan="2">OK</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>기공</td> <td>1mm ↓</td> <td colspan="2">OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>언더컷, 크레이터</td> <td>20% ↓</td> <td colspan="2">OK</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>오버랩</td> <td>비드폭 10% ↓</td> <td colspan="2">OK</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>용입깊이(+20% ↓)</td> <td>(180 ~ 216)</td> <td>187</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					외관검사					NO	항목	규격	확인		1	CRACK	없을 것	OK		2	기공	1mm ↓	OK		3	언더컷, 크레이터	20% ↓	OK		4	오버랩	비드폭 10% ↓	OK		5	용입깊이(+20% ↓)	(180 ~ 216)	187		단면 형상				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">외관검사</th> </tr> <tr> <th>NO</th> <th>항목</th> <th>규격</th> <th colspan="2">확인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CRACK</td> <td>없을 것</td> <td colspan="2">OK</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>기공</td> <td>1mm ↓</td> <td colspan="2">OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>언더컷, 크레이터</td> <td>20% ↓</td> <td colspan="2">OK</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>오버랩</td> <td>비드폭 10% ↓</td> <td colspan="2">OK</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>용입깊이(+20% ↓)</td> <td>(186 ~ 223)</td> <td>192</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					외관검사					NO	항목	규격	확인		1	CRACK	없을 것	OK		2	기공	1mm ↓	OK		3	언더컷, 크레이터	20% ↓	OK		4	오버랩	비드폭 10% ↓	OK		5	용입깊이(+20% ↓)	(186 ~ 223)	192	
외관검사																																																																																							
NO	항목	규격	확인																																																																																				
1	CRACK	없을 것	OK																																																																																				
2	기공	1mm ↓	OK																																																																																				
3	언더컷, 크레이터	20% ↓	OK																																																																																				
4	오버랩	비드폭 10% ↓	OK																																																																																				
5	용입깊이(+20% ↓)	(180 ~ 216)	187																																																																																				
외관검사																																																																																							
NO	항목	규격	확인																																																																																				
1	CRACK	없을 것	OK																																																																																				
2	기공	1mm ↓	OK																																																																																				
3	언더컷, 크레이터	20% ↓	OK																																																																																				
4	오버랩	비드폭 10% ↓	OK																																																																																				
5	용입깊이(+20% ↓)	(186 ~ 223)	192																																																																																				
트우각									트우각																																																																														

Fig. 3.20 Cross section of LH 1-2 welded joint (Multi-shape composite mold)

3번과 4번의 섹션을 절단하여 용접부 검사를 실시한 결과, 3번 섹션 각장 토우 각 값은 $A = 139.019\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.743\text{mm}$ ($L=8.145\text{mm}$) 용입은 $L = 0.870\text{mm}$ ($L=6.095\text{mm}$)을 확보하였다. 4번 섹션의 각장 토우 각 값은 $A = 142.001\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.816\text{mm}$ ($L=9.017\text{mm}$) 용입은 $L = 0.565\text{mm}$ ($L=6.845\text{mm}$)을 확보하였다. 3번, 4번 섹션에서 표면비드 처짐현상, 험핑비드가 발생하지 않았고 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하는 결과를 도출하였다.

NO	품명	재질	관후	단면검사					NO	품명	재질	관후	단면검사							
				규격	t	d	용입	a1					규격	t	d	용입	a1			
1	BRKT-FR BODY MTG FR LH	FR	2.3						1	BRKT-FR BODY MTG FR LH	FR	2.3								
2	BRKT-FR BODY MTG RR LH	FR	2.3	규격	2.30	-	0.23	100	2	BRKT-FR BODY MTG RR LH	FR	2.3	규격	2.30	-	0.23	100			
				측정치	6.09	-	0.87	139					측정치	6.84	-	0.56	142			

NO	항목	규격	확인	NO	항목	규격	확인
2	기공	1mm ↓	OK	2	기공	1mm ↓	OK
3	언더컷, 크레이터	20% ↓	OK	3	언더컷, 크레이터	20% ↓	OK
4	오버랩	비드폭 10% ↓	OK	4	오버랩	비드폭 10% ↓	OK
5	용접경(+20% ↓)	180 (180 ~ 216)	191	5	용접경(+20% ↓)	186 (186 ~ 223)	199

Fig. 3.21 Cross section of LH 3-4 welded joint (Multi-shape composite mold)

5번과 6번의 섹션을 절단하여 용접부 검사를 실시한 결과, 5번 섹션 각장 토우 각 값은 $A = 104.341\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.415\text{mm}$ ($L=11.511\text{mm}$) 용입은 $L = 0.707\text{mm}$ ($L=9.269\text{mm}$)을 확보하였다. 6번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 108.239\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.463\text{mm}$ ($L=8.665\text{mm}$) 용입은 $L = 1.394\text{mm}$ ($L=7.919\text{mm}$)을 확보하였다. 5번, 6번 섹션에서 표면비드 처짐현상, 험핑비드가 발생하지 않았고 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하는 결과를 도출하였다.

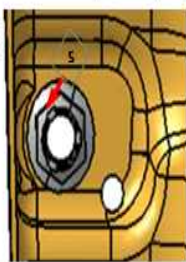
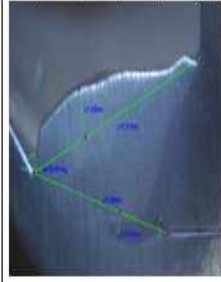
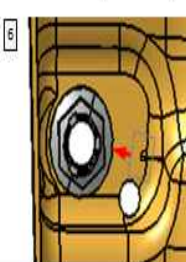
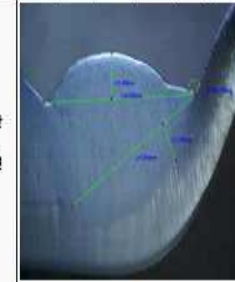
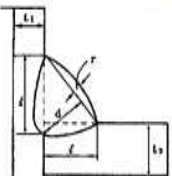
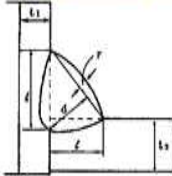
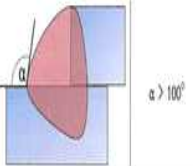
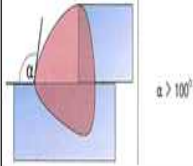
NO	품명	재질	판본	단면검사					NO	품명	재질	판본	단면검사																																										
				규격	f	d	용입	a1					규격	f	d	용입	a1																																						
1	NUT FLANGE	SWCH2SF	-	규격	2.30	-	0.23	100	1	NUT FLANGE	SWCH2SF	-	규격	2.30	-	0.23	100																																						
2	BRKT-PR BODY MTS PR LH		2.3	특정치	9.26	-	0.70	104	2	BRKT-PR BODY MTS PR LH		2.3	특정치	7.81	-	1.39	108																																						
																																																							
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">외관검사</th> </tr> <tr> <th>NO</th> <th>항목</th> <th>규격</th> <th>확인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CRACK</td> <td>없음</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>기공</td> <td>1mm ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>안마찰 코퍼이브</td> <td>20% ↓</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>				외관검사				NO	항목	규격	확인	1	CRACK	없음	OK	2	기공	1mm ↓	OK	3	안마찰 코퍼이브	20% ↓	OK					<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">외관검사</th> </tr> <tr> <th>NO</th> <th>항목</th> <th>규격</th> <th>확인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CRACK</td> <td>없음</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>기공</td> <td>1mm ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>안마찰 코퍼이브</td> <td>20% ↓</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>				외관검사				NO	항목	규격	확인	1	CRACK	없음	OK	2	기공	1mm ↓	OK	3	안마찰 코퍼이브	20% ↓	OK
외관검사																																																							
NO	항목	규격	확인																																																				
1	CRACK	없음	OK																																																				
2	기공	1mm ↓	OK																																																				
3	안마찰 코퍼이브	20% ↓	OK																																																				
외관검사																																																							
NO	항목	규격	확인																																																				
1	CRACK	없음	OK																																																				
2	기공	1mm ↓	OK																																																				
3	안마찰 코퍼이브	20% ↓	OK																																																				
				<table border="1"> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>오버립</td> <td>비트폭 10% ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>용입깊이(+20% ↓)</td> <td>10 (10 - 12)</td> <td>11.6</td> </tr> </tbody> </table>				4	오버립	비트폭 10% ↓	OK	5	용입깊이(+20% ↓)	10 (10 - 12)	11.6					<table border="1"> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>오버립</td> <td>비트폭 10% ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>용입깊이(+20% ↓)</td> <td>10 (10 - 12)</td> <td>11.4</td> </tr> </tbody> </table>				4	오버립	비트폭 10% ↓	OK	5	용입깊이(+20% ↓)	10 (10 - 12)	11.4																								
4	오버립	비트폭 10% ↓	OK																																																				
5	용입깊이(+20% ↓)	10 (10 - 12)	11.6																																																				
4	오버립	비트폭 10% ↓	OK																																																				
5	용입깊이(+20% ↓)	10 (10 - 12)	11.4																																																				

Fig. 3.22 Cross section of LH 5-6 welded joint (Multi-shape composite mold)

복합이형금형에서 나온 제품의 RH 검사부위는 1-2 섹션, 3-4 섹션, 5-6 섹션 별로 나누어 용접 품질을 평가하였으며 각각의 위치는 Fig. 3.24과 같이 실시하였다.

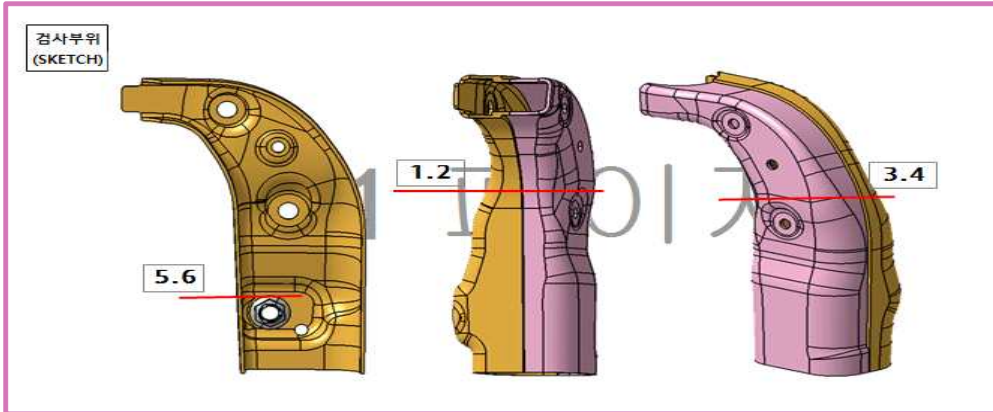


Fig. 3.23 Measured location of welded joint in Multi-shape composite mold(RH) for the inspection

RH 1번과 2번의 섹션을 절단하여 용접부 검사를 실시한 결과, 1번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 150.101\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.647\text{mm}$ ($L=6.853\text{mm}$) 용입은 $L = 1.150\text{mm}$ ($L=5.650\text{mm}$)을 확보하였다. 2번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 143.427\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.547\text{mm}$ ($L=7.410\text{mm}$) 용입은 $L = 0.832\text{mm}$ ($L=5.525\text{mm}$)을 확보하였다. 1, 2번 섹션에서 표면비드 처짐현상, 험핑비드가 발생하지 않았고 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하는 결과를 도출하였다.


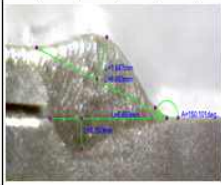
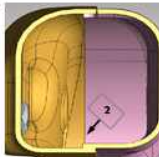
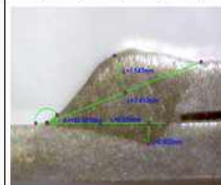
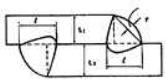
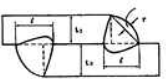
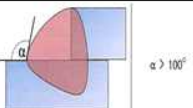
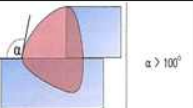
NO	종형	재질	판도	단면검사					NO	종형	재질	판도	단면검사																																																		
				규격	f	d	용입	a1					규격	f	d	용입	a1																																														
1	BRKT-RR BODY MFG RR, R#	sg44c390090e0	2.3	규격	2.30	-	0.23	100	1	BRKT-RR BODY MFG RR, R#	sg44c390090e0	2.3	규격	2.30	-	0.23	100																																														
2	BRKT-RR BODY MFG RR, R#	sg44c390090e0	2.3	측정치	5.65	-	1.15	150	2	BRKT-RR BODY MFG RR, R#	sg44c390090e0	2.3	측정치	5.52	-	0.83	143																																														
																																																															
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO</th> <th>항목</th> <th>규격</th> <th>확인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CRACK</td> <td>없음</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>기공</td> <td>1mm 이하</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>언더컷, 포화이터</td> <td>20% 이하</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>오버랩</td> <td>비트폭 10% 이하</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>용입깊이(+20% 이하)</td> <td>194 - 232</td> <td>201</td> </tr> </tbody> </table>				NO	항목	규격	확인	1	CRACK	없음	OK	2	기공	1mm 이하	OK	3	언더컷, 포화이터	20% 이하	OK	4	오버랩	비트폭 10% 이하	OK	5	용입깊이(+20% 이하)	194 - 232	201					<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO</th> <th>항목</th> <th>규격</th> <th>확인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CRACK</td> <td>없음</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>기공</td> <td>1mm 이하</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>언더컷, 포화이터</td> <td>20% 이하</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>오버랩</td> <td>비트폭 10% 이하</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>용입깊이(+20% 이하)</td> <td>186 - 229</td> <td>196</td> </tr> </tbody> </table>				NO	항목	규격	확인	1	CRACK	없음	OK	2	기공	1mm 이하	OK	3	언더컷, 포화이터	20% 이하	OK	4	오버랩	비트폭 10% 이하	OK	5	용입깊이(+20% 이하)	186 - 229	196
NO	항목	규격	확인																																																												
1	CRACK	없음	OK																																																												
2	기공	1mm 이하	OK																																																												
3	언더컷, 포화이터	20% 이하	OK																																																												
4	오버랩	비트폭 10% 이하	OK																																																												
5	용입깊이(+20% 이하)	194 - 232	201																																																												
NO	항목	규격	확인																																																												
1	CRACK	없음	OK																																																												
2	기공	1mm 이하	OK																																																												
3	언더컷, 포화이터	20% 이하	OK																																																												
4	오버랩	비트폭 10% 이하	OK																																																												
5	용입깊이(+20% 이하)	186 - 229	196																																																												
																																																															

Fig. 3.24 Cross section in RH 1-2 welded joint (Multi-shape composite mold)

RH 3번과 4번의 섹션을 절단하여 용접부 검사를 실시한 결과, 3번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 142.883\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.732\text{mm}$ ($L=8.146\text{mm}$) 용입은 $L = 1.006\text{mm}$ ($L=6.458\text{mm}$)을 확보하였다. 4번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 129.289\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.614\text{mm}$ ($L=6.852\text{mm}$) 용입은 $L = 0.704\text{mm}$ ($L=4.910\text{mm}$)을 확보하였다. 3, 4번 섹션에서 표면비드 처짐현상, 형핑비드가 발생하지 않았고 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하는 결과를 도출하였다.

NO	품명	재질	판두	단면검사					NO	품명	재질	판두	단면검사				
				규격	r	d	용입	a1					규격	r	d	용입	a1
1	BRKT-RR BODY MFG RR RH	SS40C(SPO)P80(80)	2.3	규격	2.30	-	0.23	100	1	BRKT-RR BODY MFG RR RH	SS40C(SPO)P80(80)	2.3	규격	2.30	-	0.23	100
2	BRKT-RR BODY MFG RR RH	SS40C(SPO)P80(80)	2.3	중정치	6.45	-	1.00	142	2	BRKT-RR BODY MFG RR RH	SS40C(SPO)P80(80)	2.3	중정치	4.91	-	0.70	129

NO	판두	규격	확인	NO	판두	규격	확인
1	CRACK	없음 것	OK	1	CRACK	없음 것	OK
2	기공	1mm ↓	OK	2	기공	1mm ↓	OK
3	언더컷 코퍼미터	20% ↓	OK	3	언더컷 코퍼미터	20% ↓	OK
4	오버랩	비트류 10% ↓	OK	4	오버랩	비트류 10% ↓	OK
5	용입깊(+20% ↓)	194 (194 - 223)	203	5	용입깊(+20% ↓)	186 (186 - 223)	194

Fig. 3.25 Cross section in RH 3-4 welded joint (Multi-shape composite mold)

RH 5번과 6번의 섹션을 절단하여 용접부 검사를 실시한 결과, 5번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 102.704\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 0.571\text{mm}$ ($L=6.749\text{mm}$) 용입은 $L = 0.425\text{mm}$ ($L=4.139\text{mm}$)을 확보하였다. 6번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 101.419\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.154\text{mm}$ ($L=5.627\text{mm}$) 용입은 $L = 1.195\text{mm}$ ($L=4.924\text{mm}$)을 확보하였다. 5, 6번 섹션에서 표면비드 처짐현상, 험핑비드가 발생하지 않았고 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하는 결과를 도출하였다.

NO	품명	재질	판도	단면검사					NO	품명	재질	판도	단면검사																																																				
				규격	l	d	용입	a1					규격	l	d	용입	a1																																																
1	NUT FLANGE	SWCH2SF	-	규격	2.90	-	0.23	100	1	NUT FLANGE	SWCH2SF	-	규격	2.90	-	0.23	100																																																
2	BRKT-RR BODY (MTG PR,RH)	SS41C(S202PR0.02)	2.3	주정치	4.13	-	0.42	102	2	BRKT-RR BODY (MTG PR,RH)	SS41C(S202PR0.02)	2.3	주정치	4.92	-	1.19	101																																																
외관									외관																																																								
외관검사				<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO</th> <th>항목</th> <th>규격</th> <th>확인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CRACK</td> <td>없을 것</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>기공</td> <td>1mm ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>연마형 프러이머</td> <td>20% ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>오버랩</td> <td>비트폭 10% ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>용입깊이(+20% ↓)</td> <td>10 (10 - 12)</td> <td>11.5</td> </tr> </tbody> </table>					NO	항목	규격	확인	1	CRACK	없을 것	OK	2	기공	1mm ↓	OK	3	연마형 프러이머	20% ↓	OK	4	오버랩	비트폭 10% ↓	OK	5	용입깊이(+20% ↓)	10 (10 - 12)	11.5	외관검사				<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO</th> <th>항목</th> <th>규격</th> <th>확인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CRACK</td> <td>없을 것</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>기공</td> <td>1mm ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>연마형 프러이머</td> <td>20% ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>오버랩</td> <td>비트폭 10% ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>용입깊이(+20% ↓)</td> <td>10 (10 - 12)</td> <td>11.5</td> </tr> </tbody> </table>					NO	항목	규격	확인	1	CRACK	없을 것	OK	2	기공	1mm ↓	OK	3	연마형 프러이머	20% ↓	OK	4	오버랩	비트폭 10% ↓	OK	5	용입깊이(+20% ↓)	10 (10 - 12)	11.5
NO	항목	규격	확인																																																														
1	CRACK	없을 것	OK																																																														
2	기공	1mm ↓	OK																																																														
3	연마형 프러이머	20% ↓	OK																																																														
4	오버랩	비트폭 10% ↓	OK																																																														
5	용입깊이(+20% ↓)	10 (10 - 12)	11.5																																																														
NO	항목	규격	확인																																																														
1	CRACK	없을 것	OK																																																														
2	기공	1mm ↓	OK																																																														
3	연마형 프러이머	20% ↓	OK																																																														
4	오버랩	비트폭 10% ↓	OK																																																														
5	용입깊이(+20% ↓)	10 (10 - 12)	11.5																																																														
부위각									부위각																																																								

Fig. 3.26 Cross section in RH 5-6 welded joint (Multi-shape composite mold)

3.3 단발금형 취출된 단품 C02 용접 품질 평가

C02 용접을 적용한 단발금형에서 취출된 단품에 대해 표면비드, 이면비드 등의 육안검사를 실시하였다. 주안점으로 표면 육안검사의 경우 이면비드의 유무와 표면비드의 처짐, 험핑비드 등을 확인하였다.

용접부의 품질검사를 위한 단면 시험은 MS181-13 규격본에 의거하여 실시하였다. 부품시험편에 대하여 용접선과 수직인 방향으로 절단하였으며 이를 연마, 부식시킨 후 NOVEL 전자현미경을 사용하여 용입깊이, 언더컷 유무, 선형 단차, 균열, 기공 등을 관찰하였다. MS181-13 규격은 용접검사기준서에 규격에 대하여 상세하게 기록하였으며 각 부품별 용접품질 검사기준서에 표기하였다.

단발금형을 적용한 제품의 LH 검사부위는 1-2 섹션, 3-4 섹션, 5-6 섹션 별로 나누어 용접 품질을 평가하였으며 각각의 위치는 Fig.3.5에 나타낸 바와 같은 위치에서 실시하였다.

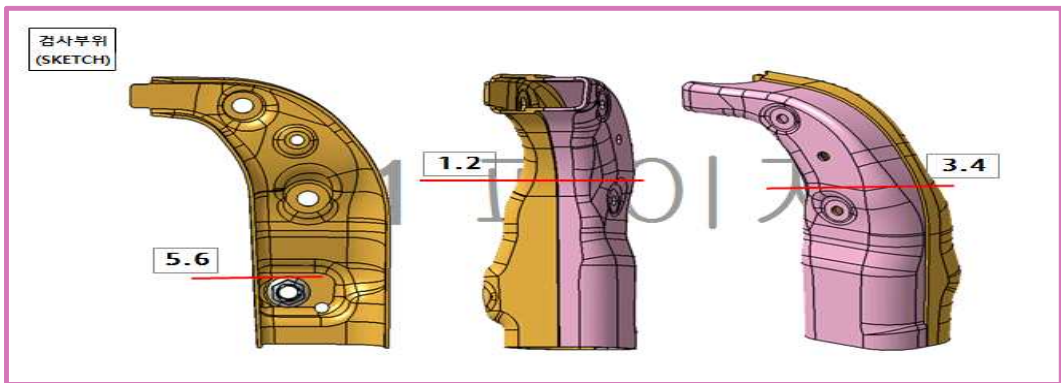


Fig. 3.27 Measured location of welded joint in single mold(LH) for the inspection

LH 1번과 2번의 섹션을 절단하여 용접부 검사를 실시한 결과, 1번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 138.945\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.442\text{mm}$ ($L=6.836\text{mm}$) 용입은 $L = 0.772\text{mm}$ ($L=5.496\text{mm}$)을 확보하였다. 2번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 137.100\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.491\text{mm}$ ($L=6.522\text{mm}$) 용입은 $L = 0.878\text{mm}$ ($L=5.151\text{mm}$)을 확보하였다. 1, 2번 섹션에서 표면비드 처짐현상, 험핑비드가 발생하지 않았고 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하는 결과를 도출하였다.

NO	품명	재질	판두	단면검사					NO	품명	재질	판두	단면검사				
				규격	l	d	용입	a1					규격	l	d	용입	a1
1	BRKT-RR BODY MFG RR LH	SG4FC1920P01.01	2.3	규격	2.30	-	0.23	100	1	BRKT-RR BODY MFG RR LH	SG4FC1920P01.01	2.3	규격	2.30	-	0.23	100
2	BRKT-RR BODY MFG RR LH	SG4FC1920P01.01	2.3	특정치	5.49	-	0.77	138	2	BRKT-RR BODY MFG RR LH	SG4FC1920P01.01	2.3	특정치	5.15	-	0.87	137

NO	판두	규격	확인	NO	판두	규격	확인
1	CRACK	없음 것	OK	1	CRACK	없음 것	OK
2	기공	1mm l	OK	2	기공	1mm l	OK
3	언더컷, 코히어터	20% l	OK	3	언더컷, 코히어터	20% l	OK
4	오버랩	비프록 10% l	OK	4	오버랩	비프록 10% l	OK
5	중첩장(+20% l)	180 (180 - 216)	187	5	중첩장(+20% l)	186 (186 - 223)	192

Fig. 3.28 Cross section in LH 1-2 welded joint(single mold)

LH 3번과 4번의 섹션을 절단하여 용접부 검사를 실시한 결과, 3번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 136.302\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.249\text{mm}$ ($L=6.477\text{mm}$) 용입은 $L = 0.762\text{mm}$ ($L=5.043\text{mm}$)을 확보하였다. 4번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 136.090\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.441\text{mm}$ ($L=6.842\text{mm}$) 용입은 $L = 0.864\text{mm}$ ($L=5.319\text{mm}$)을 확보하였다. 3, 4번 섹션에서 표면비드 처짐현상, 험핑비드가 발생하지 않았고 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하는 결과를 도출하였다.

NO	품명	재질	판후	단면검사					NO	품명	재질	판후	단면검사											
				규격	f	d	용입	a1					속장치	규격	f	d	용입	a1	속장치					
1	BRKT-FR BODY MTG FR LH	SG4FC380P0101	2.3	규격	f	d	용입	a1																
2	BRKT-FR BODY MTG RR LH	SG4FC380P0101	2.3	규격	2.30	-	0.23	100																
				속장치	5.04	-	0.76	136																
1		2																						
앞면		단면																						
외관검사				외관검사				단면형상				외관검사												
				NO	항목	규격	확인					NO	항목	규격	확인									
				1	CRACK	없을 것	OK					1	CRACK	없을 것	OK									
				2	기공	1mm ↓	OK					2	기공	1mm ↓	OK									
				3	언더컷, 브레이더	20% ↓	OK					3	언더컷, 브레이더	20% ↓	OK									
				4	오버랩	비드폭 10% ↓	OK					4	오버랩	비드폭 10% ↓	OK									
				5	용입깊이(+20% ↓)	180 (180 ~ 216)	191					5	용입깊이(+20% ↓)	186 (186 ~ 223)	199									
토우각																								

Fig. 3.29 Cross section in LH 3-4 welded joint(single mold)

LH 5번과 6번의 섹션을 절단하여 용접부 검사를 실시한 결과, 5번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 103.448\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 0.601\text{mm}$ ($L=7.418\text{mm}$) 용입은 $L = 1.601\text{mm}$ ($L=5.365\text{mm}$)을 확보하였다. 6번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 119.928\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 0.690\text{mm}$ ($L=5.919\text{mm}$) 용입은 $L = 0.590\text{mm}$ ($L=5.240\text{mm}$)을 확보하였다. 5, 6번 섹션에서 표면비드 처짐현상, 형핑비드가 발생하지 않았고 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하는 결과를 도출하였다.

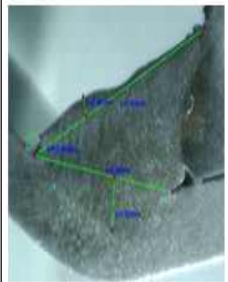
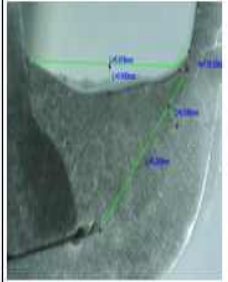
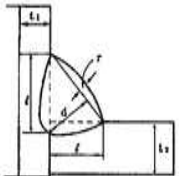
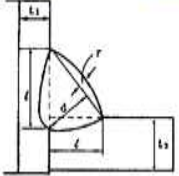
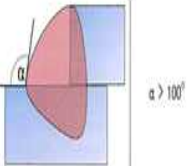
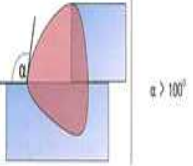
NO	품명	재질	판두	단면검사					NO	품명	재질	판두	단면검사																														
				규격	l	d	용입	a.l					규격	l	d	용입	a.l																										
1	NUT FLANGE	SWCH25F	-	규격	2.30	-	0.23	100	1	NUT FLANGE	SWCH25F	-	규격	2.30	-	0.23	100																										
2	BRKT-RR BODY MTS FR LH	SA40C80D90E01	2.3	특정치	5.36	-	1.60	109	2	BRKT-RR BODY MTS FR LH	SA40C80D90E01	2.3	특정치	5.24	-	0.59	119																										
외관								외관																																			
단면 형상								외관검사																																			
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO</th> <th>항목</th> <th>규격</th> <th>확인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CRACK</td> <td>없음</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>기공</td> <td>1mm ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>안마형 코퍼이터</td> <td>20% ↓</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>				NO	항목	규격	확인	1	CRACK	없음	OK	2	기공	1mm ↓	OK	3	안마형 코퍼이터	20% ↓	OK	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO</th> <th>항목</th> <th>규격</th> <th>확인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CRACK</td> <td>없음</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>기공</td> <td>1mm ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>안마형 코퍼이터</td> <td>20% ↓</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>				NO	항목	규격	확인	1	CRACK	없음	OK	2	기공	1mm ↓	OK	3	안마형 코퍼이터	20% ↓	OK
NO	항목	규격	확인																																								
1	CRACK	없음	OK																																								
2	기공	1mm ↓	OK																																								
3	안마형 코퍼이터	20% ↓	OK																																								
NO	항목	규격	확인																																								
1	CRACK	없음	OK																																								
2	기공	1mm ↓	OK																																								
3	안마형 코퍼이터	20% ↓	OK																																								
표우각																																											
				<table border="1"> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>요버림</td> <td>비트폭 10% ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>동결점(+20% ↓)</td> <td>10 (10 - 12)</td> <td>11.6</td> </tr> </tbody> </table>				4	요버림	비트폭 10% ↓	OK	5	동결점(+20% ↓)	10 (10 - 12)	11.6	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>요버림</td> <td>비트폭 10% ↓</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>동결점(+20% ↓)</td> <td>10 (10 - 12)</td> <td>11.4</td> </tr> </tbody> </table>				4	요버림	비트폭 10% ↓	OK	5	동결점(+20% ↓)	10 (10 - 12)	11.4																
4	요버림	비트폭 10% ↓	OK																																								
5	동결점(+20% ↓)	10 (10 - 12)	11.6																																								
4	요버림	비트폭 10% ↓	OK																																								
5	동결점(+20% ↓)	10 (10 - 12)	11.4																																								

Fig. 3.30 Cross section in LH 5-6 welded joint(single mold)

단발금형을 적용한 제품의 RH 검사부위는 1-2 섹션, 3-4 섹션, 5-6 섹션 별로 나누어 용접 품질을 평가하였으며 각각의 위치는 Fig.3.5에 나타낸 바와 같은 위치에서 실시하였다.

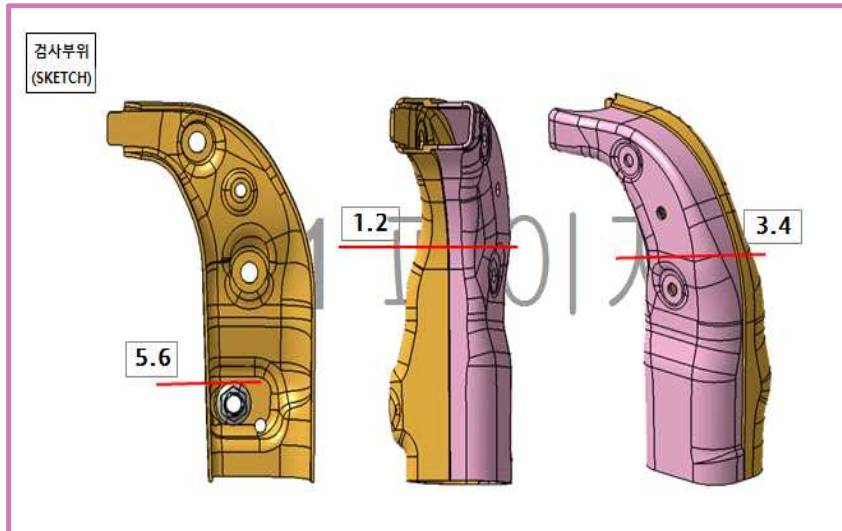


Fig. 3.31 Measured location of welded joint in single mold(RH) for the inspection

RH 3번과 4번의 섹션을 절단하여 용접부 검사를 실시한 결과, 3번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 142.883\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.732\text{mm}$ ($L=8.146\text{mm}$) 용입은 $L = 1.006\text{mm}$ ($L=6.458\text{mm}$)을 확보하였다. 4번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 129.289\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.614\text{mm}$ ($L=6.852\text{mm}$) 용입은 $L = 0.704\text{mm}$ ($L=4.910\text{mm}$)을 확보하였다. 3, 4번 섹션에서 표면비드 처짐현상, 험핑비드가 발생하지 않았고 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하는 결과를 도출하였다.





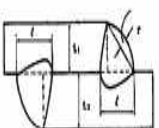
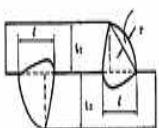
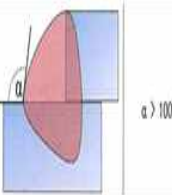
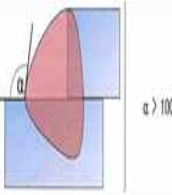
NO	품명	재질	판본	단면검사					NO	품명	재질	판본	단면검사				
				규격	t	d	용입	a1					규격	t	d	용입	a1
1	BRKT-RR BODY (MTG RR, RH)	SS44C(S920P0010)	2.3					1	BRKT-RR BODY (MTG RR, RH)	SS44C(S920P0010)	2.3						
2	BRKT-RR BODY (MTG RR, RH)	SS44C(S920P0010)	2.3					2	BRKT-RR BODY (MTG RR, RH)	SS44C(S920P0010)	2.3						
				주정치	6.45	-	1.00	142				주정치	4.91	-	0.70	129	
단면									단면								
외관검사				외관검사					외관검사				외관검사				
				NO	항목	규격	확인					NO	항목	규격	확인		
				1	CRACK	없음	OK					1	CRACK	없음	OK		
				2	기공	1mm	OK					2	기공	1mm	OK		
				3	연삭형 코히어터	20%	OK					3	연삭형 코히어터	20%	OK		
				4	오버랩	비트폭 10%	OK					4	오버랩	비트폭 10%	OK		
				5	용입깊(+20% ↓)	194 (194 - 239)	203					5	용입깊(+20% ↓)	186 (186 - 223)	194		
표모각									표모각								

Fig. 3.33 Cross section in RH 3-4 welded joint(single mold)

RH 5번과 6번의 섹션을 절단하여 용접부 검사를 실시한 결과, 5번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 102.704\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 0.571\text{mm}$ ($L=6.749\text{mm}$) 용입은 $L = 0.425\text{mm}$ ($L=4.139\text{mm}$)을 확보하였다. 6번 섹션의 각장 토우각 값은 $A = 101.419\text{deg}$ 보강 덧붙임 R값은 $L = 1.154\text{mm}$ ($L=5.627\text{mm}$) 용입은 $L = 1.195\text{mm}$ ($L=4.924\text{mm}$)을 확보하였다. 5, 6번 섹션에서 표면비드 처짐현상, 형핑비드가 발생하지 않았고 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하는 결과를 도출하였다.

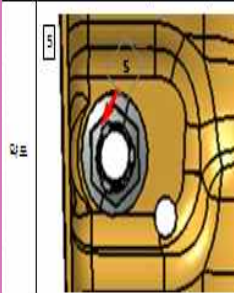
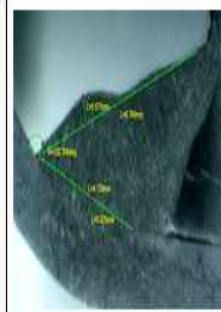
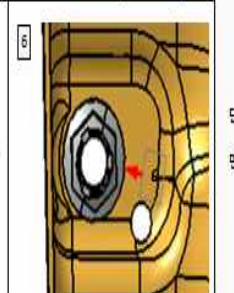
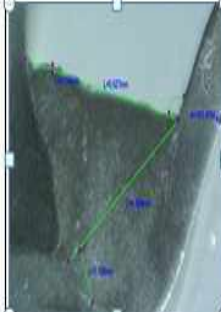
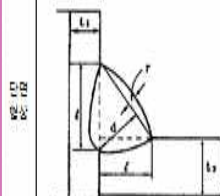
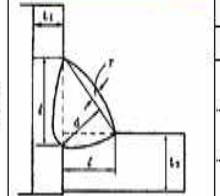
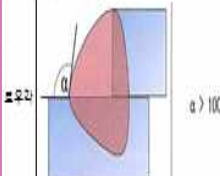
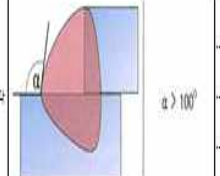
NO	품명	재질	판도	단면검사				NO	품명	재질	판도	단면검사					
				규격	t	d	용입					a1	규격	t	d	용입	a1
1	NUT FLANGE	SWCH25F	-					1	NUT FLANGE	SWCH25F	-						
2	BRKT-PR BODY M/TG PR RH	SS40C(S20P0010)	2.3	규격	2.30	-	0.23	100	2	BRKT-PR BODY M/TG PR RH	SS40C(S20P0010)	2.3	규격	2.30	-	0.23	100
				주정차	4.13	-	0.42	102					주정차	4.92	-	1.19	101
																	
				외관검사								외관검사					
				NO	항목	규격	확인					NO	항목	규격	확인		
				1	CRACK	없음	OK					1	CRACK	없음	OK		
				2	기공	1mm ↓	OK					2	기공	1mm ↓	OK		
				3	언더컷	부러이터	20% ↓	OK					3	언더컷	부러이터	20% ↓	OK
				4	요사립	비트폭 10% ↓	OK					4	요사립	비트폭 10% ↓	OK		
				5	용입깊이(+20% ↓)	10	11.5					5	용입깊이(+20% ↓)	10	11.5		
						(10 - 12)								(10 - 12)			
																	

Fig. 3.34 Cross section in RH 5-6 welded joint(single mold)

4장 결론

본 연구에서는 자동차 브라켓 부품에 프레스 이형복합금형 적용 및 CMT 용접 공정 적용에 따른 생산성 향상 및 용접품질을 평가하고자 하였다. 이형복합금형의 성형해석 및 강성평가를 기반으로 금형설계 및 제작하였으며, 취출된 단품에 CMT 및 C02 용접을 적용하여 용접품질을 도출하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 이형복합금형의 성형해석 결과, OP10 및 OP20 공정 모두 코너 부분 R구간에서 제품살 몰림 현상으로 크랙이 발생하였으나 OP30공정에서 CAM CUT를 사용하여 품질을 확보하였다.

2) 이형복합금형의 강성평가 결과, OP10공정에서 각 구역의 MAX FORCE는 다이 94.5 tf, 핀치 218.3tf, 블랭킹 홀더 11.2tf, 패드 133.3tf이며 총중량 20N을 확인하였다. OP20공정에서 각 구역의 MAX FORCE는 핀치 60.3tf, 패드 132.4tf, 다이 192.8tf이며 총중량은 20N으로 분석되었다. 강도와 강성은 두 공정 모두 전반적으로 양호한 값을 나타낸 것으로 판단된다.

3) 이형복합금형 및 단발금형의 용접품질 평가 결과, 이형복합금형 LH/RH CMT 용접부의 육안검사의 경우 표면비드 처짐현상, 험핑비드가 발생하지 않았고, 단면검사 결과, 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하였다. 단발금형 LH/RH C02 용접부의 육안검사 결과, 표면비드 처짐현상, 험핑비드가 발생하지 않았고 단면검사 결과, 용입깊이, 언더컷, 선형단차, 기공, 균열 등이 규격을 만족하였다.

4) 본 연구 결과로 성형해석과 강성평가를 기반으로 한 이형복합금형을 제작하였으며, 용접품질 평가에서 규격에 만족하는 우수한 용접특성을 확보하였다. 기존에 4개의 부품을 단순 생산하고 6번의 성형공정을 거치는 총 24 공정에서 3공정으로 단축됨으로써 기존 단발금형공정대비 이형복합금형시 8배의 생산성 향상, 5명의 인원 감축 효과를 얻을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 김세환. (2010). 프레스금형 설계공학. pp329.
- [2] 양균의, 장동규, 이희관. (2002). 최근 프레스 성형 기술과 연구동향. 한국 공작기계학회지. 제11권, 제2호, pp30~37.
- [3] ASM HANDBOOK, Metalworking : Sheet Forming (2006). pp164~169.
- [4] Vollertsen, F., Sprenger, A., Kraus, J., and Arnet, H., (1990). Extrusion, Channel, and Profile Bending: a Review. Journal of Materials Processing Technology. Vol.87, pp1~27.
- [5] 최영, 여홍태, 박준홍, 강면규, 오개희 박상우. (2006). 자동차 부품용 알루미늄 압출재의 프레스 성형기술. 한국정밀공학회지. 제23권, 제5호, pp51~58.
- [6] 정희진, 김동우, 고태조, 송태성. (2008). 다단 복합 프레스 성형 공정에서의 최적 성형 해석 기법에 관한 연구. 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집. pp221~222.
- [7] Mcgraw-Hill Book, Basic and Advance Die Making (1963). pp131~136.
- [8] 김동욱, 최계광. (2016). 판재성형 가공에서의 다축 단동 유닛을 이용한 복합금형용 Double-moving System 개발. 한국금형공학회지, 제10권, 제2호, pp39~43.
- [9] 류호연, 김승수, 김형재, 홍영명, 박종호. (2007) 프레스 생산성 향상을 위한 프로그래시브 인너 트랜스퍼 금형 개발. 한국공작기계학회 춘계학술대회 논문집, pp467~472.
- [10] 박동환, 정창식. (2014). 자동차 시트 쿠션 판넬의 복합 자동화 금형 제조기술에 관한 연구. 한국소성가공학회지. 제23권, 제2호, pp75~81.
- [11] 최보성, 이덕영, 김목유, 임창용(2012). 해석을 통한 CMT 용접 열원 구현 및 변형 예측한국정밀공학회 학술발표대회 논문집, pp369~370.

- [12] Fronius International GmbH (2005). Welding wire storage device, Journal of PCT Appl, No. AT2005000019.
- [13] Japan Welding Society (2008), Advanced Welding & Joining Technology (New edition), Japanese book, pp49.
- [14] 김재성, 이영기, 안주선, 이보영(2010). Al 5052 합금의 저입열 Pulse MIG 최적 현장 용접조건 산정에 관한 실험적 연구. 대한용접·접합학회지 제 29권, 제 1호, pp80-84.
- [15] C.G. Pickin, S.W. Williams, M. Lunt (2010). Characterisation of the cold metal transfer (CMT) process and its application for low dilution cladding, Journal of Materials Processing Technology, Vol 221, pp 496-502.
- [16] Md. R. U. Ahsan, Taehoon Kim, Duck bong Kim, Changwook Ji, Yeong-Do Park(2018). A Study on the Effect of Wire Composition on Welding with Gap and Offset in Cold Metal Transfer (CMT) GMAW. Journal of The Korean Welding & Joining Society, Vol. 36, No 5, pp12-18.
- [17] 송상은, 정윤교, 이창제, 이은진, 조영태(2017). CMT용융 방식을 이용한 적층 공정에서 비드 형상에 관한 연구. 한국기계가공학회 춘추계학술대회 논문집, pp1-1.
- [18] 송현수, 최보성, 윤준도, 박승태(2015). 도금 강판 CMT 용접부위의 재료특성 평가. 한국정밀공학학회지 제 35권 제 10호, pp891-896.
- [19] 김영삼, 유희수, 김희진, 오성철(2007). 단락이행에서 스파터 저감을 위한 전류 파형제어 및 기계적 제어 기술 리뷰. 대한용접·접합학회지 제 25권 제 5호, pp4-14.
- [20] 김영식, 길상철 (2017). 선박엔진 부품의 고능률 보수용접기술. 한국마린엔지니어링학회지 제41권, 제 1호, pp21-30.